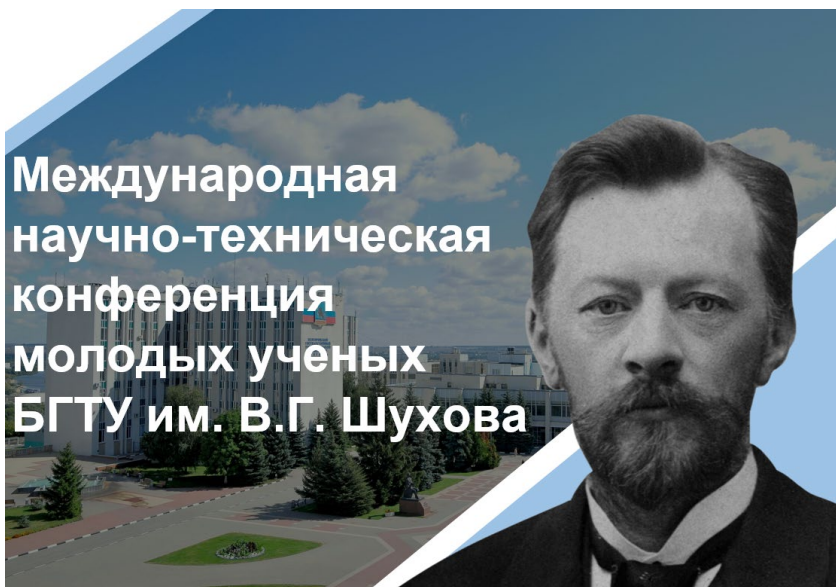


Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Российская академия наук
Российская академия архитектуры и строительных наук
Администрация Белгородской области
ФГБОУ ВО Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова
Международное общественное движение инноваторов
«Технопарк БГТУ им. В.Г. Шухова»



Сборник докладов

Часть 9

**Эффективные материалы, технологии, машины и
оборудование для строительства современных
транспортных сооружений. Организация и
безопасность движения**

**Белгород
29-30 мая 2025 г.**

УДК 005.745
ББК 72.5+74.48
М 43

**Международная научно-техническая конференция
молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова
[Электронный ресурс]:**
Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2025. – Ч. 9. – 270 с.

ISBN 978-5-361-01461-3

В сборнике опубликованы доклады студентов, аспирантов и молодых ученых, представленные по результатам проведения Международной научно-технической конференции молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова.

Материалы статей могут быть использованы студентами, магистрантами, аспирантами и молодыми учеными, занимающимися вопросами энергоснабжения и управления в производстве строительных материалов, архитектурных конструкций, электротехники, экономики и менеджмента, гуманитарных и социальных исследований, а также в учебном процессе университета.

УДК 005.745
ББК 72.5+74.48

ISBN 978-5-361-01461-3

©Белгородский государственный
технологический университет
(БГТУ) им. В.Г. Шухова, 2025

Агафонова М.М.¹, Фотиади А.А.²

Научный руководитель: Гнездилова С.А., канд. техн. наук, доц.

¹Белгородский государственный технологический университет

им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия

²Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет, г. Москва, Россия

НАДЕЖНОСТЬ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ: КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД

Автомобильные дороги играют ключевую роль в современной транспортной системе, обеспечивая устойчивые экономические и социальные связи. Важнейшим условием их эффективной эксплуатации является поддержание работоспособности дорожных покрытий, что напрямую влияет на безопасность, комфорт и бесперебойность движения транспорта.

Особую актуальность приобретает проблема обеспечения надежности нежестких дорожных одежд, а также сохранения их эксплуатационных характеристик в условиях растущих требований к долговечности и безопасности дорожной инфраструктуры. Несмотря на появление новых исследований в области теории надежности, многие вопросы остаются нерешенными. Их своевременная проработка позволит оптимизировать расход ресурсов на строительство и содержание дорог, поскольку надежность — это не только технический, но и экономический показатель [1].

Надежность дорожной одежды определяется как комплексный показатель, характеризующий способность конструкции сохранять проектные транспортно-эксплуатационные характеристики, обеспечивающие:

- безопасное и бесперебойное движение транспортных средств;
- требуемую пропускную способность;
- устойчивость к динамическим и циклическим нагрузкам;
- сопротивляемость климатическим и химическим воздействиям.

Согласно ГОСТ Р 27.102-2021, надежность — это свойство объекта сохранять в установленных пределах значения всех параметров, обеспечивающих выполнение требуемых функций. Однако существующие нормативные определения не учитывают специфические факторы, такие как динамические нагрузки, климатические воздействия и влияние агрессивных сред [2-3].

Земляное полотно, будучи фундаментом дорожной конструкции, подвержено различным деформациям, которые могут существенно ослабить надежность всей транспортной инфраструктуры. Анализ практики дорожного строительства показывает, что основными причинами деформаций являются нарушение технологий строительства, недостаточный объем изыскательских работ и несовершенство методик расчета.

Нарушение технологий строительства, чаще всего проявляющееся в недостаточном уплотнении грунтов, возникает из-за использования некалиброванного оборудования, несоблюдения оптимальной влажности грунта, превышения допустимой толщины слоев и недостаточного количества проходов уплотняющих механизмов. Недостаточный объем изыскательских работ приводит к неполному учету гидрогеологических условий, ошибкам в оценке несущей способности основания, неправильному выбору конструктивных решений и недооценке рисков оползневых процессов. Несовершенство методик расчета проявляется в использовании устаревших нормативных моделей, недостаточном учете динамических нагрузок, упрощенном подходе к оценке климатических воздействий и отсутствии комплексного анализа взаимодействия грунта и конструкции.

Для повышения надежности земляного полотна современная дорожная отрасль применяет комплексный подход, включающий армирование геосинтетическими материалами, укрепление грунтов добавками и системы сплошного контроля качества уплотнения. Армирование геосинтетическими материалами увеличивает модуль упругости грунта на 50–100%, предотвращает смещение слоев при динамических нагрузках, равномерно распределяет напряжения и существенно уменьшает объем земляных работ. Укрепление грунтов добавками, такими как цемент, известь, золы и шлаки, повышает водостойкость в 2–3 раза, увеличивает прочность на сдвиг на 30–50%, снижает пучинистые свойства и позволяет использовать местные низкопрочные грунты. Системы сплошного контроля качества уплотнения, включающие непрерывный мониторинг плотности с помощью датчиков, создание цифровых карт уплотнения в реальном времени, автоматическую корректировку параметров и интеграцию с BIM-моделями, обеспечивают высокое качество выполнения работ.

Особое внимание заслуживает комплексное применение этих методов. Например, сочетание геосинтетического армирования и цементной стабилизации грунта увеличивает межремонтный срок службы земляного полотна в 1,8–2,2 раза по сравнению с

традиционными решениями. Однако для успешной реализации этих технологий необходим строгий контроль качества на всех этапах строительства [4].

Дорожная одежда в процессе эксплуатации подвергается комплексному воздействию различных разрушающих факторов, что приводит к постепенному ухудшению ее эксплуатационных характеристик. Основными видами деформаций, существенно снижающими надежность дорожного покрытия, являются выбоины, возникающие вследствие локального разрушения асфальтобетонного слоя; трещины различного генезиса, включая температурные (обусловленные циклическим замораживанием-оттаиванием) и усталостные (вызванные многократным воздействием транспортных нагрузок); просадки, связанные с недостаточной несущей способностью нижележащих слоев; а также колейность, формирующаяся в результате пластических деформаций под интенсивным движением тяжеловесного транспорта.

Для противодействия этим разрушающим процессам современная дорожная отрасль разработала и успешно внедряет комплекс эффективных технологических решений. Особое внимание уделяется применению геосинтетических материалов, выполняющих одновременно несколько функций - от армирования, позволяющего перераспределить нагрузку и предотвратить развитие трещин, до дренирования, обеспечивающего эффективный отвод влаги из конструкции. Существенный прогресс достигнут в области модификации битумных вяжущих и асфальтобетонных смесей, где использование полимерных и других добавок позволяет существенно повысить устойчивость покрытия к температурным и механическим воздействиям.

Перспективным направлением является внедрение технологий холодного ресайклинга, обеспечивающих не только восстановление поврежденных покрытий, но и возможность повторного использования демонтированных материалов. Особого внимания заслуживает концепция разнопрочных конструкций, предусматривающая дифференцированное проектирование характеристик дорожной одежды по ширине проезжей части с учетом неравномерности распределения транспортных нагрузок. Такой подход позволяет оптимизировать материальные затраты при одновременном повышении общего срока службы покрытия [5].

Эффективность перечисленных методов подтверждается практикой их применения, демонстрирующей возможность увеличения межремонтных сроков эксплуатации дорожных одежд на 30-50% по

сравнению с традиционными решениями. Однако максимальный результат достигается только при комплексном подходе, учитывающем специфику конкретных условий эксплуатации и предусматривающем регулярный мониторинг состояния покрытия [5].

Обеспечение долговечности и надежности автомобильных дорог представляет собой сложную многоэтапную задачу, требующую последовательного и взаимосвязанного подхода на всех стадиях жизненного цикла дорожного сооружения. На этапе проектирования особую важность приобретает тщательный учет не только текущих, но и перспективных транспортных нагрузок с горизонтом планирования 20-25 лет, а также комплексный анализ местных условий, включая климатические особенности, гидрогеологическую обстановку и специфику грунтового основания. Эти данные становятся основой для разработки оптимальных конструктивных решений, закладывающих фундамент будущей надежности дорожного объекта.

В процессе эксплуатации поддержание надежности дорожного покрытия достигается за счет реализации системы регулярного мониторинга его состояния с использованием как традиционных методов визуального обследования, так и современных средств неразрушающего контроля. Профилактическое обслуживание, включающее своевременное выполнение локальных ремонтов и применение современных методов зимнего содержания, позволяет предотвратить развитие дефектов и существенно продлить межремонтные сроки службы.

К перспективным направлениям совершенствования дорожной инфраструктуры можно отнести разработку новых поколений долговечных строительных материалов с улучшенными эксплуатационными характеристиками, создание систем диагностики, основанных на технологиях искусственного интеллекта и предиктивной аналитики, а также постоянное совершенствование нормативной базы с учетом накапливаемого опыта и меняющихся условий эксплуатации.

Следует подчеркнуть, что только комплексная интеграция технических решений, современных технологий строительства и эффективных организационных подходов к управлению дорожным хозяйством позволит создать транспортную сеть, отвечающую современным требованиям по безопасности, комфортности и долговечности. Такой системный подход открывает возможности для существенного повышения качества дорожной инфраструктуры при оптимальном использовании выделяемых ресурсов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Спиридонова, В. В. Понятие надежности дорожных конструкций / В. В. Спиридонова, М. П. Клековкина // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. — 2024. — № 4-3 (91). — С. 64–66.
2. Тиратурян, А. Н. Оценка надежности дорожной одежды на стадии эксплуатации / А. Н. Тиратурян [и др.] // Инженерный вестник Дона. — 2017. — Т. 47, № 4(47). — С. 196-197.
3. Чарваев, Д. А. Особенности и общие сведения о возведении земляного полотна / Д. А. Чарваев, С. К. Керкавов, С. М. Оразов // Вестник науки. — 2024. — № 3(72). — С. 447–450.
4. Жуковский, Е. М. Повышение надежности и долговечности автомобильных дорог путем устройства разнопрочных по ширине жестких дорожных одежд / Е. М. Жуковский, Е. П. Корсак, Е. И. Михасик // Е.Р.А – Современная наука: электроника, робототехника, автоматизация : материалы I Междунар. науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, Гомель, 29 февр. 2024 г. – 2024. — С. 65–69.
5. Носов, В.П. Учет влияния региональных природных особенностей на расчетные характеристики грунтов при проектировании дорожных одежд / В.П. Носов, С. А. Гнездилова // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова – 2010 – №1. С. 18–22.

УДК 691

Агеева М.С., Проценко А.М., Шаталова Д.С.

Научный руководитель: Севостьянов М.В. д-р. техн. наук, проф.

Белгородский государственный технологический университет

им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия

ПОЛУЧЕНИЕ КОМПОЗИЦИОННЫХ ПОЛИМЕРСОДЕРЖАЩИХ СМЕСЕЙ

В настоящее время одним из важных направлений в контексте устойчивого развития и экологичности является утилизация вторичных материалов и дальнейшее их применение в различных отраслях промышленности.

С высоким ростом развития инновационных технологий появляется необходимость в получении новых материалов с широким спектром физико-механических характеристик [1].

В настоящее время композиционные материалы получают различными методами (рис.1.)[2-3].

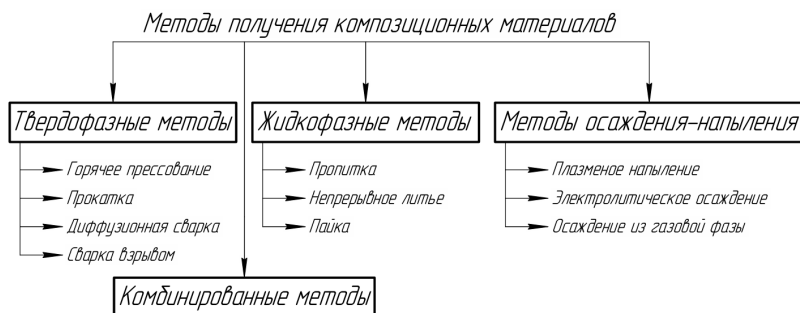


Рис. 1 Методы получения композиционных материалов

Твердофазные методы заключаются в предварительном совмещении армирующих элементов матрицы с последующим компактированием в готовое изделие.

При горячем прессовании армирующие элементы и основные компоненты объединяют в пресс-формах и прессуют. Для прокатки используют валки прокатного стана, где матричные ленты и арматуру уплотняют до компактного состояния и получают непрерывные волокна или ленты с армированием. При диффузионной сварке армирующие элементы и матрицу нагревают и выдерживают под давлением до диффузии. Сварка взрывом образует соединение в твердой фазе и не требует нагрева перед диффузией [4-5].

Жидкофазные методы предусматривают соединение армирующих наполнителей с расплавленной матрицей.

При пропитке в расплавленную матрицу вводят армирующие элементы или синтезируют их в самой матрице. Непрерывное литье позволяет получить изделия сложной конфигурации с минимальной механической обработкой. Для пайки между соединяемыми слоями кладут припой в виде фольги или порошка, далее нагревают до температуры плавления припоя, после чего композит формируется окончательно [6].

Методы осаждения-напыления основываются в нанесении на подложку чередующихся слоев материала и армирования.

Для плазменного напыления материал нагревают и распыляют в плазменной струе, далее он направляется в подложку. Электролитическое осаждение позволяет армировать матрицу с помощью осаждения под действием электрического тока. При

осаждении из газовой фазы матричный материал наносят на волокна из газовой фазы, с помощью электронно-лучевого осаждения или магнетронного распыления.

В случае применения комбинированных методов используют последовательное или параллельное применение нескольких из вышеперечисленных методов [7].

Наиболее перспективный метод утилизации заключается в переработке полимерных отходов с получением вторичного химического сырья. Учитывая, что пластмассы получают из нефти, использование вторичного пластика позволяет внести вклад в сохранение природных ресурсов и решение задач комплексного обращения с отходами. Технологические подходы получения композитных материалов включают гетерогенное смешивание с первичным сырьем. При этом требуется постоянный контроль за качеством получаемых композитов, так как в общем случае изделия теряют первоначальные свойства.

Рациональным подходом Российских компании, занимающиеся переработкой пластика, является получение гранулята [8]. Гранулят полученный из "чистого" вторичного сырья служит для изготовления продукции с пониженными потребительскими свойствами (упаковки для товаров бытовой химии, вешалки, детали строительного назначения, поддоны для транспортировки грузов, вытяжные трубы, облицовку дренажных каналов, безнапорные трубы для мелиорации и др.).

Широкий спектр возможностей утилизации открывается при разработке ресурсосберегающих технологии получения строительных материалов. Строительный сектор обладает значительным потенциалом для массового потребления, что способствует минимизации проблем с утилизацией. Это обусловлено крупными объемами производства, разнообразием выпускаемой продукции и возможностью комплексной переработки различных типов отходов при создании полиматричных связующих [9-10].

Активно развивающийся рынок полимерсодержащей продукции с применением вторичного сырья имеет особое значение на современном этапе развития индустриального производства России. Перспектива и развитие новых технологий, а также расширения уже существующего производства существенно зависит от государственной поддержки, научно-технического развития и инноваций, развития кадрового потенциала. При остром дефиците вторичного сырья из пластиковых отходов развиваются ресурсосберегающие технологии сортировки и

переработки смешанного пластика в конкурентоспособную продукцию, где акцент смещается на долгосрочные решения.

Работа выполнена в рамках государственного задания FZWN-2024-0002 «Разработка, исследования и опытно-промышленная апробация наукоемких технологий и технических средств для производства полимерсодержащих композиционных смесей и изделий из техногенных органоминеральных компонентов» с использованием лабораторного оборудования Центра высоких технологий БГТУ им. В.Г. Шухова.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Салимьянова А. А. Современные технологии получения композиционных материалов // Инновационная наука. 2017. №12. URL: <https://cyberleninka.ru> (дата обращения: 20.05.2025).

2. Заричняк, Ю. П. Метод получения двухкомпонентных композиционных материалов с заданной теплопроводностью / Ю. П. Заричняк, В. П. Ходунков // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. – 2024. – Т. 24, № 4. – С. 615-619.

3. Ефимчик, К. В. Технологии получения композиционных материалов на основе полиолефинов и методы их утилизации / К. В. Ефимчик, Е. Ф. Кудина // Порошковая металлургия: инженерия поверхности, новые порошковые композиционные материалы. Сварка: Сборник докладов 13-го Международного симпозиума. В 2-х частях, Минск, 05–07 апреля 2023 года. Том Часть 1. – Минск: Республиканское унитарное предприятие "Издательский дом "Белорусская наука", 2023. – С. 265-272.

4. Куклик В.И. Композиционные материалы с металлической матрицей: учебное пособие/ В.М. Куклик, А.С. Нилов; Балт. гос. техн. ун-т. – СПб., 2020. – 69 с.

5. Композиционные материалы в строительстве: учебно-методическое пособие / В. Г. Соловьев, В. Ф. Коровяков, О. А. Ларсен, Н. А. Гальцева. — Москва: МИСИ – МГСУ, 2020. — 85 с. — ISBN 978-5-7264-2163-6. — Текст: электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/145085> (дата обращения: 20.05.2025).

6. Мальцева Л.А. Жидкофазные технологии получения композиционных материалов. Матрицы. Упрочнители: [учеб. пособие] / Л.А. Мальцева, В.А. Шарапова; М-во образования и науки Рос.

Федерации, Урал. федер. Ун-т. – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2013. – 120с.

7. Портной К.И., Заболоцкий А.А., Салибеков С.Е., Чубаров В.М. Классификация композиционных материалов // Порошковая металлургия. - 1977. – N12. – С.70-75.

8. Сперанская, О., Понизова, О., Цитцер, О., Гурский, Я. Пластик и пластиковые отходы в России: ситуация, проблемы и рекомендации. Международная Сеть по Ликвидации Загрязнителей (International Pollutants Elimination Network). 2021

9. Переработка пластика – виды отходов и особенности утилизации. [Электронный ресурс] URL: <https://recyclingprom.ru> (дата обращения: 22.04.2025).

10. Технологические комплексы и оборудование для переработки и утилизации техногенных материалов / В.С. Севостьянов, В.И. Уральский, М.В. Севостьянов, О.А. Носов. Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2015. – 321 с.

УДК 625.768.5

Алимова В.В., Остроушко С.А.

***Научный руководитель: Алимова Н.Ю., канд. техн. наук, доц.
Воронежский государственный технический университет,
г. Воронеж, Россия***

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АСУДД ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ

Рост интенсивности движения на современных автомобильных дорогах приводит к необходимости повышения требований к основным транспортно-эксплуатационным показателям (ТЭП): обеспеченной скорости, непрерывности и безопасности движения. Обеспечение этих требований особенно актуально в зимний период.

Задачи оперативного управления зимним содержанием дорог должны решаться для участков дорог большой протяженности за промежуток времени, зависящий только от значимости дороги и интенсивности движения без учета сложности реальных погодных условий.

Наличие регулярной информации о фактических метеорологических условиях в районе автомагистралей, а также специализированных прогнозов погоды позволит оптимизировать использование имеющихся ресурсов и соответственно снизить стоимость выполнения работ по содержанию автомобильных дорог и

повысить безопасность движения.

Для получения оперативной метеорологической информации на автомобильных трассах в дополнение к обычным метеостанциям и постам необходимо использовать автоматизированную систему метеорологического обеспечения (АСМО) дорожного движения, включающую в свой состав специализированные автоматизированные дорожные метеостанции (АДМС) [1].

Главным элементом АСМО являются автоматические метеостанции. На одной опоре установлены: датчик интенсивности движения, датчик направления ветра, датчик скорости ветра, видеокомплекс, датчик оптической видимости, уникальный датчик осадков, датчик температуры и влажности воздуха, контроллер метеостанции. Для контроля за состоянием дорожного полотна в него врезаны: датчик температуры дороги и датчик состояния поверхности дороги. На рис. 1 приведена схема типовой автоматической дорожной метеостанции.

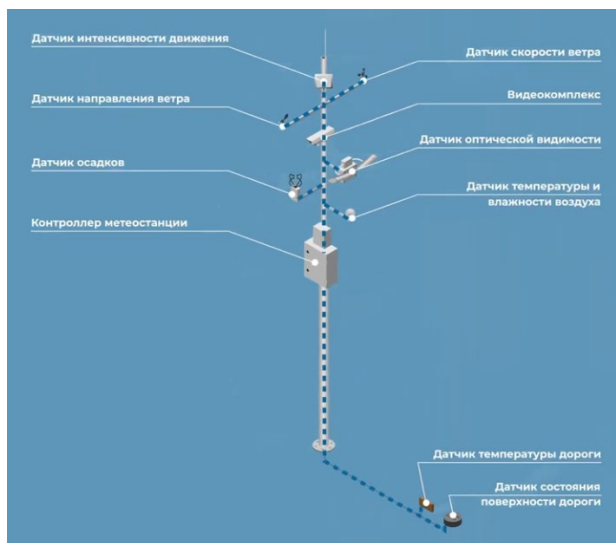


Рис. 1. Автоматическая дорожная метеостанция

Установленные через определенные промежутки метеостанции дают информацию о состоянии дороги на всем ее протяжении. Метеоданные передаются на главный сервер центра управления содержанием дорог. Для обработки данных создана специальная цифровая платформа ЦУСАД (рис. 2).

Пользователи получают результаты метеоизмерений, прогноз ситуации и поддержку принятия решений.

Платформа позволяет всем участникам оперативно взаимодействовать друг с другом.

Полученные данные дают возможность дорожным службам вовремя среагировать на ухудшение погодных условий и провести обработку дорожного покрытия, тем самым предотвратить образование ДТП и заторы.

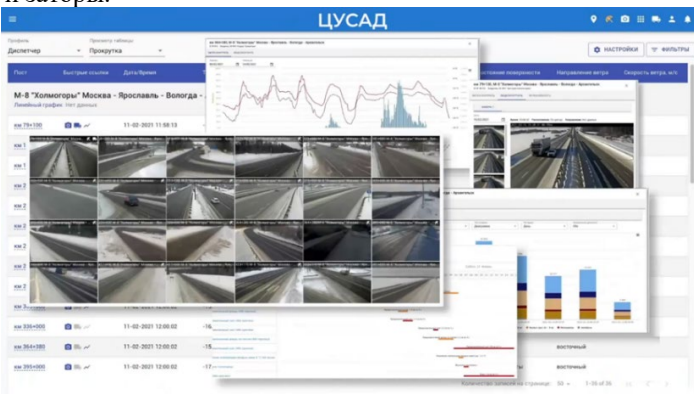


Рис. 2. Цифровая платформа Центра управления содержанием автомобильных дорог

В целях повышения безопасности дорожного движения на участке автомагистрали М-4 «Дон» км 517 – км 544 в Воронежской области размещено технологическое оборудование Автоматизированной системы управления дорожными данными (АСУДД). Перечень оборудования и схема его расположения приведены на рис. 3.

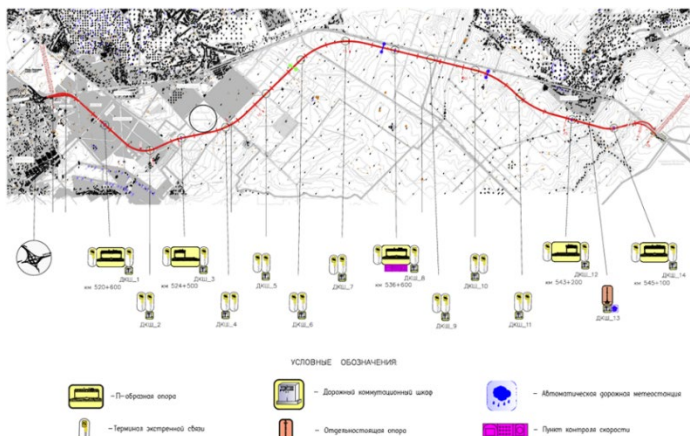


Рис.3. Схема размещения технологического оборудования АСУДД на участке трассы М-4 «Дон» км 517 – км 544 в Воронежской области

АСУДД включает 14 видеостанций, 8 динамических табло, 24 управляемых дорожных знаков, 1 пункт контроля скорости, 1 автоматизированная дорожная метеостанция, 26 терминалов экстренной связи. Перечень оборудования пополняется.

Автоматизированная система управления дорожным движением позволяет вести круглосуточный автоматический контроль над дорожной обстановкой, передавать информацию в службу поддержки принятия решений. На основании оценки своевременно обновляющейся информации путем специальных расчетов возможно спрогнозировать состояние контролируемых параметров дорожного покрытия [2, 3, 4].

Специализированное дорожное метеорологическое обеспечение входит в состав приоритетных направлений развития оперативного управления зимним содержанием дорог и является неременным условием его совершенствования.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Алимова, Н.Ю. Технические средства систем погодного мониторинга для оценки снеготаносимости автомобильных дорог / Алимова Н.Ю., Халенко Р.С., Суражевская Е.Н. // Магистратура - автотранспортной отрасли. материалы V Всероссийской межвузовской конференции. Санкт-Петербург. - 2021. - С. 10-14.
2. Самодурова, Т.В. Оценка безопасности движения в зимний

период на различных этапах жизненного цикла дороги / Т.В. Самодурова, А.В. Соврасова, Н.Ю. Алимова, О.В. Гладышева // Научный журнал строительства и архитектуры. - 2023. - № 4 (72). - С. 107-120.

3. Самодурова, Т.В. Повышение качества содержания снегозаносимых участков автомобильных дорог средствами инженерного мониторинга / Т.В. Самодурова, О.В. Гладышева, Н.Ю. Алимова // Инновации в строительстве - 2020. сборник докладов Международной научно-практической конференции, посвященной 60-летию строительного института ФГБОУ ВО «БГИТУ». Брянск. - 2020. - С. 482-485.

4. Самодурова, Т.В. Обеспечение безопасности движения на участках снегозаносимых выемок / Т.В. Самодурова, О.В. Гладышева, Н.Ю. Алимова, А.В. Соврасова // Устойчивое развитие региона: архитектура, строительство и транспорт. Материалы IX-ой Международной научно-практической конференции, посвящённой памяти академика РААСН Чернышова Е.М. - 2022. - С. 341-346.

УДК 656.11

Андреева С.О., Сердюк Д.А.

Научный руководитель: Локтионова А.Г. канд. техн. наук, доц.

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

ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ОРГАНИЗАЦИИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ, ИСПОЛЬЗУЮЩИЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ

Россия в настоящее время занимает лидирующие позиции в мире по числу автотранспортных средств на одного человека, поэтому поддержание высокой дорожной безопасности входит в приоритетные задачи правительства нашей страны.

Наиболее уязвимыми участниками дорожного потока оказываются люди, передвигающиеся пешком. Защита пешеходов во время пересечения проезжей части обеспечивается множеством установленных правил нормативных требований. Согласно им, нерегулируемый пешеходный переход обязан включать определенные дорожные технические средства для регулирования дорожного движения:

– дорожные знаки 5.19.1/2 «Пешеходный переход», в том числе дублирующие при необходимости. Допускается применение знаков в светодиодном исполнении;

- горизонтальную дорожную разметку 1.14.1/2, допускается применять в бело-желтом исполнении;
- стационарное освещение [2].

Для повышения уровня безопасности пешеходов используются инновационные дорожные устройства, которые более эффективно привлекают внимание водителей по сравнению со стандартными знаками и отражателями. Большинство таких устройств нуждается в подключении к источникам электроэнергии, которые часто отсутствуют вблизи автотрасс. Различные производители предлагают устройства управления движением, функционирующие благодаря возобновляемым источникам – солнечной и ветровой энергии.

Для того, чтобы максимально повысить внимание водителей перед пешеходными переходами рекомендуется установить автономный солнечно-сетевой светофор типа Т.7 с комбинацией аккумулятора, солнечной панели и сети. Особенно это важно возле детских дошкольных учреждений и средних образовательных школ. В том случае, если нет возможности подключиться к электрическим сетям, необходимо установить автономные системы. Энергоснабжение светофора происходит через солнечную батарею, которая заряжает его источник питания – аккумулятор. Согласно установленным правилам, светофор обязан функционировать в режиме чередующегося света круглосуточно. Для повышения безопасности пешеходов можно дополнить светофорную систему светодиодными установками и датчиками перемещения.



Рис. 1 Автономный светофорный комплекс Т.7 с искусственным освещением

Световой сигнализатор со светофором типа Т.7 заблаговременно предупреждает водителей о приближении к зонам для пешеходов, позволяя своевременно снижать темп движения, а энергосберегающее светодиодное освещение улучшает обзорность дороги как для водителей, так и для пешеходов. На светофорах у пешеходных переходов рекомендуется установка знаков 5.19.1/2 «Пешеходный

переход» со встроенной системой светодиодного освещения для повышения видимости [5]. Световые табло на дорогах могут привлечь взгляд водителя издалека, обеспечивая своевременную реакцию и предотвращение аварийных случаев у участников движения.

В ночные часы светодиоды внутри корпуса LED-панели функционируют по импульсной схеме. Время функционирования системы предупреждения водителю можно адаптировать исходя из уникальных пространственных параметров дорожного сегмента.

Знак способен включать датчик перемещения, автоматически активирующий освещение при появлении прохожих или оснащённый системой вызова пешеходами. При активации сенсора перемещения либо нажатия клавиши на устройстве контроля, соответствующий светофор на противоположной стороне дороги автоматически включает свою функцию работы синхронно со своим парным знаком [1].

Источником энергии для дорожного знака служит аккумулятор, который пополняется благодаря солнечному модулю, работающему даже в облачные дни.



Рис. 2 Дорожный знак с внутренней светодиодной подсветкой

На рынке представлены автоматические импульсные указатели в качестве более бюджетной альтернативы светодиодным дисплеям. Устройство такого вида можно установить на обычные дорожные знаки, чтобы повысить внимание водителей к потенциально опасным участкам дороги [3].

В течение дневных часов солнечная панель устройства трансформирует солнечный свет в электричество, сохраняя его в батарее. Ночью система автоматически активизирует светодиоды, функционирующие по импульсному принципу.

Для повышения осведомленности участников дорожного движения об их маршруте разрешено использование светоотражающих ограждений модели КДЗ, функционирующих путем отражения

световых потоков от автомобильных фар. На рынке доступны следующие независимые системы вместо катафотов.

Световой маячок предназначен для обозначения границ дорог на опасных ее участках и разделения транспортных потоков в противоположных направлениях на загруженных участках трассы. Световые маячки включаются автоматически с наступлением вечерних сумерек [1].



Рис 3 Светодиодный маячок

Солнечные батареи установлены в конструкции светодиодного маячка по принципу структуры пчелиных ячеек. В светлое время суток батарея пополняется зарядом, который затем ночью распределяется между всеми лампочками. Диоды, излучающие свет, передают видимые оптические сигналы даже в условиях густого тумана. Существуют различные градации цветов сигнализации, включая такие оттенки как: желтый, красный, белый, голубой, зеленый [6].

Конструкция маячка монтируется в армированный бетоном материал благодаря металлическим элементам, расположенным снаружи корпуса. Корпус повышенной прочности защищает устройство от ударов тяжелых транспортных средств, таких как грузовики и автобусы. Структура устойчивая к колебаниям внешних условий.

Самый результативный способ повышения безопасности пешеходов и водителей ночью заключается в применении искусственной подсветки дороги. При подключении фонарей к электросетям возникает значительное препятствие в выполнении норматива относительно обеспечения светом остановок, пешеходных дорожек и их окрестностей. Для упрощения процесса установки искусственной подсветки можно использовать светодиодные лампы, работающие от солнечных элементов, ветрогенераторов или их комбинации, которые заряжают аккумуляторы.

Функционирование системы заключается в следующем: каждый вечер по окончании светового дня электронный хронометр активирует постоянный ток на светодиодном освещении, включая его; утром же, с

рассветом, подача тока прекращается. Питание электронного хронометра обеспечивается стабильным источником тока. В цифровой системе управления освещением задаются актуальные данные о времени, географическом положении (широте и долготе), а также учитывается сезонное время и часовая зона.



Рис 4 Автономные комплексы искусственного освещения автомобильных дорог

Множество компаний по производству устройств управления дорожным движением обладают собственными передовыми технологиями, превосходящими установленные стандарты РФ. Использование передовых технологий управления дорожным движением на российских трассах подтверждает их действенность [4].

Благодаря возможности работы техники в режиме самостоятельного функционирования способствует усилению дорожной безопасности, будь то населенные пункты, где чаще случаются дорожные происшествия без жертв, или автомобильные трассы с действующим ограничением скорости. Этот метод направлен на реализацию Постановления главы государства РФ от 07 мая 2018 года (в ред. от 21.07.2020) № 204, а также в достижении полного устранения дорожно-транспортных происшествий на дорогах.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Григорьева, М.Р. Об основных мероприятиях, направленных на повышение безопасности дорожного движения / М. Р. Григорьева, О. А. Манжукова // Актуальные вопросы юридических наук: материалы II Междунар. науч. конф. (г. Челябинск, февраль 2020 г.). – Челябинск: Два комсомольца, 2020. – С. 38-40.

2. Костина, К.В. Организация и безопасность дорожного движения: учебник для вузов / К.В. Костина. – М.: Издательство Юрайт, 2022. – 229 с.

3. Локтионова, А. Г. Оценка технических параметров автомобилей в транспортном потоке / А. Г. Локтионова, А. Г. Шевцова // Мир транспорта и технологических машин. – 2022. – № 4-2 (79). – С. 75-80.

4. Локтионова, А. Г. Определение динамического показателя автомобиля в транспортных потоках городской транспортной системы / А. Г. Локтионова, А. Г. Шевцова // Мир транспорта и технологических машин. – 2023. – № 1-2 (80). – С. 37-42.

5. Молодцов, В.А. Правила и безопасность движения: учебное пособие / В.А. Молодцов, А.А. Гуськов. – Тамбов: ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2023. – 185 с.

6. Пеньшин, Н.В. Обеспечение безопасности дорожного движения на автомобильном транспорте: учебное пособие / Н.В. Пеньшин, В.А. Молодцов, В.С. Горюшинский – Изд-во: ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2022. – 115 с.

УДК 656.05

Андреева С.О., Жантоан С.С.

Научный руководитель: Локтионова А.Г. канд. техн. наук, доц.

Белгородский государственный технологический университет

им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОРГАНИЗАЦИИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ

В современном мире актуальна серьезная угроза, связанная с высоким уровнем аварийности на дорогах. Эта ситуация вызывает печальные последствия, приводящими к гибели и травмированию людей в ДТП, вызванных недоработанными конструкциями дорожного движения. В целях предотвращения аварий и обеспечения безопасности на дорогах запускают в эксплуатацию набор технических и инженерных систем и проводят разнообразные мероприятия, направленные на защиту как участников дорожного движения, так и пешеходов. Существует ряд технологических инструментов, направленных на улучшение и укрепление мер безопасности движения на дороге [3].

Рассмотрим некоторые виды технологических изобретений, способствующих улучшению организации дорожного движения.

Первым изобретением, которое мы рассмотрим является устройство в форме вибрационных полос (виброполос) (рис. 1), призванных привлечь внимание водителя к данному участку дороги специфическим звуком и предотвратить возможность совершения ошибок на проезжей части. На участках дорог с высоким риском аварий устанавливаются виброполосы в верхней части покрытия

перпендикулярно движению транспорта. Их параметры по шагу и глубине настроены для создания дискомфорта водителям во время проезда по ним [7].



Рис. 1 Виброполоса

Основной отличительной особенностью данной виброполосы по сравнению со стандартными шумовыми полосами является акцент на вибрационные ускорения, стимулирующие повышенную внимательность водителя к управлению автомобилем, что способствует замедлению скорости и улучшению управляемости транспортного средства. На автомобильных трассах с высокой интенсивностью движения опасные зоны обозначаются яркими звуковыми разметками. В случае экстренной корректировки направления движения или снижения скорости транспорта подобные средства также размещают на дорожном покрытии [1].

Следует заметить, что длина торможения возрастает на гладком покрытии. В процессе поворота возможно возникновение ситуации, когда задняя часть автомобиля будет скользить сильнее передней. Пористость дорожной поверхности обеспечивает быстрое поглощение значительных объемов влаги. Установлено, что покрытие поглощает примерно 4 тысячи литров влаги каждую минуту. Следует упомянуть, что материал покрытия изготовлен переработанных остатков устаревшей керамической плитки. Верхний элемент PermeableTormix включает крупный гравий, где промежутки между частицами обеспечивают беспрепятственное стекание воды вниз [6].

В темное время суток у водителей часто возникают трудности с обнаружением находящихся рядом пешеходов. Специалисты создали дорожную разметку для перехода в виде светлых полос, пересекающих проезжую часть (рис. 2), это второе изобретение, которое будет рассмотрено нами.



Рис. 2 Умный пешеходный переход

Этот объект (белые полосы) включает светодиодные компоненты, а его верх оборудован датчиками перемещения. В тот момент, когда человек ступает на разметку перехода, устройство тут же регистрирует действие, а полоса переходит в режим свечения. Данная система гарантирует высокую безопасность в ночное время. При данной системе потока пешеходов водителю невозможно не увидеть пешеходов, пересекающих проезжую часть. Инженеры из Великобритании создали инновационную дорожную разметку, которая освещает зону пешеходного перехода и сигнализирует о приближении транспорта, позволяя людям своевременно останавливаться. Когда человек выберет неправильный способ пересечения проезжей части, светофор сменит сигнал с зелёного на красный, привлекая тем самым внимание как водителям, так и самого пешехода. В случае нахождения человека вне разметки «зебра», система оповестит водителя посредством изменение определенного цвета сигнала [5].

Дорожно-разделительная конструкция, еще одно из изобретений, способствующих безопасности дорожного движения обязана состоять из прочного жесткого механизма. Такая система безопасности размещается в критически важных зонах, предотвращая смешение потоков транспорта по обеим сторонам шоссе и защищая автомобили от выезда на обрывы, реки и т.д. Например, если автомобиль столкнется с ограждением, оно обязано предотвратить выезд транспортного средства за границы дороги, подразумевая высокую прочность конструкции, которая делает столкновение транспортного средства с преградой крайне опасным.

Дорожно-разделительная конструкция имеет новый дизайн (рис. 4). Данная конструкция оборудована большим количеством роликов, которые равномернее распределяют воздействие удара. При контакте автомобиля с системой защиты типа «роликовое ограждения» его прямолинейное движение корректируется роликами, снижая силу удара до менее значительной величины [2].



Рис. 3 Роликовое ограждение

Встроенные роликов барьеры смягчают силу столкновения, преобразуя его в более мягкий толчок, что снижает воздействие сил на транспортное средство и минимизирует риск получения пассажирами травм. При боковом контакте транспортное средство испытает минимальные повреждения, плавно скользя вдоль пластиковых роликов [7].

Организация дорожного движения представляет собой интеграцию технических элементов и человеческого фактора в городских транспортных системах. Наиболее эффективный подход заключается в создании и совершенствовании интегрированной системы контроля транспортных потоков, учитывающей текущее состояние и ограничения городских дорожных объектов. Основной план поддержания оптимального состояния транспортной инфраструктуры и безопасности дорожного движения формируется через анализ направлений работы множества учреждений дорожной сети в рамках единой системы. Создание и совершенствование единой системы управления дорожным движением представляет собой ключевое направление модернизации городской транспортной инфраструктуры, ориентированной преимущественно на повышение уровня безопасности всех участников дорожного движения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Григорьева, М.Р. Об основных мероприятиях, направленных на повышение безопасности дорожного движения / М. Р. Григорьева, О. А. Манжукова // Актуальные вопросы юридических наук: материалы II Междунар. науч. конф. (г. Челябинск, февраль 2020 г.). – Челябинск: Два комсомольца, 2020. – С. 38-40.
2. Костина, К.В. Организация и безопасность дорожного движения: учебник для вузов / К.В. Костина. – М.: Издательство Юрайт, 2022. – 229 с.

3. Локтионова, А. Г. Оценка технических параметров автомобилей в транспортном потоке / А. Г. Локтионова, А. Г. Шевцова // Мир транспорта и технологических машин. – 2022. – № 4-2 (79). – С. 75-80.

4. Локтионова, А. Г. Определение динамического показателя автомобиля в транспортных потоках городской транспортной системы / А. Г. Локтионова, А. Г. Шевцова // Мир транспорта и технологических машин. – 2023. – № 1-2 (80). – С. 37-42.

5. Молодцов, В.А. Правила и безопасность движения: учебное пособие / В.А. Молодцов, А.А. Гуськов. – Тамбов: ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2023. – 185 с.

6. Пеньшин, Н.В. Обеспечение безопасности дорожного движения на автомобильном транспорте: учебное пособие / Н.В. Пеньшин, В.А. Молодцов, В.С. Горюшинский – Изд-во: ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2022. – 115 с.

7. Современные разработки, которые делают дорожное движение безопасным и продвинутым. – Режим доступа: <https://koleso.temaretik.com> (дата обращения 5.5.25)

УДК 656

Андрюшина Д. И., Зубарев А.Д., Котухов А.Н.

Научный руководитель: Куценко С.В., канд. техн. наук, доц.

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

ВЗАИМОСВЯЗЬ МЕЖДУ ПРИВЫЧКАМИ ВОДИТЕЛЕЙ И БЕЗОПАСНОСТЬЮ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ

Дорожно-транспортные происшествия (ДТП) представляют собой серьезную проблему для современного общества. Последствия ДТП затрагивают не только тех, кто находится внутри транспортного средства (ТС), но и пешеходов, приводя к большому количеству пострадавших и погибших. К сожалению, несмотря на активную работу государственных структур и различных организаций, направленных на обеспечение безопасности дорожного движения (БДД), показатели аварийности по-прежнему остаются неудовлетворительными [4].

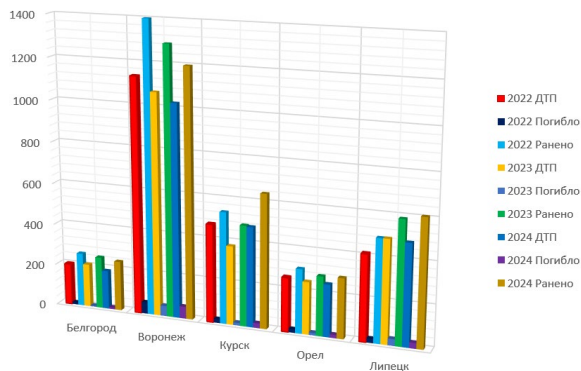


Рис. 1. Общая статистика ДТП городов.

Согласно графику, приведенному на рис.1 видно, что в период с 2022 по 2024 годы количество ДТП незначительно снижается в некоторых городах. В Липецке в 2023 году показатель аварийности увеличился до 493, а в 2024 году показатели снились, а в Курске в 2024 году наоборот увеличилось количество аварий до 480.

Привычки водителей играют первостепенную роль в обеспечении БДД. Ежедневно каждый водитель принимает решения, которые могут повлиять на его собственную жизнь, жизни пассажиров и других участников дорожного движения (ДД).

Рассмотрим детально какие именно привычки оказывают наибольшее воздействие на безопасное вождение.

Начнем с соблюдения скоростного режима. Одним из важнейших факторов, влияющих на уровень безопасности на дороге, является безусловно скорость движения автомобиля. Превышение допустимого ограничения скорости движения существенно увеличивает риск возникновения аварии, особенно на сложных участках дороги. Научные данные подтверждают, что превышение скорости всего на 10 км/ч может привести к удвоению тормозного пути. Это означает, что даже незначительное отступление от правил дорожного движения, а именно, соблюдения скоростного режима, может привести к серьезным последствиям.

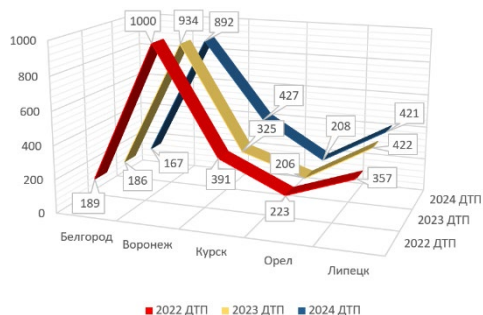


Рис. 2. Количество ДТП из-за нарушения ПДД водителями ТС.

График, представленный на рис. 2 демонстрирует динамику количества ДТП по городам, исходя из этого можно отметить, что в 2023 году наблюдается значительное увеличение количества ДТП из-за нарушений ПДД водителями ТС в большинстве городов. Исключением является город Орёл, где зафиксировано снижение данных показателей [1].

Во-вторых, использование ремней безопасности. Несмотря на доказанную эффективность, многие водители пренебрегают использованием ремня безопасности. Статистические данные свидетельствуют, что использование ремня безопасности снижает вероятность смертельного исхода при лобовом столкновении на 45%, а при боковом — на 50%. Формирование этой простой привычки способствует сохранению жизни всех участников ДД.

В-третьих, отказ от употребления алкогольных напитков и наркотических средств за рулем. Употребление алкоголя значительно ухудшает реакцию водителя, его способность к координации движений и адекватному принятию решений. Даже небольшие дозы алкоголя способны снизить концентрацию внимания и увеличить время реакции. По данным около 30% всех ДТП связаны с употреблением алкоголя водителями [2].

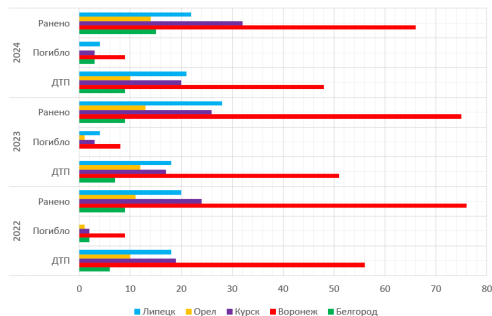


Рис. 3. ДТП с водителями в состоянии опьянения.

На рис. 3 представлен график количества ДТП с водителями в состоянии опьянения. Исходя из этого графика можно отметить, что проблема управления ТС остается серьезным вопросом для БДД в рассматриваемых регионах. Несмотря на проводимые мероприятия, количество ДТП, раненых и погибших по вине нетрезвых водителей остается значительным, особенно в Воронеже и Курске.

Следующей причиной является контроль отвлекающих факторов. Современные автомобили оборудованы широким спектром устройств, способных отвлечь внимание водителя от дороги. Мобильные телефоны, мультимедийные системы, прием пищи и напитков являются потенциальными источниками опасности. Исследования показывают, что разговор по телефону во время управления ТС, даже с использованием специализированной гарнитуры, снижает уровень концентрации внимания приблизительно на 37%.

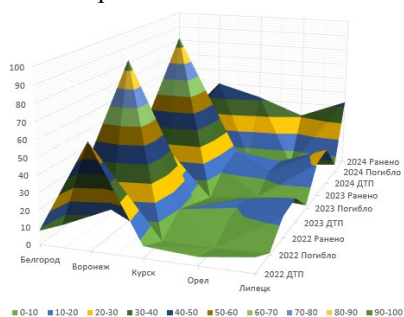


Рис. 4. ДТП и пострадавшие из-за выезда на полосу, предназначенную для встречного движения.

Хочется отметить еще немало важный показатель - поддержание автомобиля в исправном состоянии. Технические неисправности ТС

могут стать причиной аварии. Неисправности тормозной системы, плохая видимость из-за грязных стекол или недостаточное давление в шинах увеличивают вероятность возникновения опасных ситуаций. Регулярные проверки состояния шин, тормозной системы и осветительных приборов, а также своевременное прохождение технического обслуживания ТС, все эти действия являются необходимыми мерами для поддержания автомобиля в исправном состоянии [3].

Таким образом, резюмируя вышесказанное, можно утверждать, что привычки водителей играют определяющую роль в обеспечении БДД. Осознанное отношение к соблюдению ПДД, отказ от вредных привычек, использование ремней безопасности, и поддержание автомобиля в исправном состоянии способны минимизировать риски вероятности возникновения ДТП и сделать поездки наиболее комфортными и безопасными для всех участников движения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бобешко А.С., Кущенко С.В., Новиков И.А., Кущенко Л.Е. Комплексная оценка и анализ показателей дорожно-транспортных происшествий на примере регионов Черноземья (научная статья) // «Мир транспорта и технологических машин» Орел 2018, № 4(63) - с.62-68 (из перечня ВАК).

2. Кущенко С.В., Добрыднева В.С., Айыдов Д.Н., Кущенко Л.Е. Влияние водителей, находящихся в состоянии алкогольного опьянения на ДТП в РФ и Черноземье (научная статья) // «Мир транспорта и технологических машин», Орел 2019. - № 1(64), с.57-65 (из перечня ВАК).

3. Пехов А.А., Давыдова Е.В., Кущенко Л.Е. Влияние технического состояния автомобиля на безопасность дорожного движения (научная статья) // Сборник статей Международной научно-практической конференции «Анализ проблем и поиск решений повышения результативности современных научных исследований», Оренбург, 5 декабря 2020 г. – с. 17-21.

4. Шутов А.И., Воля П.А., Кущенко С.В., Гай Л.Е. Заторовые явления. Возможности предупреждения // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. – 2013. № 3. – С. 166–168.

*Батраченко А.В., Жевлакова А.В., Кравченко В.А., Быценко М.В.
Научный руководитель: Любимый Н.С., канд. техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

НАПРАВЛЕНИЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ПЕРСПЕКТИВНЫХ КОНСТРУКЦИЙ БУФЕРНЫХ УСТРОЙСТВ МОСТОВЫХ КРАНОВ

Существующие конструкции буферных устройств обладают рядом эксплуатационных и конструктивных недостатков, исследователи предлагают новые перспективные разработки, направленные на повышение эффективности поглощения кинетической энергии и надёжности работы [1]. Одним из таких решений является конструкция фрикционного кранового буфера, основанная на использовании сыпучей среды.

Основное демпфирующее усилие в данной конструкции создаётся за счёт сил трения между частицами сыпучего материала и поверхностями элементов буфера, а также внутреннего трения внутри самого сыпучего тела при относительном перемещении его частиц. В качестве сыпучего материала могут быть использованы различные прочные гранулированные вещества, например, стальная или чугунная дробь, обладающие высокой устойчивостью к динамическим нагрузкам и износу. Такой подход позволяет обеспечить равномерное распределение нагрузки, стабильную работу устройства в широком диапазоне ударных воздействий, а также отсутствие резкой отдачи, характерной для пружинных амортизаторов.

Предложенная конструкция представляет интерес с точки зрения практического применения благодаря своей простоте, надёжности и способности рассеивать значительные объёмы энергии без сложных систем уплотнений или высокоточных деталей.

Преимущество буферных устройств на основе сыпучих материалов заключается в их уникальной физической природе: такие материалы обладают свойствами, промежуточными между жидкостью и твёрдым телом [2]. Это позволяет сочетать достоинства гидравлических (высокая эффективность поглощения энергии за счёт внутреннего трения) и фрикционных буферов (мягкость работы и отсутствие отдачи), одновременно устраняя основные недостатки гидробуферов — зависимость характеристик от температуры и необходимость герметизации рабочей среды.

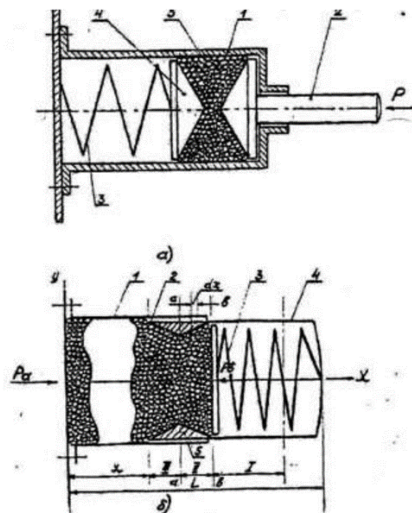


Рис. 1 Фрикционный буфер с гранулированным рабочим телом

Работа первого варианта конструкции (рис. 1, а) заключается в следующем: при наезде крана или тележки на подвижный шток 2 последний перемещается внутри корпуса буфера 1 и выдавливает рабочее тело 5 через опорную пластину 4, вызывая сжатие рабочей пружины 3. При этом энергия удара частично поглощается за счёт деформации пружины, а также за счёт трения между частицами сыпучего материала и его взаимодействия со стенками корпуса. Таким образом, происходит преобразование кинетической энергии в потенциальную энергию упругой деформации и тепловую энергию, рассеиваемую в окружающую среду.

В другом варианте конструкции (рис. 1, б) при движении плунжера 4 осуществляется перемещение сыпучего тела 2, сопровождающееся относительным смещением частиц и их выдавливанием из корпуса 1 через отверстие насадки 5, установленной на подвижном плунжере, в его внутреннюю полость. Этот процесс сопровождается скольжением частиц по стенкам плунжера и интенсивным взаимодействием между ними. Трение между соприкасающимися поверхностями можно отнести к категории сухого трения, которое создаёт значительное сопротивление и эффективно тормозит движущиеся массы. За счёт этого обеспечивается высокое демпфирование и равномерное поглощение энергии.

К основным преимуществам данных буферных устройств относится отсутствие отдачи, поскольку энергия ударной нагрузки

практически полностью рассеивается в виде тепла без существенного накопления потенциальной энергии [3]. Однако одним из возможных недостатков является заклинивание подвижных элементов устройства, особенно при длительной эксплуатации, загрязнении сыпучего материала или неправильной регулировке конструкции.

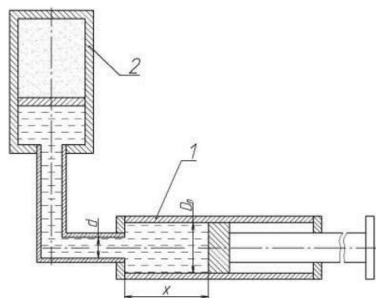


Рис. 2 Упрощенная схема пневмогидравлического буферного устройства.

Для повышения надежности работы мостовых кранов предложена конструкция пневмогидравлического буферного устройства, упрощенная схема которого представлена на рис. 2.

Пневмогидравлическое буферное устройство предназначено для поглощения кинетической энергии движущихся частей крана при его остановке, например, при контакте с тупиковым упором [4]. Конструктивно устройство включает в себя гидроцилиндр 1, оснащённый дроссельным отверстием и соединённый посредством гидравлического канала с пневмогидроаккумулятором 2.

Принцип работы устройства заключается в следующем: при наезде крана на тупиковый упор шток буфера вместе с поршнем перемещается в цилиндре, в результате чего рабочая жидкость из полости гидроцилиндра вытесняется через дроссельное отверстие в полость пневмогидроаккумулятора [5]. Процесс дросселирования жидкости создаёт гидравлическое сопротивление, обеспечивающее демпфирование ударного воздействия.

Одновременно с этим увеличение объёма жидкости в пневмогидроаккумуляторе приводит к сжатию находящегося там газового объёма. Сжатый газ оказывает упругое сопротивление, аккумулируя часть энергии удара и обеспечивая дополнительное снижение динамических нагрузок. Таким образом, устройство реализует комбинированный принцип гашения кинетической энергии за счёт совместного действия гидравлического демпфирования и пневматического аккумулирования энергии.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Романович, А. А. Техническая эксплуатация подъемно-транспортных строительных, дорожных и коммунальных машин : учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности "Сервис транспортных и технологических машин и оборудования (Строительные, дорожные и коммунальные машины)" направления подготовки "Эксплуатация наземного транспорта и транспортного оборудования" / А. А. Романович, Е. В. Харламов ; А. А. Романович, Е. В. Харламов ; Федеральное агентство по образованию, Белгородский гос. технологический ун-т им. В. Г. Шухова. – Белгород : Изд-во БГТУ, 2009. – 127 с. – ISBN 978-5-361-00091-3. – EDN QNWIEL.

2. Маркина, Ю. Д. Кручение нижнего пояса подкраново-подстропильной фермы / Ю. Д. Маркина // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2023. – № 11. – С. 27-36. – DOI 10.34031/2071-7318-2023-8-11-27-36. – EDN HOZZLQ.

3. Шарапов, Р. Р. Энергетический расчет приводов подъемно-транспортных машин на ЭВМ (табличный процессор EXCEL) / Р. Р. Шарапов, А. А. Мамедов, Е. В. Харламов // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2015. – № 6. – С. 183-186. – EDN ULFTXV

4. Кобытов, М. С. Совершенствование процесса гашения остаточных колебаний груза путем уменьшения неуправляемого смещения точки подвеса / М. С. Кобытов, В. С. Щербаков // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2016. – № 10. – С. 150-155. – DOI 10.12737/22089. – EDN WNCMPZ.

5. Кобытов, М. С. Координация траекторий грузовой тележки мостового крана и подвижной точки подвеса груза в задаче гашения неуправляемых колебаний / М. С. Кобытов, В. С. Щербаков // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2016. – № 6. – С. 39-45. – EDN VWZDHB.

*Батраченко А.В., Тарасенко И.М., Кравченко В.А., Быценко М.В.
 Научный руководитель: Любимый Н.С., канд. техн. наук, доц.
 Белгородский государственный технологический университет
 им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИЙ БУФЕРНЫХ УСТРОЙСТВ МОСТОВЫХ КРАНОВ

Для ограничения перемещения кранов и грузовых тележек по рельсовым путям используются упоры. Чтобы снизить ударные нагрузки при их приближении к упорам или сближении. Установка буферов позволяет расширить рабочий диапазон перемещения кранов и тележек в случае исправной работы тормозов и концевой автоматической защиты [1]. Кроме того, буферы повышают надёжность и безопасность оборудования в условиях возможных неисправностей тормозной системы или автоматической защиты.

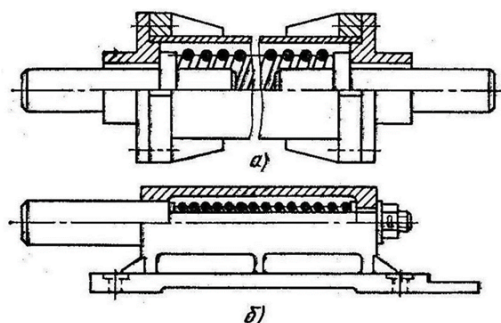


Рис. 1 Пружинный буфер: а - двусторонний, б – односторонний

В пружинных буферных устройствах (см. рис. 1) основная часть кинетической энергии, передаваемой движущимся массам крана, преобразуется в потенциальную энергию упругой деформации пружины. При этом лишь небольшая доля энергии рассеивается в виде тепловой энергии, что обусловлено внутренним трением в материалах пружины и других элементах устройства [2]. В результате пружинные буферы характеризуются высоким коэффициентом отдачи, так как после сжатия пружина стремится вернуться в исходное положение, передавая большую часть накопленной энергии обратно в систему.

В кранах большой грузоподъёмности используются буферные устройства (см. рис. 2), в которых пружины устанавливаются

концентрические и имеют разный диаметр. Такая конструкция позволяет существенно повысить энергоёмкость буфера при сохранении его габаритных размеров [3]. Конструктивное решение с использованием пружин разного диаметра обеспечивает более эффективное поглощение кинетической энергии движущихся масс.

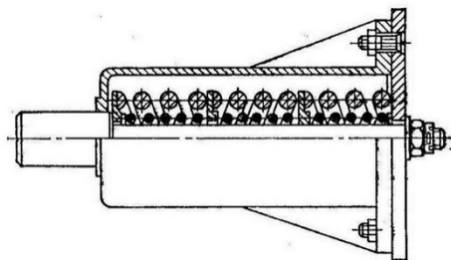


Рис. 2 Буфер с концентричным набором витых цилиндрических пружин

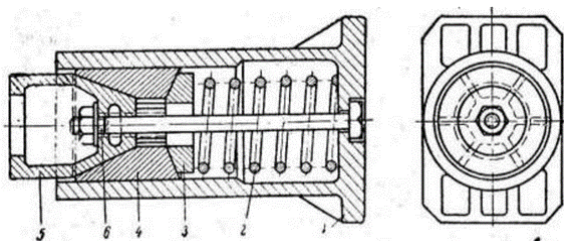


Рис. 3 Фрикционный буфер с разрезным коническим кольцом 1 - корпус, 2 - пружина, 3 - упорная шайба, 4 - сегмент разрезного конического кольца, 5 - упор, 6 - болт.

Фрикционный буфер с разрезным коническим кольцом (рис. 3) представляет собой устройство, предназначенное для поглощения кинетической энергии движущихся масс крана или тележки за счёт сил трения, возникающих между его рабочими элементами. Основными компонентами буфера являются корпус (1), пружина (2), упорная шайба (3), сегменты разрезного конического кольца (4), упор (5) и болт (6). Корпус служит несущей конструкцией, обеспечивающей сборку и защиту всех элементов устройства. Внутри корпуса установлен упругий элемент — пружина (2), передающая усилие на упорную шайбу (3), которая, в свою очередь, взаимодействует с сегментами разрезного конического кольца (4). При сжатии эти сегменты образуют замкнутую коническую поверхность, контактирующую с упором (5). При воздействии ударной нагрузки происходит деформация пружины и

смещение упора внутрь корпуса, что вызывает увеличение радиального давления на сегменты кольца и, как следствие, возрастание сил трения между ними и корпусом. Таким образом, значительная часть кинетической энергии преобразуется в тепловую, обеспечивая эффективное демпфирование и снижение отдачи. Болт (6) служит для регулировки начального зазора и прижимного усилия, что позволяет настраивать характеристики буфера под конкретные условия эксплуатации [4].

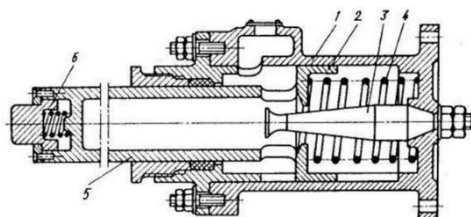


Рис. 4 Гидравлический буфер с переменной площадью отверстия истечения жидкости: 1 - корпус, 2 - поршень, 3 - шток, 4 - пружина, 5 - ускорительная пружина, 6 - упор, 7 - сальник, 8 - полный шток, 9 - резервуар для жидкости.

На рис. 4 представлена одна из конструкций гидравлического буфера с переменной площадью отверстия истечения жидкости из рабочей полости в нерабочую.

Наряду с очевидными достоинствами гидравлических буферов, такими как отсутствие отдачи, высокая энергоёмкость и компактные размеры, эти устройства обладают рядом существенных недостатков. В процессе эксплуатации может изменяться вязкость рабочей жидкости, особенно при значительных колебаниях температуры окружающей среды, что влияет на стабильность демпфирующих характеристик буфера [5]. Также характерной проблемой является утечка жидкости, для предотвращения которой требуются надёжные уплотнительные элементы. Кроме того, гидравлические буферы отличаются повышенной сложностью конструкции, высокой стоимостью изготовления и необходимостью регулярного технического обслуживания, включающего контроль уровня и состояния рабочей жидкости, а также замену изношенных деталей.

Более широкое применение в практике получили комбинированные буферные устройства, сочетающие преимущества различных принципов поглощения энергии. К ним относятся пружинно-гидравлические, гидропневматические и пружинно-гидропневматические буферы. Такие конструкции обеспечивают плавность хода, мягкое восприятие ударной нагрузки и отсутствие

резкой отдачи, присущей исключительно пружинным буферам.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Романович, А. А. Безопасность технологического оборудования и процессов: Конспект лекций / А. А. Романович, Л. Г. Романович. – Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2018. – 144 с. – EDN XZNUIP.

2. Кoryтов, М. С. Координация траекторий грузовой тележки мостового крана и подвижной точки подвеса груза в задаче гашения неуправляемых колебаний / М. С. Кoryтов, В. С. Щербаков // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2016. – № 6. – С. 39-45. – EDN VWZDHB.

3. Кoryтов, М. С. Совершенствование процесса гашения остаточных колебаний груза путем уменьшения неуправляемого смещения точки подвеса / М. С. Кoryтов, В. С. Щербаков // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2016. – № 10. – С. 150-155. – DOI 10.12737/22089. – EDN WNCPMZ.

4. Маркина, Ю. Д. Кручение нижнего пояса подкраново-подстропильной фермы / Ю. Д. Маркина // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2023. – № 11. – С. 27-36. – DOI 10.34031/2071-7318-2023-8-11-27-36. – EDN HOZZLQ.

5. Шарapов, Р. Р. Энергетический расчет приводов подъемно-транспортных машин на ЭВМ (табличный процессор EXCEL) / Р. Р. Шарapов, А. А. Мамедов, Е. В. Харламов // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2015. – № 6. – С. 183-186. – EDN ULFTXV.

УДК 629.1.04

***Батраченко А.В., Жевлакова А.В., Кравченко В.А., Быценко М.В.
Научный руководитель: Любимый Н.С., канд. техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия***

АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИИ ПРУЖИННО-ШАРИКОВОГО БУФЕРНОГО УСТРОЙСТВА

Для повышения эффективности пружинных и гидравлических буферных устройств целесообразно обеспечить переменную

(уменьшающуюся) жёсткость устройства в процессе его работы. Это позволяет более равномерно распределять динамические нагрузки и повышать демпфирующие свойства буфера [1]. Такого эффекта можно добиться двумя способами: использованием пружин с переменной жёсткостью или применением передаточного механизма с переменным передаточным отношением при использовании пружин с постоянной жёсткостью.

Передаточный механизм должен быть спроектирован таким образом, чтобы его передаточное отношение увеличивалось по мере нарастания нагрузки. Включение такого механизма в конструкцию буфера позволяет преобразовать постоянную жёсткость пружины во внешне проявляемую переменную жёсткость буферного устройства. Таким образом, сочетание пружин с постоянной жёсткостью и передаточного механизма с изменяемым передаточным отношением позволяет создать высокоэффективное буферное устройство.

На основе этого принципа было разработано крановое пружинно-шариковое буферное устройство (рис. 1). Основным элементом конструкции является шариковый передаточный механизм, обеспечивающий переменное передаточное отношение, а также пружины с постоянной жёсткостью.

Шариковый передаточный механизм состоит из последовательно расположенных комплектов шариков. Каждый комплект (рис. 2) включает один верхний шарик 1, расположенный между несколькими нижними шариками 2 (их количество может составлять два, три, четыре, пять и т.д.). Верхние шарики находятся в непосредственном контакте с подвижной частью буфера, а нижние — взаимодействуют с опорной конструкцией [2]. При воздействии внешней силы происходит перераспределение нагрузки между шариками, что обуславливает изменение кинематических характеристик механизма и, как следствие, переменное передаточное отношение в процессе работы устройства.

Такая конструкция позволяет реализовать нелинейную зависимость между усилием и перемещением, тем самым формируя уменьшающуюся эквивалентную жёсткость буфера [3]. Это обеспечивает более мягкое восприятие удара на начальном этапе и интенсивное демпфирование при дальнейшем нагружении, что особенно важно при работе кранов в условиях высоких ударных нагрузок.

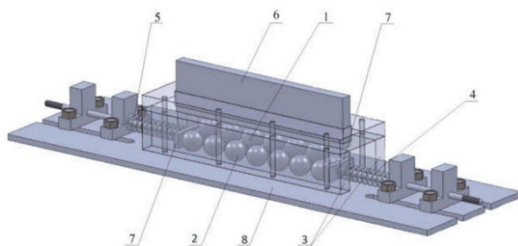


Рис. 1 Буферное устройство пружинно-шарикового типа: 1 - верхние шарики передаточного механизма, 2 - нижние шарики, 3 боковые направляющие, 4,5 - пружины, 6 - ползун, 7 - упоры, 8 – основание

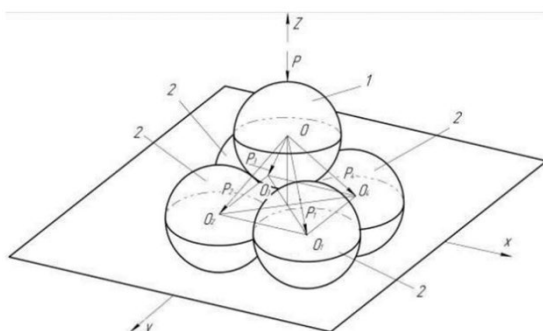


Рис. 2 Комплект шариков передаточного механизма: 1 - верхний шарик, 2 - нижние шарики

Пружинно-шариковое буферное устройство работает следующим образом. При приближении крана или грузовой тележки к концевому упору соответствующий элемент металлоконструкции крана входит в контакт с ползуном 6, который является воспринимающей ударную нагрузку частью устройства. Ползун передаёт усилие на верхние шарики 1 шарикового передаточного механизма. Под действием внешней силы верхние шарики 1 взаимодействуют с нижними шариками 2, вызывая их перемещение. В процессе этого движения усилие передаётся через упоры 7 на пружины 4 и 5, которые начинают сжиматься. Таким образом, кинетическая энергия движущегося крана преобразуется в потенциальную энергию упругой деформации пружин. После прекращения воздействия внешней нагрузки пружины, разжимаясь, возвращают шарики и ползун в исходное положение. Для обеспечения стабильности работы устройства и предотвращения расхождения шариков в поперечном направлении предусмотрены боковые направляющие 3, ограничивающие их относительное

смещение. Принято считать, что верхние шарики катятся по рабочей поверхности ползуна 6, а нижние — по плоскости основания 8. Шарики взаимодействуют друг с другом с проскальзыванием, что обуславливает изменение кинематики передачи усилия и способствует нелинейному характеру зависимости «усилие — перемещение». Такая особенность конструкции позволяет реализовать переменную эквивалентную жёсткость буфера, обеспечивающую плавное торможение на начальном этапе и интенсивное демпфирование при увеличении нагрузки.

Этот принцип работы делает пружинно-шариковое буферное устройство перспективным для применения в крановом оборудовании, где требуется высокая эффективность поглощения ударных нагрузок и отсутствие отдачи.

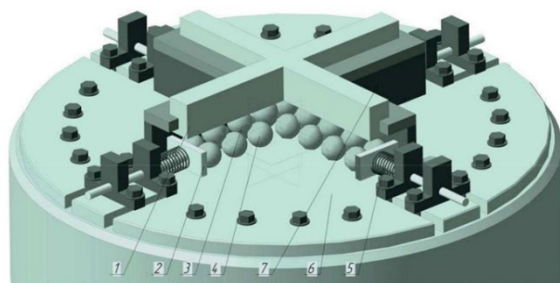


Рис. 3 Конструкция буферного устройства с двумя передаточными механизмами: 1 - ползун, 2 - упор, 3 - верхние шарики, 4 - нижние шарики, 5 - пружина, 6 - корпус, 7 - боковые направляющие

В случае применения пружинно-шарикового буферного устройства на мостовых кранах большой грузоподъёмности, где действуют значительные ударные нагрузки, целесообразно использовать конструктивное решение с двумя взаимно перпендикулярными шариковыми передаточными механизмами (рис. 3). Такая компоновка позволяет повысить энергоёмкость устройства и равномерно распределить воспринимаемое усилие по нескольким направлениям [4].

Каждый из двух шариковых передаточных механизмов работает в своей плоскости: один — в горизонтальной, а другой — во взаимно перпендикулярной, например, вертикальной или наклонной плоскости. Это обеспечивает более эффективное преобразование кинетической энергии движущегося крана в потенциальную энергию упругой деформации пружин за счёт последовательного или одновременного срабатывания обоих механизмов.

Применение двойного шарикового механизма также способствует увеличению несущей способности буфера и улучшает его демпфирующие характеристики. За счёт распределения усилий на два взаимно перпендикулярных направления снижается риск концентрации напряжений в отдельных элементах конструкции, что повышает надёжность и долговечность устройства в целом.

Таким образом, буферное устройство с двумя взаимно перпендикулярными шариковыми передаточными механизмами представляет собой перспективное техническое решение для использования в условиях высоких динамических нагрузок, характерных для тяжёлых мостовых кранов.

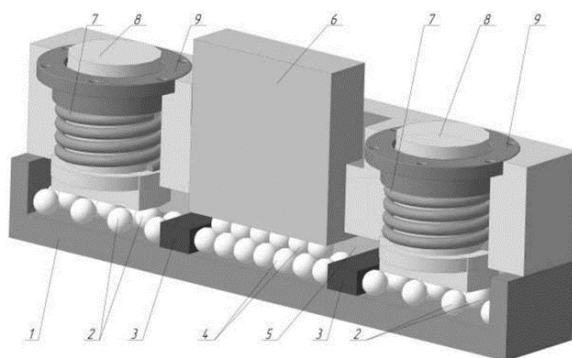


Рис. 4 Пружинно-шариковое буферное устройство с дополнительными наборами шариков: 1 - корпус, 2 - шарики дополнительных наборов, 3 - промежуточные упоры, 4 - шарики основного набора, 5 - боковые направляющие, 6 - ползун, 7 - пружины, 8 - упоры, 9 - опорные крышки

Другим конструктивным исполнением пружинно-шарикового буферного устройства является вариант, в котором помимо основного набора комплектов шариков предусмотрены дополнительные наборы, размещённые, например, по периферии или на вспомогательных плоскостях механизма (рис. 4). Такое решение позволяет увеличить несущую способность устройства, расширить диапазон воспринимаемых нагрузок и улучшить демпфирующие характеристики.

Пружинно-шариковое буферное устройство состоит из основного набора шариков 4 (6 комплектов) и двух дополнительных наборов 2 (по 3 комплекта). Все шарики имеют одинаковый диаметр. Шарики верхнего ряда дополнительных наборов взаимодействуют с упорами 8, между которыми и опорной крышкой установлены цилиндрические пружины сжатия 7.

В исходном состоянии верхние шарики основного набора контактируют друг с другом, а шарики дополнительных наборов разведены под углом, превышающим угол трения скольжения, что обеспечивает устойчивость конструкции.

При наезде крана или тележки усилие передаётся от ползуна 6 на шарики основного набора. Верхние шарики опускаются, катятся по поверхности ползуна и проскальзывают между нижними шариками. Нижние шарики перемещаются по днищу корпуса 1, скользя по боковым направляющим 5. Два центральных шарика остаются неподвижными [5].

Нагрузка от крайних шариков основного набора передаётся на промежуточные упоры 3, которые приводят в движение дополнительные наборы шариков. Нижние шарики этих наборов перемещаются к краям корпуса, а верхние — катятся по упорам 8, поднимая их и сжимая пружины 7.

Таким образом, усилие от движущегося крана преобразуется в силу сжатых пружин. Основной набор шариков переходит из плотно сжатого состояния в максимально разжатое, а дополнительные наборы — из горизонтально разведённого положения в вертикальное.

Эта конструкция обеспечивает плавное нарастание сопротивления и высокую эффективность поглощения ударной энергии, что делает её перспективной для применения на мостовых кранах большой грузоподъёмности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кoryтов, М. С. Координация траекторий грузовой тележки мостового крана и подвижной точки подвеса груза в задаче гашения неуправляемых колебаний / М. С. Кoryтов, В. С. Щербаков // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2016. – № 6. – С. 39-45. – EDN VWZDHB.

2. Кoryтов, М. С. Совершенствование процесса гашения остаточных колебаний груза путем уменьшения неуправляемого смещения точки подвеса / М. С. Кoryтов, В. С. Щербаков // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2016. – № 10. – С. 150-155. – DOI 10.12737/22089. – EDN WNCPMZ.

3. Шарпов, Р. Р. Энергетический расчет приводов подъемно-транспортных машин на ЭВМ (табличный процессор EXCEL) / Р. Р. Шарпов, А. А. Мамедов, Е. В. Харламов // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. –

2015. – № 6. – С. 183-186. – EDN ULFTXV.

4. Маркина, Ю. Д. Кручение нижнего пояса подкраново-подстропильной фермы / Ю. Д. Маркина // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2023. – № 11. – С. 27-36. – DOI 10.34031/2071-7318-2023-8-11-27-36. – EDN HOZZLQ.

5. Романович, А. А. Техническая эксплуатация подъемно-транспортных строительных, дорожных и коммунальных машин : учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности "Сервис транспортных и технологических машин и оборудования (Строительные, дорожные и коммунальные машины)" направления подготовки "Эксплуатация наземного транспорта и транспортного оборудования" / А. А. Романович, Е. В. Харламов ; А. А. Романович, Е. В. Харламов ; Федеральное агентство по образованию, Белгородский гос. технологический ун-т им. В. Г. Шухова. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2009. – 127 с. – ISBN 978-5-361-00091-3. – EDN QNWIEL.

УДК 625.7

Борисов А.Е.

*Воронежский государственный технический университет,
г. Воронеж, Россия*

КОМПЛЕКСНЫЙ АНАЛИЗ ОРГАНОМИНЕРАЛЬНЫХ ГРУНТОВ ДЛЯ ДОРОЖНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА: ОТ ИСХОДНЫХ СВОЙСТВ К ПРОГНОЗИРОВАНИЮ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК

Современное дорожное строительство требует тщательного изучения свойств используемых материалов, особенно когда речь идет об органоминеральных грунтах, содержащих гумусовые вещества. Эти природные компоненты существенно влияют на технические характеристики дорожной одежды и долговечность конструкции в целом.

Прогнозирование свойств органоминерального грунта начинается с детального лабораторного анализа исходного материала. Необходимо определить процентное содержание гумусовых веществ, гранулометрический состав, показатели пластичности, влажности, плотности и др. Эти базовые параметры формируют фундамент для дальнейших исследований и моделирования.

После сбора первичных данных целесообразно приступить к выбору потенциальных вяжущих компонентов и модифицирующих

добавок, которые могут оптимизировать свойства грунта. Важно учитывать, что высокое содержание гумусовых веществ создает значительные препятствия для эффективной стабилизации грунта. Особенно проблематичным является взаимодействие органических компонентов с цементными вяжущими, что обусловлено химическими реакциями между гуминовыми кислотами и кальцием, замедляющими процессы гидратации. Данное обстоятельство требует особого подхода к выбору стабилизирующих добавок [1-4].

Математическое моделирование становится следующим важным этапом. Используя современные программные комплексы, можно прогнозировать физико-механические характеристики грунта при различных условиях эксплуатации и нагрузках. Моделирование позволяет без значительных временных затрат оценить множество вариантов состава и выбрать наиболее перспективные для дальнейших лабораторных испытаний [5, 6].

Экспериментальная верификация теоретических моделей включает испытания на прочность, морозостойкость, водостойкость. Только комбинация теоретических расчетов и практических испытаний обеспечивает достоверный прогноз поведения материала.

Завершающим этапом аналитического цикла является статистическая обработка полученных результатов и проверка моделей на их достоверность. На этом этапе выявляются взаимосвязи между составом грунта, воздействующими факторами и эксплуатационными характеристиками. Важно выделить ключевые параметры, оказывающие наибольшее влияние на долговечность и надежность дорожного покрытия [7-10].

В рамках данного исследования рассмотрим методологию изучения грунтов. После отбора материала разрабатывается пошаговый план исследований, включающий предварительную подготовку и последующие лабораторные испытания.

Проведение комплекса испытаний. 1. Первым делом необходимо подготовить образец грунта. Для этого выполняют следующие операции:

- сушка: удаление естественной влаги путем высушивания грунта при температуре 105 °С до постоянной массы. Крайне важно контролировать температуру сушки, чтобы избежать разрушения органических компонентов, что имеет ключевое значение для анализа содержания гумуса;

- измельчение: процесс включает просеивание через сито с отверстиями диаметром 5 мм для удаления камней, корней и других примесей. Для достижения необходимой текстуры грунта обычно

используют шаровую мельницу или ступу;

После этого грунт приводится к стандартному уровню влажности путем его увлажнения или подсушивания.

2.. Далее следует проведение основных предварительных испытаний, включающих анализ:

✓ физических свойств грунта. Важно определить гранулометрический состав для оценки распределения частиц по размерам. Также изучаются такие параметры, как влажность, гигроскопичность, пределы пластичности и максимальная плотность грунта.

Для начала проводится оценка **гранулометрического состава** по стандарту ГОСТ 12536-2014, что включает измерение процентного соотношения частиц разной крупности в грунте, а именно:

- частицы глины меньше 0,002 мм;
- частицы ила от 0,002 до 0,05 мм;
- частицы песка от 0,05 до 2 мм;
- частицы гравия более 2 мм.

Анализ таких данных критичен для выбора стратегии укрепления грунта. Например, при высоком содержании глины может потребоваться добавление извести или цемента для улучшения свойств грунта. В случае преобладания песка рекомендуется применение связующих материалов, таких как полимеры или битумы, чтобы обеспечить необходимую устойчивость и долговечность дорожной конструкции. Параллельно с этим анализом, также важно оценить содержание органических веществ, в том числе гумуса, что помогает предсказать поведение грунта в будущем [10-12].

Изучение **естественной влажности и гигроскопичности**. В случае высокой гигроскопичности, важно использовать гидрофобизирующие добавки, например, битум или акриловые эмульсии, чтобы уменьшить водопоглощение.

Важно также определить **пределы пластичности** материалов по ГОСТ 5180-2015, такие как граница текучести и граница раскатывания, а также вычислить число пластичности. Это число пластичности, особенно если оно превышает 15, указывает на высокую пластичность грунта, что требует введения таких материалов, как известь, для её снижения. Эти измерения необходимы для определения подходящих методов обработки и улучшения свойств материалов.

Если показатель пластичности грунта составляет менее 7, такой грунт считается малопластичным и допускает применение цемента без дополнительной подготовки.

✓ химических свойств грунта. Важно учитывать **содержание**

гумуса, проверяемое по ГОСТ 26213-2021 с использованием метода Тюрина, который включает окисление органических соединений бихроматом калия. Результаты следует толковать так: если уровень гумуса превышает 6%, необходима обработка известью в количестве 3-5% для нейтрализации органических кислот. Когда содержание гумуса меньше 3%, достаточно использовать только цемент для укрепления грунта. Также проводится анализ на количественное содержание гумусовых веществ, что важно для понимания будущего поведения грунта в составе дорожных конструкций.

Анализ **кислотно-щелочного индекса грунта (рН)**, измеряемого по ГОСТ 26423-85, играет важную роль, так как он важен для взаимодействия грунта с вяжущими веществами. Результаты анализа показывают, что при рН меньше 6 грунт обладает кислотными свойствами и требует добавления извести для повышения уровня рН, что способствует активации цемента. В то время как при значении рН выше 9 создается щелочная среда, которая может оказывать замедляющее влияние на гидратацию битумных эмульсий.

Особое внимание уделяется **уровню солей**, включая сульфаты и хлориды. При концентрации сульфатов более 0,5%, возникает риск коррозии цемента, что требует введения микрокремнезема для защиты. Кроме того, содержание хлоридов выше 0,1% может ухудшать адгезию полимеров.

✓ механических свойствах грунта. **Определение максимальной плотности** материала необходимо для правильного расчёта уплотнения после добавления добавок. Это включает в себя нахождение оптимальной влажности и плотности, что позволяет точно рассчитать необходимое количество воды и уровень уплотнения.

Важными параметрами являются оценка прочности на сдвиг являются угол внутреннего трения и сцепление. При обнаружении низкого сцепления рекомендуется использование связующих материалов, например, цемента или полимеров. Если же угол внутреннего трения оказывается недостаточным, то целесообразно применение крупнозернистых наполнителей, таких как песок или щебень.

✓ Возможные дополнительные испытания. **Определение пуццолановой активности** позволяет установить способность грунта вступать в химическое взаимодействие с цементом или известью. Понимание этого параметра важно, поскольку высокоактивные грунты дают возможность уменьшить количество используемого цемента в смеси.

Также может проводиться оценка **эффективности**

нейтрализации гумуса через измерение реакционной способности с известью. Методика включает смешивание грунта с известью (в пропорции 2-5%) и последующее измерение изменений пластичности образца через 48 часов после приготовления.

Интерпретация полученных результатов. Возможный выбор вяжущих материалов на основе испытаний (Табл. 1) [4-12].

Таблица 1 – Возможный выбор вяжущих материалов на основе испытаний

Параметр грунта	Рекомендуемые вяжущие/добавки
Гумус > 6%	Известь (3-5%)+ Цемент (5-8%)
Глина >30%	Известь (4%)+Песок (15%)
Песок >60 %	Цемент 6% + Полимерные волокна 0,3%
pH< 6	Известь (3-4%)
Высокое водопоглощение	Битумная эмульсия 4-5 %
Низкая прочность на сдвиг	Цемент 7% +щебень 10 %

Предварительная испытания грунта – это основа для выбора экономически эффективных и технически обоснованных решений. Без них невозможно предсказать поведение смеси и избежать перерасхода материалов. Результаты испытаний позволяют: определить тип и дозировку вяжущих материалов; выбрать гидрофобизаторы; избежать ошибок, с вязанных с несовместимостью компонентов.

В заключение необходимо отметить, что точное прогнозирование свойств органоминерального грунта с гумусовыми компонентами требует системного подхода, объединяющего лабораторные исследования, математическое моделирование и статистический анализ. Только такой комплексный метод позволяет разработать оптимальные составы для конкретных условий строительства и эксплуатации дорожной одежды, обеспечивая высокое качество и экономическую эффективность дорожного строительства.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Безрук, В.М. Основы стабилизации грунтов в дорожном строительстве / В.М. Безрук, А.И. Лысихина. – М. : Дориздат, 1944. – 88

с.

2. Безрук, В. М. Укрепленные грунты (свойства и применение в дорожном и аэродромном строительстве) / В. М. Безрук, И. Л. Гурячков, Т. М. Луканина. — М.: Транспорт, 1982. — 231 с.

3. Бондарев, Б.А. Оценка характеристик подтипов органоминеральных грунтов / Б.А. Бондарев, А.Н. Канищев, А.Е. Борисов // Современные проблемы материаловедения Сборник научных трудов VI Международной научно-практической конференции. Липецк, 2025. — Липецк : Липецкий государственный технический университет, Липецк, 2025. — С. 126-142.

4. Бондарев Б.А., Канищев А.Н., Борисов А.Е. Способы модификации свойств глинистых грунтов с включением органических веществ // Строительные материалы. 2023. №5. С. 35-39.

5. Борисов А.Е., Канищев А.Н., Козлов В.А. Влияние минеральных добавок на физико-механические свойства укрепленных органоминеральных грунтов // Научный журнал строительства и архитектуры. — 2022, №2 (66). — С. 87 - 93.

6. Исследование влияния полимерной добавки на физико-механические показатели и несущую способность укрепленных цементом грунтобетонных оснований автодорог / А.Н. Канищев, А.Е. Борисов, Ф.В. Матвиенко, А.С. Строкин // Научный журнал строительства и архитектуры. — 2024. — № 2 (74). — с. 107-115.

7. Лысихина, А.И. Дорожные покрытия из чернозема / А.И. Лысихина, В.М. Безрук, Л.Н. Ястребова. — М. : Дориздат, 1943. — 88 с.

8. Органо-минеральный грунт. Укрепления органическими вяжущими материалами / Б.А. Бондарев, А.Н. Канищев, А.Е. Борисов, А.В. Жабцев // В сборнике: Устойчивое развитие региона: архитектура, строительство, транспорт. Материалы X-й Международной научно-практической конференции, посвященной 45-летию Института архитектуры, строительства и транспорта Тамбовского государственного технического университета. — Тамбов : Тамбовский государственный технический университет, 2024. — С. 29-34.

9. Органо-минеральный грунт. Свойства и распространение. К вопросу применения в дорожном строительстве / Б.А. Бондарев, А.Н. Канищев, А.Е. Борисов, Д.А. Хрипунков // Современные проблемы материаловедения Сборник научных трудов V Международной научно-практической конференции. — Липецк : Липецкий государственный технический университет, 2024. — С. 182-190.

10. Подольский Вл.П., Канищев А.Н, Борисов А.Е. Применение укрепленного органоминерального грунта в дорожном строительстве // Наука и техника в дорожной отрасли. — М.: Издательство «Дороги». —

2016, №2. – С. 10-13.

11. Указания по строительству дорожных покрытий их чернозема, обработанного вяжущими материалами. – М. : ДОРИЗДАТ ГУШОСДОРА НКВД СССР, 1942. – 24 с.

12. The effect of mineral additives on the physical and mechanical properties of reinforced organic mineral soils Borisov A.Ye., Kanishchev A.N., Kozlov V.A. Russian Journal of Building Construction and Architecture. 2023. № 1 (57). С. 77-83.

УДК 656.1

Боцман Д.С.

Научный руководитель: Дуганова Е.В., канд. техн. наук, доц.

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

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ТРАНСПОРТНОГО КОМПЛЕКСА РФ

Транспорт и его системы играют важную роль в развитии и прогрессе экономики и общества в современном мире. Быстро меняющееся общество требует от людей быстрых и эффективных ответов. Наличие транспортной инфраструктуры обеспечивает надежную работу как производственных, так и непроизводственных отраслей экономики, удовлетворяя нужды граждан и выступая в качестве обслуживающего сектора. К тому же, благодаря своим логистическим функциям, транспорт имеет решающее значение для обороноспособности страны. [1]



Рис. 1 - Компоненты транспортной системы

Транспортная система включает в себя такие компоненты, как транспортные средства, пути сообщения, а также поддерживающие системы, сооружения и устройства, которые функционируют совместно для выполнения конкретных задач. Таким образом, транспорт необходимо рассматривать как целостную систему, которая

обеспечивает гармоничное развитие и функционирование разнообразных транспортных видов с целью наилучшего удовлетворения транспортных потребностей при минимальных затратах.

В последние годы в транспортной системе России произошли значительные трансформации. Программа по модернизации транспортной инфраструктуры охватывает более 700 объектов и мероприятий, реализуемых по всей территории страны. Увеличение грузопотоков БАМа и Транссиба, строительство скоростной автомагистрали М-12 «Восток» от Москвы до Казани, развитие Северного морского пути и Московских центральных диаметров (МЦД), а также улучшение regional аэропортов. Все предпринятые шаги в рамках национальных проектов сделали взаимодействие между различными регионами страны более удобным. Теперь до многих мест добираться стало быстрее и комфортнее, а организация логистики грузоперевозок значительно упростилась. [4]

Обозначим важные транспортные проекты, которые реализовались в России в последние годы.

Московский скоростной диаметр представляет собой крупный проект, направленный на снижение нагрузки на МКАД и ТТК, который в дальнейшем обеспечит беспрепятственное передвижение между Москвой и Санкт-Петербургом. Запланированная дорога также пройдет через Симферопольское шоссе и маршрут М12 Москва - Казань. Чтобы избежать образования пробок, оплата будет осуществляться через электронную систему с использованием фото- и видеофиксации, а устаревшие контрольно-пропускные пункты с шлагбаумами не будут применяться. [5]

В конце 2024 года в эксплуатацию была введена Витебская развязка — первый этап строительства широтной дороги для скоростного движения. Второй этап стартует в июне 2025 года и запланирован к окончанию в 2030 году; в его рамках будет построен еще один разводной мост через Неву. Кроме того, активно проводится реконструкция Цимбалинского путепровода для высокоскоростной железной дороги между Москвой и Санкт-Петербургом, в результате чего его длина увеличится с 203 до 450 метров. Витебская развязка стала одним из первых объектов в городе, где внедрена система безбарьерного проезда «свободный поток». [3]

В этом году стартовало строительство автодороги М-12 «Восток» от Москвы до Казани. Этот маршрут является элементом транспортного коридора и проходит через пять регионов: Московскую, Владимирскую и Нижегородскую области, а также Чувашию и Татарстан.

Протяженность дороги М-12 до Казани составляет 810 километров, на протяжении которых не предусмотрены светофоры и наземные пересечения. В настоящее время ведутся работы по продлению дороги до Екатеринбурга и Тюмени. [7]

Основным достижением 2024 года стало открытие 507 километров федеральных автомагистралей. Это самый высокий показатель за последние десять лет. Новые дороги и обновленные участки способствовали улучшению транспортной доступности и связали различные регионы страны.

Процесс строительства транспортных и дорожных объектов включает проектирование, возведение и модернизацию дорог, мостов, тоннелей и путепроводов, что создает и поддерживает необходимую инфраструктуру для безопасного и эффективного движения. При строительстве таких объектов используются современные строительные материалы, включая асфальтовое и дорожное покрытие.

Создание автомобильных дорог и магистралей является важной составляющей развития инфраструктурной системы. Качество и долговечность дорожного покрытия имеют первостепенное значение для обеспечения безопасности и удобства передвижения. Однако с учетом растущих нагрузок на дорожные конструкции и климатических изменений, возникает необходимость в разработке новых и более эффективных материалов для дорожного строительства.

Далее определим лучшие материалы для возведения современных транспортных объектов:

- Асфальтобетон с использованием наночастиц. Это приводит к укреплению его структуры и снижению вероятности повреждений от тяжёлого транспорта и колебаний температуры;

- Эмульгаторы. В Российской Федерации большинство дорожных покрытий изготовлено из асфальтобетонной смеси. Для повышения качества и улучшения долговечности в рецептуру добавляют эмульгирующие агенты. Они способствуют увеличению вязкости и делают покрытие более устойчивым к значительным нагрузкам. Эмульгаторы создаются с применением поверхностно-активных веществ;

- Асфальт с модификаторами. Введение модификаторов в состав асфальта усиливает его прочность и эксплуатационные характеристики. Например, применение полимерных модификаторов может повысить его устойчивость к разрушению и образованию трещин.

- Стекловолокно. Использование стекловолокна при строительстве транспортных объектов способствует увеличению их прочности и защите от влаги и химических воздействий.

- Полимерные композитные материалы. К их достоинствам можно отнести легкость, высокую прочность и способность выдерживать нагрузки, а также стойкость к химическим веществам и коррозии.

- Геосинтетические материалы. В эту группу входят геосетки, георешетки и геотекстиль. Они помогают сократить время на дорожное строительство, снижают трудозатраты и позволяют проводить работы независимо от погодных условий. [2]

Выделим несколько технологий, используемых для строительства современных транспортных объектов:

- Цифровизация и применение BIM-технологий. Эти методы позволяют создавать точные цифровые модели для дорог, мостов, туннелей и других конструкций, что ведет к улучшению процесса проектирования, уменьшению ошибок и повышению координации в строительстве;

- Интеллектуальные транспортные системы. Они объединяют технологии управления дорожным движением, мониторинга дорожной ситуации и автоматизации транспортных потоков;[6]

- Умная разметка на дорогах. Светящаяся разметка создается на основе солнечной энергии. На поверхности дорог наносят особые флуоресцентные краски, которые днем аккумулируют солнечное сияние, а в темное время суток излучают свет, освещая проезжую часть. Эта новая технология уже применяется на отдельных участках дорог в Тульской, Курской, Орловской и Воронежской областях;

- Автоматизация строительных процессов. Применение роботов и автоматизированного оборудования, включая дроны и самостоятельные строительные машины, способствует ускорению выполнения проектов и повышению точности работ;

- Использование экологически безопасных материалов. Рециклированный бетон, биополимеры и асфальт с добавлением пластика содействуют снижению углеродного следа в транспортных проектах.

- 3D-печата́ние бетонных объектов в трёх измерениях. Эта методика широко используется при строительстве мостов и туннелей. Она предоставляет шанс значительно сократить расходы и улучшить точность при создании элементов инфраструктуры;

- Метод цементации с использованием струи. Он позволяет формировать грунтоцементные структуры разных форм и габаритов с отличными прочностными и деформационными качествами.

В зависимости от целей и этапа работ, на котором используется специализированная техника, можно выделить несколько категорий:

- Для подготовки территории необходима крупная строительная и дорожная техника. Специальные машины требуются для очистки площадки от природных препятствий, таких как деревья, камни и земляные насыпи, а также для копки траншей и удаления почвы.

- Установка свай и фундамента осуществляется с использованием различных навесных механизмов для тракторов, экскаваторов и бульдозеров, а также самоходной техники.

- Подъем и транспортировка материалов на строительной площадке требуют как самоходной специализированной техники, так и навесного оборудования.

Дополнительные и вспомогательные средства включают в себя строительные машины, которые могут использоваться по мере необходимости в зависимости от характера выполняемых задач. Это включает в себя сварочные аппараты и установки, окрашивающие станции, шлифовальные агрегаты, а также геодезические инструменты и многое другое.

Одним из основных методов обеспечения безопасности в сфере транспортных объектов являются технические средства предосторожности. Это подразумевает использование уникальных конструкций и материалов, обеспечивающих прочность и стабильность объектов. К примеру, для мостов применяются специальные стальные конструкции, способные выдерживать большие нагрузки.

Организационные меры безопасности касаются разработки и соблюдения регламентов и рекомендаций по эксплуатации транспортных средств. Это может включать ограничения по весу и скорости движения, правила проезда и обгона, а также требования к подготовке и квалификации сотрудников, работающих на объекте. Для обеспечения соблюдения правил и выявления возможных нарушений регулярно проводятся проверки и аудиты.

Информационные меры безопасности направлены на обучение и информирование пользователей транспортных объектов. Например, на дорожных знаках и указателях размещается информация о правилах дорожного движения и действующих ограничениях.

Меры, направленные на подготовку к экстренным ситуациям, включают разработку планов эвакуации и подходов к предотвращению и ликвидации происшествий. К примеру, на мостах устанавливаются системы защиты от огня и спасения, также проводятся тренировки и учения для работников, чтобы подготовить их к возможным ЧС.

Следовательно, резкий прирост автомобильного потока и активности граждан сказывается на состоянии дорог в России – дорожный трафик заметно возрос по сравнению с тем, что наблюдалось

три-четыре десятилетия назад. Используя высококачественные материалы, передовое оборудование и новейшие технологии в строительстве и ремонте дорог, а также внедряя современные методы дорожного строительства, мы сможем добиться нужного уровня качества дорожного покрытия и в ближайшее время изменить восприятие России как страны с постоянными дорожными проблемами.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Акимова, С. С. Интеллектуальные транспортные системы: обзор и перспективы [Текст] / С. С. Акимова О. Ф. Васильева // Научные высказывания. — 2024. — №20 — С. 37-42. — URL: <https://nvjournal.ru/> (дата обращения: 21.05.2025).
2. Игнатьев, А. А. Добавки в асфальтобетон. Обзор литературы [Текст] // Известия КазГАСУ. — 2023. — №1 — URL: <https://cyberleninka.ru/> (дата обращения: 21.05.2025).
3. Какие транспортные проекты завершила Россия в 2024 году) / [Электронный ресурс] // www.vz.ru : [сайт]. — URL: <https://vz.ru/> (дата обращения: 21.05.2025).
4. Магистраль в будущее. Как Россия обновляет свои транспортные пути / [Электронный ресурс] // www.lenta.ru : [сайт]. — URL: <https://lenta.ru/> (дата обращения: 21.05.2025).
5. МОСКВА Крупные транспортные и дорожные проекты 2023-2025 гг: Время перемен пути / [Электронный ресурс] // www.pervoe.online.ru: [сайт]. — URL: <https://pervoe.online/> (дата обращения: 21.05.2025).
6. Калинина К. Наночастицы придают асфальту уникальные свойства / Калинина К. [Электронный ресурс] // www.sumpro.ru: [сайт]. — URL: <https://sumpro.ru/> (дата обращения: 21.05.2025).
7. Трасса М-12 «Восток»: от Москвы до Казани за 6,5 часов / [Электронный ресурс] // mintrans.gov.ru: [сайт]. — URL: <https://mintrans.gov.ru/> (дата обращения: 21.05.2025).
8. Киреева, А. В. Экосистемы цифровой экономики / А. В. Киреева // Белгородский экономический вестник. – 2023. – № 3(111). – С. 24-28.
9. Лебедев В. М. Логистические системы строительного производства / В. М. Лебедев, А. А. Кряж // Вестник БГТУ им. В. Г. Шухова. - 2017. - №4. - С. 41-46.

Быценко М.В., Жевлакова А.В.

*Научный руководитель: Любимый Н.С., канд. техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЧЕСКОГО ЗАМКА ДЛЯ БАС

Применяя высокотехнологичную систему грузоперевозок при помощи БАС производители беспилотников сталкиваются с необходимостью создания автоматических замков, которые должны быть прочными, легкими и быстро реагирующими на команды дистанционного управления. Исходя из требований, была поставлена задача реализовать проект по созданию автоматического замка с системой зацепления и отцепления груза [1-5].

Для замковой системы, с учётом анализа нагрузок и влияния внешних факторов, были поставлены следующие задачи:

Сформировать облик замка и описать алгоритм его работы:

- материал замка — пластик ABS, толщина корпуса 20 мм;

- надёжное крепление груза во время полёта;

- автоматический спуск и последующий автоматический отцеп груза после спуска;

- описать алгоритм работы всей системы подвеса груза.

После тщательного анализа и определения методов разработки, была смоделирована автоматическая система захвата и отцепления груза для БАС (Рис.1).

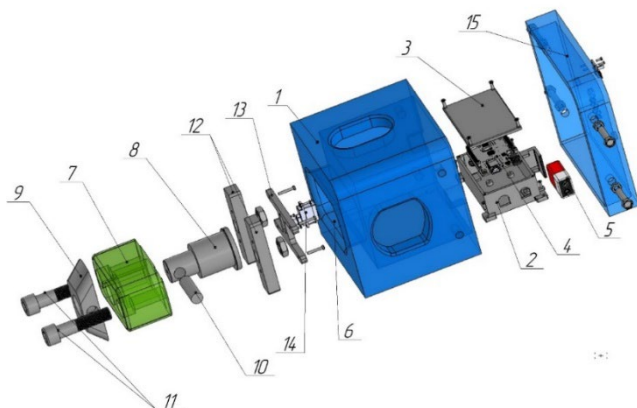


Рис. 1. Разнесенная модель автоматического замка

Автоматический замок состоит из корпуса 1, внутри которого находится кейс 2 с крышкой 3 для микроконтроллера 4 и местом для батарейки 5. В отверстие 6 корпуса 1 плотно вставляется неподвижная часть 7, вал 8 которой, посредством штифта 10, вращает поворотную часть 9 замка. Стационарная часть 7 фиксируется в корпусе 1 болтами 11 через планки 12, ограничивающие ее осевое перемещение и предотвращающие вращение вокруг своей оси. К планкам 12 крепится кронштейн 13 сервопривода 14, ось которого соосна валу 8. В кейсе 2 также размещен Bluetooth модуль. Электрические компоненты соединены. Корпус 1 закрывается крышкой 15 с креплением для троса лебедки.

В открытом состоянии (Рис. 2), замок опускается на тросе и входит в зацепление с ответной частью на грузе (Рис. 3). По Bluetooth поступает сигнал на микроконтроллер 4, который управляет сервоприводом 14. Сервопривод поворачивает вал 8 на 90°, запирая замок. Груз поднимается лебедкой к БАС и транспортируется.

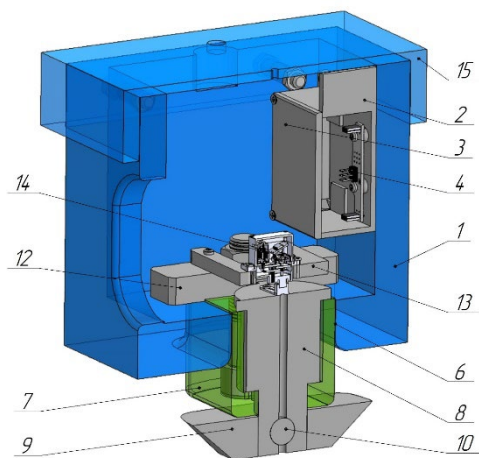


Рис. 2. Основные компоненты замка в разрезе

По прибытии груза на место назначения, система управления БАС или оператор отправляет обратный сигнал на сервопривод 14, поворачивая вал 8 в обратную сторону на 90°, тем самым замок открывается.

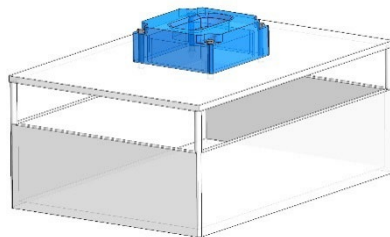


Рис. 3. Ответная часть, установленная на грузовом контейнере

Разработанная модель автоматического замка позволяет автоматизировать процесса сцепления и отцепления груза, а также обеспечивает надёжное крепление груза в условиях полёта, что способствует увеличению общей безопасности и эффективности операций с грузом беспилотных авиационных систем.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. К вопросу о создании беспилотных летательных аппаратов / А. В. Выговтов, А. В. Калач, А. А. Сазанова, Ю. М. Лебедев // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2016. № 2. С. 87-91.
2. Хайбуллин, Г. А. Грузовые перевозки габаритных грузов при помощи беспилотных летательных аппаратов / Г. А. Хайбуллин, Р. М. Утарбаев // Неделя науки - 2022: Материалы всероссийской научно-практической конференции, Сибай, 27–28 апреля 2022 года / Отв. редактор Г.М. Насыров. – Сибай: Сибайский информационный центр - филиал государственного унитарного предприятия республики Башкортостан "Издательский дом "Республика Башкортостан", 2022. – С. 168-169.
3. Викулов, О. В. Российские грузовые беспилотные авиационные системы вертолетного типа для МЧС / О. В. Викулов, С. А. Качанов, Ю. В. Капральный // Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций. – 2023. – № 6. – С. 58-66.
4. Расчетное обоснование применения композитных металл-металлополимерных деталей при производстве функциональных конструкций / Н. С. Любимый, А. А. Польшин, А. А. Тихонов [и др.] // Справочник. Инженерный журнал. – 2022. – № 5(302). – С. 22-27.
5. Применение беспилотных авиационных систем в транспортно-логистическом комплексе региона / Н. С. Любимый, Б. С. Четвериков, И. В. Топилин, А. А. Феофилова // Мир транспорта и технологических машин. – 2024. – № 4-3(87). – С. 134-142.

Быценко М.В., Жевлакова А.В.

*Научный руководитель: Любимый Н.С., канд. техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ТОПОЛОГИЧЕСКОЙ ОПТИМИЗАЦИИ ДЛЯ КОРПУСА АВТОМАТИЧЕСКОГО ЗАМКА БАС

Производство беспилотных авиационных систем и модификациям к ним является достаточно сложной задачей при условии изготовления компонентов с максимально допустимой массой. Именно поэтому необходимо использовать метод топологической оптимизации, который и позволит выполнить операцию по достижению оптимальной формы корпуса замка, при этом сохранив основные конструкционные элементы, а также позволит выбрать необходимый вариант для улучшения прочности изделия [1-5].

В случае изготовления самой объемной части – корпуса автоматического замка масса должна достигать не более 3 кг, при этом минимальный выдерживаемый вес равен не менее чем 50 кг, данные установочные параметры позволяют повысить энергоэффективность системы в целом.

Перед началом проведения анализа детали необходимо выровнять боковые отверстия корпуса, которые были необходимы для монтажа внутренней системы, так как нужно упростить деталь при проверке конструкции, а также, необходимая область для монтирования внутренней системы после проведения топологической оптимизации будет воссоздана вновь, но в измененном образе. Затем требуется задать нагрузку, действующую нормально к плоскости (Рис. 1), так как именно данная плоскость корпуса принимает нагрузку от зацепленного груза. Параметр нагружения указан в кг (50 кг), но для расчётов сила должна быть представлена в Н (Ньютонах). Поэтому масса была переведена в вес и использовано значение нагрузки в 500Н при расчётах.

Исходя из того, что в конструкции предусмотрены крепежные элементы для соединения с крышкой замка были выбраны поддержки в местах расположения крепежных элементов, изображённые в виде красных цилиндрических стержней.

Затем, были проведены расчёты прочности детали методом конечных элементов для различных вариантов материалов детали, а именно: сталь, алюминий, пластик ABS. По результатам расчета было

выявлено, что все детали из вышеописанных материалов имеют необходимый запас прочности, однако же характеристики массы и плотности детали из стали по сравнению с другими видами материалов сильно уступают, особенно при том, что характеристика деформации детали из Aluminum (6061-T6) отличается в малом пределе. Поэтому вариант изготовления из стали можно посчитать нецелесообразным.

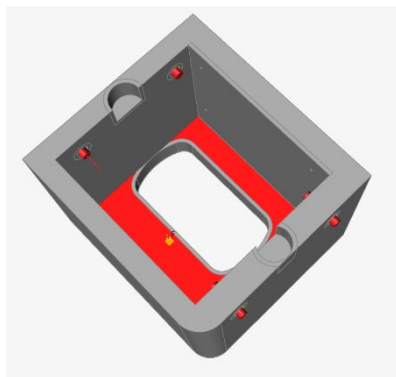


Рис. 1. Добавление поверхности нагружения и опорных поддержек

Далее предлагается провести топологическую оптимизацию формы детали, с целью минимизации её массы и уменьшения материалоемкости. Для предотвращения изменений необходимых конструктивных частей, к которым относятся и области, сопрягаемые с крепёжными элементами необходимо защитить их областью неизменяемости (Рис. 2). Оставшаяся часть детали является зоной возможного изменения.

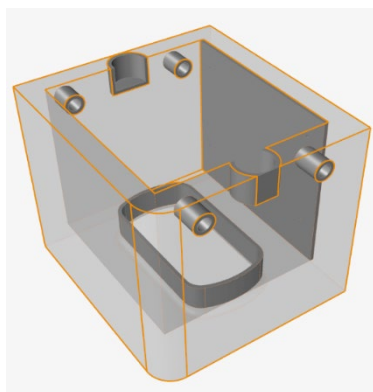


Рис. 2. Выделение объектов не нуждающихся в конструкционном изменении

Получив оптимальную зону изменения, в которой материал испытывает основные усилия передаваемые от места нагрузки к опорной поверхности, была разработана твердотельная модель оптимизированной детали (Рис. 3).

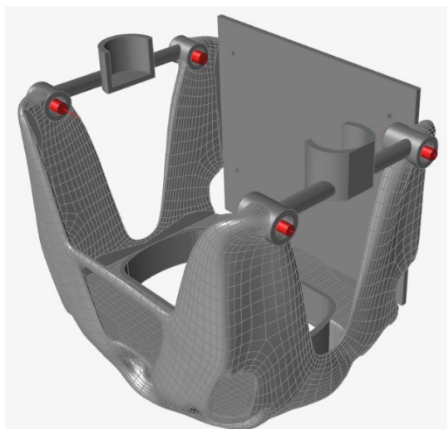


Рис. 3. Готовая оптимизированная твердотельная модель детали «Корпус»

По итоговым расчетам и проведенному анализу полученной оптимизированной детали «Корпус» можно были сделаны следующие выводы:

1. Итоговая масса снизилась на 84%, что является отличным результатом выполнения процесса оптимизации детали.

2. Самым легким материалом полученной детали является пластик ABS ($m=345$ г), самым тяжелым – сталь AISI 304 ($m=2605$ г)

3. Несмотря на то, что стальная модель вошла в предел заданной массы и прочности, ее использование остается нецелесообразной, так как аналоги из пластика и алюминия имеют меньшую массу, а использование материала алюминия может дать приближенные к стали характеристики прочности.

4. Самым оптимальным решением для установленных задач грузоподъемности и массы детали является деталь из ABS пластика, однако при увеличении нагрузки следует применять более прочный материал, как алюминий.

Таким образом, была разработана оптимизированная деталь автоматического замка для БАС, который имеет повышенную

энергоэффективность за счет уменьшения массы без негативного влияния на прочность при помощи метода топологической оптимизации, при этом сохраняя важные конструкционные узлы.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. К вопросу о создании беспилотных летательных аппаратов / А. В. Выговтов, А. В. Калач, А. А. Сазанова, Ю. М. Лебедев // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2016. № 2. С. 87-91.

2. Хайбуллин, Г. А. Грузовые перевозки габаритных грузов при помощи беспилотных летательных аппаратов / Г. А. Хайбуллин, Р. М. Утарбаев // Неделя науки - 2022: Материалы всероссийской научно-практической конференции, Сибай, 27–28 апреля 2022 года / Отв. редактор Г.М. Насыров. – Сибай: Сибайский информационный центр - филиал государственного унитарного предприятия республики Башкортостан "Издательский дом "Республика Башкортостан", 2022. – С. 168-169.

3. Топологическая оптимизация конструкции кронштейна и разработка технологического процесса с применением метода аддитивных технологий / И. А. Казаков, Р. А. Каримов, В. А. Кирсанов, Н. Ю. Орлова // Научная сессия НИЯУ МИФИ-2024 по направлению "Инновационные ядерные технологии" : Сборник научных трудов всероссийской научно-практической конференции, Снежинск, 31 января – 02 2024 года. – Москва: Национальный исследовательский ядерный университет МИФИ, 2024. – С. 24-25.4.

4. Расчетное обоснование применения композитных металл-металлополимерных деталей при производстве функциональных конструкций / Н. С. Любимый, А. А. Польшин, А. А. Тихонов [и др.] // Справочник. Инженерный журнал. – 2022. – № 5(302). – С. 22-27.

5. Применение беспилотных авиационных систем в транспортно-логистическом комплексе региона / Н. С. Любимый, Б. С. Четвериков, И. В. Топилин, А. А. Феофилова // Мир транспорта и технологических машин. – 2024. – № 4-3(87). – С. 134-142.

Бычкова К.А., Топский А.А.

*Научный руководитель: Дуганова Е.В., канд. техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ БЕСПИЛОНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ В РАЗЛИЧНЫХ СФЕРАХ: ВЫЗОВЫ И ВОЗМОЖНОСТИ

В 21 веке, в силу роста цифровизации, происходит бурное развитие инновационных технологий, и одним из наиболее значимых элементов является внедрение и разработка беспилотных летательных аппаратов (БПЛА). Эти устройства, которые работают под управлением интеллектуальных систем программно-аппаратного комплекса или дистанционно пилотируемые, в современном мире являются уже неотъемлемой частью большого количества отраслей, начиная от сельского хозяйства и транспортной инфраструктуры, заканчивая обороной и научными исследованиями в различных сферах.

Беспилотные летательные аппараты наглядно демонстрируют оригинальные шансы, позволяя выполнять определённый список задач с высоким уровнем результативности и минимальными затратами, как материальными, так и техническими [1].

Помимо большого количества сфер, в которых можно применять для положительного результата БПЛА, они также оказывают весомое влияние на социальные и экономические факторы жизни, меняя подходы к охране окружающей среды, спасательным операциям, мониторингу инфраструктуры и даже развлечениям.

Область разработок БПЛА постепенно масштабируется и стремительно растет в количестве применений для благих целей. Благодаря их способности сохранять безопасность и наблюдать за территорией, а также сохранности времени и качественно обработки статистических данных можно реализовывать необходимые задачи в различных сферах [2].

Беспилотные летательные аппараты, инновационные технологии будущего человечества, находят свое применение в различных сферах деятельности [3]. Ключевыми направлениями являются не только военная отрасль и гражданская авиация (обучение студентов управлению БПЛА), но и внедрение инноваций в сельское хозяйство и медицину (рис.1.).

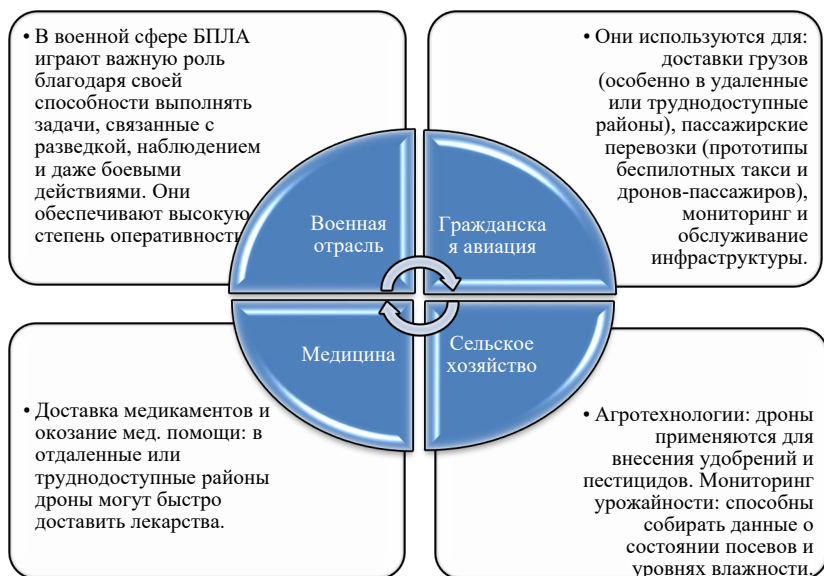


Рис. 1 Внедрение беспилотных летательных аппаратов в ключевые области жизнедеятельности

Таким образом, отталкиваясь от основных направлений работы беспилотных летательных аппаратов, можно отметить, что они, в свою очередь, оказывают существенное влияние на основные 4 сферы нашей жизни и способствуют увеличению положительного результата работы. Их многогранная эксплуатация набирает обороты, при этом находя новые ниши и решения для современных вызовов.

Во время высокой конкуренции в сфере технологий беспилотные летательные аппараты стали основополагающей частью различных элементов, однако их эксплуатация также тесно взаимосвязана с рядом серьезных вызовов и проблем, особенно в области безопасности и конфиденциальности данных:

1. **Безопасность.** Тем не менее, постоянное совершенствование БПЛА в технических моментах риски и неисправности всё равно являются частью рабочего процесса. Даже небольшие ошибки в написанном программном коде или в работе электроники всей системы летательного аппарата могут привести к серьёзным проблемам с навигацией и системой управления полетом, что, в свою очередь, могут привести к неконтролируемым ситуациям в воздухе. Погодно-климатические условия влияют на управление беспилотными

системами и могут помещать добиться желаемого результата (добраться из пункта А в пункт Б).

2. Конфиденциальность данных. Риски в современном мире в области конфиденциальности довольно высоки, но на сохранность данных в работе с БПЛА влияет ещё и инновационные внедрение в оснащённость. Таким образом, камеры на дронах могут перепрограммироваться, а сбор большого количества данных может не сохраниться или обнулиться.

Несомненно, как и в каждой разработке или внедряемых технологиях есть положительные и отрицательные стороны. В целях наглядной иллюстрации рассматриваемой темы и для более ясного её понимания, относительно беспилотных летательных аппаратов, приведём в пример положительные и отрицательные стороны применения данных систем в государственном и гражданском управлении (рис.2).

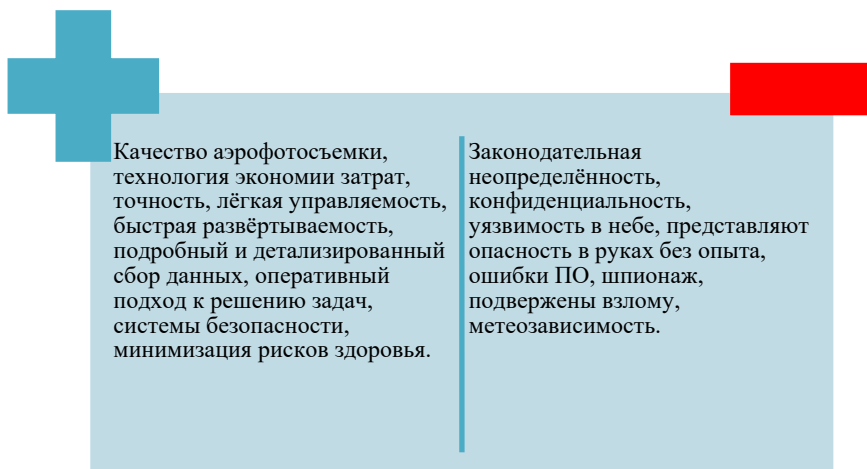


Рис. 2 Положительные и отрицательные стороны применения данных систем в государственном и гражданском управлении в России

В то время как БПЛА предлагают множество преимуществ и возможностей, важно конкретно оценивать и управлять всплывающими вызовами, с которыми данные системы сталкиваются. Решение данных вопросов требует от людей внимательного управления и корректного принятия необходимых мер [4].

Квадрокоптеры зарекомендовали себя как много функционирующие инструменты, способные увеличить уровень результативности и оптимизировать производительность, начиная от

сельскохозяйственной отрасли, заканчивая научно исследовательской. Их эксплуатация охватывает широкий спектр областей, таких как строительство (сооружений, дорожного полотна), мониторинг окружающей среды и транспортная логистика.

Подводя итог обзорного исследования, следует отметить, что беспилотные летательные аппараты имеют широкий спектр работы и многогранный потенциал. Дальнейшие разработки, внедрение искусственного интеллекта и программирования в этом направлении не только откроют новые горизонты для грамотной эксплуатации БПЛА, но и помогут увеличить уровень безопасности на дорогах и городах [5]. Только с помощью автоматизированных систем и целенаправленных усилий в научно исследовательской деятельности и внедрению инновационных технологий можно будет в дальнейшем реализовать все возможности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Шумкова, Л. Г. Перспективы и проблемы применения беспилотных летательных аппаратов / Л. Г. Шумкова, И. А. Ермилова, В. Н. Мальцева // Международный академический вестник. – 2018. – № 12(32). – С. 87-92.
2. Швед, Ю. В. Перспективы и трудности применения беспилотных летательных аппаратов в сельском хозяйстве / Ю. В. Швед // Качество и жизнь. – 2018. – № 4(20). – С. 374-381.
3. Шимон, Н. С. Повышение эффективности и перспективы применения беспилотных летательных аппаратов / Н. С. Шимон, А. В. Калач, С. А. Бокадаров // Вестник Воронежского института ФСИН России. – 2018. – № 4. – С. 113-118.
4. Боровской, А. Е. Внедрение интеллектуальных транспортных систем в рамках национальных программ повышения безопасности дорожного движения / А. Е. Боровской, И. А. Новиков, А. Г. Шевцова // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета. – 2013. – № 61-62. – С. 279-283.
5. Смирнов, В. А. Анализ факторов влияющих на состав системы управления беспилотного летательного аппарата / В. А. Смирнов // Евразийский союз ученых. – 2020. – № 4-4(73). – С. 65-70.

Бычкова К.А., Топский А.А.

*Научный руководитель: Дуганова Е.В., канд. техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им. В. Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

МЕЖДУНАРОДНОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО В ОБЛАСТИ РАЗВИТИЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БПЛА

Международное сотрудничество в области развития и использования беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) является важным аспектом современного мира. Сейчас наблюдается растущий интерес со стороны различных стран и международных организаций к развитию беспилотных летательных аппаратов. Государства испытывают желание внедрять всё более совершенные методы взаимодействия БПЛА с окружающей средой, благодаря достижениям в области технологий искусственного интеллекта, робототехники и электроники.



Рис.1 Прототип БПЛА российского производства

Сегодня БПЛА активно используются в различных сферах, таких как гражданская авиация, строительство дорог, сельское хозяйство, логистика и многое другое. Технологии продолжают развиваться, предлагая новые возможности для повышения уровня эффективности и безопасности в сферах, где применяются беспилотные летательные аппараты. Международное сотрудничество в области развития и

использования БПЛА решает множество задач, которые являются актуальными на данный момент времени.

Ключевые задачи, решаемые в процессе сотрудничества, включают:

- Обмен технологиями: международное сотрудничество позволяет странам делиться своими техническими достижениями и инновациями в области БПЛА. Это способствует ускорению научно-технического прогресса и повышению эффективности использования технологий.

- Стандартизация правил и процедур: международное сотрудничество играет важную роль в разработке и внедрении единых стандартов и норм для использования БПЛА в гражданских целях. Это важно для обеспечения безопасности полетов.

- Защита воздушного пространства: совместные усилия государств и международных содружеств помогают создавать системы защиты воздушного пространства от несанкционированного использования БПЛА.

- Экономия ресурсов: сотрудничество в области сельского хозяйства с использованием БПЛА позволяет фермерам эффективно контролировать состояние посевов, бороться с вредителями и проводить точное земледелие. Это помогает экономить ресурсы и увеличивать урожайность.

- Создание новых рабочих мест: развитие и использование БПЛА создает новые рабочие места для специалистов в сфере науки, техники и производства беспилотных летательных аппаратов. Это ведёт за собой экономический рост и развитие инфраструктуры.

- Улучшение качества жизни: благодаря международному сотрудничеству в области использования беспилотных летательных аппаратов для предотвращения чрезвычайных ситуаций, доставки товаров и оказания медицинской помощи, можно улучшить качество жизни людей, особенно в отдаленных и труднодоступных районах [1].

Уровень международного сотрудничества в сфере беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) продолжает развиваться и расширяться, охватывая различные аспекты этой технологии. Основные направления международного сотрудничества включают обмен знаниями и опытом, совместные исследования и разработки, а также стандартизацию и регулирование. Международные конференции и форумы являются ключевыми площадками для обмена знаниями и опытом между странами. Участники таких мероприятий представляют свои достижения, обсуждают перспективы развития БПЛА, а также делятся практическими достижениями. Например, проект AURORA (Autonomous Robotic Systems for Unmanned Aerial Vehicles),

финансируемый Европейским Союзом, направлен на разработку автономных систем управления для БПЛА. А международная организация гражданской авиации (ИКАО) активно работает над созданием единых стандартов для безопасного использования БПЛА в воздушном пространстве. Технологии не стоят на месте, в связи с тем транснациональные корпорации готовы инвестировать в столь амбициозные проекты талантливых учёных и разработчиков.

Преимущества международного сотрудничества:

- Ускорение инноваций: совместные исследования и разработки позволяют объединить усилия ведущих специалистов и компаний, что ускоряет процесс создания новых технологий и совершенствования существующих.

- Обмен опытом: сотрудничество способствует передаче знаний и опыта между странами, что ускоряет развитие отрасли.

- Экономическая выгода: совместные проекты могут быть более экономически эффективными, так как позволяют разделить затраты на исследования и крупное производство.

- Укрепление международных связей: сотрудничество в сфере БПЛА способствует укреплению отношений между странами и созданию новых партнерских связей.

Пример успешного сотрудничества:

- Россия и Китай: в рамках стратегического партнерства Россия и Китай сотрудничают в разработке и производстве высокотехнологичных БПЛА. Российские компании совместно с китайским производством разрабатывают новые типы беспилотных летательных аппаратов для гражданских целей. Разработки проводятся в сферах сельского хозяйства, строительства дорог и предоставления кадастровых услуг.

- Европейский Союз и США: в рамках программы Horizon Europe ЕС и США работают над развитием технологий, связанных с применением БПЛА в сельском хозяйстве, здравоохранении и других областях.

«Беспилотники умеют собирать достоверную и актуальную информацию, очень дешево и очень быстро. А получение информации – кровеносная система цифровизации», – отмечал глава крупнейшего производителя беспилотных машин в России компании "Геоскан" Алексей Семенов [2].

Россия имеет огромный опыт в области авиастроения, космических технологий и в сегменте развития беспилотных летательных аппаратов (БПЛА). Эта сфера уже вышла за рамки простого применения и стала неотъемлемой частью многих отраслей

экономики, от сельского хозяйства до логистики. Государства опираются на имеющиеся ресурсы, потенциал и амбициозные государственные программы при выборе потенциального партнера в сфере разработок новых технологий и их последующего внедрения.

В течение ближайших шести с половиной лет в России должна появиться новая отрасль экономики, связанная с созданием и использованием гражданских беспилотников. Такова главная цель Стратегии развития беспилотной авиации до 2030 года и на перспективу до 2035 года. Распоряжение о её утверждении подписано.

Основой для формирования отрасли может послужить уже имеющийся опыт использования беспилотных авиационных систем. Они уже применяются, к примеру, для инспекции состояния энергосетей. Использование беспилотников позволило сократить сроки проведения таких проверок в 5 раз. В картографии и кадастре использование беспилотников уменьшило стоимость комплексных работ на 20%. Наибольший потенциал для применения беспилотников имеется в сельском хозяйстве, строительном надзоре и доставке грузов в труднодоступные районы.

Преимущества России:

- Наличие мощной промышленной базы: Россия обладает развитой промышленной базой с опытом производства авиационной техники, что позволяет разрабатывать и производить БПЛА с высокой степенью самостоятельности.

- Развитая научная школа: Россия обладает сильной научной школой в области авиации, робототехники и искусственного интеллекта, что создает прочную основу для инноваций.

- Огромная территория: Россия обладает огромной территорией, что открывает широкие возможности для использования БПЛА в разных областях.

Вызовы:

- Конкурентная среда: сохранение технологического преимущества и защита национальных интересов страны могут стать препятствием для дальнейшего сотрудничества.

- Вопросы безопасности: риски неконтролируемого использования БПЛА не в гражданских целях требуют внимательного рассмотрения и разработки соответствующих мер безопасности.

- Разные уровни развития: неравномерный уровень развития технологий БПЛА в разных странах может стать препятствием для эффективного сотрудничества.

Перспективы:

– Активное участие в международных проектах: Россия может успешно участвовать в международных проектах по развитию БПЛА, что позволит объединить усилия и ускорить технологический прогресс.

– Развитие технологичных систем: внедрение искусственного интеллекта в БПЛА откроет новые возможности для их применения, в том числе в автоматизированном управлении и наблюдении.

– Создание национальной экосистемы: необходимо создать благоприятную среду для развития отрасли БПЛА в России, включая регулирование, финансирование и поддержку предпринимателей [3,4].

Развитие БПЛА в России имеет огромный потенциал. Страна обладает необходимыми ресурсами и опытом для достижения лидерства в этой области. Для реализации этого потенциала необходимы усилия государства и бизнеса, а также активное участие в международном сотрудничестве. Страны, обладающие ведущими технологиями, стремятся сохранить свое преимущество. Однако, глобальные проблемы требуют объединения усилий. Сотрудничество, в этом случае, может стать ключом к решению глобальных задач всего человечества. Активное международное сотрудничество в сфере беспилотных летательных аппаратов – это важный шаг к обеспечению безопасности и устойчивости глобального мира. Объединение усилий позволит ускорить внедрение инновации и сделать БПЛА безопасным и эффективным инструментом для решения глобальных задач. Все эти факторы говорят о том, что международное сотрудничество становится не просто желательным, а жизненно необходимым для обеспечения безопасного и устойчивого развития технологий.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гончерева, Н. П. Беспилотные летательные аппараты в современном мире. Краткий обзор и перспективы развития / Н.П. Гончерева, В.С. Примачук // Символ науки. – 2023. – №. 6-2. – С. 12-14.

2. Утеев, В. Д. Беспилотные летательные аппараты: области применения / В.Д. Утеев // Наука и технологии - 2024: сборник статей Международной научнопрактической конференции (12 февраля 2024 г.). – 2024. – С. 80-83.

3. Просвирина, Н.В. Анализ и перспективы развития беспилотных летательных аппаратов / Н.В. Просвирина // Московский экономический журнал. – 2021. – № 10. – С. 560-575.

4. Локтионова, А. Г. Интеллектуальные транспортные системы Белгородской области / А.Г. Локтионова // Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова,

посвященная 170-летию со дня рождения В.Г. Шухова. – 2023. – С. 230-234.

УДК 621.9

Воротынцева Д.Д., Воронков И.Е.

Научный руководитель: Воронкова М.Н., канд. техн. наук, доц.

Белгородский государственный технологический университет

им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ КОНСТРУКТОРСКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ПОДГОТОВКА ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ИЗДЕЛИЙ МАШИНОСТРОЕНИЯ

Этапы создания изделий в машиностроении являются частью этапов их жизненного цикла. Основными этапами создания изделий являются:

1. Проектирование объекта (конструкторская подготовка).
2. Технологическая подготовка производства.
3. Изготовление.
4. Наладка.
5. Передача в эксплуатацию (внедрение).

При этом из всех этапов к проектным этапам относятся третий и четвертый. В процессе проектирования реализуются необходимые функциональные возможности изделия. Они заложены в его конструкции и обеспечиваются разрабатываемой технологией изготовления. Проектные этапы требуют наибольших затрат интеллектуального труда высококвалифицированных инженерных работников. Процесс проектирования предполагает разработку цифровых макетов (электронных моделей) изделий, получение необходимой конструкторской документации и разработку технологических процессов изготовления деталей и сборочных единиц.

В процессе проектирования формирование функций изделия осуществляется путем переработки геометрической, технологической и организационной информации. При этом подготовка производства обеспечивает технологическую реализацию превращения исходных заготовок в готовые детали и их сборку для получения готового изделия. Другими словами, этап проектирования отвечает на вопрос: что из себя представляет изделие, а этап технологической подготовки производства – как это изделие сделать. Также одной из главных целей технологической подготовки производства является достижение в

процессе изготовления продукции оптимального соотношения между затратами и получаемыми результатами [1].

Конструкторско-проектные работы представляют собой один из этапов подготовки производства определяемый как конструкторская подготовка производства. Конструкторская подготовка производства заключается в проектировании новых изделий, модернизации при необходимости ранее производившихся, а также разработке проектов реконструкции и переоборудования предприятия или его отдельных подразделений.

В процессе такого проектирования определяется характер продукции, ее конструкция, физико-химические свойства, внешний вид, технико-экономические и другие показатели. Результаты конструкторской подготовки оформляются в виде технической документации – чертежей, спецификаций материалов, деталей и узлов, образцов готовой продукции и т.п.

Основными этапами проектно-конструкторской подготовки производства изделий являются:

- разработка проектного задания, эскизного проекта;
- изготовление и испытание опытного образца;
- разработка технического проекта, рабочего проекта;
- изготовление и испытание изделий опытных партий;
- доводка конструкции по результатам испытаний;
- уточнение рабочего проекта и его оформление;
- передача рабочего проекта органам технологической

подготовки производства.

Автоматизация конструкторской подготовки основана на использовании технологий автоматизированного проектирования, или проектирования с помощью компьютера (англ. *Computer-Aided Design, CAD*). Технологии автоматизированного проектирования включают широкий спектр компьютерных инструментов, которые помогают инженерам создавать, изменять, анализировать и оптимизировать концептуальные, инженерные проекты.

Для этой цели широко используются автоматизированные системы проектирования (САПР). Эти системы оснащены интерактивной машинной графикой, способной создавать и преобразовывать графическую информацию. Также такие системы содержат банки и базы данных с характеристиками материалов, стандартов, стандартных изделий, библиотеки чертежей известных конструкций и типовых элементов [1].

Системы автоматизированного проектирования изделий охватывают все уровни автоматизации проектно-конструкторских

работ – от создания трехмерных параметрических моделей деталей и сборочных единиц до проектирования детальных и сборочных чертежей на основе трехмерных моделей. При этом широко используются «параметрические модели», которые позволяют сформировать параметрический ряд изделий различных типоразмеров. Системы на основе параметризованных конструкций эффективно используются при разработке типовых конструкций изделий с высоким уровнем унификации деталей [2].

Твердотельное 3D–моделирование с использованием САПР на современном уровне является неотъемлемой частью проектно-конструкторских работ. Твердотельная модель представляет собой самую достоверную компьютерную копию реального объекта.

Область применения твердотельного моделирования определяется рядом задач. Эти задачи успешно решаются при выполнении проектных работ на этапе подготовки производства:

- моделирование изделий с целью создания конструкторской и технологической документации, необходимой для их выпуска (детализовок, сборочных чертежей, спецификаций и т.д.);
- моделирование изделий с целью расчета их геометрических и массо-центровочных характеристик;
- моделирование изделий для передачи геометрии в расчетные пакеты;
- моделирование деталей для передачи геометрии в пакеты разработки управляющих программ для оборудования с ЧПУ;
- создание изометрических изображений изделий (например, для составления каталогов, создания иллюстраций к технической документации и т.д.).

Известно, что в трехмерных моделях содержится намного больше инженерной информации, чем в двумерных чертежах. Поэтому важным преимуществом твердотельного моделирования является возможность использования результатов моделирования на последующих стадиях. Например, трехмерные модели можно использовать в приложениях для инженерных расчетов или при генерации программ для станков с ЧПУ.

В настоящее время системы автоматизированного проектирования полностью себя оправдывают. Во многих случаях они являются единственно возможными методами при конструировании новых видов изделий. В связи с этим к таким системам предъявляются определенные требования, к которым можно отнести следующие:

- 1) наличие средства импорта/экспорта графических документов (форматы), позволяющие организовать обмен данными со смежниками

и заказчиками, использующими любые чертежно-графические системы:

- чтение и запись графических файлов форматов DXF, DWG и IGES;
- чтение и запись файлов трехмерных моделей форматов IGES, SAT, XT, STEP, VRML и STL;
- запись данных спецификации в форматы DBF и Microsoft Excel;
- запись документов в различные растровые форматы (TIFF, GIF, JPEG, BMP, PNG, TGA);
- чтение и запись текстовых файлов форматов ASCII (DOS), ANSI (Windows); чтение текстовых файлов формата RTF.
- запись графических файлов форматов DXF, DWG и IGES;

2) современный пользовательский интерфейс, обеспечивающий удобство, производительность и эффективность работы конструктора при выполнении проектов, в том числе, в режиме параллельного проектирования;

3) обеспечение многодокументного режима работы;

4) наличие разнообразных способов и режимов построения графических объектов;

5) наличие средств создания параметрических моделей для часто применяемых типовых деталей или сборочных единиц;

6) создание библиотек типовых элементов без какого-либо программирования;

7) наличие встроенных текстового и табличного редактора, или возможность использование соответствующих общедоступных приложений.

Эти требования реализуются во всех современных САПР. Например, система Компас 3D является наиболее распространенной отечественной CAD системой для работы с твердотельными моделями любой сложности. Её интерфейс достаточно удобен, согласуется с актуальными версиям приложений Windows, и реализует тенденции развития современных CAD систем. Компас 3D широко используется на многих машиностроительных предприятиях. С ее помощью осуществляется разработка конструкций изделий в машиностроении и последующее проектирование технологических процессов всех видов производств, а также автоматизированное формирование различной технической документации в соответствии с требованиями ЕСКД и ЕСТД, действующими в машиностроении.

В современном машиностроении с учетом развития цифровых технологий трехмерные твердотельные модели являются основой создания цифровых макетов изделий, являющихся цифровыми

двойниками выпускаемых изделий. Кроме того, геометрические трехмерные модели являются неотъемлемой частью развития цифровых производств в машиностроительной отрасли.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Хуртасенко, А.В. Автоматизированная конструкторско-технологическая подготовка в машиностроении: в 2 ч. Ч.1. Автоматизированная конструкторская подготовка: учебно-практическое пособие / А.В. Хуртасенко, М.Н. Воронкова. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2017.
2. Хуртасенко, А.В. Автоматизированная конструкторско-технологическая подготовка в машиностроении: учебно-практическое пособие / А.В. Хуртасенко, И.В. Маслова. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2016.
3. Хуртасенко, А.В. Автоматизированная технологическая подготовка в машиностроении: учебное пособие / А.В. Хуртасенко, М.Н. Воронкова. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2015.

УДК 656.13:504.054

Головин О.В., Петрова Д.В.

Научный руководитель: Семькина А.С. канд. техн. наук, ст. преп.

Белгородский государственный технологический университет

им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ НАЗЕМНОГО ТРАНСПОРТА НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ И РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ НЕГАТИВНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

Транспорт является неотъемлемой частью современной жизни, обеспечивая мобильность людей и товаров. Однако, вместе с удобством и экономической выгодой, наземный транспорт несет в себе негативные последствия для окружающей среды. Производство автомобилей, строительство дорог и использование транспортных средств требует значительного потребления ресурсов, таких как металлы, пластмассы, бетон, энергия и т.д. Выбросы загрязняющих веществ, шумовое загрязнение, потребление ресурсов и изменение ландшафта – это лишь некоторые из негативных последствий, требующих немедленного решения [1].

Автомобили представляют серьезную опасность для здоровья и жизни людей, что подтверждается статистикой. Ежегодно в мире в

дорожно-транспортных происшествиях погибает около 300 тысяч человек, в том числе более 30 тысяч в России. Кроме того, безответственное поведение автовладельцев, такое как мойка машин в открытых водоемах и стоянка в непосредственной близости от них, наносит значительный экологический вред. Попадание даже небольшого количества нефтепродуктов, таких как бензин и технические масла, в водоемы может существенно снизить или полностью уничтожить их способность к самоочищению, делая большие объемы воды непригодными для питья и хозяйственного использования [2].

Транспорт является одним из крупнейших источников выбросов парниковых газов, в первую очередь углекислого газа. Выбросы парниковых газов способствуют изменению климата, вызывая глобальное потепление, повышение уровня моря, экстремальные погодные явления и другие негативные последствия. Автомобили, грузовики, автобусы и поезда, использующие двигатели внутреннего сгорания, являются основным источником загрязняющих веществ в атмосферу. Выбросы включают в себя оксиды азота, оксиды серы, твердые частицы, угарный газ, углеводороды и другие вредные соединения, которые способствуют образованию смога и кислотных дождей [3].

В ходе исследования были изучены различные аспекты влияния наземного транспорта на окружающую среду, включая выбросы загрязняющих веществ, шумовое воздействие и потребление природных ресурсов. Однако существуют перспективные технологии и подходы, способные существенно снизить экологический вред транспортного сектора. В частности, широкое внедрение электромобилей, использование биотоплива, развитие общественного транспорта и оптимизация логистических процессов позволяют значительно сократить выбросы парниковых газов и улучшить качество городской среды.

Например, переход на электромобили является одним из наиболее эффективных способов снижения выбросов загрязняющих веществ и парниковых газов. Электромобили не производят выбросов во время эксплуатации, а выбросы при производстве электроэнергии могут быть снижены за счет использования возобновляемых источников энергии. Также, гибридные автомобили, которые сочетают двигатель внутреннего сгорания с электрическим двигателем. Они позволяют снизить потребление топлива и уменьшить выбросы загрязняющих веществ благодаря использованию электрической тяги на низких

скоростях и рекуперативному торможению, которое позволяет заряжать батарею во время движения [4].

Еще одна мера по внедрению новых технологий для снижения негативного воздействия на окружающую среду - уменьшение веса транспортных средств. Использование легких материалов, таких как алюминий и композитные материалы, позволяет уменьшить вес транспортных средств, что снижает расход топлива и выбросы углекислого газа. Например, использование алюминия вместо стали в производстве кузовов автомобилей может сократить массу транспортного средства на 40% и повысить эффективность использования топлива [5].

Важно отметить, что переход к экологически чистым технологиям требует комплексного подхода, включающего как технологические инновации, так и изменения в политике, инфраструктуре и поведении потребителей. Необходимо продолжать научные исследования в области развития автомобильного транспорта, чтобы обеспечить долгосрочное сохранение окружающей среды и улучшение качества жизни людей.

Таким образом, переход на электромобили, использование альтернативных видов топлива, развитие общественного транспорта, совершенствование транспортной инфраструктуры и разработка «умных» транспортных систем – это лишь некоторые из направлений, которые могут способствовать созданию более экологически чистой и устойчивой транспортной системы. Совместные усилия правительств, бизнеса, научных организаций и общества в целом необходимы для достижения этой цели и обеспечения устойчивого будущего для нашей планеты.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сенина Ю.П., Ветошкин А.Г. Снижение негативного влияния автотранспорта на экологическое состояние окружающей среды // Пензенский государственный университет. 2024. № 4. С. 1-3.
2. Колпаков И.В., Минаева Е.М., Симушкин А.В. экологические проблемы автомобильного транспорта и пути решения // Международный научный журнал «ВЕСТНИК НАУКИ». 2024 г. № 1. С. 800-802.
3. Большакова Л. Г., Социальные и экологические аспекты использования автотранспорта и его влияние на окружающую среду // ФГАОУ ВПО «Казанский (Приволжский) федеральный университет». 2012 г. С. 32-33.

4. Семькина А.С. Экологические проблемы автомобильного транспорта и пути их решения / Семькина А.С., Каблучко И.П., Кобзарев С.В. // В сборнике: Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова. Сборник докладов. Белгород, 2024. С. 161-165.

5. Чучулина В.В. Использование современных технологий в области транспорта. Сокращение вредного воздействия транспорта на окружающую среду // «Научно-практический электронный журнал Аллея Науки» №2(41) 2020 г. С. 6-9.

УДК 629

Гончаров А.А., Щербатов А. С., Лубков А.А.

Научный руководитель: Проценко А.М. асс.

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

СОВРЕМЕННЫЕ ГРУЗОЗАХВАТНЫЕ УСТРОЙСТВА ДЛЯ СЕЛЕКТИВНОЙ ТРАНСПОРТИРОВКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ И БЕСПИЛОТНЫХ СИСТЕМ

В современном мире, где скорость и эффективность грузоперевозок играют ключевую роль в обеспечении стабильной работы транспортной инфраструктуры, особое значение приобретает применение передовых технологий.

Современные грузозахватные устройства для селективной транспортировки активно развиваются на базе инновационных технологий, таких как робототехника, машинное зрение и автоматизированные системы управления. Одним из ключевых направлений является интеграция гибких и адаптивных захватов, которые способны обрабатывать широкий ассортимент грузов — от мелких и хрупких предметов до тяжелых и габаритных грузов. В этой статье мы рассмотрим основные тенденции и инновационные решения в области современных грузозахватных устройств, предназначенных для селективной транспортировки с использованием робототехнических и беспилотных систем [1].

Одним из важных направлений развития являются грузозахватные устройства, которые позволяют значительно повысить безопасность и производительность при выполнении селективных перевозок. В условиях растущей конкуренции и повышения требований к точности доставки использование робототехнических систем становится

неотъемлемой частью современных беспилотных и автоматизированных транспортных систем [2].

Беспилотные устройства для селективной транспортировки.

Например, современные роботизированные системы оснащаются сенсорными датчиками и камерными системами, позволяющими распознавать объекты, определять их положение и форму. Это значительно повышает точность захвата и снижает риск повреждения грузов [3].

Также грузозахватные устройства всё чаще интегрируются с Интернетом вещей (IoT), что позволяет им обмениваться данными с другими устройствами и системами в реальном времени. Это открывает новые возможности для мониторинга состояния грузов, управления складскими процессами и повышения общей эффективности логистики за счет использования аналитики данных.

К примеру, можно привести автоматические манипуляторы с адаптивными захватами с пневмо- и электромеханическим устройством, БТС оснащены системами машинного зрения для упрощения работы и селективной обработки грузов (рис.1) [4-5].

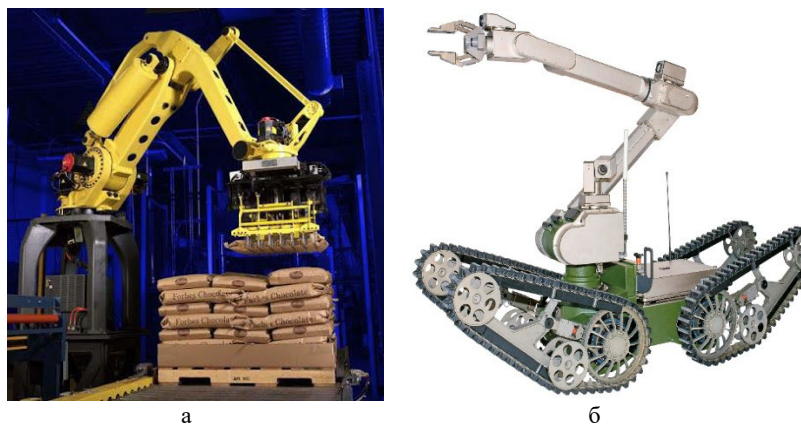


Рис. 1 Два робота-манипулятора:
а-«Автомакон»; б-«Roborac»

БТС – активно развиваются, в их систему постепенно внедряют всё новые и новые функции - система авто-захвата груза и его укладки, это во многом облегчает работу для человека, т.к. в его присутствии нет необходимости, что обеспечивает полную безопасность для рабочих при транспортировке. Также стоит отметить, что системы БТС способны учиться и запоминать нужную для неё информацию,

например, более быстрые и удобные маршруты для транспортировки грузов и оптимизировать свою работу [6].

В последнее время, рынок пополняется компаниями, которые предлагают совершенно новые решения и системы для селективной транспортировки с помощью БТС. Ниже мы рассмотрим некоторые из них:

1. «Автомакон» - Компания представляет беспилотные машины (AGV-роботы) для перевозки грузов с использованием поддонов. Роботы оснащены системами определения местоположения груза в пространстве с последующим выбором удобного для них пути и захвата самого груза [7].

2. Roborac - Производитель роботизированных вилочных погрузчиков INTEGRA, оснащённых новой системой - лазерной навигации. Такие погрузчики предназначены для перемещения материалов и полуфабрикатов из зоны упаковки к автоматической системе обмотки паллетов и после всех манипуляций отправляется на склад готовой продукции. Встроенная система обхода препятствий помогает машине маневрировать между конвейерными линиями без вмешательства человека [8].

3. «Беспилотный погрузчик» - Компания разрабатывает системы автоматического перемещения товаров на складе с использованием автономных роботов-погрузчиков и методов машинного обучения. Эти разработки могут применяться как на одноуровневых, так и на многоуровневых складах для перемещения паллет с товаром между зонами приёма и хранения, комплектования и погрузки, а также между конвейерными линиями производств.

4. Casun – Компания, выпускающая транспортных роботов, а также роботов-тягачей, предназначенные для перемещения тележек и поддонов с грузом внутри самого предприятия. Также выпускаются роботы-погрузчики серии CC и CA-BY1000.

5. Geek+ - Занимается разработкой роботизированных логистических систем для производственных предприятий. Компания выпускает универсальных роботов серии M100, способных перевозить или тянуть грузы на платформе или тележке весом до 200 кг.

Все компании представляют собой новые, лучшие и удобные решения для логистики, грузоперевозок и др., что многократно повышает эффективность производства и безопасность на складах и предприятиях.

В целом, современные грузозахватные устройства для селективной транспортировки объединяют в себе высокотехнологичные компоненты, обеспечивающие безопасность, надежность и высокую

производительность при выполнении сложных задач в условиях динамичного и конкурентного рынка грузоперевозок.

Данные устройства всё чаще разрабатываются с учетом экологических факторов. Например, некоторые компании используют легкие и прочные материалы для снижения энергозатрат при работе устройств, а также внедряют технологии, позволяющие минимизировать выбросы углерода за счёт использования электрических двигателей вместо бензиновых или дизельных.

Грузозахватные устройства – это специальные приспособления, используемые для захвата, подъёма и перемещения грузов. Современный рынок пополняется новыми БТС почти каждый день, что делает выбор нужного робота более удобным. Из-за этого их разделяют по классам и критериям, но в основном по принципу действия. Поэтому их принято различать на автоматические, полуавтоматические и ручные захваты (системами БТС с полуавтоматическими захватами управляют люди с помощью пульта дистанционного управления).

Автоматические грузозахватные БТС оснащены множеством датчиков, машинным зрением и искусственным интеллектом, что даёт возможность роботу выполнять свои функции без участия человека.

Полуавтоматические и автоматические грузозахваты бывают:

- пневматическими, она работающими с помощью сжатого воздуха, который создает нужное усилие для захватывания материалов и полуфабрикатов, они обычно используются на предприятиях и производственных цехах;
- гидравлическими, которые работают на основе жидкостей под давлением, это даёт роботу высокую мощность, надёжность захвата и удерживания материалов, их применяют в сфере транспортировки грузов и при строительстве зданий или других объектов недвижимости;
- электрическими, приводящимися в работу за счёт электрического привода, хорошо подходят для работы с тяжёлыми и объёмными грузами в небольших помещениях;
- магнитными, которые захватывают и удерживают металлические грузы с помощью мощного электромагнита;
- вакуумными, удерживающими груз или материалы благодаря созданию вакуума.

В настоящее время на рынке применяются следующие автоматические БТС: роботизированные захваты, грузозахватные конвейеры, а также разгрузочные и погрузочные системы [7-10].

Использование автоматических и полуавтоматических БТС позволяет значительно повышать эффективность и безопасность труда.

На сегодняшний день они применяются в следующих отраслях:

1. промышленное производство – использование для подъёма и транспортировки тяжёлых грузов на производственных цехах;
2. складское хозяйство – размещение на складах различных полуфабрикатов и грузов;
3. логистика и транспортировка – облегчение транспортировки, а также погрузки и разгрузки грузов и материалов на транспорте;
4. строительство – значительное повышение скорости процесса укладки и перемещения строительных материалов;
5. энергетическая промышленность – помогает эффективной и безопасной работой при подъёме и перемещении объёмных материалов, деталей и различного оборудования;
6. производственная металлообработка – значительное повышение и упрощение процессов транспортировки и обработки заготовок из разного рода металлов;
7. автомобильная промышленность – улучшение производственных процессов при сборке и перемещении автомобильных деталей и узлов.

Многие современные системы грузозахвата разрабатываются с учетом модульности, что позволяет легко адаптировать их под различные задачи. Это означает, что одно устройство может использоваться для захвата как паллет, так и отдельных коробок или нестандартных предметов, что значительно снижает затраты на оборудование и упрощает логистические процессы [9].

Автоматические грузозахваты также обладают рядом преимуществ:

- высокой производительностью: они способны обрабатывать большие объёмы груза;
- расширенным функционалом: автоматические захваты можно настраивать для работы с различными типами груза и в разных условиях;
- эффективностью и безопасностью: грузозахватные устройства этого типа обеспечивают эффективное и безопасное перемещение груза без риска повреждений.

Выбор захватов того или иного типа определяется особенностями решаемой задачи и условиями эксплуатации.

Эффективные и удобные в использовании полуавтоматические и автоматические грузовые захваты предоставляют надёжное и безопасное решение для перемещения различных грузов, повышая производительность грузоподъёмных работ и экономя время на их осуществление.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Automation World** — внедрение искусственного интеллекта [Электронный ресурс]. URL: <https://www.automationworld.com> (дата обращения 21.04.2025).
2. Manufacturing.net** — Каким будет будущее безопасности на рабочем месте [Электронный ресурс]. URL: <https://www.manufacturing.net> (дата обращения 20.04.2025).
3. Robotics Business Review** — искусственный интеллект и человек [Электронный ресурс]. URL: <https://www.therobotreport.com> (дата обращения 23.04.2025).
4. AWS Group** — конвейерные системы [Электронный ресурс]. URL: <https://aws-group.ru> (дата обращения 20.04.2025).
5. Беспилотные грузоперевозки для внутрицеховой логистики** — автономная перевозка грузов в цехах [Электронный ресурс]. URL: <https://droneshub.ru/> (дата обращения 23.04.2025).
6. Беспилотные транспортные системы (БТС) [Электронный ресурс]. URL: <https://pk-tiso.ru> (дата обращения: 22.04.2025).
7. Автомакон** — беспилотные штабёлеры и погрузчики [Электронный ресурс]. URL: <https://shtabeler.blog> (дата обращения 22.04.2025).
8. Совершенствование и кастомизация малых автономных транспортных средств коптерного типа для решения специальных задач отраслевого мониторинга и диагностики / А. Е. Наумов, С. Ю. Лозовая, С. И. Анциферов [и др.] // СТИН. – 2024. – № 9. – С. 37-40.
9. AGV-роботы** — вилочные погрузчики [Электронный ресурс]. URL: <https://automacon.ru> (дата обращения 23.04.2025).
10. AWS Group** — роботизированные системы [Электронный ресурс]. URL: <https://aws-group.ru> (дата обращения 21.04.2025).

*Агеева М.С., Горягин П.Ю., Колесников М.С.
Научный руководитель: Севостьянов В.С., д-р техн. наук, проф.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

ТЕХНОЛОГИЯ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ КОМПОНЕНТОВ ПОЛИМЕРСОДЕРЖАЩЕГО ЦЕМЕНТОБЕТОНА

В связи с возросшей в настоящее время потребностью использования многофункциональных материалов с заданными физико-механическими характеристиками, а также необходимостью утилизации техногенных полимерных материалов (ТПМ), актуальной задачей является разработка ресурсосберегающей технологии получения полимерных наполнителей цементобетонных смесей.

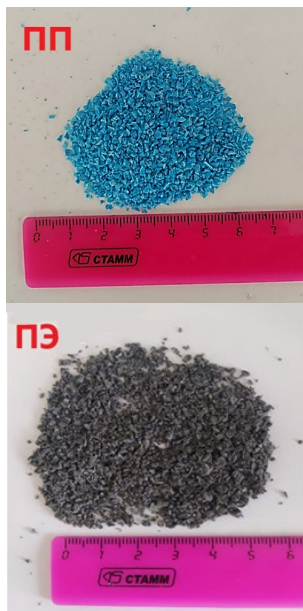
В рамках проводимых нами исследований было изучено влияние техногенного полимерсодержащего наполнителя на физико-механические характеристики цементобетона.

Полимерные отходы полиэтилена (ПЭ) высокого давления и полипропилена (ПП) измельчались дисковым и иглофрезерным рабочими органами роторно-центробежного агрегата комбинированного действия [1-2]. В данном агрегате реализована возможность варьирования разрывающего и истирающего силового воздействия, поэтапность измельчения полимерсодержащих материалов, что способствует повышению эффективности измельчительного оборудования и качества перерабатываемого материала.

При измельчении ТПМ стержневыми элементами иглофрезерного рабочего органа (рис. 1) реализуется высокоскоростной удар с истиранием. В процессе воздействия иглофрезы на частицы перерабатываемого материала образуются многочисленные микродефекты их структуры – сколы и срезы микрообъемов с более крупных частиц [3].



а)

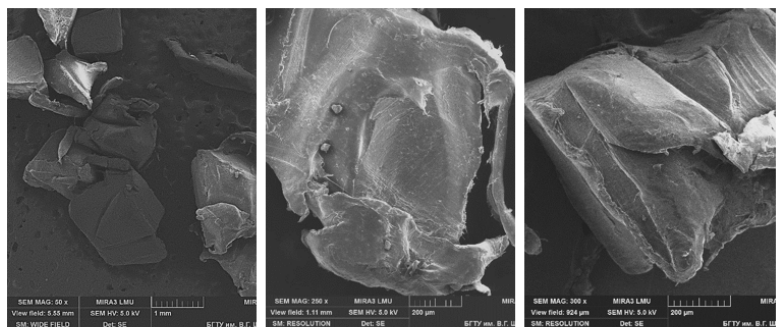


б)

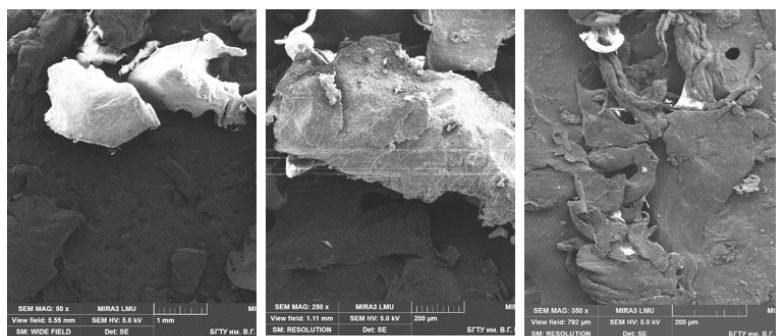
Рис 1. Иглофрезерный рабочий орган (а) и измельчённые техногенные полимерные материалы (б)

Исследование морфологических особенностей поверхности синтетических частичек, их размера и формы проводили с использованием растрового электронного микроскопа Tescan MIRA3 LMU.

Анализ микрофотографий (рис. 2) позволил установить наличие развитой поверхности у большинства частиц, неоднородных по размерам и форме. Так, большая часть крупных частиц имеет множество микродефектов, шероховатостей поверхности, вмятин. Встречаются, также, и частицы с ровной гладкой поверхностью без зазубрин, имеющие форму близкую к кубической.



III



III

Рис. 2. Дефектность структуры поверхности измельчённых частиц техногенных полимерных материалов (x50, x250, x350)

Мелкие частицы характеризовались большей дефектностью структуры поверхности, вытянутой и изогнутой формой за счет способа их получения при сжатии и разрыве. Использование более мелких фракций с развитой поверхностью способствует лучшей удобоукладываемости смеси, позволяет снизить количество используемой воды без введения суперпластификатора.

Для оценки влияния и первоначального определения расхода добавки пластиковой крошки на физико-механические характеристики мелкозернистого бетона были заформованы образцы-кубики 3х3х3 см со следующими соотношением компонентов: цемент : песок : вода (Ц:П:В) = 1:2:0,4. Добавка – гиперпластификатор «Реопласт» вводилась в количестве 1% от массы цемента. Также вводились измельченные ТПМ – 1÷3% от массы цемента.

Испытания прочности образцов проводились в трёх-, семи- и 29-суточном возрастах (таблица 1).

Таблица 1 – Физико-механические характеристики образцов мелкозернистых бетонов с добавкой

Номер состава	Расход компонентов смеси, г					ρ , кг/м ³	Прочность при сжатии, МПа		
	Ц	П	ПЛ	СП	В		3 сут	7 сут	28 сут
1 (контр.)	580	1160	–	5,8	232	1970	14,7	20,6	28,3
2 (ПП)			5,8		232	1973	13,5	24,16	28,6
3 (ПП)			11,6		230	1975	14,2	26,85	29,9
4 (ПП)			17,4		229	1980	15,5	26,18	32,8
5 (ПЭ)			5,8		232	1968	11,5	23	27,9
6 (ПЭ)			11,6		232	1975	14,1	25	29,5
7 (ПЭ)			17,4		230	1977	14,9	26,4	30,5

Анализ полученных результатов показал, что наибольшее увеличение прочностных характеристик установлено у состава 4 – при повышении расхода наполнителя ПП до 3 % и у состава 7 – также при введении 3% ПЭ-наполнителя. Прирост прочности в первом случае составил 15,5% по сравнению с контрольным образцом и 7,8 % – во втором. Прирост прочности для состава 3 (ПП) составил 5%, для состава 6 (ПЭ) – 4,3 %.

Изучение кинетики твердения образцов показало, что все образцы имели большую скорость гидратации по сравнению с бездобавочным цементом в семисуточном возрасте, тогда как в трёхсуточном у составов 2 и 4 с расходом наполнителей прочностные характеристики были ниже, чем у базового цементного образца.

Повышение скорости гидратации связано с тем, что введенные частицы ТПМ представляют собой тела с изогнутой поверхностью, микрошероховатостями и микротрещинами. Это позволяет им выступать в качестве подложек при кристаллизации гидросиликатов кальция, что, в свою очередь, приводит к возрастанию адгезии и повышению прочностных характеристик материалов.

Таким образом, в результате проведенных исследований доказано положительное влияние на физико-механические характеристики цементобетона использование техногенного полимерсодержащего наполнителя.

Проведённые нами исследования позволяют более обосновано подходить к конструктивно-технологическому совершенствованию рабочих органов роторно-центробежного агрегата комбинированного действия для комплексной переработки ТПМ.

**Работа выполнена в рамках государственного задания FZWN-2024-0002 «Разработка, исследования и опытно-промышленная апробация наукоемких технологий и технических средств для*

производства полимерсодержащих композиционных смесей и изделий из техногенных органоминеральных компонентов» с использованием лабораторного оборудования Центра высоких технологий БГТУ им. В.Г. Шухова.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Пат. 2724667, Российская Федерация, В02С 18/00. Роторно-центробежный агрегат комбинированного действия для переработки органических и минеральных материалов / В.С. Севостьянов, Н.Т. Шеин, М.В. Севостьянов, П.Ю. Горягин, Р.А. Ермилов; заявитель и патентообладатель БГТУ им. В.Г. Шухова, заявл. 23.09.2019, опубл. 25.06.2020, Бюл. №18. – 12 с.
2. Научно-практические основы создания иглофрезерных измельчителей многоцелевого назначения / В.С. Севостьянов, Т.Л. Сиваченко, М.В. Севостьянов, П.Ю. Горягин, В.А. Бабуков // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2018. № 3. – С. 107-116.
3. Севостьянов В.С., Горягин П.Ю., Бабуков В.А. Исследование процесса измельчения техногенных полимерных материалов иглофрезерными рабочими органами // Энергетические системы: материалы IV Междунар. науч.-техн. конф., 31 окт. – 1 нояб. 2019 г. / Белгор. гос. технол. ун-т; отв. ред. П.А. Трубаев. – Белгород, 2019. – С. 313-318.

УДК 625.85

Гриценко М.С., Катрич Я.М., Коробейников Н.А.
Научный руководитель: Высоцкая М.А., канд. техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия

РОЛЬ МИНЕРАЛЬНОГО ПОРОШКА В ФОРМИРОВАНИИ СВОЙСТВ АСФАЛЬТОБЕТОНА: ТЕХНОЛОГИИ И ПЕРСПЕКТИВЫ

Асфальтобетон – композитный материал, состоящий из минеральной основы (щебня, песка или отсева), наполнителя (минерального порошка) и битума в качестве связующего компонента, соединённых в оптимальных пропорциях. Его структура организована на трёх уровнях (макро-, мезо-, микро-) и образует полидисперсную

систему, где взаимодействие элементов определяет прочность и долговечность материала.

При этом ключевым связующим звеном выступает не просто битумное вяжущее, а комплексная система «битум-минеральный порошок» — асфальтовяжущее вещество (АВВ). Именно оно формирует переходную зону между минеральными частицами, где под воздействием процессов структурирования битум преобразуется в упорядоченную структурированную плёнку или остается в объёмном состоянии. Эти модификации напрямую влияют на механическую прочность, функциональные характеристики и эксплуатационную надёжность асфальтобетонных смесей.

Минеральный порошок (МП) в составе асфальтобетонной смеси выполняет несколько критически важных функций:

1. Структурообразование - формирует до 90–95% удельной поверхности зерен, связывая щебень и песок в монолит.

2. Усиление прочности - повышает механическую устойчивость материала, но параллельно увеличивает хрупкость.

3. Ввиду высокой структурирующей способности избыток МП может снижать трещиностойкость и устойчивость к сдвигам покрытия.

Более того, качество контактного слоя не постоянно, и зависит не только от качества битума и самого минерального порошка, но и от силы взаимодействия между ними. Интенсивность и качество этого взаимодействия определяет соотношение объемного и структурированного битума в контактном слое. Оптимальное соотношение качественных и количественных показателей битума и МП способствует уменьшению толщины битумной пленки, усиливая структурирование и прочность контактов во всем дорожном композите. Управляющими параметрами качества АВВ принято считать вязкость битума, а также тип, дисперсность и пористость МП [1].

Структура битумной плёнки на поверхности минерального зерна представлена ориентированным (структурированным) и объёмным слоями битума с рядом характерных особенностей. Так, асфальтены битума концентрируются у поверхности минеральных частиц, создавая прочный структурированный слой, однако с удалением от поверхности минерального зерна их концентрация падает, и битум переходит в объёмное состояние с понижением структурной устойчивости композита.

Необходимость повышения реакционной способности или интенсификации взаимодействия битума с МП определила целесообразность дополнительной обработки последнего или

активации. Таким образом, в дорожном строительстве различают активированные и неактивированные минеральные порошки.

Принято считать, что традиционным МП является известняковый. Есть мнение [2], что порошок из карбонатных пород с щелочным компонентом обеспечивает наилучшую адгезию к битуму, в виду ряда своих характерных особенностей, ключевыми из которых являются положительный заряд поверхности и микропористая структура, способствующие образованию прочных связей с полярными компонентами битума. Такой подход обеспечивает прочность и упругость асфальтобетона, а его низкая гидрофильность повышает водостойкость асфальтобетона, однако требует учёта климатических условий и экономической целесообразности.

Отсутствие во многих регионах РФ сырьевой базы, включающей карбонатные месторождения каменных материалов, диктует необходимость поиска альтернативного сырья для производства МП в том числе из промышленных отходов (зола-уноса, шлаки, осадки сточных вод). Такой подход способствует снижению себестоимости как МП, так и асфальтобетона на его основе и решению проблемы утилизации данных отходов, тема вовлечения которых в строительство в последнее время популяризируется на законодательном уровне [3].

Некоторые примеры альтернативы карбонатным породам при производстве минерального порошка [1-5] представлены на рис. 1.

Углубленный анализ [1-5] демонстрирует следующие преимущества МП на основе техногенных материалов: утилизация отходов (шлаки, зола, осадки); снижение себестоимости асфальтобетона; улучшение свойств асфальтобетона (прочность, водостойкость, термостабильность).

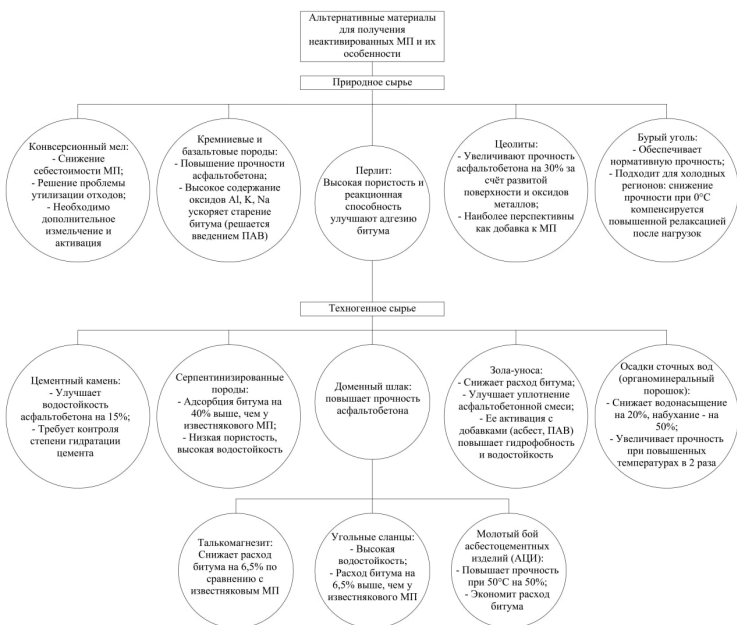


Рис. 1. Альтернативные источники минеральных порошков и их особенности

Однако в ряде случаев для использования подобных МП возникает необходимость их обработки: активация и гидрофобизация обязательны для большинства материалов.

В общем виде, способы получения и активации минеральных порошков напрямую влияют на их удельную поверхность, химическую активность и структуру. Оптимизация этих процессов позволяет усилить экстенсивные (площадь контакта) и интенсивные (физико-химические взаимодействия) факторы, критичные для проектирования высокопрочного и термостабильного асфальтобетона.

Стоит отметить, что наиболее целесообразно говорить об активации и гидрофобизации минеральных наполнителей для асфальтобетонных смесей в контексте помола сырья в порошок. В этот момент активные поверхностные центры МП находятся в максимально реакционноспособном состоянии, обеспечивая синергетический эффект от взаимодействия с химическими веществами, вводимыми на их поверхность, при последующем совместном домоле. Следует различать гидрофобизацию и активацию МП. Гидрофобизация – это нанесение на поверхность наполнителя специальных составов, которые

предотвращают разрушающее действие воды, положительно влияя на показатели набухания, водонасыщения. Добавление в МП гидрофобизатора, на примере препарата ГФ-1 [5], снижает водонасыщение и набухание, но уменьшает прочность при 0°C.

В настоящее время используются приемы механической, химической, термической, а также совместной физико-химической (добавление активаторов при помоле) активации МП, а также гидрофобизации [3-6]. Некоторые примеры способов активации представлены на рис. 2.

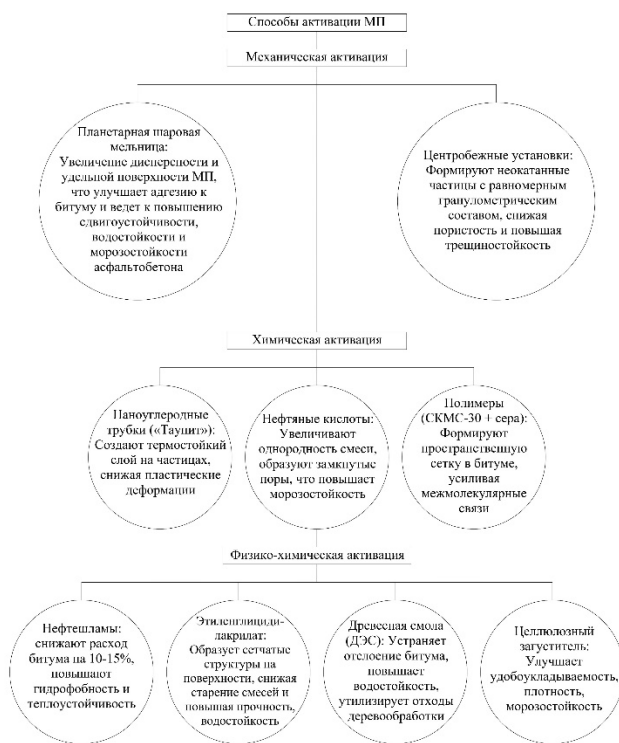


Рис. 2. Некоторые практические способы активации МП (способ-активатор)

Активация МП значительно улучшает физико-механические свойства, а также эксплуатационные и экологические показатели асфальтобетона, но требует строгого контроля параметров (степень помола, дозировка), т.к. избыточная активация может привести к хрупкости покрытия.

Так, качество получаемого асфальтобетона зависит от качества исходного материала МП. Оптимальная активация МП критична для достижения баланса между прочностью, термостабильностью и устойчивостью к деформациям. Необходим контроль процесса активации МП для предотвращения негативных эффектов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Влияние минеральных порошков на устойчивость битумного вяжущего к термическим деформациям / М.А. Высоцкая, В.С. Лесовик, Я.М. Катрич, Д.Ю. Егоров // Вестник Сибирского государственного автомобильно-дорожного университета. - 2024. - № 5(99). - С. 770-785.
2. Солдатов, А.А. Оценка влияния содержания и физико-механических показателей минерального порошка на свойства битумо-минеральных материалов / А.А. Солдатов, З.Р. Мустафаев, В.А. Пономарев // Сборник статей по материалам конференции «Интеллектуальный капитал и инновационное развитие общества, науки и образования». - Пенза: МЦНС «Наука и Просвещение». – 2019. - С. 29-31.
3. Ширяев, А.О. Минеральный порошок в современной системе проектирования асфальтобетонных смесей / А.О. Ширяев, М.А. Высоцкая // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. - 2022. - № 2. - С. 8-19.
4. Высоцкая, М.А. Дисперсный перлит - как структурирующий компонент бинарной системы / М.А. Высоцкая, А.М. Гридчин, Д.А. Кузнецов // Сборник статей по материалам научно-технической конференции «Инновационные материалы, технологии и оборудование для строительства современных транспортных сооружений». – Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова. – 2013. – С. 96-103.
5. Траутвайн, А.И. Изучение физико-механических свойств асфальтобетонных образцов на активированных минеральных порошках различных составов / А.И. Траутвайн, В.В. Ядыкина, Е.С. Муленко // Строительные материалы и изделия. - 2018. - № 4(1). - С. 44-50.
6. Шихалиев, К.С. Изучение физико-механических свойств асфальтобетонных образцов на активированных минеральных порошках различных составов / К.С. Шихалиев, М.Я. Абдуллаева // Пластические массы. - 2017. - № 9-10. - С. 35-37.

*Самойлов М.И., Грищенко М.С., Курлыкина А.В.
Научный руководитель: Высоцкая М.А., канд. техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

ОБЗОР РЕЗИНОВЫХ МОДИФИКАТОРОВ. ИХ ВКЛАД В ФОРМИРОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СВОЙСТВ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ СМЕСЕЙ

В условиях роста значимости городской инфраструктуры для экономики и мобильности жителей населенных пунктов и мегаполисов, повышение долговечности асфальтобетонных покрытий становится ключевой задачей не только дорожно-строительной отрасли, но и экономики страны в целом. Одним из инновационных решений являются резиновые модификаторы, в том числе для асфальтобетона.

Резиновые модификаторы для асфальтобетона – это специальные добавки, включающие резиновую крошку или гранулы, которые вводят сухим способом в состав асфальтобетонной смеси для улучшения её эксплуатационных свойств. По данным [1], отработанные шины на 80-90 % состоят из материалов, не разлагающихся в естественных условиях, что возводит экологическую проблему в масштаб планетарной катастрофы, вовлечение вторичной резины – перспективным и экологически устойчивым техническим решением.

В соответствии с действующим законодательством в части отработанных автомобильных шин: Федеральным законом № 89-ФЗ от 24.06.1998 года «Об отходах производства и потребления» и ГОСТ Р 54095-2023 «Требования к сбору, накоплению, транспортированию, обработке и утилизации отходов шин, покрышек, камер», – они должны в обязательном порядке подлежать утилизации.

Нарушение законодательства в вопросах сбора, складирования, захоронения и рециклинга автомобильных шин сопровождается штрафами. Остроту проблеме отработанных шин придает тот факт, что уровень автомобилизации во всем мире стремительно растет. Так по данным [2] на конец 2023 года, уровень автомобилизации в мире за последние 15 лет увеличился в 1,5 раза и по прогнозам к 2033 году мировой автомобильный рынок будет демонстрировать прирост среднегодового темпа порядка 2,79%.

Подобное положение вещей является драйвером исследовательской деятельности, нацеленной на вторичное использование автомобильных шин и их вовлечение в технологию

замкнутого цикла. Развиваемые направления рециклинга отработавших автомобильных шин в дорожно-строительном сегменте более чем актуальны, учитывая объёмы вовлекаемого для модифицирования битумных вяжущих полимера, и целесообразны, учитывая объёмы содержание каучука в изношенной шине – порядка 40-50% [1].

В контексте вопроса улучшения показателей асфальтобетона посредством применения в его составе различных резиновых добавок и модификаторов следует затронуть и рассмотреть тему нормативного использования резиновой крошки в асфальтобетонных смесях.

Резиновая крошка, получаемая при переработке автомобильных шин, активно внедряется в дорожное строительство благодаря своей универсальности и комплексной пользе. Она применяется в производстве всех асфальтобетонных смесей, в том числе щебеночно-мастичных смесей, теплых и литых асфальтов, а также защитных слоев и слоев износа в составе битумоминеральных смесей.

Интерес к использованию дисперсной резиновой крошки связан с сочетанием экологических и технологических преимуществ, особенно в рамках активно нарастающей тенденции к повторному использованию отходов производства. Рассмотрим ключевых игроков и выпускаемые ими продукты в сегменте производства резиновых модификаторов, рис. 1.

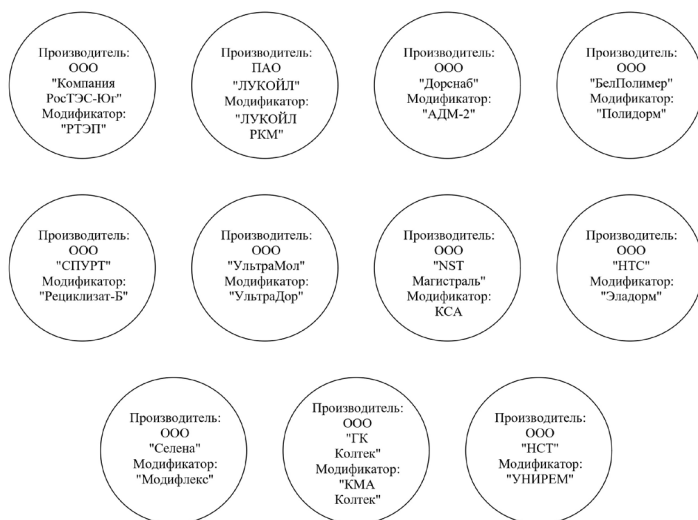


Рис. 1. Ключевые производители резиновых модификаторов и их продукты

Рассмотрим более подробно данные резиновые модификаторы и их преимуществ, рис. 2

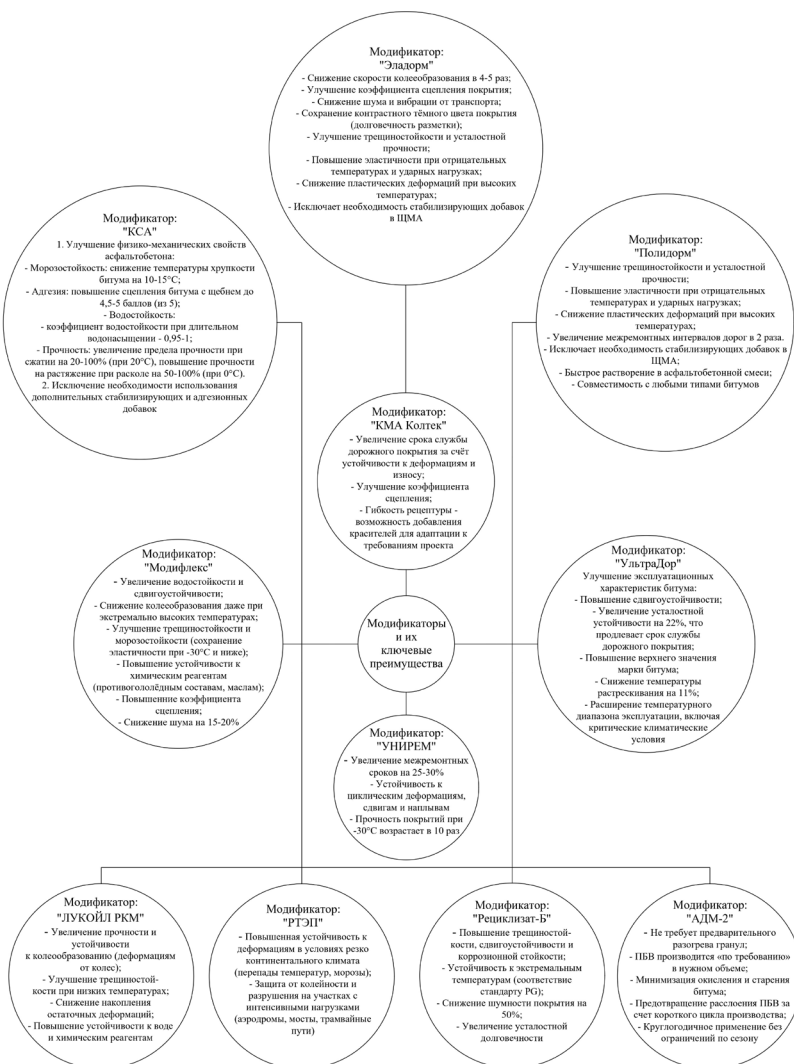


Рис. 2. Наиболее распространённые резиновые модификаторы и их ключевые преимущества

Как видно, всем резиновым модификаторам присущи следующие свойства:

- эластичность – снижают риск трещинообразования и деформаций асфальтобетона в покрытии автомобильных дорог при перепадах температур окружающего воздуха за счет повышения эластичности асфальтобетонной смеси.

- безопасность – улучшают сцепление шин транспортных средств с покрытием автомобильных дорог, уменьшая аварийность и износ покрытий.

- шумоподавление – сокращают уровень транспортного шума, повышают комфорт городской среды.

- экономия – увеличивают срок службы автомобильных дорог, снижают затраты на ремонт.

- экологичность – производятся из переработанных шин, уменьшают объем складированных отходов.

Использование резиновых модификаторов в асфальтобетонных смесях представляет собой прорывное направление в дорожном строительстве, объединяющее экологичность, экономическую эффективность и технологические инновации. Резиновые модификаторы – это не только ответ на экологические вызовы, но и ключевой инструмент для создания долговечных, безопасных и экономически выгодных дорожных покрытий. Их массовое внедрение способствует переходу к «зелёной» экономике и повышению качества транспортной инфраструктуры.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Devulcanisation and reclaiming of tires and rubber by physical and chemical processes: A review / L. Bockstal, T. Berchem, Q. Schmetz, A. Richel // Journal of Cleaner Production. - 2019. - Vol. 236. - Pp. 117-124.

2. Automotive Market Size, Share, Growth, and Global Industry Analysis, By Type (Passenger Vehicle and Commercial Vehicle), By Application (Personal Use, Municipal Use, and Business Use), Regional Insights and Forecast From 2025 To 2033 // Business Research Insights: [Электронный ресурс] URL: <https://www.businessresearchinsights.com/market-reports/automotive-market-102183> (дата обращения: 29.04.2025).

3. РТЭП // ртэп-юг.рф: [Электронный ресурс] URL: <http://ртэп-юг.рф> (дата обращения: 29.04.2025).

4. Инновационные материалы ЛУКОЙЛ для асфальтобетона // Битумные материалы ЛУКОЙЛ: [Электронный ресурс] URL: <https://bitumen.lukoil.ru/ru> (дата обращения: 29.04.2025).

5. Инновационный модификатор асфальтобетона АДМ // ДОРСНАБ: [Электронный ресурс] URL: <http://dor-snab.com> (дата обращения: 29.04.2025).

6. Модификатор Полидорм // БелПолимер [Электронный ресурс] URL: <https://полидорм.рф> (дата обращения: 29.04.2025).

7. СПУРТ | Участник проекта «Сколково» // Сколково: [Электронный ресурс] URL: <https://navigator.sk.ru> (дата обращения: 29.04.2025).

8. Модификатор асфальтобетона «УльтраДор» // УЛЬТРАМОЛ: [Электронный ресурс] URL: <https://group-nts.com> (дата обращения: 29.04.2025).

9. NTS. Корректор структуры асфальтобетона // NTS. Научно-производственный холдинг: [Электронный ресурс] URL: <http://ртэп-юг.рф> (дата обращения: 29.04.2025).

10. Модификатор асфальтобетонной смеси Эладорм // ЭЛАДОМ: [Электронный ресурс] URL: <https://eladorm.ru> (дата обращения: 29.04.2025).

11. Модификатор асфальтобетонных смесей «Модифлекс» – Selena // ООО «Селена»: [Электронный ресурс] URL: <https://www.npfselena.ru> (дата обращения: 29.04.2025).

12. Комплексный модификатор асфальтобетонных смесей // Колтек Кама: [Электронный ресурс] URL: <https://koltech-relastic.ru> (дата обращения: 29.04.2025).

13. О продукте // УНИРЕМ: [Электронный ресурс] URL: <http://унирем.рф> (дата обращения: 29.04.2025).

14. Использование отходов резины для модификации вяжущего в асфальтобетоне / К.Ю. Вабищевич, Н.П. Коновалов, П.Н. Коновалов, Е.О. Хозеев // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. – 2020. - №2. – С. 18-25.

15. Тенденции развития наномодификации композитов на органических вяжущих в дорожно-строительной отрасли / М.А. Высоцкая, Д.А. Кузнецов, С.Ю. Русина [и др.] // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. – 2013. - №6. – С. 17-20.

СПЛОШНОЙ И ВЫБОРОЧНЫЙ КОНТРОЛЬ В ДОРОЖНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ: ОПТИМИЗАЦИЯ МЕТОДОВ ПРОВЕРКИ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ

В современных условиях развития дорожного строительства вопросы контроля качества становятся все более актуальными. От правильности организации контрольных мероприятий зависит не только долговечность построенных объектов, но и безопасность их эксплуатации. Эффективное сочетание различных методов контроля позволяет достичь оптимального баланса между качеством выполняемых работ и экономической эффективностью строительства.

Контроль качества в дорожном строительстве является критически важным процессом, от которого зависит долговечность и безопасность автомобильных дорог. В современных условиях особую актуальность приобретает оптимизация методов контроля для повышения эффективности строительного процесса.

В дорожном строительстве применяются два основных метода контроля качества: сплошной и выборочный. Сплошной контроль предполагает проверку каждого элемента конструкции или процесса. Этот метод особенно эффективен при проверке качества материалов на производстве, контроле геометрических параметров, проверке соблюдения технологических процессов и контроле качества сварных швов [1].

Выборочный контроль основан на проверке определенной части продукции или процесса. Его эффективность напрямую зависит от правильного выбора объема выборки, метода отбора образцов, точности измерительного оборудования и квалификации персонала.

Каждый из методов имеет свои сильные и слабые стороны. Сплошной контроль обеспечивает максимальную достоверность результатов и позволяет выявить все дефекты, однако требует значительных временных затрат и увеличивает себестоимость работ. Кроме того, он может приводить к излишней трате ресурсов.

Выборочный контроль, в свою очередь, является более экономически эффективным методом, требующим меньше времени. При правильном планировании он позволяет получить достоверные

результаты. Но существует определенный риск пропуска дефектов, что требует от специалистов высокой квалификации и профессионализма.

Комплексный подход к организации контроля включает разработку системы критериев для выбора метода контроля, внедрение цифровых технологий мониторинга, автоматизацию процессов измерений и использование современных методов неразрушающего контроля [2].

Ключевые направления оптимизации охватывают внедрение статистического приемочного контроля, применение методов вероятностного анализа, использование автоматизированных систем измерений, разработку алгоритмов определения оптимального объема выборки и внедрение систем предиктивной аналитики [3,4].

На практике оптимизация методов контроля реализуется через различные технологические решения. Например, использование георадарных установок позволяет эффективно проводить выборочный контроль толщины слоев дорожного полотна. Лазерные сканеры применяются для сплошного контроля геометрии дорожных конструкций. Системы компьютерного зрения помогают контролировать качество укладки материалов, а мобильные лаборатории обеспечивают оперативный контроль всех параметров строительства.



Рис 1. Примеры дорожного контроля

Внедрение оптимизированных методов контроля приносит значительный экономический эффект. За счет правильного сочетания сплошного и выборочного контроля удастся сократить затраты на проверку до 30%, уменьшить время проведения контрольных операций

на 40%, повысить достоверность результатов на 25% и снизить количество брака на 15-20%.

Эффективное сочетание сплошного и выборочного контроля в дорожном строительстве позволяет достичь оптимального баланса между качеством и экономичностью. Внедрение современных методов контроля и цифровых технологий открывает новые возможности для повышения эффективности строительного процесса.

Перспективы развития данной области связаны с дальнейшей автоматизацией процессов контроля, внедрением искусственного интеллекта, развитием методов предиктивной аналитики и созданием интегрированных систем управления качеством. Правильный выбор методов контроля и их оптимизация являются ключевыми факторами успешного строительства и эксплуатации автомобильных дорог [4,5].

В современных условиях важно понимать, что оптимизация методов контроля – это не разовое мероприятие, а непрерывный процесс, требующий постоянного совершенствования и адаптации к новым технологическим возможностям и требованиям отрасли. Только такой подход позволит обеспечить высокое качество дорожного строительства при оптимальном использовании ресурсов.

В настоящее время наблюдается активная цифровизация процессов контроля качества. Внедряются инновационные решения:

1. Системы предиктивной аналитики для прогнозирования возможных дефектов
2. Искусственный интеллект для обработки данных и выявления отклонений
3. Интегрированные системы управления качеством
4. Автоматизированные комплексы контроля
5. Беспилотные технологии для мониторинга состояния объектов

Перспективы развития системы контроля качества связаны с дальнейшим совершенствованием методов проверки, внедрением инновационных технологий и созданием интегрированных систем управления качеством дорожного строительства [3].

Правильный выбор методов контроля и их оптимизация являются ключевыми факторами успешного строительства и эксплуатации автомобильных дорог, что особенно важно в условиях растущих требований к качеству дорожного хозяйства и необходимости рационального использования ресурсов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ГОСТ Р 58442-2019 Дороги автомобильные общего пользования. Требования к проведению строительного контроля заказчика и подрядчика. - М.: Стандартинформ, 2019. - 24 с.
2. ГОСТ 32756-2014 Дороги автомобильные общего пользования. Требования к проведению промежуточной приемки выполненных работ. - М.: Стандартинформ, 2014. - 18 с.
3. Траутвайн А. И. Влияние стабилизирующей добавки Baustab на изменение водоудерживающей способности грунта / А. И. Траутвайн, А. В. Манохин // Вестник БГТУ им. В. Г. Шухова. - 2020. - № 6. - С. 8-17.
4. Александров, М. В. Контроль качества дорожно-строительных работ / М. В. Александров, В. И. Баловнев, В. А. Золотарев. – М.: Транспорт, 2003. – 256 с.
5. Баженов, Ю. М. Технология и организация строительства автомобильных дорог / Ю. М. Баженов, В. И. Бауман, В. А. Боярский. – М.: АСВ, 2002. – 408 с.

УДК 621.893

Зубилина Т.С.

Научный руководитель: Родичев А.Ю., канд. техн. наук, доц.

Орловский государственный университет

им. И.С. Тургенева, г. Орёл, Россия

МЕХАТРОННЫЙ ПОДШИПНИК СКОЛЬЖЕНИЯ С СИСТЕМОЙ КОНТРОЛЯ ИЗНАШИВАНИЯ ОПОРНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Износ подшипников скольжения ведёт к большим убыткам и сбоям в работе оборудования. Сложности с оценкой состояния рабочих поверхностей повышают вероятность аварий и высоких расходов на ремонт. Обычные способы диагностики неэффективны из-за помех, следовательно, необходимы современные технологии постоянного мониторинга узлов. Исследованием представлена новая конструкция подшипника с емкостным датчиком износа, встроенным в антифрикционный слой, а эффективность разработки была доказана теоретическими расчетами и экспериментально подтвержденными результатами испытаний.

Описание изобретения

Ведущие производители интеллектуальных подшипников скольжения включают компании Igus, SKF, NSK и Schaeffler [1-2], предлагающие решения с интегрированными датчиками износа. Российские производители также выпускают подобные изделия, ориентируясь преимущественно на корпоративные нужды собственных предприятий [3]. Методы оценки износа включают электрические, акустические, оптические, тепловые, механические подходы, анализ смазочных материалов [4-5].

Аналитическое исследование и существующие конструкции подшипников скольжения с контролем износа позволили сформировать принципиально новый подход к проектированию подшипникового узла с контролем степени износа рабочей поверхности (Рис. 1).

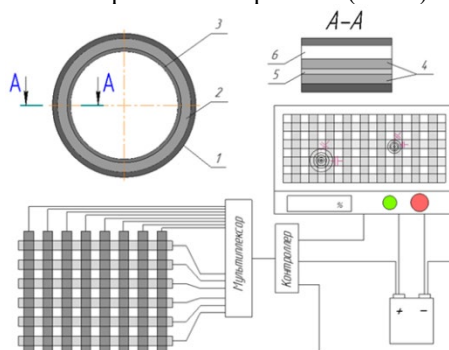


Рис. 1 – Сенсорный датчик износа поверхности подшипника скольжения

Новый подход заключается в конструкции подшипникового узла с использованием специальной втулки 1 из антифрикционного материала, снабжённой встроенным датчиком износа 2, расположенным на уровне критического износа антифрикционного слоя 3. Поверхность защищена изоляционным покрытием. Датчик оснащен двумя ромбовидными сетками электродов 4, разделёнными PET-диэлектриком 5, формирующими массив конденсаторов под поверхностным слоем 6 из стекла или пластика. Постепенное истирание изоляции приводит к изменению ёмкости конденсаторов, что регистрируется контроллером и позволяет точно определять износ.

Использование мультиплексора позволяет передавать показания всех датчиков через единый канал связи. Предложенный метод отличается возможностью одновременного мониторинга множественных зон износа и высокой точностью диагностики состояния подшипника.

Расчет подшипника скольжения жидкостного трения

Для оценки эффективности системы выполнены расчеты параметров подшипника в режиме жидкостного трения.

Изначальные данные, используемые для расчёта: нагрузка на подшипник $F_r = 400$ Н, частота вращения $n = 1250$ мин⁻¹, угловая скорость вращения $w = 131$ рад/с, диаметр шейки $d = 40$ мм, длина подшипника $l = 36$ мм, масло – «И-20А», температура 25°C.

Расчёт проводился в следующем порядке:

1. Находим окружную скорость вала:

$$v = \frac{w \cdot d}{2}, \quad (1)$$

2. Расчёт удельного давления:

$$p_c = \frac{F_r}{d \cdot l} \leq [p_c], \quad (2)$$

3. Находим кинематическую вязкость для рабочей температуры $t = 25^\circ\text{C}$ и масла И-20А [6] с плотностью $\rho = 890$ кг/м³ по теореме Вальтера:

$$\log[\log(\vartheta + K)] = A - B \cdot \log T, \quad (3)$$

4. Находим динамическую вязкость масла:

$$\mu = \vartheta \cdot \rho, \quad (4)$$

5. Относительный зазор между валом и подшипником для посадки $\frac{H9}{e9}$ определяется:

$$\delta = \frac{S_m}{d}, \quad (5)$$

6. Расчет числа Зоммерфельда:

$$S_0 = \frac{\mu \cdot \omega}{p_c \cdot \delta^2}, \quad (6)$$

Физический смысл критерия Зоммерфельда заключается: $S_0 > 1$ - режим жидкостного трения; $S_0 \approx 0,1 \dots 1$ - режим полужидкостного трения; $S_0 < 0,1$ - граничное трение.

7. Запаса надёжности работы подшипника по толщине масляного слоя используя значения шероховатости вала $Rz_{в\lambda 1} = 3,2$, $Rz_{в\lambda 2} = 1,6$, $Rz_{в\lambda 3} = 0,8$, а втулки $Rz_{в1} = 6,3$, $Rz_{в2} = 3,2$, $Rz_{в3} = 1,6$. определяет:

$$k = \frac{h_{min}}{h_{кр}} \geq [k], \quad (7)$$

Полученные данные в ходе выполненного расчета: $v = 2,62$ м/с; $p_c = 0,28$ МПа, что удовлетворяет формуле (2), так как $[p_c] = 5$ МПа, следовательно $0,28 < 5$; $\vartheta = 59,89$ мм²/с; $\mu = 0,053$ Па · с; $\delta = 0,0028$ мм; $S_0 = 3,16$, так как $S_0 > 1$, значит трение происходит в жидкостном режиме.

Для обеспечения жидкостного трения необходимо, чтобы величина коэффициента запаса надёжности была равна не менее 1,5 – 2,0. Следовательно при шероховатости вала $Rz_{в\lambda 1} = 3,2$ и втулки

$Rz_{в1} = 6,3$, $Rz_{вл1} = 1,6$ и $Rz_{в1} = 3,2$, $Rz_{вл1} = 0,8$ и $Rz_{в1} = 1,6$ условие $k \geq [k]$ выполняется: $1,89 > 1,5$; $3,75 > 1,5$; $7,5 > 1,5$.

Гидродинамическое трение наступает при соблюдении определенных условий: достаточная скорость относительного движения поверхностей – чем выше скорость, тем больше давление в смазочном слое, а значит, наблюдается гидродинамический эффект; оптимальная вязкость смазочного материала – чем выше вязкость, тем легче формируется масляный клин; умеренная нагрузка на контакт – давление должно быть таким, чтобы смазка успевала разделять поверхности; правильная геометрия зазора между поверхностями – оптимальный зазор способствует образованию масляного клина; достаточное количество смазки – необходим непрерывный подвод смазочного материала в зону контакта.

Экспериментальное исследование

Для калибровки датчика использовались образцы с толщиной изоляционного слоя 5–25 мкм.

Так как сенсорная панель периодически заряжается и разряжается, происходят колебания от высокого опорного напряжения, которое соответствует заряду, до низкого опорного напряжения, которое характеризует разряд. Во время каждого колебания сенсорный датчик генерирует выходной импульс, следовательно, количество импульсов за определенный промежуток времени является выходным значением функции.

На рисунке 2 представлены результаты экспериментальных исследований.

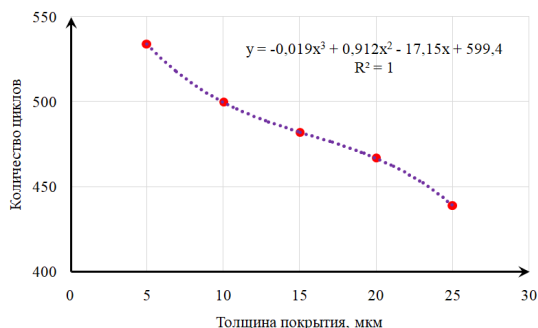


Рис. 2 – Результаты экспериментальных исследований

Зависимость количества импульсов от толщины описывается полиномом:

$$y = -0,019x^3 + 0,912x^2 \pm 17,15x + 599,4, \quad (8)$$

где x – толщина покрытия, мкм;

y – количество циклов.

Следовательно, при стирании твёрдосмазочного изоляционного слоя, являющийся диэлектрическим, уменьшается его диэлектрическая проницаемость, соответственно уменьшается и его ёмкость. Исходя из проведенного опыта, чем меньше значение количество импульсов, возвращаемое сенсором, тем выше ёмкость. Замеряя количество импульсов, можно контролировать толщину твёрдосмазочного изоляционного покрытия согласно представленной математической модели.

Вывод

Разработанный мехатронный подшипник скольжения с системой контроля изнашивания значительно повышает надёжность и ресурс работы механических систем. Использование сенсорных технологий позволяет проводить оперативную диагностику, тем самым снижая риски отказов оборудования. Экспериментальные исследования подтвердили возможность своевременного обнаружения износа и предотвращения аварийных ситуаций. Изменение сопротивления цепи позволяет точно определить момент, когда износ достигает критической стадии.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Smart bearings technology [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.igus.com/> (дата обращения 14.04.2025). – Загл. с экрана. – Яз. англ.
2. Революционная технология контроля состояния подшипников SKF Insight [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://bergab.ru/> (дата обращения 14.04.2025). – Загл. с экрана. – Яз. рус.
3. Энерготех подшипники скольжения [Электронный ресурс]. – Режим доступа <https://ehsb.ru/> (дата обращения 14.04.2025). – Загл. с экрана. – Яз. рус.
4. Шамурин, И. Н. Электрорезистивный метод контроля технического состояния подшипниковых опор скольжения / И. Н. Шамурин, Е. Н. Бирюков, Е. В. Ершов // Вестник Череповецкого государственного университета. – 2012. – № 4-2(43). – С. 38-40.
5. Никитин, Д. Н. Расчётно-экспериментальная методика определения предотказного состояния сложонагруженных подшипников скольжения / Д. Н. Никитин, Е. А. Задорожная, И. Г. Леванов // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Машиностроение. – 2022. – Т. 22, № 1. – С. 5-23.

6. ГОСТ 20799-2022. Масла индустриальные. Технические условия. – Введ. 01.07.2023. – М. :Стандартинформ, 2022. – 10 с.

УДК 629.4.023.14

Ивницкий В.О.

Научный руководитель: Дуганова Е.В., канд. техн. наук, доц.

Белгородский государственный технологический университет

им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия

ВЛИЯНИЕ НОВЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ПРОЧНОСТЬ И ДОЛГОВЕЧНОСТЬ АВТОМОБИЛЬНЫХ КУЗОВОВ

Современная автомобильная промышленность находится на пороге значительных изменений, обусловленных стремлением к повышению эффективности, безопасности и экологичности транспортных средств. Одним из ключевых направлений в этом процессе является использование новых материалов для производства автомобильных кузовов. Традиционные материалы, такие как сталь, постепенно уступают место инновационным решениям, которые обеспечивают лучшие характеристики прочности, долговечности и легкости. В данной статье рассмотрим, как новые материалы влияют на прочность и долговечность автомобильных кузовов, а также какие перспективы открываются перед производителями и потребителями.

На протяжении многих десятилетий основным материалом для производства автомобильных кузовов была сталь. Она обладает высокой прочностью, устойчивостью к коррозии и относительно низкой стоимостью. Однако сталь имеет и свои недостатки: высокая масса, что увеличивает общий вес автомобиля и, соответственно, расход топлива, а также ограниченные возможности для формования сложных деталей [1]. Эти ограничения стимулируют поиск альтернативных материалов, которые могут предложить лучшие характеристики при сохранении или улучшении эксплуатационных свойств.

Алюминий стал одним из первых материалов, который начал активно использоваться в автомобильной промышленности как альтернатива стали. Он обладает рядом преимуществ:

- Легкость (в три раза легче стали, что позволяет значительно снизить вес автомобиля. Особенно важно это для электромобилей, где снижение веса напрямую влияет на дальность хода).
- Прочность (современные алюминиевые сплавы обеспечивают высокую прочность, сопоставимую со сталью. Это достигается за счет использования легирующих элементов, таких как магний, кремний и

медь).

- Коррозионная устойчивость (алюминий менее подвержен коррозии по сравнению со сталью, что увеличивает срок службы кузова).

Однако алюминий также имеет свои недостатки, такие как более высокая стоимость и сложности в обработке. Для сварки алюминия требуются специальные технологии, что увеличивает затраты на производство [2].



Рис. 1 Демонстрация легкости алюминиевого кузова прототипа Audi 100 в рекламе 80-х [3]

Композитные материалы, такие как углеродное волокно и стекловолокно, становятся все более популярными в автомобильной промышленности [4]. Они обладают уникальными свойствами:

- Высокая прочность и жесткость. Композитные материалы могут быть в несколько раз прочнее стали при меньшем весе благодаря уникальной структуре материала, в которой волокна обеспечивают прочность, а матрица (обычно это эпоксидная смола) отвечает за жесткость.

- Устойчивость к усталостным нагрузкам: Такие материалы менее подвержены усталостным повреждениям, что повышает их долговечность.

Основным недостатком композитных материалов является их высокая стоимость и сложность в ремонте. Ремонт композитных деталей требует специальных навыков и оборудования, что увеличивает затраты на обслуживание автомобиля [5].



Рис. 2 Производство элемента кузова Lamborghini Aventador LP700-4 из композитных материалов [6]

Современные высокопрочные стали (HSS) и сверхвысокопрочные стали (AHSS) также находят применение в автомобильной промышленности. Они обеспечивают повышенную прочность и улучшенную устойчивость к деформациям [7].

Магниеые сплавы являются одними из самых легких структурных материалов, используемых в автомобильной промышленности. Магний в четыре раза легче стали, что делает его идеальным материалом для снижения веса автомобиля. При правильном легировании и обработке магниевые сплавы могут обеспечивать высокую прочность, сопоставимую с алюминиевыми сплавами.

Однако магниевые сплавы требуют особых условий для защиты от коррозии и имеют ограниченную пластичность. Эти факторы ограничивают их применение в некоторых конструкциях, где требуется высокая стойкость к деформациям [8].

Использование новых материалов открывает широкие перспективы для автомобильной промышленности, включая:

- Повышение энергоэффективности и экологичность. Легкие материалы снижают расход топлива и выбросы CO₂, что делает автомобили более экологичными. Это особенно важно в условиях ужесточения экологических норм и стандартов.
- Улучшение безопасности. Высокопрочные и устойчивые к деформациям материалы повышают безопасность пассажиров, кузов должен сохранять целостность при ДТП [9].

Однако существуют и проблемы, такие как высокая стоимость новых материалов, сложности в их обработке и ремонте, а также

необходимость разработки новых технологий для их массового производства. Эти проблемы требуют значительных инвестиций в научные исследования и разработки, а также в обучение квалифицированных специалистов.

Новые материалы играют ключевую роль в повышении прочности и долговечности автомобильных кузовов. Алюминий, композитные материалы, высокопрочные стали и магниевые сплавы открывают новые возможности для создания более безопасных, эффективных и экологичных автомобилей. В будущем можно ожидать дальнейшего развития этих технологий, что приведет к новым достижениям в автомобильной промышленности. Важно продолжать исследования и разработки в этой области, чтобы преодолеть существующие вызовы и максимально использовать потенциал новых материалов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Догузов Г.Т. Анализ мирового рынка и производства легковых автомобилей в современных условиях // Московский экономический журнал. 2021. №7. С. 379-386.
2. Высокопрочные алюминиевые сплавы для автомобилей: прочность и легкость // РОССТИП URL: <https://rosstip.ru> (Дата обращения 5.5.25)
3. Эти авто не сгинют никогда: модели с кузовом из алюминия // ООО «Дзен Платформа» URL: <https://dzen.ru> (Дата обращения 5.5.25)
4. Поляк П.В., Ершов В.С., Талдыкин Д.С. Карбон и его применение в автомобилестроении и автоспорте // Образование. Наука. Производство. - Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2022. - С. 45-50.
5. Киба П.А., Киба М.Р. Использование композитных материалов в пассивной и активной безопасности автомобиля // IJAS. 2024. №1. URL: <https://cyberleninka.ru> (Дата обращения 5.5.25)
6. Тимошков П.Н., Хрульков А.В., Язвенко Л.Н. Композиционные материалы в автомобильной промышленности (обзор) // Труды ВИАМ. 2017. №6 (54). URL: <https://cyberleninka.ru> (Дата обращения 5.5.25)
7. Chuko, W.L. Development of Appropriate Resistance Spot Welding Practice for Transformation-Hardened Steels/W.L. Chuko, J. E. Gould// Supplement to the Welding journal. 2002. №1, P. 1-s - 7-s.
8. Матвеев, Б.Н. Новые виды материалов и заготовок для автомобилестроения (обзор зарубежной и отечественной литературы)/ Б.Н. Матвеев // Заготовительные производства в машиностроении (кузнечноштамповочное, литейное и другие производства), – 2007. - № 6. - С. 47 - 51.

9. Новописный, Е.А. Безопасность транспортных средств: учебное пособие / Е. А. Новописный. - Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2019. - 90 с.

УДК 629.113

Ивницкий В.О.

Научный руководитель: Дуганова Е.В., канд. техн. наук, доц.
*Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

ТЕХНОЛОГИИ СНИЖЕНИЯ ШУМА И ВИБРАЦИЙ В АВТОМОБИЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЯХ

В настоящее время автомобильная промышленность сталкивается с множеством вызовов, связанных с повышением комфорта и безопасности транспортных средств. Одним из ключевых аспектов является снижение уровня шума и вибраций, исходящих от двигателя. Эти параметры не только влияют на комфорт водителя и пассажиров, но и имеют значительное экологическое значение, так как высокий уровень шума может негативно сказываться на здоровье человека и окружающей среде [1]. В данной статье рассмотрим современные технологии и методы, направленные на снижение шума и вибраций в автомобильных двигателях, а также их соответствие действующим стандартам и нормативам.

Основными источниками шума и вибраций в автомобильных двигателях являются механические и аэродинамические процессы, происходящие внутри двигателя и его систем. К механическим источникам относятся вибрации, возникающие от работы кривошипно-шатунного механизма, клапанов, топливной системы и других подвижных элементов. Аэродинамические шумы связаны с турбулентностью потоков воздуха и газов в системах впуска и выпуска, а также с работой турбокомпрессоров и других нагнетателей [2].

Согласно ГОСТ 12.1.003-83 "Шум. Общие требования безопасности" [3], уровень шума в салоне автомобиля не должен превышать 75 дБ(А) при движении со скоростью 60 км/ч. Для достижения этих показателей необходимо применять комплекс мер, направленных на снижение как механических, так и аэродинамических шумов.

Одним из наиболее эффективных методов снижения механических вибраций является использование демпфирующих материалов и конструкций. Современные автомобильные двигатели

оснащаются виброизоляционными опорами, которые поглощают вибрации, передаваемые от двигателя на кузов автомобиля. Эти опоры изготавливаются из резины или других эластомерных материалов, обладающих высокими демпфирующими свойствами [4].

Кроме того, согласно ГОСТ 19543-74 [5], применяются технологии балансировки двигателя, которые позволяют уменьшить амплитуду колебаний за счет равномерного распределения масс вращающихся деталей. Это достигается путем использования специальных балансировочных грузов и точной настройки кривошипно-шатунного механизма.

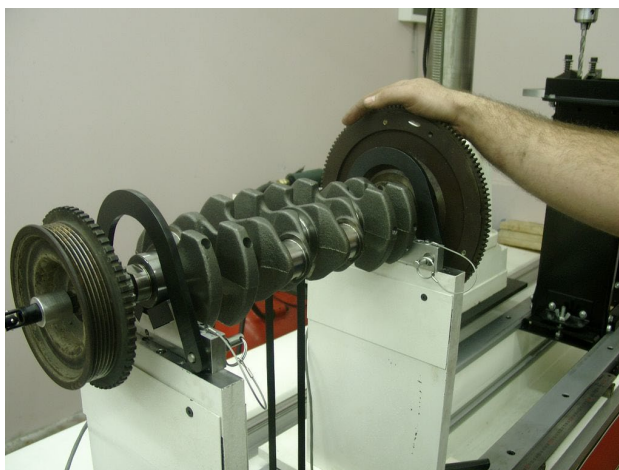


Рис. 1 Балансировка коленчатого вала [2]

Аэродинамические шумы, связанные с турбулентностью потоков воздуха и газов, также требуют особого внимания. Одним из эффективных методов их снижения является оптимизация конструкции систем впуска и выпуска. Современные двигатели оснащаются системами с переменной геометрией, которые позволяют регулировать потоки воздуха в зависимости от режима работы двигателя. Это способствует снижению турбулентности и, соответственно, уровня шума [6].

Также широко применяются технологии активного шумоподавления, основанные на использовании акустических волн для нейтрализации шумовых колебаний. Эти системы включают в себя микрофоны, улавливающие шум, и динамики, генерирующие противофазные волны, которые компенсируют шумовые колебания [7].

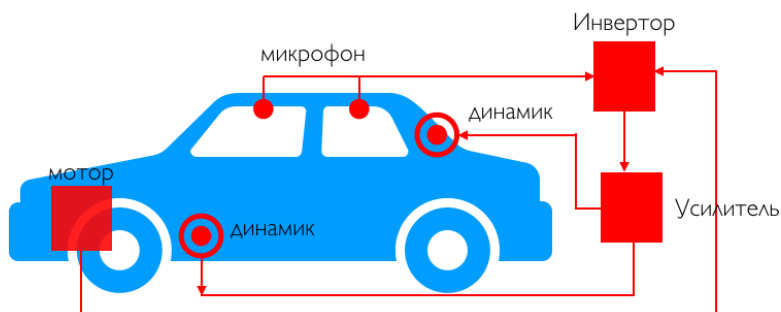


Рис. 2 Простейшая схема активного шумоподавления [7]

Выбор материалов и конструкций играет ключевую роль в снижении уровня шума и вибраций. Современные автомобильные двигатели оснащаются звукоизоляционными кожухами, изготовленными из материалов с высокими звукопоглощающими свойствами. Эти кожухи предотвращают распространение шума от двигателя в салон автомобиля и окружающую среду.

Кроме того, применяются технологии многослойных конструкций, которые включают в себя слои звукоизоляционных материалов, таких как пенополиуретан или стекловолокно. Эти материалы обладают высокими звукопоглощающими свойствами и способствуют значительному снижению уровня шума [8].

Важным аспектом разработки и внедрения технологий снижения шума и вибраций является их соответствие действующим стандартам и нормативам. В России действует ряд ГОСТов, регламентирующих уровни шума и вибраций для транспортных средств. Например, ГОСТ 12.1.012-90. «Вибрационная безопасность. Общие требования к безопасности» [9] устанавливает требования к уровню шума, исходящего от автомобилей.

На международном уровне также действуют стандарты, такие как ISO 3743-2 [10], которые регламентируют методы измерения уровня шума и вибраций.

Снижение уровня шума и вибраций в автомобильных двигателях является важной задачей, направленной на повышение комфорта и безопасности транспортных средств. Современные технологии, включая использование демпфирующих материалов, оптимизацию конструкций и применение систем активного шумоподавления, позволяют значительно улучшить эксплуатационные характеристики автомобилей. Важно продолжать исследования и разработки в этой

области, чтобы соответствовать действующим стандартам и нормативам, а также удовлетворять растущие требования потребителей к комфорту и экологичности транспортных средств.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Новописный, Е.А. Безопасность транспортных средств: учебное пособие / Е. А. Новописный. - Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2019. - 90 с.

2. Шатров, М.Г. Формирование компонентов единого информационного пространства для обеспечения жизненного цикла двигателей внутреннего сгорания: дис. ... д-ра техн. наук / М.Г. Шатров. – М.: МАДИ (ГТУ), 2007. – 403 с.

3. ГОСТ 12.1.003-83 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности – М.: Изд-во стандартов, 1983. – 20 с.

4. Сагомонова В. А., Сытый Ю. В. Основные принципы создания вибропоглощающих материалов авиационного назначения // Труды ВИАМ. 2013. №11. URL: <https://cyberleninka.ru> (Дата обращения 5.5.25)

5. ГОСТ 19543-74. Балансировка вращающихся тел. Термины. – М.: Изд-во стандартов, 1974. – 7 с.

6. Яковенко, А.Л. Разработка методики и инструментальных средств для прогнозирования структурного шума двигателя внутреннего сгорания: дис. ... канд. техн. наук / А.Л. Яковенко. – М.: МАДИ (ГТУ), 2009. – 146 с.

7. Головкин Л. Ю. Активное подавление шума в автомобиле // Молодой исследователь Дона. 2021. №3 (30). URL: <https://cyberleninka.ru> (Дата обращения 5.5.25)

8. Шумоизоляция авто: типы материалов и их назначение // ООО «Дзен Платформа» URL: <https://dzen.ru> (Дата обращения 5.5.25)

9. ГОСТ 12.1.012-90. Вибрационная безопасность. Общие требования к безопасности. –М.: Изд-во стандартов, 1990. – 23 с.

10. ISO 3743-2, Acoustics – Determination of sound power levels of noise sources using sound pressure – Engineering methods for small, movable sources in reverberant fields – Part 2: Methods for special reverberation test rooms.

*Кравцов Е.Д., Войтенко О.Н., Кукин А.С.
Научный руководитель: Высоцкая М.А., канд. техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

КРИОУСТОЙЧИВОСТЬ БИТУМНЫХ ЭМУЛЬСИЙ

В современных условиях особую актуальность приобретает переход к энергоэффективным и экологически безопасным технологиям в дорожном строительстве. Россия, обладая протяжённой сетью автомобильных дорог и разнообразием климатических зон, сталкивается с рядом вызовов, связанных с эксплуатацией покрытий в условиях отрицательных температур, высокой влажности и сезонных перепадов. Одним из наиболее перспективных решений в этой сфере являются битумные эмульсии, позволяющие реализовать «холодные» технологии укладки дорожных слоёв, особенно в северных и сибирских регионах.

Преимущества битумных эмульсий, заключены в их уникальном составе. Они представляют собой дисперсные системы, в которых частицы битума стабилизированы в водной фазе с помощью поверхностно-активных веществ (ПАВ). В дорожной практике РФ активно применяются как катионоактивные, так и анионоактивные эмульсии.

Катионные эмульсии, благодаря своей высокой адгезионной способности, обеспечивают надёжное сцепление с влажными минеральными материалами, что особенно важно при укладке в условиях дождя, росы или снега. Их использование позволяет расширить сезон строительных работ и увеличить долговечность покрытий. В условиях России это имеет критическое значение — особенно в районах Крайнего Севера, Сибири, Урала и Дальнего Востока.

Еще одним значимым преимуществом эмульгированных битумных вяжущих перед традиционными вязкими органическими вяжущими может выступать устойчивость к низким температурам и морозостойкость.

Климатические особенности РФ, в частности резкие перепады температур и многократные циклы замораживания-оттаивания, требуют от дорожных материалов высокой устойчивости. При использовании битумных эмульсий основное внимание уделяется таким показателям, как:

- индекс распада (ИР);
- водонасыщение покрытия после распада эмульсии;
- адгезия битума к минеральному заполнителю;
- поведение при отрицательных температурах.

Исследования показывают [1], что модификация эмульсий с помощью стабилизаторов, таких как проксанолы и латексы, позволяет существенно повысить их морозостойкость, улучшить сцепление с минеральной частью и обеспечить прочность даже в условиях сильного охлаждения и влаги.

В свете сложившейся геополитической ситуации, актуальной задачей для российской дорожной отрасли является снижение зависимости от импортных компонентов и, в первую очередь, от продукции химической промышленности.

Работа Макарова Д.Б. [2] демонстрирует эффективность использования отходов химической промышленности Казани — таких как продукты переработки хлопкового масла (ОПХМ) и флотогудрон (ФГ) — для производства эффективных анионоактивных эмульгаторов. Это позволяет не только снижать стоимость эмульсий, но и решать экологическую проблему, нацеленную на утилизацию промышленных отходов.

Разработанные на основе таких ПАВ эмульсии отличаются высокой полидисперсностью, стабильностью, стойкостью к механическим и температурным воздействиям. Они успешно применяются для производства «холодного» асфальта, ремонта трещин и ям, а также при строительстве дорог с низкой интенсивностью и муниципальных дорог.

«Холодный» на основе морозостойких битумных эмульсий [3] показывает высокую эффективность в эксплуатации. Благодаря наличию модифицирующих добавок, таких как латексы, достигается устойчивость к выкрашиванию, растрескиванию, расширению и сжатию, что критично при работе в регионах с затяжными зимами и коротким летом. Асфальт, выполненный на устойчивых к отрицательным температурам эмульсиях, может применяться даже при температуре до -10°C , что позволяет продлевать сезон ремонта и строительства дорог.

Кроме того, использование «холодных» технологий позволяет сократить выбросы, повысить безопасность для рабочих и снизить затраты на топливо и энергоресурсы.

Несмотря на явные преимущества, широкому внедрению битумных эмульсий в РФ мешают следующие факторы:

- ограниченная доступность качественных отечественных эмульгаторов;
- неравномерное развитие производственной базы в регионах;
- недостаточная информированность подрядчиков и проектировщиков о технологии;
- необходимость адаптации зарубежных рецептур под отечественные материалы и климат.

Положительный опыт применения битумных эмульсий в ряде регионов России [4]: Татарстан, Башкортостан, Новосибирская и Иркутская области, – демонстрирует высокую перспективность этого направления. В этом разрезе необходимо активное развитие НИОКР в этой области знаний и технологий, а также внедрение региональных стандартов и типовых проектных решений.

Битумные эмульсии – ключевое звено в развитии современных технологий дорожного строительства в России. Они позволяют эффективно решать задачи, связанные с повышением экологичности, энергоэффективности, расширением строительного сезона и повышением качества покрытия. При этом особенно важным является развитие отечественной сырьевой базы, локализация рецептур под российские минеральные материалы и природные условия, а также научно обоснованная модификация эмульсий для устойчивости к низким температурам.

Разработка и внедрение российских битумных эмульсий, адаптированных к суровому климату, – не просто технологическая задача, а важная часть государственной стратегии по развитию инфраструктуры в северных регионах.

Особую эффективность битумные эмульсии показывают при использовании совместно с минеральным вяжущим. При отрицательных температурах исходная битумная эмульсия демонстрирует низкую морозостойкость, выражающуюся в высокой потере массы (до 31%), значительном водопоглощении и изменении объема после 12 циклов замораживания–оттаивания (ЗОЦ).

Для повышения морозостойкости используются модифицированные составы, например смесь 4% цемента + 3% битумной эмульсии (СВЕТВ), которая в тех же условиях теряет менее 3% массы и демонстрирует значительно более высокую устойчивость к ЗОЦ. Добавление цемента создаёт жёсткий каркас, а битумная плёнка снижает водопроницаемость. Также применяются латексы и проксанолы, повышающие эластичность и снижающие риск трещинообразования.

Таким образом, в условиях российского климата чистая ВБЭ не может использоваться без модификации в несущих слоях дорожных конструкций. Рекомендуется применение комбинированных составов (цемент + ВБЭ) либо добавление полимеров и стабилизаторов для обеспечения долговечности и стойкости к морозу. Различия в характеристиках чистой ВБЭ и ВБЭ + цемент видно на графике, где идет сравнение ВЕ – битумной эмульсии и С-ВЕ – битумной эмульсии + цемент. На графике видно что С-ВЕ показывает значительно лучшие показатели по сопротивлению вертикальной статической нагрузке. Исходя из результатов исследования, что оптимальное содержание битумной эмульсии — не превышает 3%. После отметки о концентрации идет падение прочности у образцов [5].

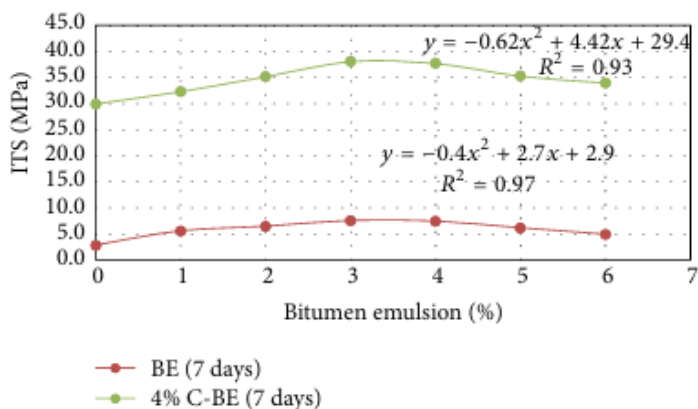


Рис. 1 Влияние содержания битумной эмульсии на прочность смеси [5]

Это достигается благодаря тому, что продукты гидратации цемента заполняют поровое пространство между зернами матрицы, повышая жёсткость и уменьшая образование трещин в слоях дорожной одежды. А уменьшение образование трещин напрямую связано с морозостойкостью дорожной одежды.

Развитие эмульсионных технологий в дорожном строительстве сегодня становится не только технической необходимостью, но и стратегическим направлением, учитывающим дефицит природных ресурсов, экологические риски и потребность в энергоэффективных решениях. Особое значение в этом контексте приобретают битумные эмульсии, как коллоидные системы, обладающие высокой удельной

межфазовой поверхностью и чувствительностью к составу водной фазы [6].

Процессы, происходящие в водной фазе — включая адсорбцию, коагуляцию и агломерацию — оказывают первоочередное влияние на стабильность и распад эмульсий. Следовательно, управление свойствами водной фазы позволяет не только прогнозировать поведение эмульсии на стадии приготовления, но и оптимизировать её совместимость с минеральным наполнителем, технологичность укладки и морозостойкость готового материала.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Идрисов, М. Р. Проксанолы в качестве стабилизаторов водобитумных эмульсий / М. Р. Идрисов, А. И. Абдуллин // Вестник Казанского технологического университета. – 2012. – Т. 15. – №. 3. – С. 138-140.
2. Макаров, Д. Б. Дорожные покрытия с использованием новых анионоактивных битумных эмульсий / Д.Б. Макаров, А.В. Мурафа, Л.Ш. Сибгатуллина // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. – 2006. – №. 1 (5). – С. 30-32.
3. Бранд, А. Э. Ремонт асфальтобетонных покрытий в зимних условиях органоминеральными смесями на основе разжиженного битума / А. Э. Бранд, В. О. Довбыш, Т. М. Мадьяров // Проблемы функционирования систем транспорта : Материалы Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных (с международным участием), Тюмень, 05–07 ноября 2014 года. – 2014. – С. 96-98.
4. Петленко, С. В. Аналитические исследования свойств анионо- и катионоактивных битумных эмульсий, анализ развития их производства / С. В. Петленко, В. Е. Кошкарров, М. А. Кошкарров // Актуальные вопросы проектирования автомобильных дорог : Сборник научных трудов ОАО ГИПРОДОРНИИ. – 2012. – № 3. – С. 83-89
5. Shojaei Baghini M., Ismail A. Freeze-Thaw Performance and Moisture-Induced Damage Resistance of Base Course Stabilized with Slow Setting Bitumen Emulsion-Portland Cement Additives // Advances in Materials Science and Engineering. 2015. No 1. P. 348691.
6. Высоцкая, М. А. Изучение физико-химических свойств водной фазы катионных битумных эмульсий / М. А. Высоцкая, А.В. Коротков // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. ВГ Шухова. – 2013. – №. 6. – С. 28-32.

Кравченко В.А., Тарасенко И.М., Быценко М.В.

Научный руководитель: Любимый Н.С., канд. техн. наук, доц.

Белгородский государственный технологический университет

им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия

ТЕХНОЛОГИЯ ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТ АВТОГРЕЙДЕРОМ

Автогрейдер – это высокотехнологичная самоходная машина, оснащенная многофункциональной рабочей системой. Основным рабочим органом машины является регулируемый отвал, расположенный в центральной части шасси между передними и задними колесными осями. Эта уникальная компоновка обеспечивает машине исключительную маневренность и точность выполнения операций. Современные автогрейдеры нашли широкое применение в различных сферах дорожного строительства, где требуются работы по точному выравниванию поверхностей, созданию сложных профилей и обработке различных видов материалов. [1]

1. Выравнивание и профилирование.

Основная задача автогрейдера – точное соблюдение проектных параметров: высотных отметок, углов наклона и поперечных сечений. Точность регулировки отвала играет ключевую роль и может контролироваться как оператором вручную, так и автоматизированными системами позиционирования. [2]

Методы выполнения работ: 1) Предварительная обработка – первичное выравнивание за минимальное количество проходов (1-2 прохода) с максимальной производительностью; 2) Чистовая обработка – точное профилирование, требующее многократных проходов (3-5 и более) с постепенным уменьшением толщины снимаемого слоя. [3]

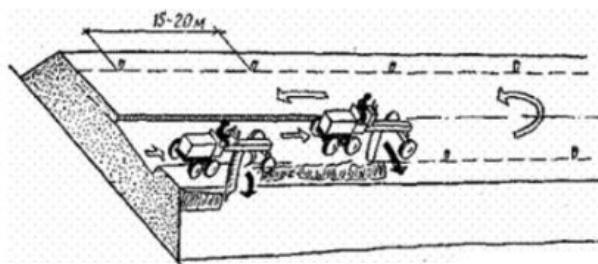


Рис. 1. Планировка обочины дороги автогрейдером

2. Формирование водоотводных каналов.

Для создания дренажных систем применяется дополнительное оборудование – сменные боковые отвалы с различной конфигурацией и рыхлители, также специальные профилирующие ножи. Грунт извлекается и перемещается в сторону от рабочей зоны или укладывается в отвалы для последующего вывоза. [4]

3. Работа с сыпучими материалами.

Машина эффективно распределяет песок, щебень и другие материалы при обустройстве дорожных оснований. Оптимальное распределение достигается за счет угловой установки отвала, что позволяет равномерно покрывать рабочую поверхность.

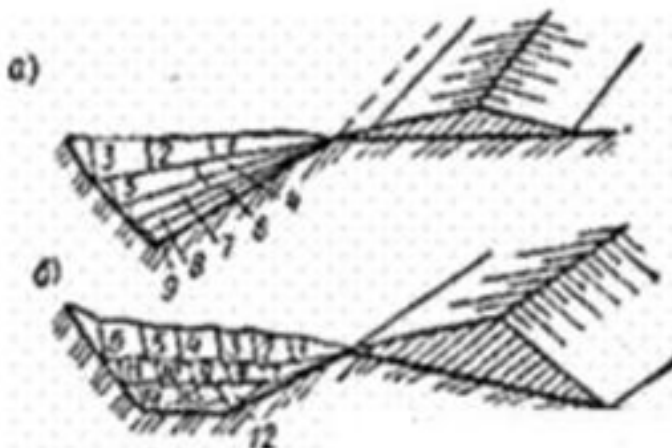


Рис. 2. Разработка дорожного полотна в полунасыпи-полувыемке:
а) верхняя часть; б) нижняя часть

4. Обработка грунта.

Автогрейдер способен разрабатывать грунты малой и средней плотности (I–III категории). Для этого используется комбинация режущего ножа и рыхлительного оборудования. Процесс включает несколько этапов: предварительное рыхление, послойное срезание грунта, перемещение разработанного материала и окончательное выравнивание.

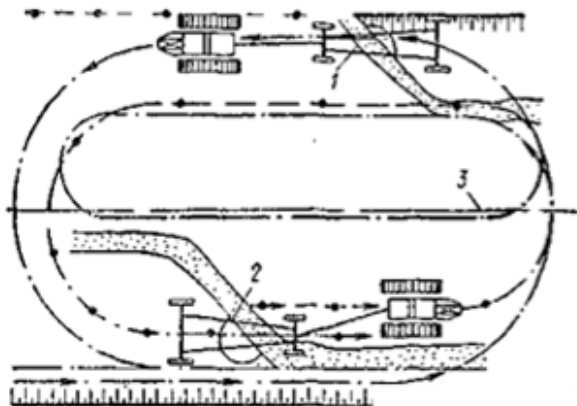


Рис. 3. Последовательная схема работы автогрейдера:
1 – срезка грунта; 2 – перемещение грунта; 3 – ось земляного полотна

Современные модели оснащаются системами автоматического контроля, что значительно повышает точность работ. Внедрение BIM-моделирования позволяет заранее прорабатывать маршруты движения техники и рассчитывать объемы выполняемых операций. [5]

Дальнейшее развитие автогрейдеров связано с интеграцией в цифровые системы управления строительными процессами. Перспективные направления включают:

- использование беспилотных технологий;
- внедрение ИИ для анализа рабочих параметров;
- облачные платформы для мониторинга парка техники.

Современные автогрейдеры превратились в высокотехнологичные комплексы, сочетающие механическую надежность с цифровыми технологиями управления. Дальнейшее развитие этого вида техники направлено на создание полностью автономных систем, способных работать в едином цифровом пространстве строительной площадки. Особое внимание уделяется вопросам энергоэффективности, экологической безопасности и интеграции в "умные" системы управления строительными процессами. Все это делает автогрейдер незаменимым инструментом в современном дорожном строительстве.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Машины для производства земляных работ / А.В. Замятин, А.А. Жигайлов, С.А. Куяков [и др.]. – Тюмень : Тюменский индустриальный университет, 2023. – 95 с.

2. Хардигов, И. П. Анализ технологических схем производства земляных работ автогрейдером / И. П. Хардигов // Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова, Белгород, 01–20 мая 2016 года / Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. – Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2016. – С. 2301-2305.

3. Корчагин, П. А. Результаты исследования работоспособности бокового рабочего оборудования автогрейдера / П. А. Корчагин, А. Б. Летопольский, И. А. Тетерина // Вестник Сибирского государственного автомобильно-дорожного университета. – 2018. – Т. 15, № 4(62). – С. 492-501.

4. Черныш, А. С. Уплотнение грунтов с одновременным вытрамбовыванием котлованов / А. С. Черныш // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2015. – № 5. – С. 112-119.

5. Павлов, В. П. Автоматизация моделирования приводов и рабочих процессов машин для земляных работ / В. П. Павлов // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2010. – № 4. – С. 180-185.

УДК 62-233.11

Кравченко В.А., Тарасенко И.М., Быценко М.В.

Научный руководитель: Любимый Н.С., канд. техн. наук, доц.

Белгородский государственный технологический университет

им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия

ТЕХНОЛОГИЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДЕТАЛИ ПОЛУОСЬ АВТОГРЕЙДЕРА

Автогрейдеры широко используются в дорожном строительстве и содержании дорог. Полуоси автогрейдеров играют ключевую роль в передаче крутящего момента от трансмиссии к колёсам, испытывая при этом значительные динамические и механические нагрузки.

Ремонт и восстановление полуосей являются экономически выгодным решением, позволяющим сократить расходы на

приобретение новых узлов и оптимизировать использование ресурсов. В связи с этим особую важность приобретает совершенствование технологий ремонта, направленных на повышение эксплуатационной надёжности данных компонентов. [1]

Для точного определения степени и характера дефектов применяется комплекс диагностических методов:

1. Визуально-инструментальный контроль – выявление явных деформаций, задиров и коррозии.

2. Магнитопорошковая дефектоскопия – обнаружение микротрещин и скрытых дефектов.

3. Измерение геометрических параметров – проверка соответствия допускам и посадкам.

Использование данных методик позволяет точно оценить состояние детали и выбрать оптимальный способ восстановления, что в конечном итоге повышает ресурс отремонтированного узла. [2]

Для восстановления изношенных деталей составляется технологическая карта на основе дефектной ведомости. В ремонтном производстве применяют два основных вида карт:

1. Маршрутно-технологические – описывают комплексный процесс устранения дефектов. Включают:

- наименование и номер детали;
- марку техники, количество деталей на машину;
- твердость, массу, маршрут обработки;
- последовательность операций, оборудование, инструменты,

нормы времени.

2. Операционные – детализируют каждую операцию согласно ЕСКД (ГОСТ 2.102-2013). Содержат:

- эскизы с базированием и допусками;
- переходы, инструменты, приспособления;
- нормы времени и разряды работ.

Этапы разработки операционной карты:

- Выбор баз и методов обработки.
- Расчет припусков и режимов резания.
- Подбор оборудования и оснастки.
- Определение способов контроля.
- Расчет временных норм и разрядов работ.

Для примера выполнения операций будет рассмотрена деталь полуось автогрейдера с дефектами: износ шлице; износ поверхности под подшипники. [3]

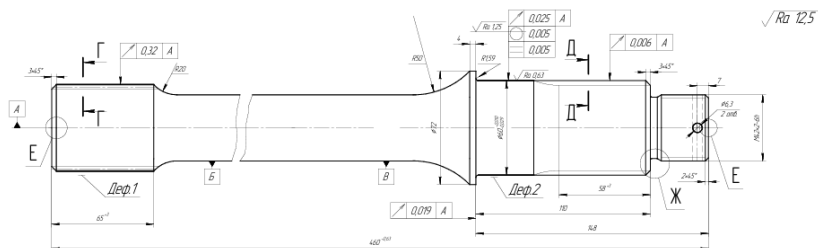


Рис. 1. Чертеж детали полуось

Операции восстановления полуоси:

1. Моечная – очистить полуось от загрязнений.
2. Наплавочная – наплавить наружные поверхности.

Для наплавки используется проволока Нп-30ХГСА ГОСТ 2424-86.

Режим наплавки:

- Сила тока – 200 А;
- Напряжение дуги – 28 В;
- Скорость наплавки – 1,98 м/мин.

3. Токарная – точить наплавленные поверхности и нарезать резьбу.

4. Фрезерная – фрезеровать шлицы.
5. Шлифовальная – шлифовать поверхности.
6. Контрольная – контролировать восстановление детали.

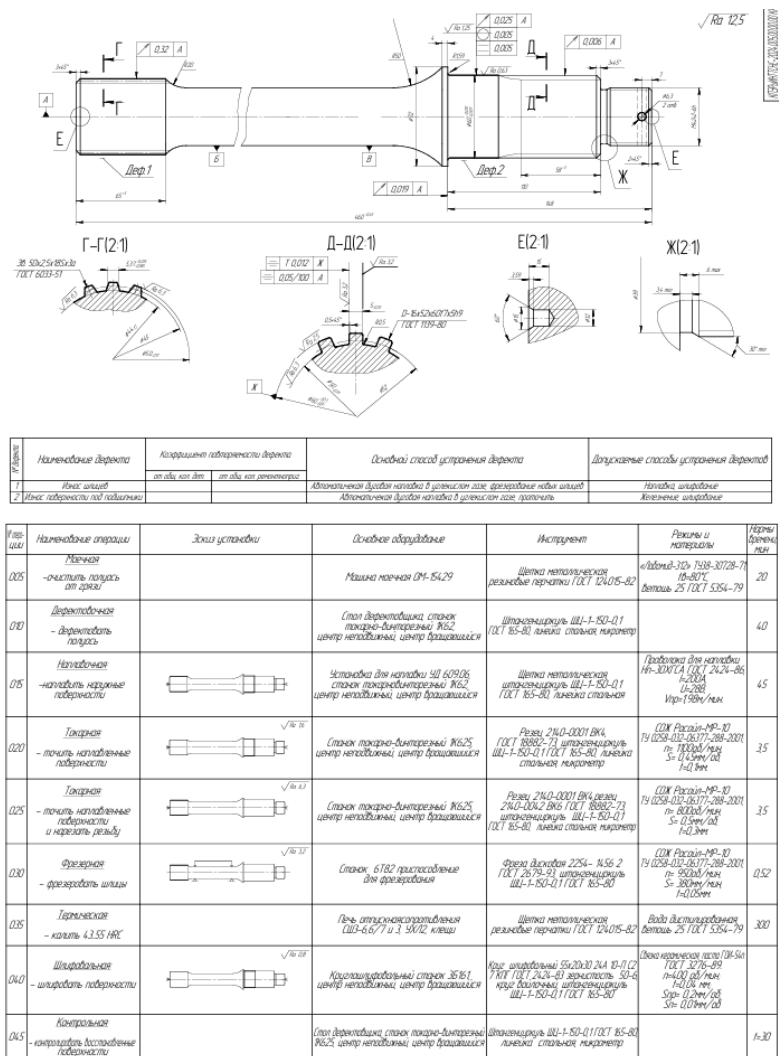


Рис. 2. Карта ремонта детали

Проведенные испытания восстановленной полуоси подтвердили ее высокие эксплуатационные характеристики. Контрольные тесты на прочность и циклическую нагрузку показали, что отремонтированная деталь соответствует требованиям, предъявляемым к новым узлам, а по

отдельным параметрам, таким как твердость рабочих поверхностей, даже превосходит их. [4,5]

Экономическая эффективность данного подхода обусловлена значительным сокращением затрат по сравнению с заменой полуоси на новую, при сохранении высокого уровня надежности. Это делает технологию востребованной в условиях ремонтных предприятий, ориентированных на качественное и ресурсосберегающее восстановление деталей.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Захаров, Ю. А. Анализ основных дефектов и способов восстановления деталей автомобилей типа "вал" и "ось" / Ю. А. Захаров, Е. В. Ремзин, Г. А. Мусатов // Молодой ученый. – 2014. – № 20. – С. 138-140.
2. Механизмы и устройства для выполнения восстановительных работ узлов и деталей при ремонте автотракторной техники / В. А. Лобзев, А. В. Клапп, С. С. Бунеев, А. М. Никонов // Агропромышленные технологии Центральной России. – 2019. – № 3(13). – С. 82-90.
3. Машины для производства земляных работ / А. В. Замятин, А. А. Жигайлов, С. А. Куюков [и др.]. – Тюмень : Тюменский индустриальный университет, 2023. – 95 с.
4. Бондаренко, И. Р. Оценка некоторых подходов к определению силы резания при фрезеровании на высоких и сверхвысоких подачах / И. Р. Бондаренко // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2017. – № 7. – С. 131-135.
5. Ефремов, В. В. Результаты экспериментального исследования по управлению показателями качества восстановленной поверхности деталей при шлифовании / В. В. Ефремов, С. С. Кутовой, А. В. Агошков // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2016. – № 9. – С. 131-136.

Кравченко В.А., Тарасенко И.М., Быценко М.В.

Научный руководитель: Любимый Н.С., канд. техн. наук, доц.

Белгородский государственный технологический университет

им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия

ПАТЕНТНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ АВТОГРЕЙДЕРА

Автогрейдеры занимают важное место в парке специализированной техники, используемой в дорожном хозяйстве. Эти машины выполняют широкий спектр задач, включая профилирование земляного полотна, планировку дорожного покрытия, подготовку оснований при строительстве автомагистралей и аэродромных комплексов, а также ликвидацию снежных заносов в зимний период. В условиях ужесточения нормативов по качеству дорожных покрытий, оптимизации ресурсопотребления и снижению экологической нагрузки на окружающую среду конструктивные особенности автогрейдеров требуют постоянного совершенствования.[1]

Патентные исследования играют ключевую роль в процессе разработки новых моделей и модернизации серийных образцов данной техники. Анализ существующих технических решений позволяет не только оценить текущий уровень развития технологий, но и исключить повторение известных конструкторских решений. Кроме того, патентный поиск способствует выявлению перспективных направлений модернизации, таких как внедрение систем автоматического контроля качества обработки поверхности, применение энергоэффективных приводов и использование экологически безопасных материалов.[2]

Автогрейдер представляет собой самоходную машину на колесном ходу с расположенными между передней и задней осями регулируемым отвалом. Конструкция включает следующие основные элементы:

- Рама;
- Двигатель и трансмиссия;
- Ходовая часть;
- Рабочее оборудование;
- Система управления;
- Дополнительное оборудование.

Проведение патентного исследования будет направлено на изучения патентной информации, касающейся рабочего оборудования автогрейдера и влияющее на улучшение производительности и расширение технологических возможностей.

Во время проведения патентного исследования были выделены четыре патента: Патент РФ № 2 435 908 «Боковое рабочее оборудование автогрейdera»; Патент РФ № 2 133 317 «Рабочее оборудование автогрейdera»; Патент РФ № 2 052 028 «Рабочее оборудование автогрейdera»; Патент РФ № 2 087 626 «Рабочее оборудование землеройной машины».

Изобретение в патенте № 2 435 908 относится к области дорожного машиностроения, в частности к автогрейдерам, целью которого является создание более простой, надежной и легко управляемой конструкции, имеющей меньший габарит в транспортном положении.[3]

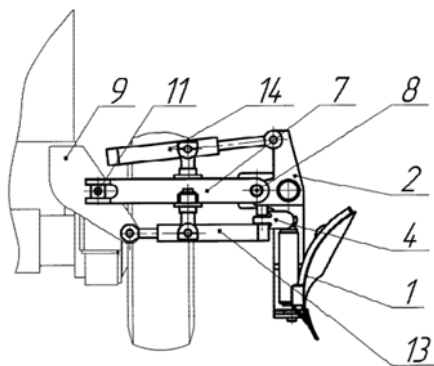


Рис. 1. Боковое рабочее оборудование автогрейdera

Изобретение в патенте № 2 133 317 относится к землеройно-транспортным машинам, в частности, к автогрейдерам. Данное изобретение увеличивает производительность, повышает топливную экономичность и расширяет технологические возможности автогрейdera.[4]

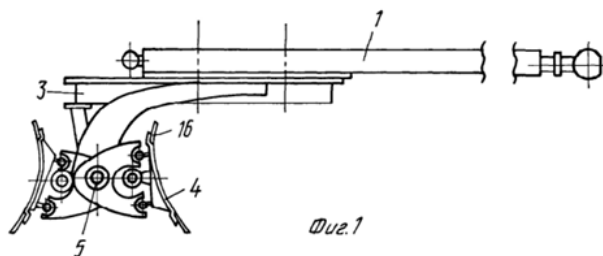


Рис. 2. Рабочее оборудование автогрейdera

Изобретение в патенте № 2 052 028 относится к дорожному машиностроению, в частности к автогрейдерам. Цель изобретения расширение технологических возможностей и увеличение надежности автогрейдера.[5]

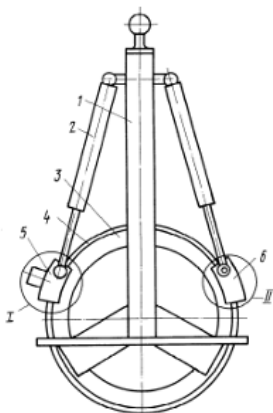


Рис. 3. Рабочее оборудование автогрейдера

Изобретение в патенте № 2 087 626 относится к области строительно-дорожного машиностроения и может использоваться в автогрейdere. Заявленное устройство позволяет расширить эксплуатационные возможности автогрейдера.[6]

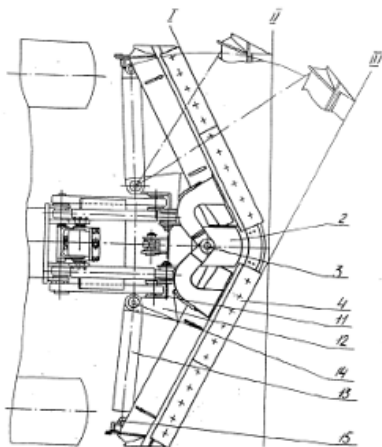


Рис. 4. Рабочее оборудование землеройной машины

Поранализировав и сравнив выбранные патенты, наиболее предпочтительным оказался Патент РФ № 2 435 908 «Боковое рабочее оборудование автогрейдера», его цели достигаются с помощью нескольких технических решений:

1. Боковое рабочее оборудование автогрейдера, содержащее отвал, несущую балку, рычаги и гидроцилиндры управления, отличающееся тем, что несущая балка соединена с передним и задним рычагами шаровыми шарнирами, при этом передний рычаг соединен с рамой автогрейдера с помощью горизонтального шарнира и гидроцилиндра, задний рычаг с помощью карданного шарнира и гидроцилиндра, а несущая балка соединена гидроцилиндром с рамой автогрейдера.

2. Боковое рабочее оборудование автогрейдера, отличающееся тем, что несущая балка соединена гидроцилиндром с одним из рычагов.

3. Боковое рабочее оборудование автогрейдера, отличающееся тем, что несущая балка соединена гидроцилиндром с одним из рычагов через тягу и коромысло, образующие с несущей балкой и рычагом четырехзвенный механизм.

Результаты исследования имеют практическое значение для модернизации автогрейдеров, включая оптимизацию рабочих органов и систем управления. Полученные данные могут использоваться производителями спецтехники при разработке новых моделей, отвечающих современным требованиям. В образовательной сфере материалы исследования могут быть применены при подготовке инженеров-механиков, формируя у студентов актуальные знания о современных технологиях. Проведенный патентный анализ раскрывает тенденции развития отрасли и служит основой для дальнейших научных изысканий в области совершенствования дорожно-строительной техники.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Прохоров, С. В. Повышение уровня энергоэффективности строительного производства на основе применения современных средств механизации / С. В. Прохоров // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2017. – № 8. – С. 70-74.

2. Селиверстов, Ю. И. Возможности и ограничения оценки патентов методом освобождения от роялти / Ю. И. Селиверстов // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2012. – № 4. – С. 138-140.

3. Патент №: 2010105883/03, 18.02.2010. Скоблов А. В., Журавлев В. В., Ильюшин В. Ф., Коршун В. М. Боковое рабочее оборудование автогрейдера // Патент России №2435908. Опубликовано: 10.12.2011 Бюл. № 34.

4. Патент №: 97118340/03, 04.11.1997. Амелъченко В. Ф., Денисов В. П., Мещеряков В. А., Славский А. А. Рабочее оборудование автогрейдера // Патент России №2133317. Опубликовано: 20.07.1999.

5. Патент №: 93053616/03, 30.11.1993. Ильюшин В. Ф., Попов А. М., Петрищев Л. Г., Шалимов Ю. П. Рабочее оборудование автогрейдера // Патент России №2052028. Опубликовано: 10.01.1996.

6. Патент №: 95102094/03, 13.02.1995. Тенин-Шахов В. С., Табачников В. Г., Воронина Р. В. Рабочее оборудование землеройной машины // Патент России №2087626. Опубликовано: 20.08.1997.

УДК 629.039.58

Кривенко В.В., Тарасенко И.М., Жевлакова А.В., Быценко М.В.
Научный руководитель: Любимый Н.С., канд. техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия

СЛУЧАИ АВАРИЙНОСТИ И ТРАВМАТИЗМА СО СМЕРТЕЛЬНЫМ ИСХОДОМ НА ГРУЗОПОДЪЕМНЫХ КРАНАХ, ВЫЗВАННЫЕ ПРИМЕНЕНИЕМ НЕИСПРАВНЫХ ГРУЗОЗАХВАТНЫХ ОРГАНОВ (ПРИСПОСОБЛЕНИЙ)

Рассмотрим типичный случай производственного несчастного случая со смертельным исходом, причиной которого стало применение неисправных либо несоответствующих весу и характеру груза грузозахватных приспособлений, а также нарушение правил строповки.

24 марта 2006 года на строительной площадке центра дополнительного образования в Адлерском районе города Сочи, расположенном по адресу улица Демократическая, д. 43, велись работы по устройству свайного поля из буроинъекционных свай. Для выполнения работ использовались установка БИС-3МЕ и автомобильный кран КС-6476.



Рис. 1 Автомобильный кран КС-6476, рег. № 411116, зав. № 113, грузоподъемность 50 тонн

В процессе выполнения работ был установлен армированный каркас длиной 21,4 метра, который не соответствовал типу используемой сваи. Для его извлечения было принято решение задействовать кран. Однако такая операция не была предусмотрена проектом производства работ и должна проводиться исключительно под руководством специалиста, ответственного за безопасное выполнение работ по перемещению грузов с помощью кранов. Вместо этого операцию выполнил буровой мастер, не имеющий квалификации стропальщика и не прошедший соответствующего обучения. [1]

Перед началом извлечения рабочие, находившиеся на площадке, были проинформированы о потенциальной опасности и покинули территорию. Именно в это время на объект прибыла новая смена, в числе которой находился пострадавший — электрогазосварщик.

Крановщик не убедился в отсутствии посторонних в опасной зоне работы крана и не обеспечил удаление находящегося поблизости автомобиля КамАЗ, который частично перекрывал обзор и находился в зоне возможного падения груза. Пострадавший, несмотря на предупреждения, направился к своему рабочему месту между автомобилем и бытовым вагончиком, в непосредственной близости от перемещаемого армированного каркаса.

По команде помощника бульдозериста крановщик начал опускать каркас. В момент, когда он находился под углом примерно 10–15° к вертикальной оси, одна из петель стропа неожиданно соскользнула с

крюка крана. [2] Из-за этого строп вышел из зацепления, и каркас резко упал на землю между бытовыми вагончиками и автомобилем КамАЗ. В результате происшествия электрогазосварщик получил травмы, оказавшиеся смертельными.

В ходе последующего расследования несчастного случая было установлено, что причиной аварии стало применение неправильного, а точнее — недопустимого приёма работы, известного в строительной практике как «кантование». Этот метод заключается в одновременном опускании крюка крана и повороте его стрелы для изменения положения груза. Однако такой способ перемещения грузов не был предусмотрен проектом производства работ и противоречит требованиям техники безопасности, предъявляемым к подобным операциям.

Конкретно в данном случае причиной внезапного выпадения стропа из зацепления стал эффект упругой деформации стального каната при снижении нагрузки на одну из его ветвей. Это явление возникло вследствие нарушения технологии строповки и несоответствия выполняемых действий инструкциям безопасного ведения работ. Кран марки КС-6476 использовался для выполнения операции, которая не входила в предусмотренные технологические процессы и не соответствовала установленным нормам промышленной безопасности. [3]

Для более точного выявления обстоятельств, которые способствовали отцеплению стропа, следственной комиссией было принято решение провести специальный эксперимент. Его цель заключалась в воспроизведении условий, аналогичных тем, в которых происходил аварийный случай, с целью моделирования и анализа последовательности событий.

В рамках эксперимента армированный каркас длиной 21,4 метра был поднят на такую высоту, чтобы его нижний край находился примерно на уровне одного метра от поверхности земли. Затем конструкцию наклонили под углом порядка 10–15° относительно вертикальной оси. В этом положении верхняя часть каркаса плотно контактировала с крюковой обоймой крановой установки. Под воздействием внутреннего напряжения стальной канат стропа подвергся упругой деформации: он развернулся на 180 градусов, потерял устойчивость и соскользнул с крюка грузозахватного устройства. [4] После этого строп остался зафиксированным на предохранительном замке крюковой подвески.

Продолжение поворота стрелы крана ещё больше нарушило равновесие конструкции. Каркас начал терять устойчивость и начал

движение вниз — иными словами, начал падать. Падая, он потянул за собой оставшуюся часть стропа, которая находилась в напряжённом состоянии. Обратное усилие, оказанное на строп со стороны падающего груза, привело к тому, что он вышел из предохранительного замка. Таким образом произошло полное отцепление одной из петель стропа от крюка крана.

После потери зацепления строп распрямился и выскользнул из четырёх арматурных элементов каркаса, а также из фиксирующего кольца. В результате такого исхода электрогазосварщик, находившийся вблизи опасной зоны, получил травмы, несовместимые с жизнью. [5]

Таким образом, эксперимент позволил наглядно продемонстрировать цепочку событий, которые привели к трагическому исходу. Установлено, что ключевым фактором стало явление упругой отдачи стального каната стропа, возникшее при ослаблении натяжения одной из его ветвей на начальном этапе выполнения недопустимого приёма работы — так называемого «кантования».

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Оценка аварийности и производственного травматизма при разработке полезных ископаемых открытым способом / О. А. Лубенская, Е. В. Климова, Б. А. Храмцов, А. А. Ростовцева // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2013. – № 1. – С. 140-144. – EDN PUOLMN.

2. Ястребинская, А. В. Анализ производственного травматизма и пути его снижения / А. В. Ястребинская, А. С. Едаменко, И. В. Дивиченко // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2017. – № 11. – С. 100-105. – DOI 10.12737.

3. Графкина, М. В. Анализ производственного травматизма в строительстве / М. В. Графкина, Е. Ю. Свиридова, Н. А. Сафрина // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2017. – № 9. – С. 80-87. – DOI 10.12737.

4. Анализ проблемы охраны труда в строительной отрасли / Е. В. Климова, В. В. Калатоzi, Е. Н. Рыжиков, Э. К. Калатоzi // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2016. – № 12. – С. 100-104. – DOI 10.12737/22825.

5. Романович, А. А. Безопасность технологического оборудования и процессов: Конспект лекций / А. А. Романович, Л. Г. Романович. – Белгород: Белгородский государственный технологический

УДК 629.039.58

Кривенко В.В., Тарасенко И.М., Кравченко В.А., Быценко М.В.
Научный руководитель: Любимый Н.С., канд. техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия

АНАЛИЗ АВАРИЙНОСТИ НА ПОДЪЕМНЫХ СООРУЖЕНИЯХ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

В рамках реализации государственной политики в области промышленной безопасности Президент Российской Федерации, а при его поручении — Правительство РФ, определяет федеральный орган исполнительной власти, наделённый полномочиями в данной сфере. Основные функции этого органа включают нормативное регулирование, выдачу специальных разрешений, а также осуществление контроля и надзора. [1] В настоящее время такую роль выполняет Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору (Ростехнадзор).

Как указано в приложении № 1 к Федеральному закону «О промышленной безопасности опасных производственных объектов», подъемные сооружения признаны опасными производственными объектами. Это означает, что за соблюдением требований промышленной безопасности при их изготовлении, монтаже, ремонте и эксплуатации осуществляется государственный надзор со стороны Ростехнадзора.

Поэтому наиболее точные данные о количестве, характере и причинах аварий и несчастных случаев на подъемных сооружениях, находящихся на территории России, содержатся в материалах расследований таких происшествий, направляемых в Ростехнадзор.

Согласно статистике, обработанной Ростехнадзором, уровень аварийности и производственного травматизма со смертельным исходом на подъемных сооружениях России в период с 2005 по 2016 год постоянно оставался одним из самых высоких и входил в тройку лидеров, сравнимых с показателями в угольной и горнорудной отраслях. [2]

Информация о количестве аварий и случаях гибели людей на подъемных сооружениях за указанный период приведена в таблице.

Анализ статистических данных за период с 2005 по 2016 год свидетельствует о том, что подавляющее большинство случаев

производственного травматизма со смертельным исходом на подъемных сооружениях Российской Федерации произошло именно с использованием грузоподъемных кранов. Практически все аварии, имевшие место на подъемных сооружениях в этот период, также были связаны с этим видом техники, и лишь единичные происшествия касались иного оборудования.

Одной из ключевых проблем в данной сфере является значительный износ парка грузоподъемных кранов: по данным Ростехнадзора, более 80% такого оборудования выработало свой установленный срок службы. Вместе с тем отмечается тенденция к сокращению общего количества подъемно-транспортных средств в стране. [3] При этом объемы промышленного производства неуклонно растут, что неизбежно ведет к увеличению нагрузок на уже устаревшее оборудование. Это обстоятельство существенно повышает риск возникновения аварийных ситуаций и чрезвычайных происшествий.

Ситуация дополнительно осложняется рядом факторов, таких как недостаток квалифицированных специалистов, ответственных за эксплуатацию, обслуживание и ремонт оборудования, а также слабое развитие ремонтной инфраструктуры и низкий уровень внедрения современных технологий технического обслуживания и диагностики. В результате наблюдается рост числа трагических инцидентов, вызванных техническими причинами — их доля составляет 27,4%. Наравне с этим остаются высокими показатели аварий, обусловленных организационными нарушениями — 65,7%, что указывает на недостаточную культуру обеспечения промышленной безопасности на многих предприятиях.

Особое внимание заслуживает факт, что значительная часть аварий на грузоподъемных кранах происходит вследствие использования неисправных или несоответствующих массе и характеру перевозимого груза грузозахватных приспособлений (устройств). Также часто фиксируются нарушения в технологии строповки грузов — то есть в процессе подготовки груза к подъему и перемещению. [4] Эти причины являются основными в 19,8% случаев травматизма со смертельным исходом. Такие данные позволяют сделать вывод о необходимости усиления контроля за состоянием грузозахватных устройств, соблюдением правил строповки, а также повышения уровня профессиональной подготовки персонала, занятого в данных работах. [5]

Для снижения рисков необходимо совершенствование нормативной базы и усиление государственного надзора за

соблюдением требований промышленной безопасности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Романович, А. А. Безопасность технологического оборудования и процессов: Конспект лекций / А. А. Романович, Л. Г. Романович. – Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2018. – 144 с.
2. Оценка аварийности и производственного травматизма при разработке полезных ископаемых открытым способом / О. А. Лубенская, Е. В. Климова, Б. А. Храмцов, А. А. Ростовцева // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2013. – № 1. – С. 140-144.
3. Ястребинская, А. В. Анализ производственного травматизма и пути его снижения / А. В. Ястребинская, А. С. Едаменко, И. В. Дивиченко // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2017. – № 11. – С. 100-105. – DOI 10.12737
4. Графкина, М. В. Анализ производственного травматизма в строительстве / М. В. Графкина, Е. Ю. Свиридова, Н. А. Сафрина // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2017. – № 9. – С. 80-87. – DOI 10.12737.
5. Анализ проблемы охраны труда в строительной отрасли / Е. В. Климова, В. В. Калатоzi, Е. Н. Рыжиков, Э. К. Калатоzi // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2016. – № 12. – С. 100-104. – DOI 10.12737/22825.

УДК 629.039.58

Кривенко В.В., Тарасенко И.В., Кравченко В.А., Быценко М.В.
Научный руководитель: Любимый Н.С., канд. техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия

СТАТИСТИКА ОТКАЗОВ КОНСТРУКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ КРЮКОВЫХ ПОДВЕСОК ГРУЗОПОДЪЕМНЫХ КРАНОВ

Актуальность вопросов промышленной безопасности продолжает возрастать, поскольку оборудование на предприятиях различных отраслей — энергетики, химической промышленности, горнодобывающей сферы, транспорта и других — подвержено значительному износу. Процессы обновления, модернизации и ремонта

техники требуют не только существенных финансовых вложений, но и высокого уровня профессиональной подготовки специалистов. [1]

Особое внимание в контексте промышленной безопасности вызывает состояние грузоподъёмных кранов, которые по праву считаются одним из самых аварийных видов технологического оборудования. Несмотря на строгие нормативные требования и существующие стандарты безопасности, количество происшествий, связанных с эксплуатацией данных машин, остаётся не просто высоким — во многих отраслях оно даже демонстрирует тенденцию к увеличению. По данным статистических исследований и аналитических отчётов, около 59 % всех аварий с участием грузоподъёмных кранов обусловлено техническими неисправностями, причём значительная их часть напрямую связана с неудовлетворительным состоянием механизмов и конструктивных узлов.

Среди ключевых причин высокой аварийности — длительное отсутствие обновления парка кранов: за последние 12–15 лет замена или модернизация техники проводились крайне редко. По современным данным, свыше 80% из примерно 280 тысяч эксплуатируемых в России кранов выработали свой установленный срок службы и нуждаются в ремонте или замене. [2] При этом значительная часть оборудования продолжает использоваться даже при наличии серьёзных дефектов, что значительно повышает риск возникновения чрезвычайных ситуаций.

Для оценки технического состояния кранов применяется классификация выявляемых дефектов по степени их влияния на безопасность: I категория — дефекты, не влияющие напрямую на надёжность и безопасность работы. Использование крана допускается без их устранения. II категория — неисправности, снижающие работоспособность и надёжность крана, но не ведущие к внезапным отказам. Эксплуатация разрешена на ограниченное время при соблюдении дополнительных мер предосторожности. III категория — дефекты, которые могут стать причиной аварии или травмы. При их наличии дальнейшая работа крана должна быть немедленно прекращена до полного устранения неисправностей.

Главное преимущество этой классификации — возможность регулирования использования кранов в зависимости от уровня потенциальной опасности. Особое значение имеет диагностика дефектов III категории — так называемых "опасных" неисправностей, сигнализирующих о приближении аварийного состояния техники.

К числу наиболее распространённых дефектов третьей категории относятся: трещины в сварных швах и основных металлических конструкциях; чрезмерные прогибы пролётных частей мостовых

кранов; ослабление болтовых соединений стрел, башен и порталов; износ и обрыв проволок грузовых канатов; ненадёжное закрепление концов канатов; предельный износ муфт и тормозных шкивов; неисправности механизмов подъёма; ослабление или отсутствие болтов в опорно-поворотных устройствах; снижение тормозного момента; выход из строя противоугонных устройств; неисправность концевых выключателей и ограничителей грузоподъёмности; отсутствие или неисправность анемометров; ухудшение состояния крановых путей; неисправность тупиковых упоров; повреждение изоляции силовых кабелей; неработоспособность световой и звуковой сигнализации и другие аналогичные проблемы. [4]

Анализ показал, что из 486 проверенных грузоподъёмных кранов 346 (примерно 71%) эксплуатировались с наличием дефектов III категории, то есть являлись реальной угрозой для безопасности. Наибольшее количество критических неисправностей было зафиксировано у башенных (82%) и мостовых кранов (74%). Ситуация объясняется, прежде всего, недостатками в организации эксплуатационного процесса, а также слабой квалификацией, дисциплиной и ответственностью инженерно-технического персонала.

Причины возникновения опасных дефектов, как правило, носят организационный характер. К ним относится отсутствие или неэффективность системы производственного контроля за соблюдением норм промышленной безопасности, а также нарушения в организации труда и условий работы операторов кранов.

Среди технических причин возникновения критических дефектов у грузоподъёмных кранов особое внимание заслуживают следующие факторы, обусловленные длительной эксплуатацией оборудования и недостаточным уровнем технического обслуживания.

Прежде всего, это коррозия металлоконструкций, которая является одной из наиболее распространённых и опасных форм повреждений. В условиях длительного использования кранов в агрессивных внешних средах — под воздействием влаги, химических веществ, перепадов температур — происходит постепенное разрушение металлических элементов. Коррозия приводит к уменьшению площади поперечного сечения конструктивных деталей, снижает их прочностные характеристики и способность выдерживать переменные динамические нагрузки. Это особенно критично для несущих узлов, поскольку может стать причиной внезапного разрушения конструкции даже при относительно небольших рабочих нагрузках.

Ещё одной частой причиной аварийных ситуаций являются трещины, изломы и скручивания валов, возникающие вследствие

превышения допустимых нагрузок. Эти дефекты могут быть вызваны как чрезмерными усилиями, приложенными во время работы, так и усталостью металла, вызванной многократными циклами нагружения. Особенно подвержены таким повреждениям узлы, испытывающие постоянную вибрацию или ударные нагрузки.

Не менее важным фактором, влияющим на техническое состояние грузоподъёмных кранов, является износ, задиры и риски на поверхностях валов. Эти дефекты возникают преимущественно вследствие недостаточной или несвоевременной смазки трущихся поверхностей, а также использования загрязнённого масла, содержащего твёрдые включения — такие как металлическая стружка, песок, пыль и другие абразивные частицы. При работе механизма эти примеси начинают воздействовать на поверхности сопряжённых деталей, вызывая их интенсивное истирание. Это приводит к увеличению зазоров между узлами, снижению точности передачи усилий и повышенному трению.

Результатом такого износа становится локальный перегрев деталей, что может вызывать изменение структуры металла, его отпуск и потерю прочностных свойств. Повышается риск заедания подвижных частей, возникает дополнительная нагрузка на двигатель и трансмиссию, что в конечном итоге заканчивается выходом из строя всего механизма. Особенно опасен этот процесс в узлах, работающих под высокими скоростями и нагрузками, таких как редукторы и тормозные системы.

Ещё одной распространённой проблемой являются изменения формы шеек и цапф валов. Под действием длительных динамических нагрузок, недостаточного охлаждения и плохой смазки эти участки постепенно теряют свою геометрию и принимают конусообразную или эллиптическую форму. Это нарушает плотность прилегания деталей, ухудшает передачу крутящего момента и увеличивает вибрации вращающихся элементов. В результате возрастает вероятность заклинивания, разрушения подшипников, поломки зубьев шестерён и других серьёзных аварийных ситуаций.

Особую опасность представляет тот факт, что подобные изменения часто остаются незамеченными на ранних стадиях. Они могут проявляться лишь через шум, вибрацию или нестабильную работу механизма, что легко списывается на временные внешние факторы. Поэтому для предупреждения таких последствий необходимо проводить регулярную диагностику и контроль геометрии валов с использованием специальных измерительных приборов, таких как микрометры, индикаторы часового типа, профилографы и другие

средства неразрушающего контроля.

К числу серьёзных технических неисправностей относится и некорректная балансировка тормозного шкива, которая может быть вызвана рядом причин: заводским браком, неравномерным износом поверхности, нарушением технологии установки или механическими повреждениями в процессе эксплуатации. Несбалансированный шкив создаёт центробежную силу, которая передаётся на валы и подшипники редуктора, вызывая их чрезмерное нагружение. Нарушение балансировки вращающихся элементов оборудования приводит к возникновению дисбаланса масс, что вызывает появление дополнительных центробежных сил при вращении.

Кроме того, некорректная балансировка является одной из основных причин значительного возрастания уровня вибрации, которая распространяется не только на сам механизм, но и на металлоконструкцию крана в целом. Длительное воздействие вибраций приводит к усталостному разрушению сварных соединений, ослаблению болтовых креплений, раскачиванию узлов и даже нарушению целостности электрических соединений. Все это существенно снижает надёжность работы оборудования и значительно повышает риск возникновения аварийной ситуации.

Для предотвращения указанных последствий необходимо проведение регулярных профилактических мероприятий, включая диагностику и балансировку вращающихся масс. Рекомендуется использование современных виброанализаторов и высокоточных балансировочных станков, позволяющих выявить и устранить дисбаланс на ранних стадиях его возникновения. Также важным фактором обеспечения долговечности и безопасной эксплуатации оборудования является строгое соблюдение рекомендаций производителя по техническому обслуживанию: своевременная замена рабочих жидкостей и фильтров, контроль состояния трущихся поверхностей, а также периодическая диагностика узлов с повышенным риском износа.

Таким образом, указанные технические дефекты — износ валов, изменение их геометрии и дисбаланс тормозного шкива — требуют особого внимания со стороны обслуживающего персонала. [5] Их своевременное выявление и устранение играют ключевую роль в обеспечении надёжности, долговечности и, самое главное, безопасной эксплуатации грузоподъёмных кранов.

Для предотвращения перегрузок и обеспечения безопасной эксплуатации рекомендуется оснащать все грузоподъёмные краны, особенно высокопроизводительные модели, системами контроля массы

груза. Эти устройства позволяют автоматически отслеживать вес поднимаемого объекта и сравнивать его с установленными нормами. При обнаружении превышения допустимой массы система останавливает операцию подъёма и подаёт предупредительный сигнал оператору, предотвращая потенциально аварийную ситуацию. Интеграция таких систем в производственные процессы значительно повышает уровень промышленной безопасности и снижает риск человеческой ошибки.

Для кранов с малой грузоподъёмностью одним из эффективных решений по снижению динамических нагрузок является установка виброгасителей. Эти устройства предназначены для предотвращения возникновения резонансных колебаний, которые могут развиваться при совпадении частот внешних воздействий и собственных колебаний конструкции. Применение виброгасителей позволяет значительно снизить амплитуду вибраций, возникающих в процессе работы механизмов, что способствует увеличению срока службы оборудования и предотвращает преждевременное образование трещин и других усталостных повреждений.

Таким образом, для обеспечения надёжной и безопасной эксплуатации грузоподъёмных кранов необходим комплексный подход, включающий регулярный технический осмотр, использование современных диагностических и защитных систем.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Романович, А. А. Безопасность технологического оборудования и процессов: Конспект лекций / А. А. Романович, Л. Г. Романович. – Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2018. – 144 с. – EDN XZNUIP

2. Оценка аварийности и производственного травматизма при разработке полезных ископаемых открытым способом / О. А. Лубенская, Е. В. Климова, Б. А. Храмцов, А. А. Ростовцева // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2013. – № 1. – С. 140-144. – EDN PUOLMN.

3. Графкина, М. В. Анализ производственного травматизма в строительстве / М. В. Графкина, Е. Ю. Свиридова, Н. А. Сафрина // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2017. – № 9. – С. 80-87. – DOI 10.12737.

4. Ястребинская, А. В. Анализ производственного травматизма и пути его снижения / А. В. Ястребинская, А. С. Едаменко, И. В. Дивиченко // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2017. – № 11. – С.

100-105. – DOI 10.12737.

5. Анализ проблемы охраны труда в строительной отрасли / Е. В. Климова, В. В. Калатоzi, Е. Н. Рыжиков, Э. К. Калатоzi // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2016. – № 12. – С. 100-104. – DOI 10.12737/22825.

УДК 625.71

Логвинов П.Р.

*Научный руководитель: Гнездилова С.А., канд. техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

УПРАВЛЕНИЕ ЖИЗНЕННЫМ ЦИКЛОМ ДОРОЖНЫХ СООРУЖЕНИЙ

Важнейшим элементом транспортной инфраструктуры являются дорожные сооружения. Как и любой другой фактор, обеспечивающий функционирование экономики и логистики государства, объекты транспортной инфраструктуры требуют содержания.

Ключевым аспектом в этом является управление жизненным циклом этих сооружений.

Управление жизненным циклом дорожных сооружений – комплексный подход по учету и моделированию всех этапов содержания объекта [1].

Этапы содержания объекта транспортной инфраструктуры (ТИ)

- предварительные работы;
- проектирование сооружений;
- строительство;
- эксплуатация и потенциальная реконструкция объекта.

Правильность управления жизненным циклом дороги может:

- повысить безопасность дорожного движения;
- уменьшить экономические затраты на возведение и содержание

объекта;

- повысить эффективность дорожных объектов;
- уменьшить негативное влияние на экологическую обстановку

около сооружений [2].

В век информационных технологий управление жизненным циклом значительно упростилось. Сегодня с помощью информационных моделей можно полностью просимулировать все циклы создания объекта и его содержания. Для этого была создана технология BIM моделирования.

Информационное моделирование зданий (BIM) — это цифровое представление физических и функциональных характеристик объекта. BIM — это единая система знаний для получения информации об объекте. Она служит надежной основой для принятия решений в разные этапы жизненного цикла объекта, который является полным процессом от концепции до ввода полного технического обслуживания готового объекта [4].

Информационная модель интегрирует все имеющиеся данные по объекту, начиная с топографо-геодезических изысканий, заканчивая дорожной разметкой [1,4].

После переноса данных в цифровую модель можно с высокой точностью просчитать все риски и ошибки в проектировании объекта (Рис. 1). К примеру, после проведения топографических и геологических работ, можно построить идеальную модель местности для более точного выбора места положения трассы и подходящего основания [4].

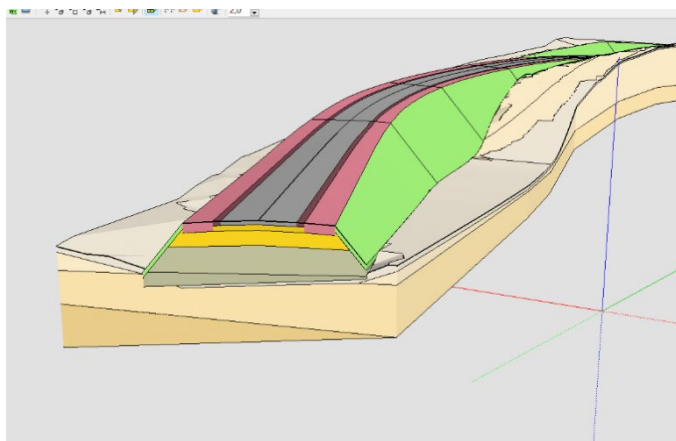


Рис. 1 Пример построения модели дорожного сооружения

Основным преимуществом данной технологии в управлении жизненным циклом является прогнозирование стрессовых ситуаций для дорожного объекта.

Модель может показать поведение конструкции при повышении нагрузки на неё, либо же создании неблагоприятных погодных условий.

Важным элементом управления жизненным циклом дорог является своевременный мониторинг и диагностика состояния конструкции.

К примеру, на важнейшем дорожном сооружении РФ – Крымском мосту, находится больше 10 мониторинговых станций (Рис. 2). Диагностика проводится постоянно и обследует следующие параметры:

- выявление трещин, деформаций асфальтобетонного покрытия и мостовых железобетонных элементов;
- гидроизоляцию всех элементов моста;
- терморегуляцию моста;
- сейсмическую активность;
- диагностику грунтовых оснований для опор моста и др.

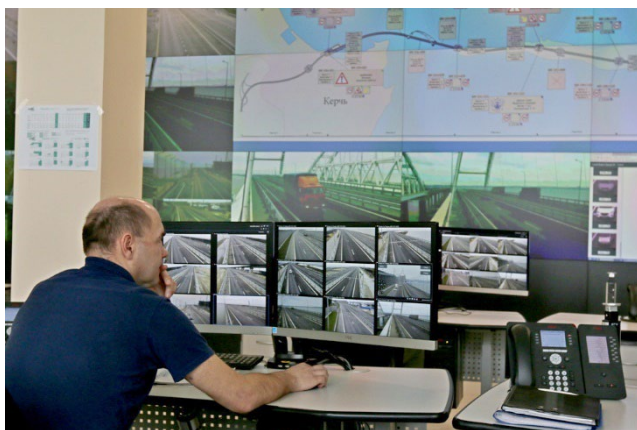


Рис. 2 Пример мониторингового центра Крымского моста

Для управления каждым этапом жизненного цикла дорог существуют различные программы, к примеру:

- Building Information Modelling (BIM). Как описывалось ранее, технология применяется для создания модели сооружения и прогнозирования многих ситуаций. По сути, является основной для управления жизненным циклом;
- AutoCAD Civil 3D: Одна из популярных CAD-программ, предназначенная для цифрового проектирования, расчёта земляных масс, размещения коммуникаций и трёхмерного моделирования дорожной инфраструктуры;
- GIS-системы (ArcGIS, QGIS): Карты и геоинформационные системы используются для пространственного анализа состояния дорог, составления схем технического обслуживания и координации ремонтных работ;
- Autodesk Construction Cloud: Платформа для совместной работы участников строительного процесса, позволяющая отслеживать

прогресс, согласовывать планы и управлять качеством строительства [4].

Конечно, современный подход к управлению жизненным циклом дорожных сооружений прямо связан с внедрением технологии информационного моделирования. Данная технология позволяет оптимизировать каждый этап жизненного цикла дороги [1].

Таким образом, управление жизненным циклом дорожных сооружений является неотъемлемой частью эксплуатации сооружения. С помощью современных технологий с правильным подходом к управлению циклом можно значительно продлить срок службы сооружений.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гатауллина, А. О. Анализ внедрения BIM-технологий на различных этапах жизненного цикла автомобильной дороги / А. О. Гатауллина // Инновационная экономика и современный менеджмент. – 2024. – № 1(45). – С. 76-80.

2. Логвинов, П. Р. Современные технологии изысканий автомобильных дорог / П. Р. Логвинов // Образование. Наука. Производство : Сборник докладов XV Международного молодежного форума, Белгород, 23–24 октября 2023 года. – Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2023. – С. 81-86.

3. Носов, В. П. Учёт влияния региональных природных особенностей на расчётные характеристики грунтов при проектировании дорожных одежд / В. П. Носов, С. А. Гнездилова // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2010. – № 1. – С. 18-21.

4. Логвинов, П. Р. Применение BIM-моделей в дорожном строительстве / П. Р. Логвинов // Образование. Наука. Производство : Сборник докладов XVI Международного молодежного форума, Белгород, 30–31 октября 2024 года. – Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2024. – С. 70-74.

ЭФФЕКТИВНЫЕ РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ КОНСТРУИРОВАНИЯ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД

Строительство любого объекта сегодня является очень энерго- и ресурсоёмким процессом. Основной тенденцией развития технологий является сбережение ресурсов, используемых в строительстве. Одной из ресурсоёмких отраслей является дорожное строительство.

Ресурсосберегающие технологии в строительстве дорог направлены на минимизацию потребления материалов, а также снижение воздействия сооружения на окружающую среду.

Специфика технологии может включать как использование вторичных материалов после переработки, так и способы, оптимизирующие производство с уменьшением затрат материалов и различных энергоресурсов [1].

Уменьшить ёмкость ресурсов можно на этапе проектирования дороги. Это позволит не только снизить влияние на окружающую среду, но и уменьшить сметную стоимость возведения дорожной одежды.

Основной технологией, применяемой при конструировании дорожных одежд с уклоном в ресурсосбережение, является проектирование с применением переработанных материалов [1-2].

Расчёту дорожных одежд с вторичным сырьём может поспособствовать создание информационной модели дорожной одежды с разными типами конструкции.

Информационное моделирование зданий (BIM) — это цифровое представление физических и функциональных характеристик объекта. BIM — это единая система знаний для получения информации об объекте [4].

Основной функцией BIM-модели является создание трёхмерной модели сооружения (Рис. 1) с возможностью изменения его нагрузочных характеристик [4].

С помощью модели мы можем одним действием изменить расчётные характеристики слоя дорожной одежды и посмотреть, как повлияет данное внедрение на всю конструкцию в целом.

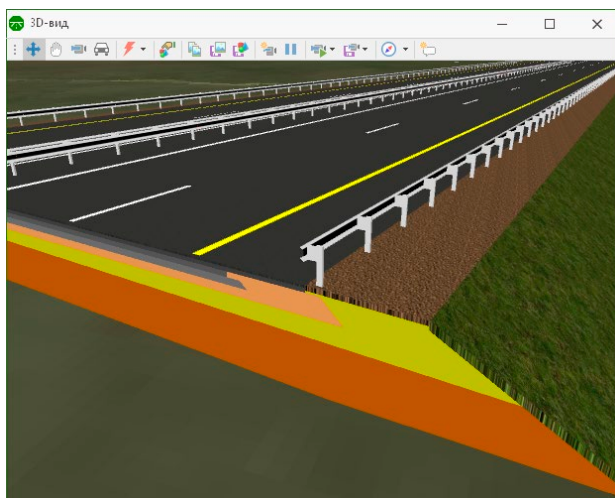


Рис. 1 Пример изображения цифровой модели дорожной одежды в программе IndorCAD

Основные перерабатываемые материалы, использующиеся в качестве вторичного сырья в конструировании слоев:

- бетон;
- асфальт;
- резина или шины;
- пластик и стекло и др [1].

К примеру, переработанная резина и шины в проектировании верхних слоёв дорожной одежды используются в шумопоглощающей технологии.

Применение экологически чистых шумопоглощающих материалов помогает уменьшить шум от автомобильного движения. Это является очень важным аспектом для экологической составляющей ресурсосбережения.

Также старый асфальт за счёт измельчения специализированной техникой может использоваться для сберегающих целей. Его роль заключается в замене гранулята [1,5-6].

Закладывание переработанного асфальтобетона позволяет сберечь ресурсы при реконструкции/капитальном ремонте автомобильной дороги.

Не менее важной может быть технология проектирования дорожных одежд с оптимизацией слоев. Отличие от прошлой заключается в создании абсолютно новых типов конструкций дорожных одежд, а не использования прошлых материалов.

Примером может послужить технология конструирования «вечных» дорожных одежд [7].

Основой для данной идеи стало использование материалов с более высоким модулем жесткости, который максимально продлит срок службы дорожной одежды.

«вечные» дорожные одежды были устроены из основных 4 слоёв:

- первый (верхний) слой состоит из высокопористого асфальтобетона на резинобитумном вяжущем.

Толщина слоя - 2,5 см. Слой выполняет шумопоглощающую роль, а также осуществляет сцепление колес авто с поверхностью. Средний безремонтный срок эксплуатации данного слоя 7-8 лет. При особой нагруженности на сооружение составляет пять лет;

- Вторым слоем будет асфальтобетон с содержанием 4,7% высокоэластичного вяжущего.

Толщина слоя – 7,5 см. Этот слой должен обеспечивать хорошее сопротивление накоплению остаточных деформаций. Для смеси выбран битум, модифицированный полимером. После уплотнения воздушная пористость данного слоя должна составлять 6%;

- асфальтобетонный слой толщиной 15 см, содержащий 4,7% весьма вязкого битума, будет третьим по счёту.

Его роль заключается в распределении давления и потому должен иметь высокий модуль упругости. Для смеси используется особое вяжущее - битум, имеющий вязкость 8000 ± 2000 П при 60°C. Воздушная пористость слоя совпадает с показателем для второго;

- Завершающим слоем планировался асфальтобетонный слой толщиной в 7,5 см на битуме марки AR-8000. Данный вид вяжущего нужен для восприятия растягивающего напряжения и противостояния усталости от действия повторных нагрузок. Данный слой содержит больше битума, чем остальные (5,2%) и имеет наименьшую пористость – 3%. Расположение слоя продумано так, чтобы никакие деформации не действовали на него.

Проектирование таких одежд позволило увеличить сроки эксплуатации дорог, а усталость и истираемость материалов снизились. [7].

Таким образом, эффективность применения ресурсосберегающих технологий при проектировании дорожных одежд зависит от оптимизации материалов и методов конструирования.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Логвинов, П. Р. Ресурсосберегающие технологии в дорожном

строительстве / П. Р. Логвинов, С. А. Гнездилова, А. А. Фотиади // Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова : Сборник докладов, Белгород, 20–21 мая 2024 года. – Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2024. – С. 135-139.

2. Логвинов, П. Р. Современные технологии изысканий автомобильных дорог / П. Р. Логвинов // Образование. Наука. Производство : Сборник докладов XV Международного молодежного форума, Белгород, 23–24 октября 2023 года. – Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2023. – С. 81-86.

3. Носов, В. П. Учёт влияния региональных природных особенностей на расчётные характеристики грунтов при проектировании дорожных одежд / В. П. Носов, С. А. Гнездилова // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2010. – № 1. – С. 18-21.

4. Логвинов, П. Р. Применение BIM-моделей в дорожном строительстве / П. Р. Логвинов // Образование. Наука. Производство : Сборник докладов XVI Международного молодежного форума, Белгород, 30–31 октября 2024 года. – Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2024. – С. 70-74.

5. Белоцерковская, О. С. Строительство дорог из переработанных отходов / О. С. Белоцерковская // ИНДУСТРИАЛЬНАЯ РОССИЯ: ВЧЕРА, СЕГОДНЯ, ЗАВТРА : Сборник научных статей по материалам VI Международной научно-практической конференции, Уфа, 31 августа 2021 года. – Уфа: Общество с ограниченной ответственностью "Научно-издательский центр "Вестник науки", 2021. – С. 66-71.

6. Пименов, А. Т. Применение шлаковых заполнителей в составе асфальтобетона для повышения долговечности дорожных покрытий / А. Т. Пименов, В. С. Прибылов // Вестник Сибирского государственного автомобильно-дорожного университета. – 2019. – Т. 16, № 6(70). – С. 766-779.

7. Гнездилова, С. А. Проектирование вечных дорожных одежд / С. А. Гнездилова, А. А. Фотиади, П. Р. Логвинов // Наукоемкие 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. 973-976.

ПРИМЕНЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В ПРОЕКТИРОВАНИИ ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

XXI век, конечно же, является веком технологий. Общество перешло от индустриального к постиндустриальному устройству.

Во всех сферах внедряется применение информационных технологий. Вычислительные машины являются незаменимым помощником в производстве. На сегодняшний день невозможно представить любой труд без компьютера [1].

Сфера строительства не является исключением. Само понятие может включать в себя несколько элементов. Строительство промышленной инфраструктуры, жилищной, культурно-социальной, городской территории и т.д.

Всё это должно быть связано, осуществлением этой задачи занимается транспортное строительство.

Данная сфера включает в себя возведение как самих дорог, так и транспортной инфраструктуры (ТИ). Сегодня проведение данных работ не возможно представить без использования специального программного обеспечения. Одним из этапов строительства ТИ является проектирование сооружений.

Конечно, и в этом направлении технологии ушли очень далеко по сравнению с прошлым столетием. Проектирование транспортной инфраструктуры является одной из ключевых задач современного градостроительства. Правильное сооружение транспортных объектов позволяет обеспечивать связь между городскими районами, регионами и странами, что в свою очередь очень хорошо влияет на логистику и экономику. Также играет важную роль в обеспечении мобильности населения и развитии бизнеса [1].

До использования информационных технологий встречался ряд проблем, включающий в себя ошибочность расчётов, плохую интеграцию специалистов в работу, возможные ошибки в решении проблем безопасности и экологии после возведения объекта [1-3].

Скачок в развитии цифровых технологий открывает новые возможности для решения указанных проблем.

Человечество получило возможность моделировать среду объекта,

определять вышеуказанные проблемы и создавать более надежные конструкции.

Одной из важнейших технологий, применяемых в проектировании ТИ является внедрение геоинформационных систем (GIS) [1]. Данная технология позволяет осуществлять привязку объекта в начальных этапах. Проведение изыскательских работ с внедрением этих систем значительно упростилось. Данные, получаемые в ходе проведения изысканий с помощью GIS могут интегрироваться в специальные программные обеспечения и создавать среду местности для ТИ (Рис. 1) [2].

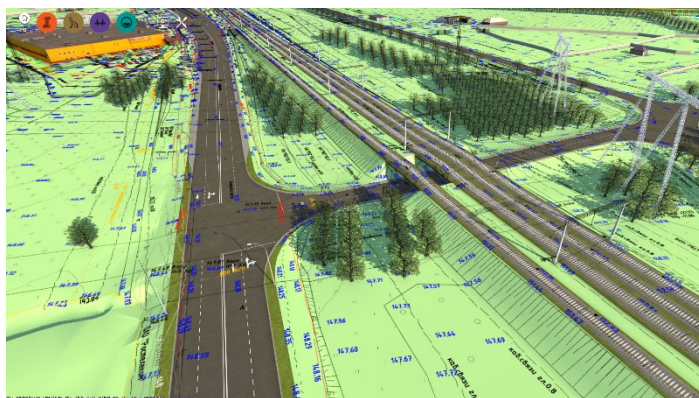


Рис. 1 Цифровая модель местности, создаваемая при помощи GIS в период проведения изысканий

Преимущества проектирования ТИ при помощи информационных моделей:

- сокращение сроков реализации проекта;
- повышение качества проектирования;
- снижение затрат на проведение строительства и последующей эксплуатации ТИ;
- повышение безопасности ТИ за счёт углубленного анализа надёжности объекта [2].

Объединение данных с различных этапов создания проекта в информационной модели повышает эффективность и производительность.

Помимо GIS основной технологией в проектировании ТИ является сама информационная модель.

Информационное моделирование зданий (BIM) — это цифровое представление физических и функциональных характеристик объекта.

BIM — это единая система знаний для получения информации об объекте. Она служит надежной основой для принятия решений в разные этапы жизненного цикла объекта, который является полным процессом от концепции до ввода полного технического обслуживания готового объекта [2].

Основные функции BIM-моделей:

- проектирование в трёхмерном пространстве;
- симуляция и анализ строительных процессов;
- планирование и контроль над процессом строительства;
- интеграция данных;
- упрощение эксплуатации и технического обслуживания объекта

[2-3,5].

Главным преимуществом информационных моделей является интеграция всех данных для создания объекта. Сегодня не нужно по результатам всех изыскательских, предварительных и других работ самостоятельно делать модель в натуре. Всё описанное можно объединить в информационную модель, которая полностью опишет жизненный цикл проектирования и строительства ТИ.

По результатам работы с информационной моделью получается трёхмерное изображение объекта транспортной инфраструктуры (Рис. 2) [2].

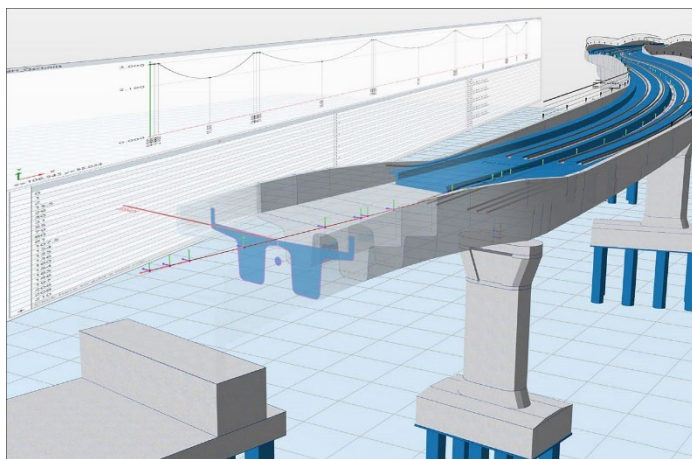


Рис. 2 Пример изображения трёхмерной модели BIM

Знаменитыми примерами создания полной цифровой модели транспортной инфраструктуры объекта можно назвать крымский мост (Рис. 3) и автомагистраль М11 «Нева».

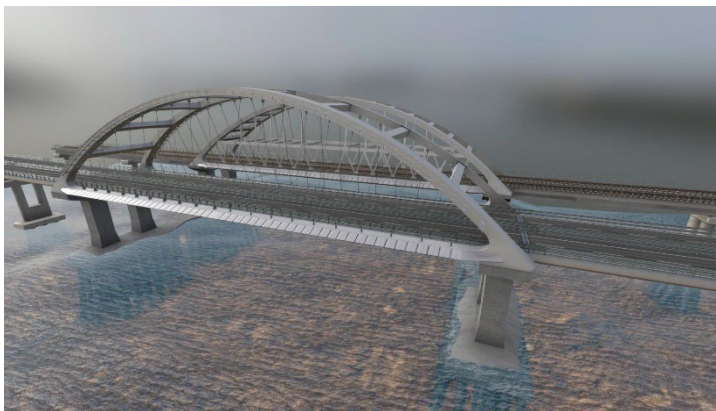


Рис. 3 Пример изображения BIM-модели крымского моста

Моделирование моста с использованием трехмерных компьютерных симуляций позволило выявить потенциальные зоны риска, провести тесты на нагружение конструкции и минимизировать влияние человеческого фактора на качество исполнения проекта. Благодаря этому были предотвращены возможные аварии и существенно снижены затраты на ремонт и обслуживание моста в будущем.

В проектировании ТИ включается не только создание моделей сооружений, но и нанесении разметки, знаков, создание объектов обслуживания и зон отдыха.

В БГТУ им. В.Г. Шухова обучение по данному направлению производится как на цифровой кафедре, так и на кафедре АЖД им. А.М. Гридчина.

Недостатками применения BIM на сегодняшний день можно назвать:

- недостаточное количество квалифицированных специалистов;
- высокая стоимость применения технологии;
- малая интеграция программы с нормативной документацией региона [2,5].

Таким образом, данная статья направлена на изучение влияния информационных технологий (BIM, GIS и др. [1]) на процесс проектирования транспортной инфраструктуры и выявление факторов, способствующих успешному применению данных технологий в существующих и предполагаемых объектах.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Логвинов, П. Р. Современные технологии изысканий автомобильных дорог / П. Р. Логвинов // Образование. Наука. Производство : Сборник докладов XV Международного молодежного форума, Белгород, 23–24 октября 2023 года. – Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2023. – С. 81-86.

2. Логвинов, П. Р. Применение BIM-моделей в дорожном строительстве / П. Р. Логвинов // Образование. Наука. Производство : Сборник докладов XVI Международного молодежного форума, Белгород, 30–31 октября 2024 года. – Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2024. – С. 70-74.

3. Логвинов, П. Р. Повышение надежности автомобильных дорог при проектировании / П. Р. Логвинов // Образование. Наука. Производство : Сборник докладов XVI Международного молодежного форума, Белгород, 30–31 октября 2024 года. – Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2024. – С. 66-70.

4. Носов, В. П. Учёт влияния региональных природных особенностей на расчётные характеристики грунтов при проектировании дорожных одежд / В. П. Носов, С. А. Гнездилова // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2010. – № 1. – С. 18-21.

5. Гайлитис, Д. И. BIM-технологии в проектировании автомобильных дорог / Д. И. Гайлитис, В. С. Гайлитис // Инновации в строительстве - 2023 : Материалы международной научно-практической конференции, Брянск, 06–08 апреля 2023 года / Редакционная коллегия: Н.П. Лукутцова [и др.]. – Брянск: [б.и.], 2023. – С. 267-270.

Мамедов А.П., Бредихин В.Е.

Научный руководитель: Проценко А.М., асс.

Белгородский государственный технический университет

им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ СРЕДСТВ

В последние десятилетия беспилотные летательные средства (БПЛА) стали неотъемлемой частью современного технологического ландшафта, демонстрируя впечатляющий рост и развитие. Значение БПЛА в современном мире сложно переоценить. Они позволяют значительно повысить эффективность выполнения множества задач, обеспечивая доступ к труднодоступным местам, собирая данные с высоты и выполняя операции, которые ранее требовали значительных затрат времени и ресурсов. В сельском хозяйстве дроны используются для мониторинга состояния посевов, в строительстве — для инспекции объектов, а в логистике — для быстрой доставки товаров.

В связи с этим совершенствование технологий и методов применения становится актуальной задачей, способствующей их интеграции в повседневную жизнь и экономику.

Беспилотные летательные аппараты, широко известные в разговорной речи как дроны или беспилотники, представляют собой сложную технологическую систему, предназначенную для выполнения разнообразных заданий в разных условиях эксплуатации.

В научной литературе и официальных источниках их определяют с учетом различных аспектов, что позволяет выявить их многообразие и функциональные возможности. Согласно определению, утвержденному Ассамблеей Международной организации гражданской авиации, беспилотное воздушное судно — это летательное средство, которое управляется без экипажа на борту, дистанционно из наземных, космических или иных систем, либо полностью автономно.

В более узком контексте чаще всего под БПЛА подразумевается устройство, лишенное экипажа и предназначенное для выполнения разных миссий без участия человека на борту. Современные образцы беспилотных летательных аппаратов обладают рядом характеристик, которые делают их востребованными в различных сферах. К числу этих достоинств относятся: высокая мобильность, необходимо меньше времени на подготовку к взлету, а также увеличенные дальность, высота и продолжительность полетов.

Одной из важных технических особенностей является простота в управлении, что выполняет сложные задачи даже при минимальной подготовке оператора. Высокое качество видеосъемки, а также использование разнообразных сенсоров, камер, радиолокационных систем. Дополнительное оснащение вооружением делают беспилотники многогранными и эффективными средствами для выполнения широко спектра задач.

Преимуществом беспилотных летательных аппаратов является их работоспособность в условиях, неподходящих для человека. Это расширяет спектр их применения, позволяя выполнять задачи в условиях высокой радиации, экстремальных температур или в опасных зонах.

Среди типов конструкций БПЛА выделяются квадрокоптеры, мультикоптеры, а также аппараты вертолетного и самолетного типа. Эти устройства различаются по размеру, начиная от нескольких миллиметров и достигая нескольких метров, что обусловлено целевым назначением и специфическими требованиями к выполняемым задачам. Размер и конструктивные особенности определяют функциональные возможности каждого конкретного типа квадрокоптера.

Так, устройство, предназначенное для выполнения воздушных съемок или ориентированных задач на среднем расстоянии, не сможет успешно функционировать в рамках тех же целей, что и более крупный аппарат, предназначенный для перевозки грузов или патрульных задач.

[1]

В 1917 году был создан первый в мире беспилотный летательный аппарат Kettering Bug изобретателем их Америки Арчибальдом Маклишем (рис.1).

Аппарат применялся во время Первой мировой войны для бомбардировки целей. Также в 1917 году доктор Питер Купер и Элмер Сперри изобрели автоматический гиростабилизатор (гироскоп), который удерживал заданное направление полета самолета. В результате данной разработки учебный самолет Curtiss N-9 модернизировали в первую беспилотную летающую бомбу.



Рис.1 Воздушная торпеда Кеттеринга

Далее в сентябре 1924 года, в связи со стремительным развитием авиации и радио, позволило модернизировать гидросамолёт Curtiss F-5L. Это позволило совершить первый целиком радиоуправляемый полёт, включавший взлёт, маневрирование и посадку на воду. Также известна беспилотная крылатая ракета Фау-1, показавшая перспективу массового применения беспилотных летательных аппаратов в боевых действиях.

Современные БПЛА тоже сейчас часто используют в военной сфере, ярким примером можно назвать применение БПЛА в зоне специальной военной операции. Но помимо военного дела в современном мире стали видеть более перспективные сферы деятельности. Например, в Арабских Эмиратах сейчас применяют БПЛА для доставки малых грузов. А в США используют агродроны [2].

Также у БПЛА есть множество технических недостатков таких как: Ограничение по количеству энергии и необходимость в частой замене батарей или генераторов, что ограничивает время полета и дальность. Уязвимость каналов связи, что влечет за собой возможное заглушение сигнала, его перехват и даже подмену. Для беспрепятственного управления беспилотником требуется канал связи высокой пропускной способности, который сложно организовать в реальных условиях применения БПЛА[3-4]

Направления развития беспилотных летательных аппаратов на данный момент можно считать увеличение автономности для расширения возможностей и сфер их применения. Разработка ёмких батарей и применения альтернативных источников энергии. Развитие мультироторных систем позволяет повысить стабильность полёта, увеличить грузоподъёмность и расстояния полёта, а также расширяет сферу применения.

Разработка инновационных систем и алгоритмов автоматического управления, навигации улучшает точность, стабильность и манёвренность полёта, обеспечивает безопасность и эффективность работы в случае потери сигнала.

Применение новых композиционных материалов и новых технологий позволяет увеличить прочность и вес конструкции, что увеличивает грузоподъёмность, уменьшает расход энергии и повышает стабильность полёта. Развитие систем коммуникаций и сетей связи позволяет эффективно управлять и координировать сразу несколько БПЛА. Инновационные разработки открывают новые возможности в области разведки, мониторинга, связи и транспортировки.

Гибридные беспилотники сочетают в себе множество плюсов мультироторных и фиксированных крыльев, обладая высокой маневренностью и скоростью полета (рис.2).



Рис.2 Гибридный беспилотник Griffion H, новейший гидролокатор от компании MMC UAV

Развитие гибридных систем направлено на повышение эффективности полета, расширение возможностей и сферы применения в различных ситуациях.[5] Эти направления играют ключевую роль в расширении сфер применения дронов как в военных, так и в гражданских целях.

Перспективы развития беспилотников являются, чуть ли не одной из самых главных в глобальном масштабе. С каждым годом наблюдается рост интереса к БПЛА, что связано с их способностью выполнять задачи, которые ранее требовали значительных затрат времени и ресурсов. В заключение хотелось бы сказать, что мы призываем ученых, инженеров и предпринимателей объединить усилия ради развития данной технологии, ведь, как мы убедились ранее, еще много предстоит сделать в данной отрасли, и все это безусловно повлияет на дальнейшую судьбу человечества.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кондратьева А. М. Современное применение беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) // Право и управление. 2024. №6. [Электронный ресурс]. URL: <https://cyberleninka.ru> (дата обращения: 22.05.2025).
2. Фомичёв М. А. История создания и развития беспилотных летательных аппаратов // Симпозиум конвергентных исследований. 2023. №1. [Электронный ресурс]. URL: <https://cyberleninka.ru> (дата обращения: 26.05.2025).
3. Варламов, А. С. Перспективы развития систем и средств комплексов с беспилотными летательными аппаратами / А. С. Варламов, А. В. Седых, Д. С. Бачурин. — Текст: непосредственный // Молодой ученый. — 2023. — № 47 — С. 25-27. — URL: <https://moluch.ru/archive/494/108015/> (дата обращения: 26.05.2025)
4. Методические рекомендации по практике применения беспилотных летательных аппаратов, а также противодействие им в современных условиях [Электронный ресурс]. URL: <https://t91366i.dou> (дата обращения: 10.05.2025).
5. Совершенствование и кастомизация малых автономных транспортных средств коптерного типа для решения специальных задач отраслевого мониторинга и диагностики / А. Е. Наумов, С. Ю. Лозовая, С. И. Анциферов [и др.] // СТИН. – 2024. – № 9. – С. 37-40.

УДК 656.11

Марков А.А.

Научный руководитель: Дуганова Е.В., канд. техн. наук, доц.
*Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

ИСТОРИЯ И РАЗВИТИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТРАНСПОРТА

Электромобили на протяжении долгого времени воспринимались как революционная и перспективная альтернатива бензиновым автомобилям. Сегодня, в свете проблем изменения климата, ухудшающейся экологии и поисков устойчивых источников энергии, интерес к электрокарам переживает настоящий ренессанс [3].

Однако мало кто знает, что история электрического транспорта начинается не с конца XX века, а с конца XIX века. Когда первые изобретатели и инженеры начали разрабатывать электродвигатели и

транспортные средства на электрической тяге, электричество только начинало применяться в технических устройствах.

Возвращение к электромобилям сегодня – это не просто технологический тренд, но и результат многолетних поисков, которые начались более века назад. Ранние разработки электромобилей были тесно связаны с развитием науки и техники того времени: электричество, только что открытое как источник энергии, стало новым инструментом для создания альтернативных способов передвижения.

Однако в истории электрического транспорта было множество подъемов и падений, и лишь сейчас, в XXI веке, мы снова приближаемся к массовому использованию электромобилей. История электромобилей – это также история борьбы технологий, которые играли решающую роль в экономическом и социальном развитии стран [2].

В начале XIX века электромагнитные явления только начинали привлекать внимание ученых и изобретателей. Одним из первых таких был итальянский ученый Алессандро Вольта, который в 1800 году создал первую химическую батарею – гальванический элемент [7].

Это открытие стало основой для последующих экспериментов с электричеством, а также открыло путь к созданию первых электрических двигателей и электрического транспорта. Однако первым, кто применил электрические технологии для перемещения объектов, стал американский изобретатель Томас Дэвенпорт, в 1835 году он сконструировал одно из первых транспортных средств, оснащенное электрическим двигателем.

Важным шагом к появлению первых электромобилей стало изобретение электрического трамвая Вернером Сименсом в 1879 году в Германии.

Это транспортное средство использовало рельсы и было оснащено электродвигателем, что позволило обеспечить стабильное движение по заданной траектории.

Появление таких изобретений показало, что электрическая тяга могла быть использована для массового транспорта в городах [1].

Также стоит отметить вклад французского инженера Гастона Планте, который в 1859 году создал первую перезаряжаемую свинцово-кислотную батарею, это изобретение позволило накопление энергии, необходимое для транспортных средств на электрической тяге.

Французский инженер Камиль Форе позднее усовершенствовал конструкцию Планте, сделав батарею более пригодной для практического использования. Таким образом, к 1880-м годам

существовали уже все необходимое для создания первых полноценных электромобилей.

В 1881 году французский инженер Густав Труве продемонстрировал на Всемирной выставке в Париже электрический трицикл, созданный на базе велосипедной рамы, в котором использовался компактный электродвигатель и свинцово-кислотная батарея.

Этот эксперимент вдохновил другие страны на разработку собственных моделей, и вскоре появился первый электромобиль в Великобритании. Одним из наиболее известных ранних электромобилей стал прототип американского изобретателя Уильяма Моррисона, построенный в 1890 году, он представлял собой экипаж с электроприводом, вмещающий шесть пассажиров, и мог развивать скорость до 20 км/ч.

На Всемирной выставке в Париже в 1889–1890 годах были представлены несколько электрических автомобилей, произведённых как французскими, так и немецкими инженерами [8].

Эти машины вызвали восторг публики, особенно за их отсутствие шума, запаха и вибраций по сравнению с паровыми и бензиновыми аналогами. В начале XX века в США началось массовое производство электрических автомобилей.

Электромобили начали использоваться в общественном транспорте и почтовой службе, в Нью-Йорке и Бостоне электромобили применялись для доставки писем и грузов, благодаря их надёжности и экологичности [1]. К 1912 году на улицах американских городов работало около 30 тысяч электрических транспортных средств.

В начале XX века газеты публиковали статьи, в которых утверждалось, что за электротранспортом – будущее. Однако, несмотря на успехи, уже в 1910-х наметились признаки ослабления позиций электромобилей на рынке. Медленное развитие технологий аккумуляторов и ограниченный запас хода стали сдерживающими факторами. Бензиновые автомобили стремительно дешевели благодаря массовому производству на конвейере, введённому Генри Фордом в 1908 году [6].

Несмотря на ранний успех, к 1920-м годам интерес к электрическому транспорту начал стремительно снижаться [5].

Основной причиной стала бурная индустриализация производства бензиновых автомобилей, инициированная Генри Фордом с запуском конвейерной сборки в 1908 году. Модель Ford T стала доступной массовому потребителю, её стоимость упала с \$850 в 1908 году до менее чем \$300 к 1925 году [6].

В то же время электрические автомобили оставались дорогими, малосерийными и не предназначенными для загородных поездок.

Другое ключевое ограничение электромобилей – ограниченный запас хода и сложность зарядки. Типичный электромобиль начала XX века мог проехать около 50–80 км на одном заряде, тогда как бензиновые машины имели дальность в два-три раза больше.

Это делало электрический транспорт непрактичным за пределами городов, особенно в сельской Америке, где зарядных станций не существовало. Кроме того, время полной зарядки батарей составляло от 6 до 8 часов, в то время как заправка бензином занимала несколько минут. Энергетическая инфраструктура США того времени ещё не была полностью электрифицирована, особенно за пределами крупных городов [5].

Развитие дорожной инфраструктуры также сыграло против электрических машин. В 1916 году в США была принята федеральная программа по строительству шоссе дорог, что способствовало росту числа междугородних поездок. Такие условия идеально подходили для бензиновых машин, но были недоступны для ограниченных в радиусе действия электрокаров.

На протяжении следующих десятилетий электромобили практически исчезли из поля зрения широкой публики. В 1950-х и 1960-х годах они упоминались в контексте научных проектов, но не воспринимались как серьёзная альтернатива бензину. Даже энергетические кризисы 1970-х годов не смогли вернуть электрический транспорт в массовый оборот, поскольку технологии аккумуляторов оставались слишком слабыми. Только в конце XX века, с началом дискуссий о глобальном потеплении, загрязнении воздуха и истощении ресурсов, идея электрического транспорта получила второе дыхание.

Настоящий прорыв произошёл в начале XXI века благодаря инновациям в аккумуляторных технологиях, в частности развитию литий-ионных батарей. Эти батареи были значительно легче, долговечнее и энергоёмкими по сравнению с предыдущими свинцово-кислотными аналогами. Именно литий-ионная технология позволила сделать современные электромобили по-настоящему практичными.

В 2008 году компания Tesla Motors, основанная Илоном Маском и Мартином Эберхардом, выпустила Tesla Roadster – первый электромобиль с литий-ионной батареей и запасом хода более 300 км. Это доказало, что электромобиль может быть не просто экологичным, но и привлекательным, быстрым и престижным. Tesla стала пионером новой волны электромобилей, вызвав интерес как у автопрома, так и у потребителей

На фоне роста беспокойства по поводу изменения климата электромобили начали рассматриваться как ключевой инструмент снижения углеродного следа. Правительства по всему миру начали внедрять программы поддержки: налоговые льготы, субсидии на покупку, инвестиции в зарядную инфраструктуру [3].

К 2020 году такие страны, как Норвегия, достигли доли продаж электромобилей выше 50% от общего объема новых автомобилей.

Почти все крупные автопроизводители начали разработку собственных электромобилей: Nissan Leaf (2010), BMW i3 (2013), Chevrolet Bolt (2016), Porsche Taycan (2019) и другие. Развитие сетей быстрой зарядки, таких как Tesla Supercharger и Ionity в Европе, сделало дальние поездки на электромобиле возможными и удобными [4].

Вопрос экологии, энергобезопасности и устойчивого развития делает электрический транспорт одним из главных технологических приоритетов XXI века.

С каждым годом электромобили становятся дешевле, доступнее и технологически совершеннее. Процесс, начавшийся с экспериментальных прототипов XIX века, превратился в глобальную трансформацию транспортной системы планеты.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. AmericaontheMove [Электронный ресурс]. – URL: <https://americanhistory.si> (дата обращения 02.05.2025)
2. Formula One: Don't write off Mercedes, Schumacher says [Электронныйресурс]. – URL: <https://www.autoweek.com> (дата обращения 30.04.2025)
3. IEA - GlobalEVOutlook 2023 [Электронный ресурс]. – URL: <https://trendwave.io> (дата обращения 01.05.2025)
4. Tesla: история создания и успеха Tesla [Электронный ресурс]. – URL: <https://tesla-motor.ru/> (дата обращения: 30.04.2025).
5. The History of the Electric Car [Электронныйресурс]. – URL: <https://www.energy.gov> (дата обращения: 01.05.2025).
6. TheModelT [Электронный ресурс]. – URL: <https://corporate.ford.com> (дата обращения: 01.05.2025).
7. Вольта Алессандро says [Электронный ресурс]. – URL: <https://bigenc.ru> (дата обращения 30.04.2025)
8. Рулькина, А. В. IV Всемирная выставка в Париже 1889 года: как Париж удивлял мир, а мир удивлял Париж / А. В. Рулькина, Е. В. Мартемьянова, Н. А. Щеглова, В. Н. Токарева. — Текст:

непосредственный // Юный ученый. — 2018. — № 1 (15). — С. 15-19. — URL: <https://moluch.ru> (дата обращения: 01.05.2025).

9. Шаркова А.В. Романов А.С. Капустина М.Д. Состояние и перспективы развития рынка электротранспорта в мире // Международный научный журнал. 2024. № 3(66). С. 30-39

10. Кущенко С.В. Днистренко Н.С. История и развитие Автомобильного транспорта // современные автомобильные материалы и технологии (самит - 2019) (XI Международной научно-технической конференции. 2019): Издательство: Юго-Западный государственный университет (Курск), 2019. С. 79-81

УДК 656.11

Марков А.А.

*Научный руководитель: Дуганова Е.В., канд. техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ И ИНОВАЦИИ В ЭЛЕКТРОМОБИЛЯХ

Электромобили стали символом устойчивого будущего транспорта в эпоху климатических изменений [5]. За последние два десятилетия они прошли путь от нишевой технологии до массового продукта, поддерживаемого государствами, корпорациями и потребителями.

Основным двигателем этого роста выступают технологические инновации в аккумуляторах, зарядной инфраструктуре и цифровом управлении транспортом [8].

Технологическая конкуренция между компаниями Tesla, BYD, Volkswagen и стартапами стимулировала резкое ускорение разработок. Разработка электрических транспортных средств (ЭТС) становится частью более широкой трансформации энергетики, инфраструктуры и городской среды.

Электрические транспортные средства подразделяются на несколько категорий в зависимости от источника энергии, архитектуры и функциональных особенностей [4].

Наиболее распространённым типом является BEV (Battery Electric Vehicle) – полностью электрическое транспортное средство, использующее только аккумуляторы и электродвигатель. Примеры таких машин включают Tesla Model 3, Nissan Leaf и Volkswagen ID.4 [1]. Они не имеют выхлопной системы и не потребляют топливо, что

делает их экологически предпочтительными [3].

PHEV (Plug-in Hybrid Electric Vehicles) сочетают электродвигатель и двигатель внутреннего сгорания, при этом могут проезжать определённое расстояние исключительно на батарее [6]. Известные модели – Toyota Prius Prime и Mitsubishi Outlander PHEV. Они подходят для водителей, которым нужна гибкость дальних поездок, но с возможностью ежедневной езды без топлива.

HEV (Hybrid Electric Vehicles) не требуют подзарядки от сети: они используют рекуперацию и ДВС для зарядки встроенной батареи [4]. Классический пример – Toyota Prius первого поколения. Такие автомобили обеспечивают топливную экономичность, но не предлагают полноценного электрического режима.

FCEV (Fuel Cell Electric Vehicles) работают на водороде, преобразуя его в электричество с помощью электрохимической реакции в топливных элементах. Водородные авто, такие как Toyota Mirai и Hyundai Nexo, отличаются быстрым временем заправки и большой дальностью хода. Однако развитие их инфраструктуры тормозит массовое внедрение [5].

Помимо легковых авто, существует специализированный электротранспорт: электробусы, электрогрузовики и двухколёсные средства (электровелосипеды, скутеры). Например, компания BYD производит электрические автобусы для городов по всему миру. Электрические грузовики, такие как Tesla Semi и Volvo FE Electric, находят применение в логистике и «последней миле».

Архитектурно разные типы ЭТС используют различные шасси, расположение аккумуляторов и трансмиссию. Например, «skateboard» платформа от Rivian или GM Ultium позволяет интегрировать батареи в пол и изменять конфигурацию кузова.

Батареи являются критическим элементом любого электромобиля, определяя запас хода, стоимость, безопасность и время зарядки [4]. Наиболее распространённой сегодня технологией являются литий-ионные аккумуляторы, которые предлагают высокую плотность энергии и долгий срок службы [8].

С 2010 года стоимость литий-ионных батарей снизилась более чем на 85% благодаря массовому производству и инновациям в химии элементов. Tesla и Panasonic внедрили цилиндрические ячейки 2170 и 4680, обеспечивая более высокую плотность на единицу объёма.

Альтернативные технологии развиваются стремительно: твердотельные батареи (solid-state) обещают более высокий уровень безопасности и плотности энергии, исключая использование жидкого электролита. Toyota, QuantumScape и другие стартапы активно

инвестируют в эту область, но промышленное производство пока ограничено. Другие перспективные направления – натрий-ионные аккумуляторы, которые дешевле литиевых и не зависят от редкоземельных металлов.

Китайская компания CATL уже выпустила первую коммерческую модель такой батареи в 2023 году. Графеновые батареи исследуются как альтернатива, способная к сверхбыстрой зарядке и высокой долговечности. Хотя массовые решения пока не внедрены, экспериментальные образцы уже демонстрируют превосходство по скорости зарядки.

Эффективность работы батареи зависит от системы управления аккумулятором (Battery Management System, BMS), регулирующей заряд, температуру и предотвращающей перегрев. Также производители применяют жидкостное охлаждение, активные терморегуляторы и защитные алгоритмы.

Проблема утилизации и вторичного использования батарей становится всё более актуальной – так, Volkswagen, Redwood Materials и другие компании запускают перерабатывающие циклы. Некоторые батареи после автомобильного применения используются в стационарных хранилищах энергии. Таким образом, батарейные технологии – это быстро развивающаяся область с ключевым влиянием на цену, эффективность и экологичность электромобилей [5].

Одной из главных преград массовому переходу на электромобили долгое время оставалась недостаточно развитая зарядная инфраструктура [5].

Существуют три основных типа зарядных станций: Level 1 (медленная, бытовая сеть 120 В), Level 2 (ускоренная, 240 В), и DC Fast Charging (быстрая постоянного тока) [2].

Level 1 используется в основном дома и требует до 20 часов на полную зарядку, тогда как Level 2 позволяет заряжать автомобиль за 4–8 часов. DC Fast Charging обеспечивает 80% заряд менее чем за час и активно внедряется на трассах и городских узлах [10].

Одним из новейших направлений стало внедрение умных сетей (smart grid), которые позволяют автомобилям взаимодействовать с электросетью. Vehicle-to-Grid (V2G) – технология двустороннего потока энергии между ЭМ и сетью – позволяет использовать авто как временное хранилище для стабилизации нагрузки.

Также развивается беспроводная зарядка на основе индукционных катушек, как в проектах WiTricity и Momentum Dynamics, особенно для автобусов и такси. В 2023 году в Швеции началось тестирование электрифицированных дорог, где зарядка происходит прямо во время

движения

Автономные технологии – ключевой элемент технологической эволюции электромобилей, обеспечивающий безопасность, удобство и экономию времени [9].

Общепринятая шкала автономности SAE делит транспорт на уровни от 0 до 5, где уровень 0 – полное отсутствие автоматизации, а 5 – полностью автономное вождение без участия человека. На практике сегодня используются уровни 2 и 3, включающие адаптивный круиз-контроль, удержание полосы и автоматическое торможение.

Основой автономного управления являются сенсорные системы: LiDAR (лазерный радар), камеры, радары и ультразвук.

LiDAR обеспечивает 3D-карту окружающей среды с высокой точностью, но стоит дорого и требует мощности. Камеры позволяют распознавать дорожные знаки, разметку и пешеходов, но ограничены в условиях плохой видимости.

Для обработки данных от сенсоров используются искусственный интеллект и машинное обучение, способные предсказывать поведение участников движения. Нейросети обучаются на миллионах километров данных с дорог и улучшают точность прогнозов.

Также применяются облачные системы, обеспечивающие постоянное обновление ПО и обмен данными между автомобилями. Примеры лидеров в автономной мобильности включают Tesla, чей Autopilot и Full Self-Driving применяет LiDAR и является пионером полностью автономных такси [7].

Будущее электромобилей связано с глубокими изменениями в технологиях, логистике и городской мобильности.

По оценкам Международного энергетического агентства, к 2030 году на дорогах будет более 240 миллионов электромобилей [5].

Рост будет подкреплён как государственной политикой (субсидии, запреты на ДВС), так и рыночными трендами.

Одним из ключевых направлений станет интеграция ЭМ с возобновляемыми источниками энергии, где автомобили играют роль мобильных хранилищ. Проекты Vehicle-to-Grid (V2G) и Vehicle-to-Home (V2H) позволяют электромобилю питать дом или возвращать энергию в сеть.

Модульная архитектура шасси станет стандартом – платформа типа "skateboard" упростит производство и позволит быстро создавать новые модели. Это даст преимущество компаниям, разрабатывающим программно-определяемые автомобили, где основное внимание уделяется не механике, а программному обеспечению. Tesla, Rivian, Lucid и другие уже активно применяют эту практику, превращая авто в

постоянно обновляемый цифровой продукт.

Биометрические и адаптивные интерфейсы (на основе ИИ) сделают взаимодействие с автомобилем персонализированным: система будет подстраиваться под водителя. Голосовое управление, отслеживание усталости, автоматическая регулировка сидений и климата на основе привычек водителя – всё это станет стандартом.

Материалы нового поколения, такие как углеродные нанотрубки и сверхлёгкие сплавы, позволят уменьшить массу автомобиля без потери прочности. Это увеличит эффективность батареи и увеличит запас хода.

Также появятся новые бизнес-модели, основанные на подписке на транспорт как услугу (Mobility-as-a-Service, MaaS), особенно в мегаполисах. Электромобили будут всё чаще использоваться в каршеринге, роботакси и логистике последней мили.

Таким образом, электромобили перестают быть просто транспортом – они становятся частью цифровой, энергетической и экологической экосистемы будущего [5]. Эволюция электромобилей демонстрирует стремительное слияние передовых технологий в области энергетики, программного обеспечения, автономных систем и материалов [5].

Современные электромобили представляют собой не просто средство передвижения, а многофункциональные интеллектуальные устройства, интегрированные в цифровую и энергетическую инфраструктуру. Развитие батарей, зарядной сети и ИИ-систем, в сочетании с государственной поддержкой, ускоряет переход к безуглеродной мобильности.

Будущее электромобилей уже наступило – и оно станет краеугольным камнем устойчивых городов XXI века.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Battery Electric Vehicle (BEV) или классический электромобиль [Электронный ресурс]. – URL: <https://xn--80ajhbc1bp1czc.xn> (дата обращения 30.04.2025)
2. Electric Vehicle Charging Stations [Электронный ресурс]. – URL: <https://afdc.energy.gov> (дата обращения 01.05.2025)
3. ElectricVehicleMyths [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.epa.gov> (дата обращения 30.04.2025)
4. ElectricityBasics [Электронный ресурс]. – URL: <https://afdc.energy.gov> (дата обращения 01.05.2025)
5. IEA - GlobalEVO Outlook 2023 [Электронный ресурс]. – URL: <https://trendwave.io> (дата обращения 01.05.2025)

6. Plug-inHybrids [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.fueleconomy.gov> (дата обращения 30.04.2025)

7. Waymo запустит сервис самостоятельного вождения с роботом за рулем [Электронный ресурс]. – URL: <https://translated.turbopages.org> (дата обращения 01.05.2025)

8. Губенков А.О. Электромобили: гарантия экологической безопасности или миф? Утилизация литий-ионных аккумуляторов электромобилей проблема экологии или современной промышленности? // Автономная личность. 2022. №1 (27). С. 162-166.

9. Изучение вопросов, задач и последних разработок в области автономных автомобилей [Электронный ресурс]. – URL: <https://translated.turbopages.org> (дата обращения 01.05.2025)

10. Реальный срок службы батарей электромобилей по данным Recurrent Auto больше, чем ожидалось [Электронный ресурс]. – URL: <https://overclockers.ru> (дата обращения 01.05.2025)

11. Дуганова Е.В. Шевченко А.С. Значение электронных систем управления двигателем автомобиля для экологии // материалы Всероссийской (национальной) научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. Тюмень, 2020: Издательство: Тюменский индустриальный университет (Тюмень). С. 337-339.

УДК 656.078

Махонина К.А.

Научный руководитель: Лежнева Е.И., канд. техн. наук, доц.

Белгородский государственный технологический университет

им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ НА БЕЗОПАСНОСТЬ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ

Оценка эффективности инновационных технологий в автомобильной промышленности – это невероятно сложная задача, требующая комплексного анализа их влияния на многочисленные аспекты функционирования транспортной системы, и, прежде всего, на безопасность дорожного движения [1]. Снижение числа дорожно-транспортных происшествий (ДТП), уменьшение травматизма и смертности на дорогах – это глобальная цель, достижение которой напрямую зависит от успешного внедрения и повсеместного использования передовых технологических разработок в автомобилестроении. Мы стоим на пороге новой эры в автомобильной индустрии, эры беспрецедентного технологического прогресса,

движущей силой которого является стремление создать транспортные средства, отвечающие самым высоким стандартам безопасности, эффективности и экологичности. Этот стремительный технологический скачок знаменует собой радикальные изменения в подходе к проектированию, производству и эксплуатации автомобилей.

В центре этого процесса находятся инновационные технологии, которые сегодня являются неотъемлемой частью современных автомобилей. Можно выделить несколько ключевых групп таких технологий, каждая из которых вносит свой значительный вклад в повышение безопасности и эффективности транспортных средств.

- Первая группа — это системы помощи водителю (ADAS — Advanced Driver Assistance Systems) [2]. Эти системы разработаны для существенного улучшения безопасности дорожного движения путем минимизации влияния человеческого фактора и снижения вероятности возникновения аварийных ситуаций.

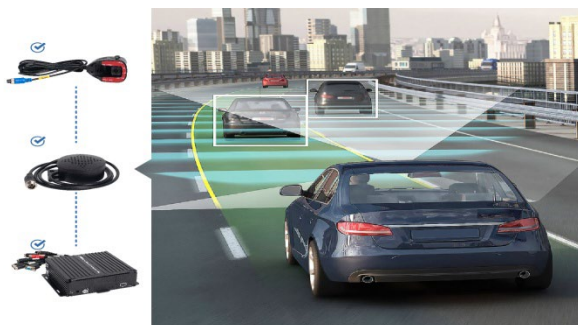


Рис 1. Система помощи Advanced Driver-Assistance Systems (ADAS)

Важно понимать, что ADAS — это не просто набор отдельных функций, а сложная интегрированная система, элементы которой взаимодействуют между собой, обеспечивая более высокий уровень безопасности, чем сумма отдельных компонентов.

ADAS охватывает широкий спектр функций, каждая из которых играет свою важную роль в предотвращении ДТП. Например, адаптивный круиз-контроль (ACC) автоматически регулирует скорость автомобиля в зависимости от скорости и дистанции до впереди идущего транспортного средства, поддерживая безопасную дистанцию и предотвращая столкновения. Система автоматического экстренного торможения (АЕВ) — это еще одна критически важная функция, которая автоматически активирует тормоза, если система обнаруживает угрозу столкновения, и может даже полностью предотвратить аварию или

существенно снизить ее тяжесть. Системы удержания полосы движения (LKA) помогают водителю оставаться на своей полосе, предупреждая его о непроизвольном съезде с помощью звуковых или визуальных сигналов. В более продвинутых системах LKA может даже автоматически корректировать рулевое управление, чтобы вернуть автомобиль на полосу.

Кроме того, ADAS включает в себя системы мониторинга слепых зон (BSM), которые предупреждают водителя о наличии транспортных средств в слепых зонах зеркал заднего вида, предотвращая столкновения при перестроении. Системы распознавания дорожных знаков (TSR) помогают водителю соблюдать установленные ограничения скорости и другие правила дорожного движения, снижая риск нарушения правил. Системы предупреждения о выходе из полосы движения (LDW) предупреждают водителя о непреднамеренном пересечении разметки, и, таким образом, снижают риск столкновений.

- Вторая группа инновационных технологий — это системы автономного вождения. Это наиболее передовые технологии, которые направлены на создание полностью беспилотных автомобилей, способных перемещаться без вмешательства человека [3]. Развитие систем автономного вождения находится на разных этапах, от частично автоматизированного вождения (например, автопилот Теслы) до полностью автономного вождения без участия человека. Эти системы используют множество датчиков, включая камеры, лидары, радары и GPS, для построения трехмерной карты окружающего пространства и принятия решений о движении. Несмотря на значительный прогресс в этой области, безопасность и надежность систем автономного вождения остаются предметом постоянного изучения и совершенствования. Ключевые вопросы безопасности связаны с обработкой сложных дорожных ситуаций, прогнозированием поведения других участников движения и обеспечением надежности работы всех компонентов системы в различных условиях.

- Третья группа инновационных технологий — это системы повышения эффективности двигателей и снижения выбросов вредных веществ. Стремление к экологически чистым транспортным средствам привело к разработке гибридных и электрических автомобилей, а также к совершенствованию двигателей внутреннего сгорания с целью снижения их топливного потребления и выбросов. Эти технологии не только способствуют охране окружающей среды, но и повышают экономическую эффективность эксплуатации автомобилей. Разработка новых материалов, улучшение аэродинамики кузова и оптимизация работы трансмиссии — все это направлено на повышение

эффективности использования топлива и снижение негативного воздействия автомобилей на окружающую среду.

- Четвертая группа – это системы повышения комфорта и удобства для водителя и пассажиров. Сюда относятся системы климат-контроля, системы мультимедиа, системы помощи при парковке, а также системы, обеспечивающие комфортное и безопасное передвижение пассажиров. Хотя эти системы не так непосредственно связаны с безопасностью дорожного движения, как ADAS или системы автономного вождения, они все же играют важную роль в повышении комфорта и удобства использования автомобиля, что косвенно влияет на безопасность, так как снижает утомляемость водителя и повышает его концентрацию внимания.

Оценка эффективности инновационных технологий в автомобильной промышленности представляет собой сложный и многоэтапный процесс, требующий глубокого анализа данных, проведения специализированных исследований в области безопасности и учета множества взаимосвязанных факторов. Этот процесс не может быть сведен к простой демонстрации технических характеристик; он предполагает всестороннее понимание влияния новых технологий на различные аспекты автомобильного производства, эксплуатации и взаимодействия с окружающей средой [4]. Только комплексный подход, учитывающий все аспекты влияния инновационных технологий – технические, экономические, социальные, экологические и нормативно-правовые – позволит оценить их реальный вклад в повышение безопасности и эффективности автомобильного транспорта, а также определить перспективы их дальнейшего развития и внедрения. Игнорирование хотя бы одного из этих аспектов может привести к искажению результатов оценки и принятию неверных управленческих решений.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Новописный, Е. А. Безопасность транспортных средств: учебное пособие для студентов направления подготовки 23.03.01 - Технология транспортных процессов / Е. А. Новописный. – Белгород: Изд-во БГТУ им. В. Г. Шухова, 2019. – 90 с.
2. ADAS-системы. Что это и для чего они нужны? [Электронный ресурс] // ADVANTUM. – URL: <https://advantum.ru> (дата обращения: 10.03.2025).

3. Беспилотные машины и умные дороги: какие риски несет в себе транспорт будущего [Электронный ресурс] // Forbes.ru. – URL: <https://www.forbes.ru> (дата обращения: 10.03.2025).

4. Черноус, О. И. Эффективность инноваций на автомобильном транспорте: монография / О. И. Черноус, Е. П. Мельникова, Р. Ю. Заглада [и др.]; под общей редакцией О. И. Черноус. – Горловка: АДИ ДонНТУ, 2024. – 214 с. – [Электронный ресурс]. – URL: <https://адидоннту.рф> (дата обращения: 16.03.2025).

УДК 656.11

Махонина К.А.

*Научный руководитель: Лежнева Е.И., канд. техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

К ВОПРОСУ КОНТРОЛЯ УСТАЛОСТИ И ФИЗИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ВОДИТЕЛЯ

Безопасность дорожного движения – это комплексная проблема глобального масштаба, решение которой требует постоянного совершенствования инфраструктуры и внедрения инновационных технологий. Несмотря на значительные успехи в области автомобилестроения и дорожного строительства, человеческий фактор по-прежнему остается ведущей причиной дорожно-транспортных происшествий (ДТП) [1]. Статистика свидетельствует о том, что ошибки водителей, в той или иной степени, лежат в основе подавляющего большинства аварий. Среди этих ошибок особое, и, пожалуй, наиболее опасное место занимает отвлечение внимания водителя. Это явление, характеризующееся снижением концентрации и реакции на изменения дорожной ситуации, напрямую влияет на способность водителя принимать своевременные и адекватные решения, приводя к трагическим последствиям.

Причины отвлечения внимания многообразны и варьируются от использования мобильных телефонов за рулем и настройки бортовых мультимедийных систем до банального разговора с пассажирами, усталости, стресса, наружной рекламы. Так, яркие щиты, заманчивые слоганы, динамичные изображения, расположенные вдоль дорог, могут превратиться в скрытую угрозу, отвлекая внимание водителей от дороги и увеличивая риск аварий [2]. По оценкам Всемирной организации здравоохранения, отвлечение внимания водителя является причиной до 25 % всех ДТП, ежегодно десятки тысяч людей гибнут, а

сотни тысяч получают травмы в результате аварий, вызванных невнимательностью за рулем. Статистика ДТП с различными последствиями по Белгородской области приведена на рис. 1.

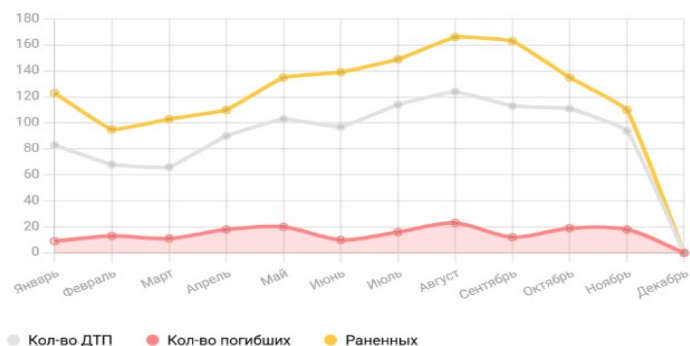


Рис 1. – Статистика дорожно-транспортных происшествий за 2024 год

Разработка и внедрение эффективных систем предотвращения отвлечения внимания – задача первостепенной важности для научного сообщества и автомобильной индустрии. Традиционные методы, такие как ужесточение штрафных санкций и проведение масштабных информационных кампаний, хоть и приносят определенный эффект, оказываются недостаточно действенными в борьбе с этой проблемой. Эти меры, в основном, носят реактивный характер, наказывая за совершенное нарушение, но не предотвращая его. В связи с этим, необходимость разработки инновационных систем, способных не только фиксировать факт отвлечения внимания, но и своевременно предупреждать о нем водителя, а в случае необходимости – принимать меры по предотвращению аварии, становится очевидной.

Одним из наиболее перспективных направлений в этой области может являться использование передовых технологий, таких как трекеры для глаз (eye-trackers) [3]. Эти устройства, основанные на высокоточном отслеживании направления взгляда водителя, позволят анализировать паттерны зрительного поведения в реальном времени. Понимание того, куда и как долго смотрит водитель, даст возможность выявить моменты снижения концентрации внимания, прежде чем они приведут к опасной ситуации. Современные eye-trackers способны с высокой степенью точности определять: отвлечен ли водитель от дороги, насколько продолжительно это отвлечение и насколько серьезные последствия оно может повлечь за собой [4].

Также особого внимания заслуживает комплект оборудования MONTRANS DVR, который комплексно решает вопросы, связанные с видеорегистрацией и мониторингом транспортных средств, и предназначен для повышения безопасности и эффективности автопарков. Дополнительно, комплекты включают камеры видеонаблюдения (внутренние, наружные, боковые, заднего вида) с широким углом обзора (до 150°), инфракрасной подсветкой и высоким разрешением; датчики (удара, движения, температуры, уровня топлива) для отслеживания состояния транспортного средства; GPS/ГЛОНАСС модуль для точного определения местоположения и скорости, а также специализированное программное обеспечение для просмотра, анализа и архивирования видео и формирования отчетов. Пример обработки информации, полученной с помощью данного комплекса представлен на рис. 2.

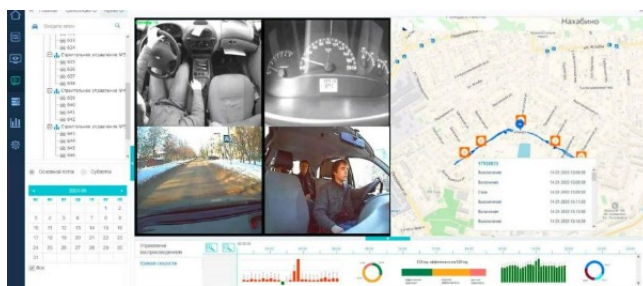


Рис 2. – Результаты контроля за соблюдением дисциплины вождения

Основные функциональные возможности MONTRANS DVR позволяют производить непрерывную и событийную запись видео, удаленный мониторинг, геозонирование, аналитику видео (распознавание лиц, номеров, выявление нарушений правил дорожного движения, что позволит эффективно решать задачи по предотвращению ДТП, расследованию инцидентов и оптимизировать логистику [5].

Однако, разработка эффективных систем предотвращения отвлечения внимания – это сложная задача, требующая учета множества факторов. Необходимо учитывать индивидуальные особенности водителей, различные дорожные условия, климатические факторы и множество других нюансов. Кроме того, важно обеспечить эргономичность и безопасность самих систем мониторинга, чтобы не отвлекать водителя от управления транспортным средством. Поэтому дальнейшие исследования и разработки в этой области должны быть направлены на совершенствование существующих технологий, а также

на поиск новых, более эффективных решений, позволяющих значительно снизить количество ДТП, вызванных невнимательностью за рулем. Только комплексный подход, объединяющий инженерные решения, пропаганду безопасности дорожного движения и изменение культуры вождения, позволит добиться существенного прогресса.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бранихин Г.Е. Езда по городу. Ежедневные трудности и их преодоление / Г.Е. Бранихин. – Санкт-Петербург, 2008. – 224 с.
2. Махонина К.А., Лежнева Е.И., Влияние наружной рекламы на восприятие водителем дорожной обстановки // Материалы XVI Международного молодежного форума «Образование. Наука. Производство», г. Белгород: Изд-во БГТУ, 2024. – 79-83 с. [Электронный ресурс]
3. Анализ применения технологий ай-трекинга [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <https://web.snauka.ru> (дата обращения: 18.03.2025).
4. Спирин И.А. Исследование и применение eye-tracking технологии на человеке // Молодой ученый. – 2016. – № 2 (106). – С. 227-230 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <https://moluch.ru> (дата обращения: 18.03.2025).
5. Montrans DVR [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <https://www.tadviser.ru> (дата обращения: 19.03.2025).

УДК 656.11

Петрова Д.В., Головин О.В., Андреева С.О.
Научный руководитель: Семыкина А.С. канд. техн. наук, ст. преп.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия

ПОВЫШЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ ЗА СЧЕТ ЭФФЕКТИВНОГО СВЕТОФОРНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ

Одним из важных элементов обеспечения безопасности на дорогах является светофорное регулирование. Оно помогает организовать движение транспорта и пешеходов, снижая риск столкновений и создавая более комфортные условия для передвижения. Корректно настроенные и исправно работающие светофоры не только способствуют предотвращению аварий, но и

значительно улучшают пропускную способность улиц, особенно в часы пик [1].

Современные системы светофорного регулирования включают не только классические устройства, но и инновационные технологии, такие как адаптивное управление и интеллектуальные транспортные системы. Эти решения способны менять режим работы в зависимости от интенсивности движения, времени суток и погодных условий, что повышает их общую эффективность. Например, в тёмное время суток или при плохой видимости использование дополнительного освещения и корректировка временных интервалов сигналов существенно уменьшают вероятность ДТП.

Кроме того, применение светодиодных источников света и автоматизации в работе светофоров обеспечивает лучшую видимость сигналов для всех участников дорожного движения. Это особенно актуально в городских условиях, где множество разнообразных источников света и звуков могут отвлекать внимание водителей и пешеходов, создавая дополнительные риски. По данным исследований, оптимальное использование светофорного регулирования способно снизить количество аварий примерно на 20–30%, что подчеркивает важность постоянного совершенствования этих систем [2].

Проблемы, связанные с работой светофорного регулирования, значительно сказываются на безопасности дорожного движения. Неправильная настройка светофоров, отсутствие переходных сигналов для пешеходов и плохая синхронизация устройств на перекрестках часто приводят к заторам и конфликтам между участниками движения. Кроме того, устаревшие или неисправные светофоры могут неэффективно управлять транспортными потоками, что повышает вероятность аварий. В некоторых ситуациях плохая видимость сигналов светофора заставляет водителей пропускать важные предупреждения, что может иметь трагические последствия.

В сложившихся условиях необходимо комплексное решение, включающее модернизацию систем освещения и светофорного регулирования, а также активную работу по информированию водителей и пешеходов о важности соблюдения правил дорожного движения. Такие меры способны значительно снизить число ДТП и повысить общую безопасность на дорогах.

Светофорное регулирование, вместе с дорожным освещением, является одним из ключевых элементов обеспечения безопасности на улицах и трассах. Основная задача этих систем - упорядочить

движение транспортных средств и пешеходов, минимизируя риски возникновения аварийных ситуаций [3].

Правильная работа светофоров заметно влияет на поведение водителей и пешеходов. Когда сигналы функционируют корректно, а освещение на дороге достаточное, водители становятся более внимательными и дисциплинированными. Уверенность в том, что светофор хорошо виден, способствует спокойствию и сосредоточенности за рулём.

Для пешеходов же комфорт и безопасность напрямую зависят от правильного расположения светофоров и качественного освещения переходов. Это снижает случаи, когда люди рискуют, перебегая дорогу в неположенных местах или игнорируя сигналы светофоров, что помогает предотвратить множество несчастных случаев.

Таким образом, правильная организация светофорного регулирования и качественное дорожное освещение играют ключевую роль не только в обеспечении безопасности, но и в поддержании порядка на улицах. Осознав важность этих компонентов, можно сделать вывод, что эффективное светофорное управление является основой для создания комфортной и безопасной городской среды, где все участники движения - и автомобилисты, и пешеходы - могут чувствовать себя защищёнными.

Современные технологии в области светофорного регулирования становятся всё более важными для обеспечения плавного и безопасного движения. В последние годы наблюдается заметный прогресс в разработке интеллектуальных систем, способных не просто улучшать видимость сигналов, но и подстраиваться под изменяющиеся дорожные условия.

Одним из ключевых достижений являются интеллектуальные светофорные комплексы. Эти системы анализируют текущий транспортный поток и активность пешеходов, что позволяет автоматически регулировать длительность зелёного сигнала. Например, в часы пик они увеличивают время горения зелёного света для автомобилей, а в периоды высокой активности пешеходов переключаются на режим, ориентированный на удобное и безопасное пересечение улиц. Такие технологии значительно снижают вероятность заторов и сокращают время ожидания для всех участников движения [4].

Также стоит отметить широкое применение светодиодов (LED) в современных системах дорожного освещения. Светодиодные лампы отличаются высокой энергоэффективностью и долгим сроком

службы, что существенно уменьшает расходы на обслуживание. Более того, адаптивные системы освещения способны автоматически регулировать яркость в зависимости от времени суток и погодных условий. Например, в тёмное время или при сниженной видимости яркость увеличивается, обеспечивая лучшее освещение и повышая безопасность на дороге [5].

Интеграция датчиков и цифровых систем мониторинга в транспортную инфраструктуру открывает широкие горизонты для совершенствования работы светофорных объектов. Сенсоры, фиксирующие передвижение автомобилей и пешеходов, позволяют адаптировать сигнальные циклы в реальном времени. Например, при увеличении плотности трафика на перекрестке система способна автоматически увеличить продолжительность зеленого сигнала для предотвращения заторов.

Обработка поступающих данных о трафике дает возможность не только быстро реагировать на текущую обстановку, но и заранее выявлять пиковые периоды движения. Это способствует более точному планированию режимов работы светофоров и созданию стабильного, безопасного трафика.

Применение современных цифровых решений в регулировании движения значительно повышает уровень безопасности на дорогах, сокращает простои и делает транспортное сообщение более комфортным. Технологии, включая интеллектуальные светофоры, светодиодные индикаторы и аналитические платформы, предоставляют новые инструменты для модернизации городской среды и оптимизации управления транспортными потоками, способствуя улучшению условий для всех участников дорожного движения.

В последние годы многие страны и города начали активно внедрять инновационные подходы к управлению светофорными системами. Это способствовало значительному снижению числа дорожно-транспортных происшествий и улучшению качества городской жизни. Такие инициативы демонстрируют, как современные технологические решения могут радикально изменить устаревшие модели управления транспортной инфраструктурой.

Проанализированные направления развития светофорного регулирования в рамках умных транспортных систем подчеркивают важность использования технологий будущего. Инструменты, основанные на искусственном интеллекте, технологиях Интернета вещей и энергоэффективных световых решениях, способны радикально трансформировать методы управления трафиком. Такие

системы не только подстраиваются под текущие условия, но и помогают снижать уровень пробок и создавать безопасное пространство для пешеходов и водителей.

Тем не менее, реализация этих преобразований невозможна без активной роли со стороны городских властей и соответствующих служб. Необходимо, чтобы органы управления дорожным движением не только осознали значимость модернизации, но и начали внедрять конкретные шаги в этом направлении. Это может включать разработку долгосрочных стратегий, выделение финансирования и сотрудничество с компаниями, специализирующимися на транспортных технологиях [6].

Развитие систем управления светофорами должно стать одной из ключевых задач в рамках совершенствования городской мобильности. Это не только способствует снижению аварийности, но и создает благоприятные условия для формирования комфортной и безопасной городской среды. Только благодаря совместным усилиям возможно создать эффективную и устойчивую транспортную систему, соответствующую требованиям современного мегаполиса.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Новиков И.А., Кущенко Л.Е., Кущенко С.В. Организация дорожного движения. Белгород: Изд-во БГТУ, 2020. 195 с.
2. Майоров В.И., Иванова С.И. Стратегия безопасности дорожного движения в Российской Федерации на 2018-2024 годы: основные риски // Административное право и процесс. 2018. № 11. С. 9-14.
3. Измайлов А.С., Гончаренок Е.П. Введение светового регулирования как способ успокоения движения транспортных средств, а также повышение безопасности движения пешеходных потоков вблизи социально-значимых объектов притяжения в пределах УДС. Международный научный журнал «ВЕСТНИК НАУКИ», 2025. Том 2. № 4 (85). С. 1139-1146.
4. Дингес Э.В. Методы планирования и оценки эффективности мероприятий по повышению безопасности дорожного движения: монография. Москва: МАДИ, 2016. 140 с.
5. Распоряжение Федерального дорожного агентства от 27 февраля 2013 г. N 236-р "Об издании и применении ОДМ 218.6.003-2011 "Методические рекомендации по проектированию светофорных объектов на автомобильных дорогах" [Электронный ресурс]. Систем.

требования: Yandex. URL: <https://www.garant.ru> (дата обращения: 11.05.2025).

6. Копаев Е. В. Организация дорожного движения: учебное пособие. М.: Тверская государственная сельскохозяйственная академия, 2019. 157 с.

УДК 656.13.07

Петрова Д.В., Головин О.В.

Научный руководитель: Семикопенко Ю.В., канд. техн. наук, доц.

Белгородский государственный технологический университет

им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия

СУЩЕСТВУЮЩИЕ МЕТОДЫ ОБСЛЕДОВАНИЯ ПАССАЖИРОПОТОКА

Организация пассажирских перевозок требует точного понимания того, как, куда и в каком количестве передвигаются люди. Без данных о пассажиропотоке невозможно эффективно спланировать маршруты, рассчитать потребность в подвижном составе, а также оценить уровень загруженности транспортной сети. В условиях роста городов, увеличения числа автомобилей и усложнения транспортной сети возрастает роль общественного транспорта как устойчивого и массового средства передвижения. Однако для его эффективной работы важно чётко понимать, где, когда и как передвигаются пассажиры. Именно с этой целью проводятся обследования пассажиропотоков [1].

Такие обследования позволяют получить данные, необходимые для:

- проектирования и корректировки маршрутной сети,
- распределения подвижного состава,
- построения оптимальных расписаний,
- обоснования субсидий и тарифов,
- и, в целом, для повышения качества транспортного обслуживания населения.

Существует несколько методов, с помощью которых можно собрать информацию о перемещениях пассажиров. Их выбор зависит от целей исследования, бюджета, технических возможностей и специфики конкретного региона или маршрута [2].

1. Ручной подсчёт пассажиров: самый простой и доступный способ — это наблюдение и подсчёт входящих и выходящих пассажиров вручную. Обычно это делается с помощью анкеты или таблицы, которую заполняют наблюдатели на остановках или в салоне

транспорта. Метод достаточно точный, но требует большого количества людей и времени.

2. Опросы и анкетирование: пассажирам задаются вопросы о начале и конце поездки, цели маршрута, частоте пользования транспортом и т.д. Такой метод позволяет понять не только количество, но и структуру перемещений. Минус — зависимость от желания пассажира отвечать и возможность получения неточной информации.

3. Автоматические системы учета: на многих маршрутах сейчас используются валидаторы, транспортные карты и турникеты. Они автоматически фиксируют факт поездки, время и, иногда, место посадки. Это удобно для массового сбора данных, особенно в крупных городах.

4. GPS-наблюдение и видеосъемка: системы спутникового слежения позволяют анализировать работу транспорта и непрямо оценивать количество пассажиров (по времени остановок, скорости движения и пр.). А камеры в салонах или на остановках могут автоматически подсчитывать людей при помощи программного обеспечения.

5. Big Data и мобильные операторы: новейший подход — это использование данных от сотовых операторов и приложений. По сигналам от телефонов можно отслеживать передвижения больших групп людей. Это анонимно и масштабно, но требует доступа к технологиям и хорошей аналитики [3].

В таблице 1 приведено сравнение основных методов обследования пассажиропотока по четырём критериям.

Таблица 1 – Сравнительная таблица методов обследования пассажиропотока.

Метод	Точность	Стоимость	Требуется персонал	Доступность данных
Ручной подсчёт	Высокая	Средняя	Да	Легкодоступен
Опрос/анкетирование	Средняя	Низкая	Да	Зависит от пассажиров
Автоматические системы	Высокая	Высокая	Нет	Только при наличии систем
GPS и видеосъемка	Средняя	Средняя	Нет	Требуется оборудование
Мобильные данные (Big Data)	Средняя	Высокая	Нет	Доступ ограничен

Примеры из практики показывают, что сочетание разных методов даёт лучшие результаты. Например:

- В Москве для оптимизации маршрутов наземного транспорта были использованы данные от «Тройка» (транспортная карта), видеонаблюдение и GPS-логика маршрутов.

- В Новосибирске проводилось сплошное обследование пассажиропотока с помощью анкет и ручного подсчета для подготовки новой маршрутной сети.

- В Казани при подготовке к ЧМ-2018 использовались мобильные данные для оценки потоков к стадионам.

Типичные ошибки при обследовании

Ограниченный охват: выборка только в определённое время или на определённых маршрутах не даёт полной картины.

Игнорирование сезонности и дня недели: поведение пассажиров сильно отличается по будням и выходным, зимой и летом.

Недостаточная обработка данных: сбор данных — это только первый шаг. Без грамотного анализа они бесполезны.

Отсутствие сочетания методов: опора на один источник часто даёт искажённую картину [4].

Пассажиропоток — это «кровеносная система» городского транспорта. Чтобы система работала слаженно, необходимы точные, актуальные и полные данные о перемещениях людей. Современные технологии позволяют собирать и анализировать такие данные быстро и в больших объемах. Однако ни один метод не даёт идеальной картины в одиночку. Именно поэтому на практике применяют комбинированные обследования, где традиционные методы дополняются новыми цифровыми возможностями [5].

Для логистов и специалистов транспортной отрасли важно не просто уметь собирать данные, но и грамотно их интерпретировать — понимать, что за каждым числом стоит живой человек с потребностями, привычками и ожиданиями. Только так можно сделать общественный транспорт по-настоящему удобным и эффективным.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кабалина Т.В. О применении фрактальных методов при моделировании пассажиропотока // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. – 2010. – № 2. – С. 130–132.

2. Чегулов В.В. Информационное обеспечение автотранспортных предприятий: рабочая программа дисциплины. – Чебоксары: Чебоксарский институт (филиал) БГТУ им. В.Г. Шухова, 2020. – 35 с.

3. Кущенко С.В. Информационные технологии на транспорте: учебное пособие. – Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2019. – 258 с.

4. Кайгородов И.В., Новикова П.А. Разработка программного обеспечения при автоматизированном колорировании изображений в палитру Хохломы // Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова: сб. докладов. – Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2024. – Ч. 19. – С. 30–35.

5. Новикова П.А., Борзунов Г.И. Использование современных компьютерных технологий для решения задачи оптимального раскрыя при реализации дизайн-проектов из трубчатых элементов // Инновационные технологии: теория, инструменты, практика: материалы XII Междунар. интернет-конф. молодых ученых, аспирантов, студентов. – Пермь: ПНИПУ, 2021. – С. 83–90

УДК 629.067

Петрова Д.В., Головин О.В., Андреева С.О.

Научный руководитель: Семькина А.С. канд. тех. наук, ст. преп.

Белгородский государственный технологический университет

им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия

ПОВЫШЕНИЕ БЕЗОПАСНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ АВТОМОБИЛЕЙ

Современные автомобили становятся всё более технологически продвинутыми, что способствует не только росту комфорта, но и повышению производительности транспортных средств. Однако с усложнением конструкций и увеличением числа электронных компонентов возрастает и количество вызовов, касающихся обеспечения безопасности.

В связи с этим изучение новых технологических решений в сфере автомобильной безопасности приобретает особую значимость. Внедрение инноваций и эффективных подходов может существенно сократить количество рисков и повысить общую надёжность эксплуатации транспорта.

Обеспечение безопасности автомобиля требует внимания к двум ключевым аспектам: конструкционной и эксплуатационной надёжности.

Конструкционная безопасность охватывает комплекс технических решений, направленных на защиту водителя, пассажиров и окружающих в случае дорожно-транспортных происшествий. При разработке современных автомобилей

производители учитывают большое количество факторов, влияющих на поведение машины в экстремальных условиях. В конструкции предусматриваются специальные элементы и системы, минимизирующие травмы и последствия аварий [1].

В современных моделях широко применяются специальные деформируемые зоны - так называемые зоны программируемой деформации. Эти участки кузова, как правило, располагаются в передней и задней части и рассчитаны на то, чтобы при столкновении частично поглощать кинетическую энергию удара. Благодаря этому снижается нагрузка на салон и, соответственно, уменьшается риск травмирования водителя и пассажиров.

Значительную роль в обеспечении безопасности играет и тормозная система. Многие автомобили сегодня оснащаются антиблокировочной системой тормозов (ABS), которая препятствует блокировке колёс при резком торможении и позволяет сохранить контроль над управлением. В дополнение к ABS используются системы электронного распределения тормозных усилий (EBD), а также электронная система стабилизации (ESC), которая помогает автомобилю оставаться управляемым даже на скользкой дороге или при резком маневрировании [2].

Ключевым элементом защиты в случае аварии также являются подушки безопасности. Они разворачиваются при столкновении и создают буфер между человеком и элементами конструкции автомобиля, смягчая удар. Современные технологии позволяют использовать не только фронтальные, но и боковые, оконные и даже коленные подушки, что обеспечивает водителю и пассажирам комплексную защиту [3].

К числу пассивных систем защиты водителя и пассажиров относятся и ремни безопасности. Их главная функция - удержание человека в кресле во время столкновения, что позволяет избежать тяжёлых травм и выпадения из салона. Современные ремни безопасности оснащаются преднатяжителями и ограничителями усилия: первые обеспечивают плотную фиксацию тела в начальный момент удара, а вторые снижают избыточное давление на грудную клетку.

За последние десять лет в сфере конструкционной безопасности автомобилей был достигнут значительный прогресс. Это стало возможным благодаря внедрению новых материалов - таких как высокопрочные стали и композиты - в структуру кузова, что повысило его жёсткость и способность выдерживать деформации при авариях. В то же время стандарты оценки безопасности,

устанавливаемые организациями вроде Euro NCAP, стали заметно строже. Это побуждает автопроизводителей постоянно совершенствовать конструкцию машин и интегрировать новейшие технологии в серийные модели.

Отдельного внимания заслуживает развитие цифровых технологий. Интеграция Интернета вещей (IoT) и различных сенсорных систем позволяет автомобилям обмениваться данными между собой и с элементами дорожной инфраструктуры. Такая связность значительно расширяет возможности для предотвращения аварий и оперативного реагирования на потенциально опасные ситуации.

В заключение можно отметить, что конструкционная безопасность современных автомобилей охватывает целый комплекс решений - от прочных кузовов до интеллектуальных систем помощи водителю. Постоянное развитие в этой области способствует не только снижению числа ДТП, но и уменьшению их последствий, делая дороги безопаснее для всех участников движения.

Понятие эксплуатационной безопасности включает в себя множество факторов, способных существенно повлиять на уровень безопасности при повседневном использовании автомобиля. Среди главных из них - техническое состояние машины, качество дорожного полотна и погодные условия [4].

Особое внимание уделяется именно техническому состоянию автомобиля. Регулярное прохождение технического обслуживания, комплексная диагностика, включая проверку работы тормозов, рулевого управления, трансмиссии и других важных узлов, помогают своевременно выявить и устранить неисправности, которые могли бы привести к аварийной ситуации.

Не менее важным элементом, влияющим на безопасность, является система освещения. Неисправные или плохо настроенные фары, стоп-сигналы и указатели поворотов снижают видимость автомобиля для других участников движения, что существенно повышает вероятность ДТП [5].

Также нельзя недооценивать значение состояния дорожного покрытия. Повреждённые дороги с ямами, выбоинами и отсутствием разметки создают дополнительные риски для водителей, повышая вероятность потери управления и возникновения аварий.

Второй важный момент - это умение адаптировать стиль вождения под текущие дорожные условия. Особенно это актуально при неблагоприятной погоде: в дождь, снег или гололёд необходимо снижать скорость, увеличивать дистанцию между автомобилями и

избегать резких поворотов или торможений. Водителю важно постоянно следить за изменениями на дороге и подстраивать своё поведение соответственно.

Кроме того, обучение безопасному вождению играет важную роль. Посещение специальных курсов помогает водителям не только освежить знания, но и получить новые навыки, которые могут оказаться незаменимыми в критических ситуациях.

Современные технологии значительно повышают безопасность за рулём. Сегодня многие автомобили оснащены системами контроля устойчивости, адаптивным круиз-контролем и другими электронными помощниками, которые помогают избежать аварий. Чтобы максимально использовать их потенциал, важно внимательно изучить возможности своей машины и активно применять их в повседневной езде.

Инновации в автомобильной промышленности продолжают развиваться быстрыми темпами. Производители постоянно внедряют передовые разработки, делающие вождение не только более безопасным, но и комфортным, что в конечном итоге способствует снижению количества ДТП на дорогах.

Одним из важных направлений повышения безопасности автомобилей сегодня являются системы помощи водителю (ADAS - Advanced Driver Assistance Systems) [6]. Эти технологии уже стали неотъемлемой частью современных автомобилей и способны существенно снизить количество дорожно-транспортных происшествий, а также повысить комфорт вождения.

К наиболее распространённым системам помощи относятся:

- Адаптивный круиз-контроль, который автоматически поддерживает заданную дистанцию до впереди идущего автомобиля;
- Система контроля слепых зон, предупреждающая водителя о приближении других транспортных средств;
- Ассистенты при парковке, облегчающие маневрирование в ограниченном пространстве.

Современные разработки в автомобильной отрасли направлены не только на улучшение уже существующих технологий, но и на создание новых решений, способных соответствовать растущим требованиям безопасности и комфорта. Среди актуальных направлений можно выделить [7]:

1. Искусственный интеллект и машинное обучение;
2. Нейросетевые технологии;
3. Аналитику больших данных;
4. 3D-моделирование и 3D-печать;

5. Коннективность и облачные сервисы;
6. Использование дополненной реальности и другие инновации.

Эти инновационные технологии не просто отвечают вызовам современности, но и становятся мощным инструментом формирования более безопасного и удобного будущего на дорогах. Развитие систем помогает снизить вероятность аварий и трансформировать автомобили в «умные» устройства, которые интегрируются в общую технологическую и социальную инфраструктуру.

Автомобильная индустрия движется к созданию полностью автономных транспортных средств, способных обеспечить безопасное и эффективное передвижение без участия человека, что кардинально изменит наше восприятие транспорта в будущем.

В итоге, обеспечение безопасности современных автомобилей - это комплексный процесс, требующий постоянного совершенствования как конструкционных решений, так и эксплуатационных аспектов. Конструкционная безопасность базируется на современных технологиях, таких как зоны программируемой деформации, передовые тормозные системы и подушки безопасности. Эксплуатационная безопасность зависит от технического состояния машины, состояния дорог и ответственного поведения водителя. При этом системы помощи водителю (ADAS) и развитие искусственного интеллекта открывают новые перспективы для повышения безопасности на дорогах, приближая нас к эпохе полностью автономного и безопасного транспорта.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Новописный Е. А. Безопасность транспортных средств: Учебное пособие. Белгород: Изд-во БГТУ, 2019. 90 с.
2. Семькина А.С. Повышение эффективности технической эксплуатации автомобильного транспорта / А.С. Семькина, Н.А. Загородний, Д.Ф. Коверженко // В сборнике: Транспорт и логистика: Технологии устойчивого развития. Материалы VIII Международной научно-практической конференции. Ростов-на-Дону, 2024. С. 279-283.
3. В.В. Селифанов, А.Ш. Хусаинов, В.В. Ломакин Теория автомобиля: Учебное пособие. – М.: МГТУ «МАМИ», 2007. С. 64-65.
4. Эксплуатационная безопасность транспортных средств [Электронный ресурс]. Систем. требования: Yandex. URL: <https://bdd.i-avtoline.ru> (дата обращения: 11.05.2025).

5. Требования безопасной эксплуатации транспортных средств [Электронный ресурс]. Систем. требования: Yandex. URL: <https://rezhevskoy.midural.ru> (дата обращения: 11.05.2025).

6. Андреева, С.О. Обеспечение безопасности транспортных средств / С.О. Андреева, Д.В. Петрова, А.С. Семыкина // В сборнике: Образование. Наука. Производство. Сборник докладов XVI Международного молодежного форума. Белгород, 2024. С. 3-7.

7. Современные системы безопасности автомобилей: Обзор и виды систем для защиты [Электронный ресурс]. Систем. требования: Yandex. URL: <https://www.ingos.ru> (дата обращения: 11.05.2025).

УДК 656.078

Петрук М.В., Гармашов В.В., Артыков М.

Научный руководитель: Семыкина А.С., канд. техн. наук, ст. преп.

Белгородский государственный технологический университет

им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия

РАЗВИТИЕ ГОРОДСКОГО ОБЩЕСТВЕННОГО ТРАНСПОРТА

Городской транспорт всегда играл ключевую роль в развитии мегаполисов и городских агломераций. За последние 10 лет динамика его развития претерпела значительные изменения – от модернизации подвижного состава до внедрения новых информационных технологий, способных существенно повысить качество обслуживания пассажиров.

Десятилетняя ретроспектива позволяет увидеть, что транспортная система многих городов была ориентирована на классическую схему: парки общественного транспорта состояли преимущественно из старых моделей автобусов, троллейбусов и трамваев, требующих капитального обновления. Инфраструктура, такая как остановки, расписания и информационные табло, зачастую не соответствовала современным требованиям комфорта и оперативности [1].

При этом государственные программы модернизации уже начинали внедрять элементы автоматизации, однако большинство технологий находились в стадии пилотного тестирования или применялись лишь в отдельных городах.

Основными проблемами были:

- Износ подвижного состава. Системы эксплуатации часто работали на транспортных средствах, требующих длительного ремонта и модернизации.

- Ограниченность информационных сервисов. Отсутствие комплексных мобильных приложений и онлайн-расписаний приводило к неэффективному планированию маршрутов.

- Низкий уровень экологической безопасности. Применяемые двигатели внутреннего сгорания оказывали негативное воздействие на окружающую среду, особенно в условиях постоянно растущей плотности городского населения [2,3].

Несмотря на все трудности, именно в этот период закладывались основы для будущих технологических прорывов, что обеспечило переход к более устойчивой и инновационной системе городского транспорта.

Пять лет назад ситуация начала стремительно меняться благодаря ряду значимых факторов:

- Интеграция информационных технологий. Появились первые масштабные решения для автоматизации работы городского транспорта: мобильные приложения, позволяющие в реальном времени получать данные о движении транспорта, отслеживать прибытие и планировать поездки.

- Появление альтернативных видов транспорта. В городах начали активно развиваться каршеринг, велосипедные и электросамокаты, что способствовало формированию многомодальной транспортной системы.

- Экологическая модернизация. В ответ на запросы общества и экологические стандарты, постепенно внедрялись электрические автобусы и гибридные модели, что способствовало снижению выбросов углерода.

Переходный этап сопровождался как техническими обновлениями, так и изменениями в управлении транспортной системой:

- Автоматизация и цифровизация. Системы контроля движения транспорта, электронные билеты и интегрированные платформы улучшили координацию работы разных видов транспорта.

- Городские проекты «умного города». Многие муниципалитеты начали внедрять концепцию «умного города», где транспортная система становилась частью общей цифровой инфраструктуры, способной оперативно реагировать на изменения в пассажиропотоке.

- Инвестиции в модернизацию. Важным фактором стали инвестиции со стороны частных и государственных фондов, направленные на обновление подвижного состава и развитие инфраструктуры [4].

Эти изменения позволили значительно повысить оперативность, надёжность и экологическую безопасность городского транспорта.

На сегодняшний день городские транспортные системы демонстрируют высокий уровень интеграции информационных технологий и устойчивого развития:

- Цифровизация услуг. Мобильные приложения и интернет-сервисы позволяют пассажирам получать актуальную информацию о маршрутах, времени прибытия и стоимости проезда. Внедрены системы электронных билетов и бесконтактных платежей, что ускоряет процесс посадки и уменьшает очереди.

- Экологическая устойчивость. Современные города активно внедряют электробусы, трамваи и т.д. Такие технологии позволяют снизить уровень загрязнения воздуха и улучшить качество жизни жителей мегаполисов.

- Многомодальность. Городской транспорт перестал быть монолитной системой, появились новые виды перевозок: велосипедные дорожки, каршеринг, скутеры и электросамокаты. Это способствует созданию гибкой и адаптивной сети передвижения, отвечающей потребностям современного общества.

- Интеллектуальные системы управления. Использование искусственного интеллекта и больших данных позволяет оптимизировать маршруты, прогнозировать нагрузку на транспортную сеть и оперативно реагировать на аварийные ситуации.

Современные города являются примером успешного внедрения инновационных решений:

- Платформы MaaS (Mobility as a Service). Эти решения объединяют различные виды транспорта в единую систему, позволяющую пассажирам планировать маршруты с учётом пересадок между автобусами, поездами, велосипедами и другими видами транспорта.

- Системы умного управления трафиком. Данные, собираемые с помощью сенсоров и камер наблюдения, используются для управления светофорами и оптимизации потоков транспорта, что снижает количество заторов и аварийных ситуаций.

- Экологические программы. Городские власти активно внедряют программы по развитию «зеленого» транспорта, стимулируя использование электротранспорта через субсидии и налоговые льготы.

За последние 10 лет заметно вырос уровень внимания к развитию транспортной инфраструктуры. Сравнивая состояние систем 10 лет назад и сегодня, можно отметить:

- Технологическую модернизацию. Ранее устаревшие системы заменены современными, интегрированными в цифровую экосистему города. Технологические инновации способствовали увеличению пропускной способности и снижению времени ожидания.

- Экологическую ориентацию. Современные экологические стандарты и осознание глобальных изменений климата заставили города переходить на более экологичные виды транспорта.

- Информационное сопровождение. Ранее информация о движении транспорта передавалась неэффективно, а теперь пассажиры в режиме реального времени получают точные данные через мобильные приложения [5].

Изменения в развитии городского транспорта оказали весомое влияние на экономическую и социальную жизнь городов:

- Увеличение мобильности населения. Современные технологии, комфорт, удобство пользования общественным транспортом существенно повышают мобильность, а это является важной составляющей городской экономики.

- Снижение эксплуатационных затрат. Мир не стоит на месте, поэтому, внедрив новые технологии, оптимизировались расходы на обслуживание и управление транспортом, что, в свою очередь, снизило нагрузку на бюджет города.

- Рост удовлетворённости пассажиров. Улучшение качества обслуживания (вежливый водитель, наличие кондиционера) положительно сказалось на имидже городских служб и повысило доверие жителей к общественному транспорту и произошёл рост рейтинга общественного транспорта.

В перспективе можно ожидать дальнейшее внедрение передовых технологий:

- Развитие автономного транспорта. Тестирование беспилотных автобусов и трамваев уже не вызывает удивления, и их интеграция в транспортную систему может значительно повысить безопасность и эффективность перевозок.

- Углублённая интеграция данных. Искусственный интеллект сейчас уже не новшество в сфере IT - технологий. Он способен анализировать огромное количество информации, таким образом помогая создавать более гибкие и адаптивные схемы управления движением.

- Инновационные модели финансирования. Совместная деятельность государственного и частного секторов, а также применение новых финансовых инструментов, может обеспечить достаточно устойчивое развитие транспортной инфраструктуры.

Сейчас важны не только технологический, но и экологический и социальный аспекты:

- Энергоэффективность и экологическая безопасность. Внедрение в обиход электромобилей, гибридных технологий и систем альтернативного топлива в дальнейшем будет способствовать снижению выбросов загрязняющих веществ.

- Социальное включение. Развитие доступного и комфортного общественного транспорта способствует тому, что улучшится качество жизни всех слоёв населения, а также возможна стимуляция развития городской среды (опять же, с учётом интересов жителей).

- Умный город. Концепция «умного города», интегрированная в транспортную систему, предполагает, что произойдёт не только повышение эффективности перевозок, но и улучшение городской инфраструктуры в целом, а это положительно скажется на городской среде и экономическом развитии.

Сравнивая состояние городского транспорта 10 и 5 лет назад с сегодняшней ситуацией, можно уверенно сказать, что данная отрасль претерпела значительные преобразования. Инновационные технологии, ориентированные на цифровизацию, экологическую безопасность и интеграцию различных видов транспорта, сделали общественные перевозки более удобными, эффективными и доступными для жителей мегаполисов. Перспективы дальнейшего развития, в том числе внедрение автономных систем и углублённое использование данных, открывают новые возможности для повышения качества городской жизни. Несмотря на достигнутые успехи, вопросы модернизации и развития инфраструктуры остаются актуальными и требуют постоянного внимания со стороны государственных и частных структур.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Семькина А.С. Экологические проблемы автомобильного транспорта и пути их решения / Семькина А.С., Каблучко И.П., Кобзарев С.В. // В сборнике: Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова. Сборник докладов. Белгород, 2024. С. 161-165.

2. Журавлева, Н.А. Проблемы внедрения цифровых технологий на транспорте / Н.А. Журавлева // Транспорт Российской Федерации. – 2019. – № 3 (82). – С. 19-22.

3. Зарипова, Р.С. Управление деятельностью организаций в условиях цифровой экономики / Р.С. Зарипова // Ученые записки ИСГЗ. – 2018. – Т.16. – №2. – С. 70-75.

4. Царьков, И.В. Информационное обеспечение автотранспортных систем / И.В. Царьков, М.В. Харин // Молодой ученый. – 2020. – № 6.3 (110.3). – С. 43-46.

5. Семькина, А.С. Использование компьютерных программ для эффективного управления автобизнесом / А.С. Семькина, Н.А. Загородний // Металлообрабатывающие комплексы и робототехнические системы – перспективные направления научно-исследовательской деятельности молодых ученых и специалистов: Сборник научных трудов Международной научно-технической конференции (19-20 июня 2015 года) / / редкол.: Гречухин А.Н (отв. редактор); Юго-Западный гос. ун-т, Курск, 2015. – С. 184-187.

УДК 620.19

Семькина А.С., Цой Е.А., Петрук М.В.

Научный руководитель: Загородний Н.А., канд. техн. наук, доц.

Белгородский государственный технологический университет

им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ АВТОМОБИЛЯ С ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДОЙ

При взаимодействии металлов и сплавов с внешними средами возможно возникновение очагов коррозии на поверхности металлов, а также его разрушение. Коррозия приводит к ухудшению состояния поверхности деталей автомобилей по причине воздействия физико-химических факторов [1,2]. Возникновение очагов коррозии металлических поверхностей деталей автомобилей приводит к возникновению отказов и неисправностей, т.к. происходит снижение прочностных свойств материала, что наносит колоссальный вред автомобилю. В следствии воздействия коррозии на металлы может происходить интенсивное изнашивание деталей, быстрое старение, а также возникновение отверстий в результате действия сквозной коррозии [3].

При эксплуатации автомобилей проблема коррозии имеет огромное значение. В настоящее время остро стоит вопрос о защите поверхностей металлов от коррозионного воздействия [4]. Применяются различные мероприятия по защите металлических изделий от коррозии, так как последствия коррозионного разрушения деталей автомобилей

увеличивают материальные и временные затраты на ремонт автомобиля, а также замену деталей и в общем снижает ресурс автомобилей в целом.

Воздействие коррозии на поверхность деталей автомобилей может быть различна. Исходя из вида и степени воздействия коррозии на поверхности металлов выделяют несколько основных типов коррозии: химическую, трибохимическую, электрохимическую и др. Данные типы коррозии разрушают основную массу стальных поверхностей деталей. Такие типы коррозии по-разному воздействуют на детали автомобиля и отличаются между собой условиями протекания, поэтому для защиты деталей при различных типах коррозии требуется свой подход и применение различных методов борьбы [5,6].

Химическая коррозия характеризуется активным окислением металла и происходит зачастую в уже образованной влажной среде. В состав стальных элементов добавляется железо, которое при взаимодействии с кислородом образует окислы. Окислы, в свою очередь, зависят от внешней температуры, что может мешать защите металлических поверхностей от коррозии. Эффективная защита стальных деталей возможна при температуре 1000°C, т.к. именно при такой температуре и выше создается пленка на поверхности деталей, которая в дальнейшем способна защитить металл от коррозии. Такой способ защиты с намеренным созданием защитной оксидной пленки получил название воронение, но он не всегда применим на практике.

Скорость коррозии зависит от воздействия факторов окружающей среды. В большинстве случаев коррозия возникает при одновременном воздействии влаги и воздуха на поверхности металлов. Смесь влаги и воздуха является идеальными условиями для образования окислительного процесса. Наиболее быстрым разрушением металлов могут выступать дополнительные катализаторы: соли, кислоты и щелочи. Помимо этого, на разрушение металлических изделий могут повлиять и факторы окружающей среды, к которым можно отнести, погодные условия (дождь), утренняя роса или песко-соляные смеси для посыпания дорог, гравий или щебень, резкие скачки изменения, перепады температур и т.д. [7].

Следует учесть, что скачки температуры увеличивают интенсивность окисления металлов. В случае химической коррозии, то она усиливается при повышении внешней температуры, тем самым увеличивая коррозию. В производстве химическая коррозия очень опасна для металлических изделий, так как влияет на ресурс деталей в целом.

Для защиты металлических поверхностей применяются различные методы, например, изменение свойств металла, нанесение защитных покрытий, изменение окружающей среды и т.д.

Изменение свойств металла возможно за счет легирования или термообработки. Благодаря легированию в состав металла могут быть добавлены элементы, обеспечивающие коррозионную стойкость, например, хром. Термообработка позволяет изменить структуру металла и оказывает влияние на электрохимические свойства, обеспечивая защиту от коррозии [8].

Изменение окружающей среды осуществляется за счет осушения воздуха, а также удаления агрессивных веществ из окружающей среды, которые могут контактировать с металлом. Применение такого метода возможно только в закрытых помещениях, так как в них возможно контролировать влажность воздуха, температуру. К изменениям окружающей среды можно отнести:

- создание вакуума, т.к. удаляется кислород, что снижает риск возникновения коррозии;
- заполнение пространства инертным газом. К инертным газам относится ксенон, аргон и т.д. Инертные газы создают высокую степень защиты от коррозии для металлических изделий;
- изменение состава грунта. Вокруг металлических деталей из почвы удаляются агрессивные вещества, которые могут вызвать коррозию;
- использование ингибиторов коррозии. Ингибиторы подавляют возникновение очагов коррозии.

Еще одним методом защиты от коррозии является метод нанесения защитных покрытий на металлическую поверхность деталей. К защитным покрытиям относят нанесение краски или лаков, а также применение методов воронения, лужения или фосфатирования. Лужение позволяет защитить металлическую поверхность от коррозии с помощью создания пленки из олова. Благодаря фосфатированию создается защитная пленка от коррозии за счет использования растворов фосфорнокислой соли.

Вывод: Коррозия, возникшая в результате взаимодействия воздуха и влаги, влияет на долговечность и надежность металлических изделий при эксплуатации автомобиля. Коррозия может нанести значительный ущерб и сопровождается высокими материальными затратами на устранение ее последствий. Поэтому очень важно использовать различные методы защиты от коррозии для металлических изделий. Разработка эффективных методов защиты металлических деталей автомобиля от разрушительного воздействия окружающей среды имеет важное значение для экономики страны в целом.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Семькина, А.С. Анализ применяемых материалов для изготовления поршня двигателя автомобиля / А.С. Семькина, Н.А. Загородний // Альтернативные источники энергии в транспортно-технологическом комплексе: проблемы и перспективы рационального использования. - 2016. - Т. 3. № 3 (6). - С. 275-280;

2. Нажиганов, А.В. Анализ технологии заводского и ремонтного окрашивания кузова автомобилей / А.В. Нажиганов, А.С. Семькина, Н.А. Загородний // Научно-технические аспекты инновационного развития транспортного комплекса: сборник научных трудов по материалам V Международной научно-практической конференции 22 мая 2019 года / Министерство образования и науки ДНР и др. – Донецк: ДАТ, 2019. С. 120-123.

3. Нажиганов, А.В. Повышение коррозионной стойкости кузова автомобиля / А.В. Нажиганов, А.С. Семькина, Н.А. Загородний // Научно-технические аспекты инновационного развития транспортного комплекса: сборник научных трудов по материалам V Международной научно-практической конференции 22 мая 2019 года / Министерство образования и науки ДНР и др. – Донецк: ДАТ, 2019. С. 123-126.

4. Семькина, А.С. Анализ технологического процесса заводской и ремонтной покраски кузова автомобилей / А.С. Семькина, А.В. Нажиганов, Н.А. Загородний // Вестник Донецкой академии автомобильного транспорта. 2019. №3. С. 80-87.

5. Павлов, В.С. Коррозия деталей легковых автомобилей / В.С. Павлов, В.Е. Рязанов, И.В. Фадеев // В сборнике: Прогрессивные технологии в транспортных системах. Сборник докладов восьмой Российской научно-практической конференции. Ответственный редактор Рассоха В.И., ответственный секретарь Калимуллин Р.Ф., 2007. С. 247-250.

6. Панасович, Н.А. Коррозия кузовов автомобилей и мероприятия по ее предотвращению / Н.А. Панасович, А.А. Галайко // В сборнике: Прорывные научные исследования как двигатель науки. Сборник статей по итогам Международной научно-практической конференции: в 3 частях. 2017. С. 195-197.

7. Семькина, А.С. Организация технологических процессов технического обслуживания и диагностирования автомобилей / А.С. Семькина, Н.А. Загородний, С. Андреева // В сборнике: Международной научно-практической конференции «Наукоемкие технологии и инновации» (XXV научные чтения), посвященной 170-

летию со дня рождения В.Г. Шухова, БГТУ им. В.Г. Шухова, г. Белгород, 23 ноября 2023 года. Белгород, 2023. С. 1070-1075

8. Басков, В.Н. Коррозия автомобилей: классификация причин, методы и периодичность профилактики / В.Н. Басков, А.С. Гребенников, С.А. Гребенников, А.В. Косарева // В сборнике: Проблемы технической эксплуатации и автосервиса подвижного состава автомобильного транспорта. Сборник научных трудов, посвященный 85-летию кафедры ЭАТиС МАДИ, по материалам 79-й научно-методической и научно-исследовательской конференции МАДИ. 2021. С. 261-267.

УДК 629.33

Постников П.К., Конев А.А.

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

ПОТЕНЦИАЛ РЫНКА АВТОТЕХОБСЛУЖИВАНИЯ В РОССИИ

Экономические и политические аспекты последних лет существенно повлияли на рынок технического обслуживания автомобилей в России. Уход многих привычных брендов привел к перебоям в поставках новых автомобилей, запасных частей и расходных материалов. Рынок новых автомобилей, представленных официальными дилерами в нашей стране, стал формироваться в основном китайскими автопроизводителями, и это привело к смещению вектора потребительских предпочтений автовладельцев.

Определенная доля рынка новых и подержанных автомобилей формируется за счет параллельного импорта. Покупая такой автомобиль, автовладелец не имеет никакой гарантии автопроизводителя и все риски берет на себя. При этом сервисное обслуживание автомобилей автовладельцы выполняют на независимых СТО, либо самостоятельно.

Исследование рынка автотехобслуживания в России проводилось по материалам аналитического агентства «Автостат» за период с декабря 2024 по февраль 2025 года.

Рынок технического обслуживания и ремонта автомобилей является важным сектором экономики [3]. Так по итогу 2024 года общая ёмкость рынка сервисных услуг для легковых автомобилей составила 1,002 трлн рублей [2], при этом данная сумма не учитывает затраты на запасные части и расходные материалы. При этом объём рынка услуг по ТО и ремонту составляет 594,2 млрд руб. (Рис. 1).

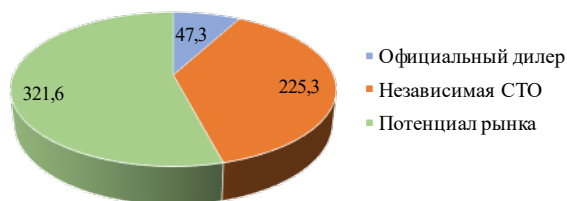


Рис. 1 – Емкость рынка ТО и Р, млрд руб

Экспертами [2] отмечается существенный потенциал рынка ТО и Р, который оценивается в 225,3 млрд рублей, что составляет 54% от общего объема. В данную категорию входят работы, которые выполняются автовладельцами самостоятельно, либо механиками-частниками. Среди наиболее востребованных услуг можно выделить: шиномонтаж, услуги автомойки и кузовной ремонт (Рис. 2).

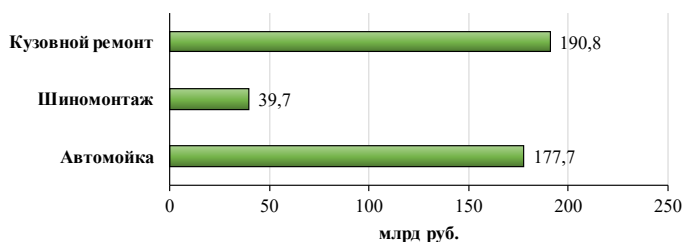


Рис. 2 – Объёмы наиболее востребованных услуг [2]

Подтверждением большого потенциала рынка ТО и Р легковых автомобилей являются результаты опроса более 2 тысяч респондентов [1], согласно которому суммарная доля автовладельцев ответивших «буду делать самостоятельно» и «у знакомого механика» составляет 52,1 % (Рис. 3).

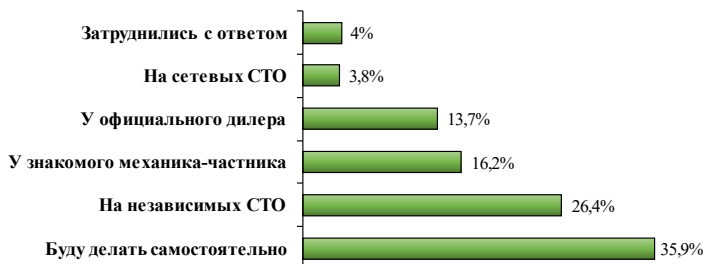


Рис. 3 – Планы автовладельцев по обслуживанию и ремонту автомобиля в 2025 году [1]

Экономическая ситуация в мире накладывает отпечаток на рынок ТО и Р автомобилей. Уход с рынка РФ многих ведущих производителей автомобилей и комплектующих привел к появлению дефицита оригинальных запчастей, удорожанию логистических цепочек поставщиков, увеличению количества контрафактных деталей, а, следовательно, к увеличению сроков ремонта. Результаты опроса автовладельцев [4] на тему наиболее часто встречающихся проблем по итогам 2024 года представлены на рисунке 4.

Так 63% респондентов основной проблемой выделили удорожание запчастей, 39,9% - нехватку оригинальных запчастей и наличие контрафакта, и 35,7% - удорожание стоимости ТО и ремонта, т.е. стоимости работ.



Рис. 4 – Результаты опроса автовладельцев на тему наиболее часто встречающихся проблем по итогам 2024 года [4]

Наше исследование показало, что потенциал роста рынка ТО и Р автомобилей в России большой. Существенная часть автовладельцев обслуживают транспортные средства самостоятельно, т.е. они потенциально являются новыми клиентами для автосервисов и, если для них создать привлекательные условия, можно существенно загрузить сервисную зону.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Более трети автовладельцев планируют сами обслуживать и ремонтировать автомобили // Аналитическое агентство «АВТОСТАТ» URL: <https://www.autostat.ru> (дата обращения: 21.03.2025).
2. Емкость рынка автосервиса в 2024 году составила 1 трлн рублей

// Аналитическое агентство «АВТОСТАТ» URL: <https://www.autostat.ru> (дата обращения: 21.03.2025).

3. Носатов, В. В. Тенденции развития рынка автомобильного транспорта в РФ / В. В. Носатов, Д. Ф. Коверженко, А. А. Конев // Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова : Сборник докладов, Белгород, 20–21 мая 2024 года. – Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2024. – С. 185-187.

4. С какими проблемами столкнулись автовладельцы при обслуживании и ремонте машин в 2024 году? // Аналитическое агентство «АВТОСТАТ» URL: <https://www.autostat.ru> (дата обращения: 21.03.2025).

УДК 679.7

Жевлакова А.В., Рашидов Р.Р., Быценко М.В.

Научный руководитель: Любимый Н.С., канд. техн. наук, доц.

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

КОНСТРУКТИВНЫЕ РЕШЕНИЯ ЭКСТРУДЕРОВ ДЛЯ 3D ПЕЧАТИ ВЯЖУЩИМИ

Экструдеры — это важные компоненты в процессе 3D-печати строительными смесями. Они отвечают за точную подачу материала через формующее сопло. От конструкции экструдера зависит не только качество печати, но и возможность работы с разными типами вяжущих веществ — от цементных растворов до гипсовых и композитных смесей [1].

В строительной 3D-печати наиболее часто используются шнековые экструдеры. Они состоят из загрузочного бункера, шнека с регулируемой скоростью вращения, нагревательного блока (при необходимости) и формующего сопла определённого диаметра.

Принцип работы таких экструдеров заключается в том, что материал продавливается через сопло вращающимся шнеком. Это обеспечивает высокую точность дозирования и равномерную подачу материала, что особенно важно при создании сложных архитектурных форм.

Однако у шнековых экструдеров есть свои недостатки. При работе с абразивными смесями происходит интенсивный износ винта и внутренних поверхностей, что требует использования износостойких материалов и частой замены деталей [2].

В качестве альтернативы можно использовать поршневые экструдеры, которые работают по принципу создания давления с помощью поршня.

Материал, который находится в камере, выдавливается через специальное отверстие благодаря линейному движению поршня, который приводится в действие с помощью гидравлической или пневматической системы.

Такие экструдеры часто используются в мобильных принтерах, где важна простота конструкции и надёжность в условиях эксплуатации вне помещения.

Хотя точность дозирования у поршневых экструдеров ниже, чем у шнековых систем, они хорошо подходят для работы с плотными и тяжёлыми смесями, включая смеси с добавками фибры и заполнителей.

Гидравлические экструдеры — это более сложные в применении устройства, но они обеспечивают стабильную подачу материала. В таких экструдерах используется гидравлический привод, который контролирует поток материала. Это позволяет точно регулировать объём и давление выдавливаемой массы [3].

Гидравлические экструдеры используются в профессиональном оборудовании для крупномасштабной печати и строительства важных объектов. Они отличаются высокой производительностью и совместимостью с автоматизированными системами управления. Однако их использование требует более тщательного обслуживания и стоит дороже по сравнению с другими типами экструдеров.

Независимо от типа, в конструкции каждого экструдера можно выделить основные компоненты: загрузочный бункер, устройство для подачи материала, нагревательный элемент (если необходимо активировать связующее вещество) и формирующее сопло.

Важно правильно подобрать материал для изготовления сопла и других поверхностей, контактирующих с материалом, так как многие строительные смеси имеют абразивные свойства. Для увеличения срока службы экструдеров используются усиленные стали, керамика и покрытия с низким коэффициентом трения.

При проектировании экструдеров особое внимание уделяется совместимости с определёнными типами вяжущих материалов. Например, для цементных смесей требуется прочная конструкция и защита от коррозии, а для гипсовых составов — высокая скорость выдачи и равномерность потока.

В будущем развитие экструдеров будет связано с использованием интеллектуальных систем управления, интеграцией с технологиями информационного моделирования зданий (BIM) и применением

искусственного интеллекта для автоматической настройки параметров печати в режиме реального времени.

Также ожидается создание универсальных экструдеров, способных адаптироваться к различным видам материалов и режимам работы. Это позволит существенно повысить эффективность и экономичность строительной 3D-печати, сделав её доступной для широкого круга пользователей.

В результате, конструкции экструдеров для 3D-печати с использованием вяжущих материалов продолжают улучшаться, обеспечивая более высокую точность, эффективность и надёжность [5].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Толпынина, Н. М. Влияние полидисперсного бетонного лома 3D-печати на структурообразование бетона / Н. М. Толпынина, Д. А. Толпынин // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2021. – № 7. – С. 17-23. – DOI 10.34031/2071-7318-2021-6-7-17-23. – EDN RJITWL.

2. Разработка материала на основе известково-карбонатно-кальциевых композиций для аддитивных технологий / Т. А. Бахтина, Н. В. Любомирский, А. С. Бахтин, Е. Ю. Николаенко // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2019. – № 4. – С. 8- 16. – DOI 10.34031/article_5cb1e65917fd15.03058522. – EDN HYWLAN.

3. Глаголев, Е. С. 3d-аддитивные строительные технологии. Теория и практика / Е. С. Глаголев // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2021. – № 2. – С. 8-14. – DOI 10.34031/2071-7318-2021-6-2-8-14. – EDN ZGYEGZ.

4. Дребезгова, М. Ю. Современные аддитивные технологии в малоэтажном строительстве / М. Ю. Дребезгова // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2017. – № 6. – С. 66-69. – DOI 10.12737.

5. Разработка комплексного решения для 3D-печати стеновых конструкций / С. В. Шаталова, Н. В. Чернышева, В. С. Лесовик [и др.] // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2022. – № 10. – С. 8-19. – DOI 10.34031/2071-7318-2022-7-10-8-19. – EDN NMUSWL.

Жевлакова А.В., Рашидов Р.Р., Быценко М.В.

Научный руководитель: Любимый Н.С., канд. техн. наук, доц.

Белгородский государственный технологический университет

им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ПЕЧАТИ МАЛЫХ АРХИТЕКТУРНЫХ ФОРМ

В последние годы технологии аддитивного производства, такие как 3D-печать, становятся всё более популярными в архитектуре и ландшафтном дизайне. Одним из самых интересных направлений их применения является создание малых архитектурных форм (МАФ) — небольших сооружений, которые служат как элементами декора, так и функциональными элементами городской среды.

К МАФ относятся скамейки, урны, ограждения, вазоны, игровые площадки, беседки, фонтаны, арки и многие другие конструкции. Эти формы играют важную роль в формировании комфортной городской среды, гармонично дополняя общий архитектурный ансамбль и делая общественные пространства более удобными для использования [1].

Традиционные методы производства малых архитектурных форм (МАФ) включают в себя трудоёмкие процессы, такие как резка, сварка, литьё и обработка дерева или камня. Однако с развитием цифровых технологий мы можем наблюдать настоящий прорыв в проектировании и реализации подобных объектов.

Аддитивные технологии, такие как 3D-печать, открывают двери к созданию уникальных изделий с минимальными затратами времени и материалов. Они позволяют воплощать в жизнь сложные геометрические решения, которые ранее были недоступны с использованием традиционных методов.

Особенно широко 3D-печать применяется в сфере паркового и садового дизайна, где важны как эстетика, так и функциональность. Благодаря возможности точного послойного нанесения материала, становится возможным производство МАФ с высокой детализацией, индивидуальным дизайном и оптимизированной структурой. Это позволяет учитывать особенности конкретной территории, включая климатические условия, культурные и исторические особенности местности [2].

В настоящее время для 3D-печати малых архитектурных форм наиболее часто используются цементные смеси, полимеры, гипсовые составы и композиты.

Бетонные смеси особенно востребованы в строительной 3D-печати, так как они позволяют создавать прочные и долговечные конструкции, которые могут выдерживать значительные нагрузки и воздействие окружающей среды.

Полимерные материалы, такие как PLA, ABS и PCL, активно используются для временных экспозиций, прототипирования и изготовления легких декоративных элементов. Гипсовые смеси, благодаря своей высокой детализации и способности создавать гладкие поверхности, идеально подходят для художественного оформления.

В числе наиболее впечатляющих примеров практического использования аддитивных технологий можно выделить проекты, созданные с помощью крупногабаритных принтеров.

Одним из первых, кто использовал 3D-печать для создания сказочного замка, а затем и полноценного жилого дома, был российский инженер Андрей Руденко.

Итальянский изобретатель Энрико Дини разработал установку D-Shape, которая позволяет печатать объёмные объекты из песка и связующего вещества. Наиболее известной работой, выполненной по технологии послойного напыления, является скульптура «Радиолария» размером 3×3×3 метра (рис.1.). Эти достижения демонстрируют, что 3D-печать может быть не только промышленным, но и художественным инструментом, способным создавать уникальные произведения [3].



Рис. 1. Сказочный замок и скульптура «Радиолария»

Важно подчеркнуть, что использование аддитивных технологий в производстве малых архитектурных форм (МАФ) открывает совершенно новые горизонты как в области персонализации, так и в сфере массового производства.

Технология 3D-печати позволяет создавать уникальные изделия на

заказ, которые идеально соответствуют всем требованиям проекта и особенностям места установки. При этом стоимость производства на единицу продукции значительно снижается, так как отпадает необходимость в использовании традиционных опалубок и дорогостоящих форм.

Кроме того, аддитивное производство значительно сокращает сроки реализации проектов. Если раньше изготовление даже небольшой скульптуры занимало недели, то теперь аналогичный результат можно получить всего за несколько дней [4].

Ещё одна важная сфера применения 3D-печати — это образование. Во многих университетах мира студенты технических специальностей изучают основы работы с 3D-принтерами и учатся моделировать объекты в различных программных пакетах, таких как TinkerCAD, SketchUp и AutoDesk 3D MAX. Это помогает будущим архитекторам и дизайнерам заранее представлять структуру и параметры объектов, которые можно создать с помощью аддитивных технологий.

В заключение хотелось бы отметить, что применение аддитивных технологий в области печати малых архитектурных форм открывает перед архитекторами, дизайнерами и строителями поистине безграничные горизонты. Современные 3D-принтеры позволяют создавать уникальные и детализированные объекты в рекордно короткие сроки, существенно снижая затраты на производство [5].

Использование новых материалов и цифровых решений открывает новые горизонты для быстрого создания объектов, которые органично вписываются в городскую среду и соответствуют всем современным требованиям устойчивого развития. 3D-печать становится не просто инструментом, а новой парадигмой в развитии архитектурного дизайна и благоустройства территорий.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Разработка комплексного решения для 3D-печати стеновых конструкций / С. В. Шаталова, Н. В. Чернышева, В. С. Лесовик [и др.] // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2022. – № 10. – С. 8-19. – DOI 10.34031/2071-7318-2022-7-10-8-19. – EDN NMUSWL.

2. Разработка материала на основе известково-карбонатно-кальциевых композиций для аддитивных технологий / Т. А. Бахтина, Н. В. Любомирский, А. С. Бахтин, Е. Ю. Николаенко // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2019. – № 4. – С. 8- 16. – DOI 10.34031. – EDN HYWLAN.

3. Глаголев, Е. С. 3d-аддитивные строительные технологии. Теория и практика / Е. С. Глаголев // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2021. – № 2. – С. 8-14. – DOI 10.34031/2071-7318-2021-6-2-8-14. – EDN ZGYEGZ.

4. Толыпина, Н. М. Влияние полидисперсного бетонного лома 3D-печати на структурообразование бетона / Н. М. Толыпина, Д. А. Толыпин // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2021. – № 7. – С. 17-23. – DOI 10.34031/2071-7318-2021-6-7-17-23. – EDN RJITWL.

5. Дребезгова, М. Ю. Современные аддитивные технологии в малоэтажном строительстве / М. Ю. Дребезгова // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2017. – № 6. – С. 66-69. – DOI 10.12737. – EDN YQPJLJ.

УДК 69.001.5

Жевлакова А.В., Рашидов Р.Р., Быценко М.В.

Научный руководитель: Любимый Н.С., канд. техн. наук, доц.

Белгородский государственный технологический университет

им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия

АНАЛИЗ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ 3D ПЕЧАТИ ВЯЖУЩИМИ

В последние годы всё большее внимание уделяется аддитивным технологиям в строительной отрасли, особенно перспективной области — 3D-печати конструкций с использованием вяжущих материалов. Этот метод позволяет создавать несущие и ограждающие элементы зданий без применения опалубки, снижает трудозатраты, уменьшает объём отходов и обеспечивает высокую степень автоматизации процесса возведения сооружений. Основной задачей при реализации таких технологий является выбор и анализ оборудования, способного обеспечить стабильную подачу материала, точность формообразования и прочностные характеристики готовой продукции.

Современные установки для 3D-печати вяжущими материалами можно условно разделить на несколько групп: стационарные принтеры с числовым программным управлением (ЧПУ), мобильные и роботизированные системы, принтеры с вертикальной и горизонтальной экструзией, а также оборудование на базе промышленных манипуляторов. Каждый тип имеет свои особенности, обусловленные как техническими характеристиками, так и условиями эксплуатации [1].

Стационарные принтеры с ЧПУ применяются в основном в лабораторных условиях и на производственных участках. Они состоят из XYZ-платформы, экструдера и системы управления перемещением. Такое оборудование обеспечивает высокую точность позиционирования, возможность работы с различными составами и простоту настройки параметров. Однако его применение ограничено габаритами печатаемых изделий, необходимостью квалифицированного обслуживания и длительной подготовкой к запуску [2]. Эти устройства наиболее эффективны при изготовлении образцов, прототипов и небольших конструкций в контролируемой среде.

Мобильные и роботизированные системы позволяют осуществлять 3D-печать непосредственно на строительной площадке, что открывает возможность возведения полноценных объектов без необходимости перевозки деталей. Примерами таких решений являются принтеры WASP Crane и Apis Cor, которые могут работать вне помещений и обеспечивают высокую степень автономности. Тем не менее, такие установки зависят от внешних климатических условий, требуют повышенных требований к стабильности состава смеси и отличаются сложностью контроля качества в процессе непрерывной работы [3]. Это делает их более подходящими для малоэтажного и временного строительства, где допустимы некоторые отклонения в размерах и свойствах конструкции.

Особое место занимают принтеры с вертикальной и горизонтальной экструзией, которые отличаются ориентацией укладываемого слоя. Вертикальная экструзия предполагает формирование конструкции снизу вверх и удобна при изготовлении стеновых элементов, поскольку повышает прочность за счёт направленной укладки. Горизонтальная экструзия, напротив, обеспечивает лучшую адгезию между слоями и используется преимущественно при печати плит и перекрытий. Выбор типа экструзии зависит от проектных решений и требований к несущей способности и точности изделия. Оба подхода сталкиваются с проблемой деформации свежеложенного слоя, что требует тщательной настройки скорости подачи материала и давления экструдера.

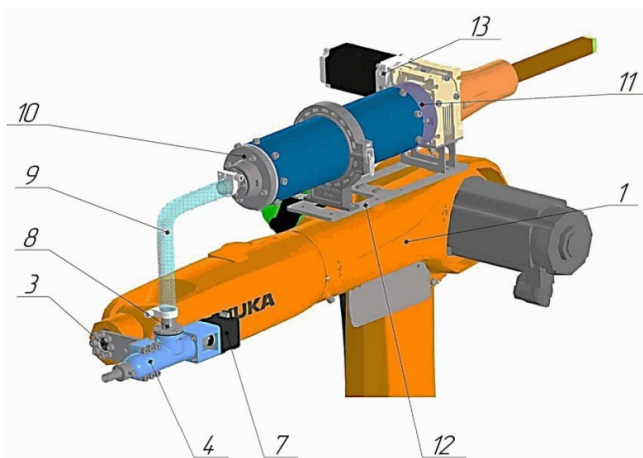


Рис. 1 Устройство для 3D-печати строительными смесями на основе вяжущих: 1 – робот-манипулятор, 3 – фланец, 4 – экструдер, 7 – шаговый двигатель, 8 – штуцер, 9 – гибкий шланг, 10 – переходная втулка, 11 – нагнетатель, 13 – мотор-редуктор.

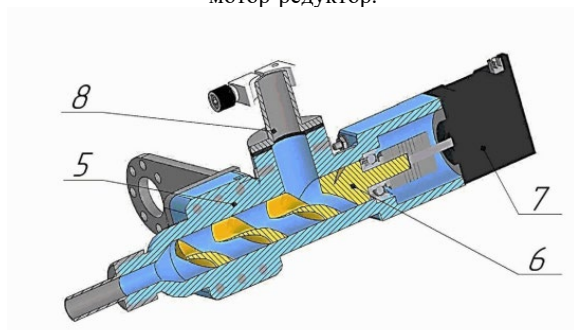


Рис. 2 Устройство для 3D-печати строительными смесями на основе вяжущих: 5 – корпус, 6 – шнек-дозатор, 7 – шаговый двигатель, 8 – штуцер.

Полезная модель относится к области аддитивных технологий и, конкретно, к устройствам для 3D-печати вяжущими материалами. Предложенное устройство может быть использовано в качестве трёхмерного принтера при послойном формировании малых архитектурных объектов из строительных смесей на основе вяжущих материалов.

Задачей, на решение которой направлено заявляемое техническое решение, является повышение качества печати в условиях перемещения

экструдера в шести степенях свободы. Указанная задача достигается за счёт предотвращения образования газовых включений в укладываемой строительной смеси на основе вяжущих путём подачи в экструдер предварительно уплотнённой и дегазированной смеси под контролируемым давлением.

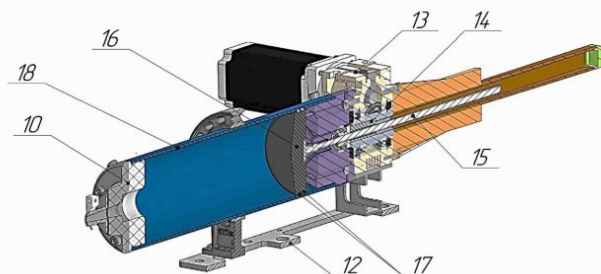


Рис. 3 Устройство для 3D-печати строительными смесями на основе вяжущих: 10 – переходная втулка, 12 – кронштейн, 13 – мотор-редуктор, 14 – втулка, 15 – ходовой винт, 16 – поршень, 17 – кольцевые уплотнения, 18 – цилиндрическая ёмкость

Устройство для 3D-печати строительными смесями на основе вяжущих содержит робота-манипулятор 1 с системой управления 2, несущий экструдер 4 и нагнетатель 11. Экструдер 4 закреплён на фланце 3 робота-манипулятора 1 и имеет на наружной поверхности корпуса 5 экструдера штуцер 8. Внутри экструдера расположен шнек-дозатор 6, взаимодействующий с шаговым двигателем 7, который электрически связан с системой управления 2 робота-манипулятора 1.

Нагнетатель 11 установлен на роботе-манипуляторе 1 через кронштейн 12 и включает шаговый мотор-редуктор 13, соединённый с втулкой 14. На внутренней поверхности втулки 14 выполнена кинематическая резьба, выполняющая функцию гайки в передаче винт-гайка и взаимодействующая с наружной поверхностью ходового винта 15, оснащённого поршнем 16. На цилиндрической поверхности поршня 16 размещены кольцевые уплотнения 17. Поршень 16 установлен внутри цилиндрической ёмкости 18, жёстко связанной с шаговым мотором-редуктором 13 и расположенной соосно относительно втулки 14 и ходового винта 15.

Экструдер 4 соединён с нагнетателем 11 посредством штуцера 8, гибкого шланга 9 и съёмной переходной втулки 10, обеспечивающей герметичное и технологически выверенное сообщение между указанными узлами устройства. Такое конструктивное исполнение позволяет подавать предварительно уплотнённую и дегазированную

строительную смесь на основе вяжущих материалов в экструдер под контролируемым давлением, что способствует повышению качества укладываемого слоя за счёт исключения газовых включений и обеспечения равномерной подачи материала в процессе печати в шести степенях свободы.

Таким образом, оборудование для 3D-печати вяжущими материалами активно развивается и открывает новые возможности в области строительства. Однако для полного раскрытия потенциала аддитивных технологий требуется дальнейшая доработка как самих устройств, так и рецептур смесей, а также развитие нормативной базы и программного обеспечения. Интеграция интеллектуальных систем управления, повышение надёжности и снижение себестоимости позволят сделать 3D-печать конкурентоспособной технологией в индустриальном домостроении и реконструкции зданий.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Глаголев, Е. С. 3d-аддитивные строительные технологии. Теория и практика / Е. С. Глаголев // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2021. – № 2. – С. 8-14. – DOI 10.34031/2071-7318-2021-6-2-8-14..

2. Разработка материала на основе известково-карбонатно-кальциевых композиций для аддитивных технологий / Т. А. Бахтина, Н. В. Любомирский, А. С. Бахтин, Е. Ю. Николаенко // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2019. – № 4. – С. 8- 16. – DOI 10.34031/article_5cb1e65917fd15.03058522. – EDN NYWLAN.

3. Разработка комплексного решения для 3D-печати стеновых конструкций / С. В. Шаталова, Н. В. Чернышева, В. С. Лесовик [и др.] // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2022. – № 10. – С. 8-19. – DOI 10.34031/2071-7318-2022-7-10-8-19. – EDN NMUSWL.

4. Толпынина, Н. М. Влияние полидисперсного бетонного лома 3D-печати на структурообразование бетона / Н. М. Толпынина, Д. А. Толпынин // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2021. – № 7. – С. 17-23. – DOI 10.34031/2071-7318-2021-6-7-17-23. – EDN RJITWL.

5. Дребезгова, М. Ю. Современные аддитивные технологии в малоэтажном строительстве / М. Ю. Дребезгова // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2017. – № 6. – С. 66-69. – DOI 10.12737. – EDN YQPLJL.

Румянцева К.О.

*Научный руководитель: Лежнева Е.И., канд. техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

К ВОПРОСУ РАЗВИТИЯ ГИБРИДНЫХ АВТОМОБИЛЕЙ

Идея гибридных автомобилей начала формироваться еще в начале 20 века, когда инженеры начали осознавать возможности комбинирования различных источников энергии для повышения эффективности транспортных средств. Однако на практике такие автомобили стали появляться лишь в конце 20 века, когда технологии достигли необходимого уровня развития.

Гибридный автомобиль – это транспортное средство, в котором один из обратимых источников энергии вырабатывает электрическую энергию. Транспорт на электрической тяге - это транспортные средства, в котором электрическая энергия преобразуется электрической машиной (машинами) в механическую энергию для создания тягового усилия. Гибридное транспортное средство с тепловым двигателем – это автомобиль, силовая установка которого включает тепловой двигатель.

Первым серийным гибридным автомобилем стал Toyota Prius, который был выпущен японской компанией Toyota в 1997 году. Этот автомобиль сразу же привлек внимание общественности благодаря своей экологичности и экономичности. Важно отметить, что приобретение Toyota Prius на аукционе может быть более выгодным, чем покупка в обычных автосалонах, что делает его доступным выбором для многих автолюбителей.

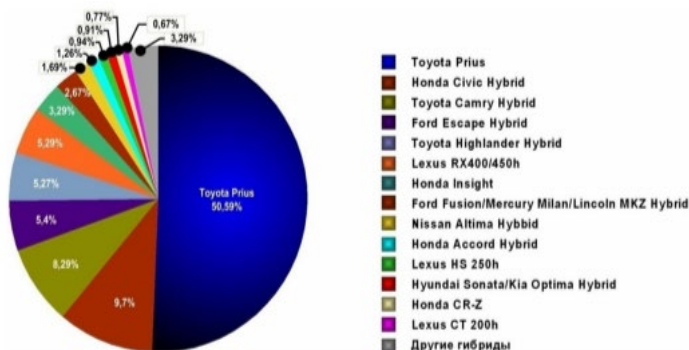


Рис.1 Распределение автопарка гибридных автомобилей по маркам и моделям

Гибридные автомобили функционируют благодаря сочетанию двух типов энергии: электрической и бензиновой. Электродвигатель включается при начале движения и разгоне, а бензиновый двигатель обеспечивает поддержание постоянной скорости при езде по шоссе. Такое решение позволяет существенно уменьшить потребление горючего и снизить уровень загрязнения окружающей среды. Как правило, гибридный автомобиль имеет в своей конструкции двигатель внутреннего сгорания, электродвигатель-генератор, высоковольтную батарею и инвертор. Гибридный автомобиль предназначен, прежде всего, для эффективного использования энергоресурса.

Автомобили с гибридным приводом представлены в нескольких вариантах, и для начала важно понимать, что их можно классифицировать на три ключевые категории. Первая из них – это последовательный гибрид, где двигатель внутреннего сгорания не соединен напрямую с колесами автомобиля. Вместо этого, он функционирует как привод для генератора, производящего электричество, которое затем питает электромотор, вращающий колеса. Эта схема обеспечивает оптимальное использование электроэнергии.

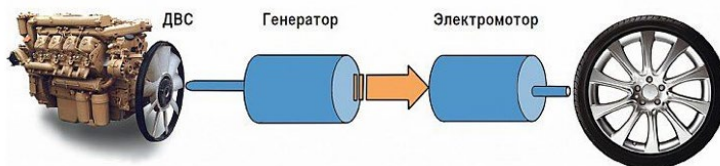


Рис.2 Схема последовательного гибридного автомобиля

Кроме последовательного гибрида, существуют также параллельные и последовательно-параллельные гибридные системы. Параллельный гибрид позволяет одновременно использовать оба источника энергии, что повышает общую производительность автомобиля.



Рис. 3 Схема параллельного гибридного автомобиля

Последовательно-параллельные гибриды сочетают в себе преимущества обоих типов, позволяя автомобилю работать как в режиме последовательного, так и в режиме параллельного привода.

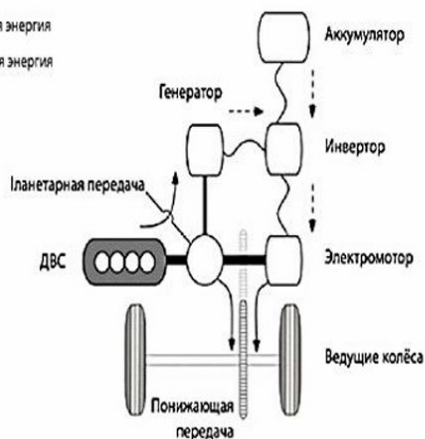


Рис. 4 Последовательно-параллельный гибридный автомобиль

Автомобили с умеренной и микрогибридной силовой установкой представляют собой альтернативное решение. Умеренные гибриды (MHEV) представляют собой транспортные средства, объединяющие

бензиновый двигатель и электрический мотор, что позволяет улучшить экономию топлива и уменьшить количество вредных выбросов. Важно отметить, что, в отличие от полноценных гибридов, МНЕV не способны функционировать исключительно на электротяге. В подобных системах электродвигатель оказывает поддержку двигателю внутреннего сгорания при ускорении и на малых скоростях, а также рекуперирует энергию при торможении, накапливая её в аккумуляторной батарее. Например, при достижении автомобилем скорости свыше 50 км/ч, бензиновый двигатель принимает на себя основную нагрузку, а электромотор отключается.

Микрогибриды представляют собой еще более упрощенный вариант, в котором используется система старт-стоп. Эта система позволяет автоматически выключать двигатель, когда автомобиль останавливается, и снова запускать его при нажатии на педаль акселератора. Это помогает экономить топливо в городских условиях, где частые остановки и запуски мотора являются обычным делом.

Автомобили с гибридной силовой установкой характеризуются рядом значительных плюсов. Помимо экономии горючего, они положительно влияют на экологию, сокращая объемы выбрасываемого в воздух углекислого газа и прочих загрязняющих веществ. Благодаря этому, гибриды являются более экологически предпочтительным вариантом, если сравнивать их с классическими автомобилями, использующими бензин. Дополнительным стимулом к покупке гибридного автомобиля служит то, что во многих государствах владельцам таких машин доступны различные государственные преференции, например, снижение налоговой нагрузки.

Тем не менее, у гибридов есть и свои недостатки. Например, они могут быть дороже в покупке по сравнению с обычными автомобилями, а также требуют более сложного обслуживания из-за наличия двух типов двигателей и электрических систем. Кроме того, аккумуляторные батареи, используемые в гибридных автомобилях, со временем могут терять свою емкость, что также необходимо учитывать при эксплуатации таких транспортных средств.

В заключение, стоит отметить, что гибридные транспортные средства являют собой многообещающее и захватывающее направление в автомобилестроении. Благодаря им достигается существенное сокращение потребления горючего и объема вредных веществ, выбрасываемых в атмосферу, что, безусловно, является значимым вкладом в экологическую безопасность и устойчивое развитие.

По мере развития технологий, применяемых в гибридах, можно ожидать появления еще более совершенных и производительных модификаций в скором времени, что, в свою очередь, повысит востребованность и сделает гибридные автомобили более приемлемыми для широкого круга потребителей.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Раков В.А. Развитие мирового автопарка гибридных автомобилей. Современная техника и технологии. 2013. № 7 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://technology.snauka.ru> (дата обращения 03.04.2025).
2. Раков В.А. Эксплуатация и обслуживание автомобилей с гибридными силовыми установками: монография - Вологда: ВоГУ, 2014.-143 с.
3. Сведения о продажах новых гибридных автомобилей. Сайт гибридных автомобилей. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.hybridcars.com> (дата обращения 03.04.2025).
4. Тойота. Продажи гибридных автомобилей Toyota и Lexus в России. [Электронный ресурс]. – Режим <https://www.toyota.ru> (дата обращения 03.04.2025).
5. Гибридные автомобили: марки авто, продающиеся в России в рублях и фотографиях. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://motocarrello.ru> (дата обращения 03.04.2025).
6. Шутов, А. И., Щетинина Е. А. Энергетика транспорта: монография - Белгород: Изд-во БГТУ , 2006. - 127 с.

УДК 656.051

Румянцева К.О.

***Научный руководитель: Лежнева Е.И., канд. техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия***

АНАЛИЗ ОСНОВНЫХ ФАКТОРОВ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИХ БЕЗОПАСНОСТЬ НА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГАХ

Анализ обширной базы данных, включающей тысячи автомобилей, выявил, что возраст и водительский стаж – основные факторы, определяющие безопасность на дороге [1]. Статистический анализ показывает, что пол водителя оказывает некоторое влияние, однако его значимость относительно невелика. Женщины

демонстрируют более осторожный стиль вождения: они на 15 % реже резко ускоряются и на 31 % меньше превышают скорость, что приводит к меньшему количеству штрафных баллов за агрессивное вождение (на 33 %) по сравнению с мужчинами.

Как отмечается в работе [2] с возрастом агрессивность вождения снижается у обоих полов. Молодые водители (до 24 лет) более чем вдвое чаще резко ускоряются, на 28 % чаще превышают скорость и получают на 69 % больше штрафных баллов, чем водители 41-50 лет. Пожилые водители (старше 61 года) на 23 % реже превышают скорость, на 12 % меньше совершают резкие ускорения/торможения и получают на 13 % меньше штрафных баллов (по сравнению с категорией 41-50 лет). Количество резких ускорений/торможений на 100 км пробега снижается с 15,2 % у водителей до 24 лет до 6,3 % у водителей старше 61 года.

В ходе анализа статистики Госавтоинспекции выявили четкую взаимосвязь между возрастом, полом водителей и авариями со смертельным исходом. Статистика показывает, что мужчины гораздо чаще попадают в дорожно-транспортные происшествия (ДТП) с трагическими последствиями, чем женщины. Так в 2024 году наибольшее число погибших мужчин пришлось на возрастные группы 30-50 лет, и эта цифра все равно выше, чем среди женщин. Женщины реже нарушают правила дорожного движения и менее склонны к риску, хотя им сложнее даются маневры и оценка обстановки (рис. 1). Молодые женщины-водители чаще попадают в аварии из-за неопытности, а пожилые – из-за проблем со здоровьем. Среди женщин, больше всего погибших в 2024 году было в возрасте 35-49 лет.

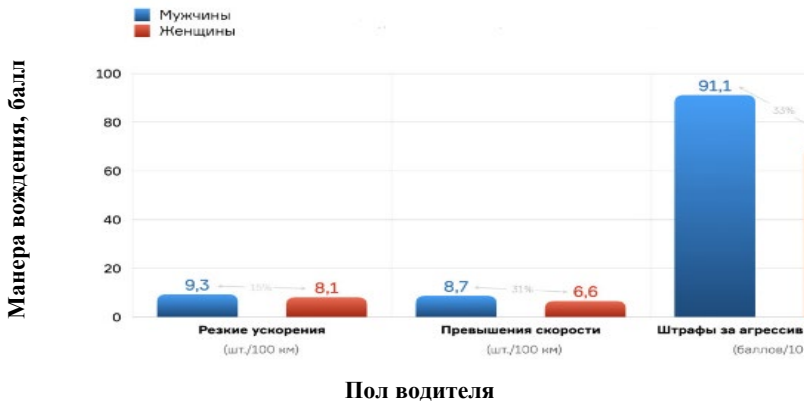


Рис.1 – Зависимость манеры вождения от пола водителя

Главные факторы, влияющие на безопасность вождения – это опыт и возраст водителя (рис. 2). Управление автомобилем – сложная деятельность, требующая ответственности за себя и окружающих. Квалификация и индивидуальные особенности также влияют на безопасность дорожного движения [3].

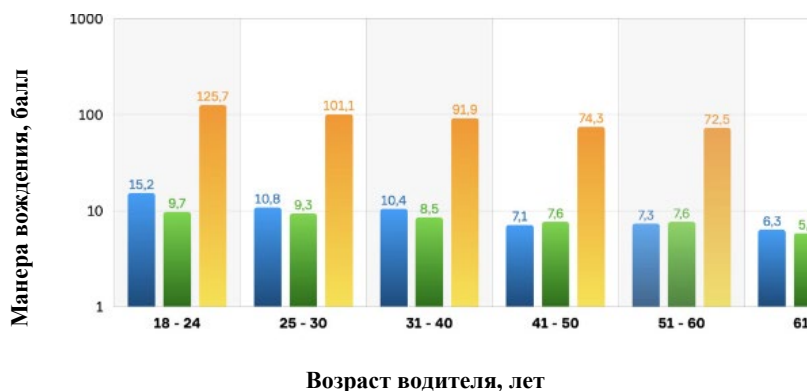


Рис.2 – Зависимость манеры вождения от возраста водителя

Анализ указывает на то, что стаж вождения обратно пропорционален числу ДТП, но нелинейно. Наиболее подвержены авариям начинающие водители (до 2 лет) и водители со стажем около 5 лет. Неправильные навыки, приобретенные в начале обучения, могут нивелировать пользу от стажа. Систематические ошибки и переоценка мастерства приводят к авариям. На основании этого следует вывод о важности курсов повышения квалификации.

Объяснить аварийность у начинающих водителей можно недостатком знаний, а у водителей с опытом около 5 лет – с переоценкой возможностей. Опытные водители нередко становятся участниками серьезных дорожно-транспортных происшествий из-за привыкания к риску и притупления бдительности. Возрастной фактор также играет важную роль в статистике аварийности, причем наиболее уязвимыми категориями являются водители младше 25 и старше 60 лет. Как отмечается в работе [4] молодые водители (18-30 лет) чаще совершают опасные нарушения, такие как выезд на встречную полосу, вождение в нетрезвом виде и превышение скорости, часто недооценивая последствия. Основными причинами ДТП у пожилых людей являются возрастные заболевания, но опыт может компенсировать это. Водители 45-60 лет реже попадают в аварии, чем начинающие водители, из-за чувства ответственности и осторожности.

Молодые водители до 30 лет чаще нарушают ПДД из-за склонности к риску. Водители 31-45 лет нарушают правила обгона, признавая свои ошибки из-за недостатка опыта предвидения. С возрастом импульсивность сменяется рассудительностью, компенсируя снижение функциональных способностей (рис. 3).

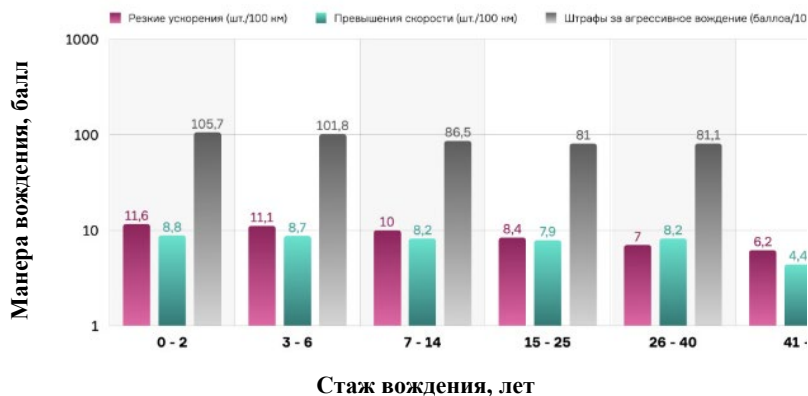


Рис.3 – Зависимость манеры вождения от стажа водителя

Таким образом, уровень безопасности дорожного движения напрямую зависит от стажа, возраста, квалификации и личных качеств водителя и опосредованно зависит от пола водителя.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кущенко, Л. Е. Организация дорожного движения : учебное пособие / Л. Е. Кущенко, С. В. Кущенко, И. А. Новиков, П. А. Воля. - Белгород : Изд-во БГТУ, 2018. - 205 с.
2. Логачев, В. Г. Влияние возраста на профессионально важные психофизиологические качества / В. Г. Логачев, В. А. Тюлькин, С. В. Кравченко // [Электронный ресурс]. - Режим доступа: URL: <https://cyberleninka.ru> (дата обращения: 20.03.2025).
3. Новиков Н. Эксперты рассказали, как возраст, стаж и пол влияют на вождение автомобиля [Электронный ресурс] / Н. Новиков // speedme.ru. (дата обращения: 20.03.2025).
4. Факторы, влияющие на безопасность дорожного движения [Электронный ресурс] // driver-helper.ru. (дата обращения: 20.03.2025).

*Савенкова А.Ю., Котухов А.Н., Зубарев А.В.
Научный руководитель: Куценко Л.Е. д-р техн. наук доц.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

ДОРОЖНЫЕ ОГРАЖДЕНИЯ: ВИДЫ, ФУНКЦИИ И ЗНАЧЕНИЯ ДЛЯ БЕЗОПАСНОСТИ

Дорожные ограждения играют ключевую роль в системе транспортной инфраструктуры, обеспечивая безопасность всех участников движения. Они выполняют множество задач: от недопущения съезда автомобилей с проезжей части до защиты пешеходов и ограничения доступа к потенциально опасным участкам дорог. В данном материале мы подробно рассмотрим основные типы таких конструкций, их функции и значимость в обеспечении безопасности на дорогах [1].

Существует несколько классификаций дорожных ограждений — по назначению, используемым материалам, особенностям конструкции и принципу функционирования.

- Барьерные ограждения (Рис. 1) служат для предотвращения выхода автомобилей за пределы дороги, а также для разделения потоков транспорта, движущихся во встречных направлениях. Такие ограждения часто размещают вдоль обочин, на мостах и внутри тоннелей [2].



Рис. 1 Барьерные ограждения

- Пешеходные ограждения (Рис. 2) размещаются вдоль

трогуаров, в районах пешеходных переходов, а также около участков с повышенным риском, чтобы предотвратить выход людей на проезжую часть.



Рис. 2 Пешеходные ограждения

- Сигнальные ограждения (Рис. 3) применяются при временном изменении организации движения — например, во время ремонта дорог или проведения массовых мероприятий, когда требуется оперативное ограждение территории.



Рис. 3 Сигнальные ограждения

Среди наиболее распространённых материалов для изготовления ограждений — металл, бетон и пластик.

Металлические конструкции, как правило, изготавливаются из стали или алюминия. Эти материалы отличаются высокой механической прочностью, устойчивостью к износу и длительным сроком службы даже при неблагоприятных погодных условиях.

Бетонные барьеры эффективно предотвращают съезд транспорта с дороги, однако из-за своей массивности требуют специальных условий для транспортировки и установки.

Ограждения из пластика, напротив, обладают малым весом, легко перевозятся и монтируются. Они часто используются как временное решение — например, на стройплощадках или во время проведения общественных мероприятий.

Жесткие ограждающие конструкции отличаются высокой прочностью и неподверженностью деформации при столкновении. Это делает их надёжным средством защиты, однако такие барьеры могут передавать силу удара непосредственно на автомобиль, увеличивая риск повреждений.

В отличие от них, гибкие (или эластичные) ограждения при столкновении частично деформируются, что позволяет им поглощать часть кинетической энергии, тем самым снижая силу воздействия на транспортное средство.

Смешанные или комбинированные варианты сочетают характеристики обоих типов, предлагая сбалансированный подход к защите: они способны и выдерживать нагрузки, и частично амортизировать удары [3].

Ограждающие элементы на дорогах выполняют ряд жизненно важных функций:

1. Предотвращение выезда транспорта за пределы проезжей части. Барьерные конструкции способствуют удержанию автомобиля в пределах дорожного полотна, предотвращая его съезд на обочину, в кювет или встречную полосу.

2. Ограничение движения пешеходов. Защитные ограждения вдоль тротуаров и вблизи зон повышенного риска (например, железнодорожных переездов, мостов или тоннелей) препятствуют несанкционированному выходу пешеходов на проезжую часть.

3. Выделение зон повышенной опасности. Сигнальные конструкции визуально обозначают места, где ведутся дорожные работы, произошли аварии или наблюдается плохая видимость.

4. Разделение транспортных потоков. Ограждения, установленные по осевой линии, эффективно разграничивают встречные потоки транспорта, минимизируя вероятность фронтальных столкновений.

5. Снижение ущерба при ДТП. Конструкции с амортизирующими свойствами способны уменьшить последствия аварии за счёт поглощения части энергии удара.

Барьерные ограждения, как правило, устанавливаются в местах с

высокой интенсивностью движения, на мостах, в тоннелях, а также на участках с ограниченным обзором — везде, где особенно важно предотвратить выезд транспорта с проезжей части.

Пешеходные конструкции применяются вдоль тротуаров, в районах переходов и рядом с опасными зонами, ограничивая движение пешеходов.

Сигнальные ограждения широко используются для временного обозначения зон дорожных работ или массовых мероприятий, где требуется изменение схемы движения.

На участках дорог, где существует повышенный риск опрокидывания автомобилей, целесообразно применять тросовые ограждения. Эти конструкции обладают способностью частично гасить энергию удара, что помогает предотвратить переворачивание транспортных средств.

Комбинированные ограждения находят применение в ситуациях, когда необходимо объединить свойства жёстких и эластичных конструкций. Такой подход обеспечивает наилучший уровень защиты на сложных участках дороги [4].

Современные разработки в сфере дорожных ограждений активно используют достижения в области инженерных решений и новых материалов. Все конструкции обязаны соответствовать установленным стандартам безопасности, включая российский ГОСТ Р 52289-2004 и европейский регламент EN 1317.

Для улучшения видимости в условиях плохой освещенности или неблагоприятной погоды, ограждения часто оснащаются элементами со светоотражающими свойствами, что повышает их эффективность в тёмное время суток [5].

В целом, ограждающие конструкции являются неотъемлемым компонентом системы обеспечения безопасности на дорогах. Грамотный выбор типа ограждения и его установка с учётом конкретных дорожных условий способствует снижению аварийности и защите всех участников движения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кущенко Л. Е., Шутов А. И., Воля П. А., Кущенко С. В. Заторовые явления. Возможности предупреждения // Вестник БГТУ им. В. Г. Шухова. – 2013. – № 3. – С. 166–168.
2. Кущенко Л. Е., Бобешко А. С., Мазнев Е. С. Виды и элементы безопасности транспортных средств // Организация и безопасность дорожного движения: сб. материалов XI Междунар. науч.-практ. конф.,

Тюмень, 2018. – С. 39–43.

3. Кущенко Л. Е., Шатова Ю. С. Обеспечение безопасности на автомобильном транспорте // Безпека на транспорті – основа ефективної інфраструктури: проблеми та перспективи: зб. матеріалів IV Міжнар. наук.-практ. конф., Харків, 2019. – С. 24–27.

4. Кущенко Л. Е., Семенова Е. Д. Развитие автомобилестроения: от колеса до современного автомобиля // Современные автомобильные материалы и технологии: сб. статей XI Междунар. науч.-техн. конф. (Самит–2019), Курск, 2019. – С. 316–318.

5. Кущенко Л. Е., Камбур А. С., Пехов А. А. Совершенствование организации дорожного движения посредством применения интеллектуальных транспортных систем // Мир транспорта и технологических машин. – 2021. – № 3 (74). – С. 83–91.

УДК 625.7.03

Савенкова А.Ю., Смоленский И.П., Кущенко С.В.

***Научный руководитель: Кущенко Л.Е. д-р техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия***

БАРЬЕРНЫЕ ОГРАЖДЕНИЯ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ: ТРАНСФОРМАЦИЯ ПОДХОДОВ К БЕЗОПАСНОСТИ И ГИБКОСТИ УЛИЧНО-ДОРОЖНОЙ СЕТИ

Современные крупные города всё чаще сталкиваются с нарастающей транспортной нагрузкой, особенно в периоды утренних и вечерних пиков. Это приводит не только к образованию продолжительных пробок, но и к росту вероятности дорожно-транспортных происшествий. В такой обстановке вопросы безопасности движения и грамотного регулирования транспортных потоков становятся крайне актуальными и стратегически важными. Одним из ключевых средств, направленных на поддержание порядка и защиты на дорогах, остаются барьерные ограждения. При этом современные технологии значительно трансформировали эти элементы — от классических металлических конструкций до инновационных решений, способных адаптироваться к дорожной ситуации в реальном времени [1].

Исторически барьерные системы из бетона и стали служили для отделения противоположных потоков транспорта, защиты пешеходных участков и повышения безопасности на скоростных трассах. Несмотря на свою прочность и эффективность, такие конструкции обладают

рядом существенных ограничений:

- их установка и демонтаж требуют значительных ресурсов — времени, техники и бюджета;
- они не способны быстро меняться при необходимости перераспределения потоков;
- при ДТП могут создавать препятствия для проезда экстренных служб;
- в условиях, где требуется оперативное переключение полос движения, стационарные барьеры оказываются малоэффективными.

В условиях плотной городской застройки и необходимости гибкого управления улично-дорожной сетью традиционные ограждения всё чаще уступают место более современным и адаптивным решениям.

Современные технологии в сфере дорожных ограждений предлагают целый ряд инновационных решений, направленных на повышение адаптивности и эффективности городской инфраструктуры:

1. Мобильные барьерные системы на автоматизированных платформах - эти ограждения интегрированы в дорожное полотно и перемещаются по встроенным рельсам или колесным направляющим. Они позволяют оперативно менять конфигурацию движения — например, в зависимости от времени суток перераспределять количество полос в ту или иную сторону. Такой подход широко применяется в городах Европы и Азии на участках с реверсивным движением, где по утрам открывается больше полос в сторону центра, а вечером — наоборот [2].

2. Утопленные (встраиваемые) барьеры - это высокотехнологичные секционные конструкции, которые могут подниматься из проезжей части по сигналу — за счёт пневматического, гидравлического или электрического привода. Они используются для временного ограничения движения, например, во время массовых мероприятий или в экстренных ситуациях. В остальное время такие барьеры остаются скрытыми, не мешая транспорту и не занимая полезное пространство [3].

3. Интеллектуальные ограждающие системы - оснащённые датчиками, камерами видеонаблюдения и модулями с элементами искусственного интеллекта, эти системы способны в реальном времени анализировать транспортную обстановку: интенсивность потока, загруженность полос, вероятность ДТП. На основе собранной информации они могут автоматически изменять положение барьеров, активировать предупреждающие сигналы или перенаправлять потоки. Такие решения становятся важной частью цифровой инфраструктуры

современных мегаполисов, следуя концепции Smart City.

Инновационные барьерные решения дают целый ряд ощутимых преимуществ:

- Повышение безопасности — особенно на участках с интенсивным движением или высокими скоростями, где риск ДТП наиболее высок;
- Гибкое регулирование трафика — возможность оперативно изменять схему движения и перераспределять полосы при изменении условий;
- Экономическая эффективность — в долгосрочной перспективе снижаются затраты на эксплуатацию за счёт автоматизации процессов и уменьшения зависимости от ручного труда;
- Гармонизация городской среды — такие системы позволяют уменьшить визуальное засорение, сохранить открытые пешеходные пространства и сделать улицы более эстетичными.

Практический опыт демонстрирует эффективность подобных методик:

В Сеуле (Республика Корея) в некоторых тоннелях установлены автоматические рельсовые разделители, позволяющие менять направление транспортного потока без участия персонала. В Осло (Норвегия) применяются барьеры, интегрированные в дорожное покрытие, что обеспечивает адаптивное преобразование уличного пространства, учитывая сезонные изменения, время суток и дорожную ситуацию. В Москве (Российская Федерация) на отдельных участках дорог, включая Звенигородское шоссе и прилегающие к МКАД территории, проводятся испытания полуавтоматизированных барьерных систем, особенно в местах с повышенной аварийностью и интенсивным движением.

Современная транспортная инфраструктура – это не только инженерные конструкции, но и значимый фактор, влияющий на качество жизни. Интеллектуальные и адаптивные разделители не только снижают вероятность ДТП, но и создают комфортную, понятную и визуально организованную городскую среду, что положительно влияет на экономику и благополучие граждан.

Согласно исследованиям Всемирного банка и транспортных организаций, пробки ежегодно наносят многомиллионный ущерб экономике крупных городов из-за потери времени, роста расходов на топливо и снижения производительности труда. Адаптивные барьерные технологии позволяют точно регулировать движение, сокращая время в пути и минимизируя экономические потери.

Кроме того, четкая организация дорожного движения, понятная

навигация и отсутствие хаоса на дорогах улучшают психоэмоциональное состояние водителей и пешеходов. Это особенно актуально в больших городах, где уровень стресса на дорогах традиционно высок.

Районы, где используются современные решения для управления дорожным движением, включая мобильные барьеры, становятся более привлекательными для бизнеса, инвесторов и жителей. Улучшенная доступность и безопасность способствуют росту стоимости недвижимости и развитию малого бизнеса – кафе, магазинов и сервисных предприятий.

Когда жители видят, что городские власти активно используют инновационные подходы и открыты для экспериментов с городской инфраструктурой, это укрепляет доверие к руководству и способствует открытому диалогу. Особенно важно, когда такие проекты подкреплены аналитическими данными, прозрачной отчетностью и учетом мнения населения.

Современные барьерные ограждения больше не являются просто техническими элементами. Они становятся частью интеллектуальных транспортных систем, которые адаптируются к поведению водителей, изменению интенсивности движения и текущим событиям. Внедрение этих технологий – это не просто модернизация, а важный шаг к созданию безопасной, устойчивой и ориентированной на человека городской среды. Это особенно важно для мегаполисов, где ежедневно миллионы людей перемещаются на автомобилях, общественном транспорте и пешком.

Инвестиции в интеллектуальные и мобильные барьерные системы – это вклад в повышение безопасности, гибкости управления дорожным движением и устойчивое развитие городов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кущенко Л. Е., Шутов А. И., Воля П. А., Кущенко С. В. Заторовые явления. Возможности предупреждения // Вестник БГТУ им. В. Г. Шухова. – 2013. – № 3. – С. 166–168.

2. Кущенко Л. Е., Бобешко А. С., Мазнев Е. С. Виды и элементы безопасности транспортных средств // Организация и безопасность дорожного движения: сб. материалов XI Междунар. науч.-практ. конф., Тюмень, 2018. – С. 39–43.

3. Кущенко Л. Е., Шатова Ю. С. Обеспечение безопасности на автомобильном транспорте // Безпека на транспорті – основа ефективної інфраструктури: проблеми та перспективи: зб. матеріалів IV Міжн.

наук.-практ. конф., Харків, 2019. – С. 24–27.

4. Кущенко Л. Е., Семенова Е. Д. Развитие автомобилестроения: от колеса до современного автомобиля // Современные автомобильные материалы и технологии: сб. статей XI Междунар. науч.-техн. конф. (Самит–2019), Курск, 2019. – С. 316–318.

5. Кущенко Л. Е., Камбур А. С., Пехов А. А. Совершенствование организации дорожного движения посредством применения интеллектуальных транспортных систем // Мир транспорта и технологических машин. – 2021. – № 3 (74). – С. 83–91.

УДК 656.259

Сударев И.В., Магдиев И.Р.

Научный руководитель: Скоробогатов М.Э., канд. техн. наук, доц.

*Иркутский государственный университет путей сообщения,
г. Иркутск, Россия*

РАЗВИТИЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ ЛОКОМОТИВНЫХ УСТРОЙСТВ БЕЗОПАСНОСТИ РОЛЬ И МЕСТО АВТОМАТИЧЕСКОЙ ЛОКОМОТИВНОЙ СИГНАЛИЗАЦИИ В ОБЕСПЕЧЕНИИ ИНТЕРВАЛЬНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ДВИЖЕНИЯ ПОЕЗДОВ

Автоматическая локомотивная сигнализация (АЛС) играет ключевую роль в обеспечении безопасности и эффективности комплекса интервального регулирования движения поездов [1-3]. Данная система выполняет следующие функции:

1. Обеспечение безопасности – АЛС позволяет локомотиву получать информацию о состоянии пути и впереди лежащих сигналов, что снижает риск столкновений и необоснованных остановок. Кроме того, при превышении установленной скорости или игнорировании сигналов АЛС автоматически воздействует на тормозную систему.

2. Повышение пропускной способности – за счёт непрерывного мониторинга и передачи данных АЛС позволяет более точно управлять интервалами между поездами, что увеличивает общую пропускную способность участков железных дорог.

3. Повышение информированности локомотивных бригад – современные системы АЛС обеспечивают оперативную передачу данных о текущем положении, скорости и состоянии поезда, что позволяет диспетчерам и машинистам своевременно реагировать на изменение поездной ситуации.

4. Интеграция с другими системами – система АЛС при её

установке на локомотив увязывается с другими системами управления движением, что обеспечивает комплексный подход к организации и контролю за движением поездов.

Таким образом, АЛС в целом позволяет повысить качественные и количественные показатели перевозочного процесса при заранее заданном уровне обеспечения безопасности перевозок [4, 5]. Рассмотрим наиболее распространённые системы АЛС, применяемые в настоящий момент на отечественном железнодорожном транспорте.

Автоматическая локомотивная сигнализация непрерывного типа.

Автоматическая локомотивная сигнализация непрерывного типа (АЛСН) представляет собой одну из наиболее распространённых систем сигнализации, обеспечивающую безопасность движения поездов и оптимизацию интервалов между ними [6].

Система АЛСН позволяет обеспечивать постоянный контроль с помощью непрерывной передачи информации о показаниях впереди лежащих светофоров. В случае обнаружения превышения фактической скорости над допустимой или при приближении к опасным участкам пути АЛСН автоматически выдаёт предупреждение машинисту и, в случае его игнорирования, выдаёт управляющее воздействие на тормозную магистраль.

Благодаря указанным функциональным возможностям система значительно снижает риск столкновений и других опасных транспортных происшествий. АЛСН позволяет машинисту поддерживать безопасную скорость, непрерывно предоставляя сведения о максимально допустимых значениях скорости в зависимости от текущей поездной обстановки, что, в свою очередь, обеспечивает высокую скорость движения поездов по участкам пути, сохраняя требуемый уровень безопасности. Регистрация событий о действиях машиниста и получаемой информации фиксируется специальными писцами, что позволяет проводить анализ и расследование в случае инцидентов [7].

АЛСН является важной частью современной инфраструктуры железных дорог, способствуя повышению уровня безопасности и эффективности движения поездов.

Комплекс локомотивных устройств безопасности.

Комплекс локомотивных устройств безопасности (КЛУБ) — включает в себя блоки и компоненты, которые осуществляют приём, фильтрацию, дешифрацию и последующую передачу информации о состоянии впереди лежащих участках пути. В отличие от системы АЛСН КЛУБ является микропроцессорным комплексом и

осуществляет обмен информацией в цифровом виде. Система позволяет облегчить работу локомотивных бригад, автоматизируя ряд действий, связанных с управлением движением поездов и обеспечением заданного уровня безопасности.

Работа КЛУБ основана на постоянном мониторинге параметров движения и сравнении их с заданными значениями. В случае отклонения от нормы, система выдаёт предупреждающие сигналы, а при необходимости может автоматически остановить поезд. Алгоритмы обработки информации учитывают множество факторов, включая скорость, расстояние до препятствий и показания светофоров.

Внедрение КЛУБ позволяет значительно снизить риск возникновения аварийных ситуаций, повысить точность соблюдения графика движения поездов и улучшить условия труда локомотивных бригад.

Безопасный локомотивный объединённый комплекс.

Безопасный локомотивный объединённый комплекс (БЛОК) — это усовершенствованная система, направленная на обеспечение безопасности и надёжности работы локомотивов и поездов. Он объединяет в себе функции таких устройства и систем безопасности как КЛУБ, САУТ (система автоматического управления тормозами) и ТСКБМ (система, контролирующая бодрствование машиниста локомотив). Данный комплекс обеспечивает безопасность передвижения поездов и самоходного подвижного состава. Он также автоматизирует расшифровку показаний датчиков параметров, может использоваться на различных участках ЖД, оснащенных устройствами АЛС-ЕН, САУТ (рис. 1) [8].

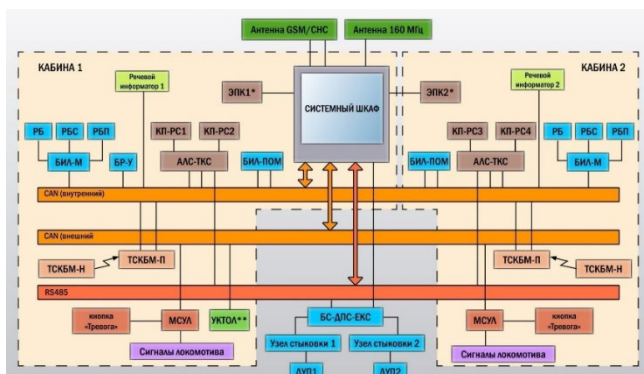


Рис. 1 Структурная схема БЛОК

Комплекс реализован в виде системного шкафа, который может быть смонтирован поверх шкафа с приборами безопасности в кабине или внутри шкафа электрической низковольтной аппаратуры.

БЛОК отображает в автоматическом режиме на штатных дисплеях следующие данные:

- координаты, время, скорость в километрах в час, ускорение;
- давление в системах подвижного состава;
- режим работы локомотива;
- частоту сигнала автоматической локомотивной сигнализации;
- номер пути и карты;
- рельсовый или радио сигнал АЛСН (АЛС-ЕН);
- на участках железной дороги без АЛС отображается сигнал «Белый»;
- показывает скорости, допустимые при поступившем сигнале (максимальная/целевая).

Включение и смена режимов работы комплекса производится лишь при вставленной кассете регистрации, за исключением смены номера пути, параметров АЛСН, которые можно производить при движении поезда из активной кабины [9].

На эту кассету записываются данные о параметрах движения, состояния состава и машиниста. При совместной работе комплекса БЛОК и ТСКБМ, первый независимо инициирует однократные проверки бодрствования.

Таким образом, применение системы БЛОК позволяет значительно увеличить надёжность безопасности движения поездов за счёт интеграции функций автоматического управления тормозами, контроля бдительности машиниста и автоматического контроля показаний впереди лежащих светофоров.

Модернизация локомотивных устройств безопасности на отечественном железнодорожном транспорте развивалась в соответствии с всё новыми требованиями безопасности движения поездов. Указанные устройства прошли путь от аналоговых устройств с активными элементами, до микропроцессорных цифровых систем с функциями использования спутниковых систем навигации и минимизацией влияния человеческого фактора.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Onischenko, A. A. Development a Simulation Model of Automatic Locomotive Signaling Continuous Type of Action / A. A. Onischenko, I. V. Chernykh // 2019 International Multi-Conference on Industrial Engineering

and Modern Technologies, FarEastCon 2019, Vladivostok, 01–04 октября 2019 года. – Vladivostok: Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2019. – P. 8934376. – DOI 10.1109/FarEastCon.2019.8934376. – EDN TZFRYT.

2. Методика определения порогового значения отношения сигнал/помеха для систем автоматической локомотивной сигнализации / В. В. Демьянов, А. В. Пулятков, М. Э. Скоробогатов, В. А. Алексеев // Автоматика на транспорте. – 2020. – Т. 6, № 2. – С. 149-164. – DOI 10.20295/2412-9186-2020-6-2-149-164. – EDN UXTQRX.

3. Гумаров, А. Р. Имитационная модель АЛСН с ортогональным кодово-частотным генератором кодовых сигналов / А. Р. Гумаров, А. В. Авсиевич // Мехатроника, автоматизация и управление на транспорте : Материалы II Всерос. Науч.-практ. Конф., Самара, 26–27 марта 2020 года / СамГУПС. – Самара: СамГУПС, 2020. – С. 23-27. – EDN ZZWSNJ.

4. Оценка эффективности локомотивного цифрового фильтра АЛСН при помощи полунатурных измерений / М. Э. Скоробогатов, А. В. Пулятков, В. В. Демьянов, В. А. Алексеев // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2021. – № 1(81). – С. 62-69. – DOI 10.46973/0201-727X_2021_1_62. – EDN HKUSLR.

5. Христинич, А. Р. Численная математическая модель размагничивания рельсов в рельсосварочном производстве / А. Р. Христинич, Р. М. Христинич, Е. В. Христинич // Вестник Самарского государственного технического университета. Серия: Технические науки. – 2019. – № 2(62). – С. 136-147. – EDN OHXJXZ.

6. Скоробогатов, М. Э. Эффективность работы локомотивного фильтра АЛСН / М. Э. Скоробогатов, А. В. Пулятков // Транспортная инфраструктура Сибирского региона. – 2017. – Т. 1. – С. 342-345. – EDN YSYRUV.

7. Идентификация кодовых сигналов автоматической локомотивной сигнализации на основе машинного обучения / С. А. Лунев, Д. В. Борисенко, И. В. Присухина, М. В. Ключников // Автоматика на транспорте. – 2022. – Т. 8, № 1. – С. 36-47. – DOI 10.20295/2412-9186-2022-8-1-36-47. – EDN ZDYNXZ.

8. Скоробогатов, М. Э. Оценка запаса по коэффициенту формы сигнала узкополосного локомотивного фильтра / М. Э. Скоробогатов, А. В. Пулятков, В. В. Демьянов // Образование - наука - производство : Материалы V Всерос. науч.-практ. конф. (с междунар. участием), Чита, 07 октября 2021 года. Том 1. – Чита: ЗаБИЖТ - филиал ФГБОУ ВО ИрГУПС, 2021. – С. 132-137. – EDN NWKOKW.

9. Скоробогатов, М. Э. Автоматизация определения длин зон дополнительного шунтирования тональных рельсовых цепей / М. Э.

Скоробогатов, В. А. Целищев // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2023. – № 12. – С. 9-13. – DOI 10.24412/2071-6168-2023-12-9-10. – EDN DPJTIB.

УДК 625.7/8

Кабалин М.Д., Катрич Я.М., Токарев В.А.
Научный руководитель: Высоцка М.А., канд. техн. наук, доц.
*Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, Белгород, Россия*

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ДОРОЖНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ РОССИИ: ВЫЗОВЫ, СТРАТЕГИИ И ПЕРСПЕКТИВЫ

Итогом одного из Всемирных экономических форумов (ВЭФ) стал анализ состояния автомобильных дорог разных государств. Ранжирование результатов исследования выполнялось на основе семибалльной системы оценивания. По итогу сравнительного анализа, Россия набрала только 2,9 балла и оказалась на 114-й позиции из 137 стран в рейтинге [1]. Это указывает на наличие значимых сложностей в дорожной системе страны.

Согласно анализу, неудовлетворительное состояние российских дорог сопряжено с ощутимыми экономическими издержками, которые могут достигать до 3% от валового внутреннего продукта (ВВП). Этот показатель в шесть раз больше, чем аналогичные показатели для стран Евросоюза. Полученные данные – тревожный сигнал, подчеркивающий актуальность вопроса об увеличении капиталовложений в обновление и совершенствование дорожной сети. В условиях, когда инфраструктура становится ключевым фактором экономического роста и повышения конкурентоспособности страны, важность инфраструктурных проектов выходит на первый план. В свою очередь, анализ мониторинга отрасли страны [2] продемонстрировал, что более половины дорог регионального и межмуниципального значения не соответствуют установленным нормативным требованиям, рис. 1.

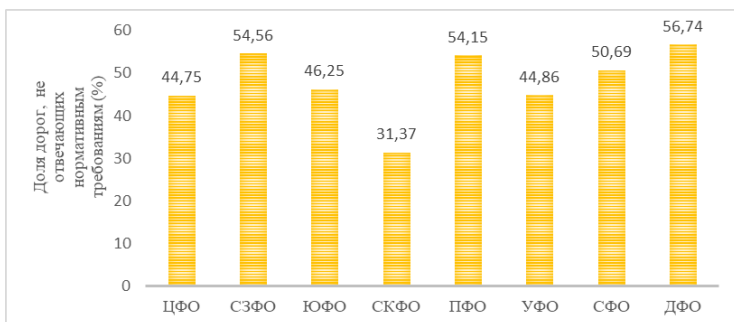


Рис. 1. Соответствие дорог нормативным требованиям по регионам [2].

По статистике [2] преобладающим типом покрытий автомобильных дорог (свыше 96%) в России являются нежесткие, с основание из несвязных компонентов. Подобный конструктив в виду значительной разницы в теплофизических свойствах и модулях упругости формируемых слоев характеризуется меньшим общим сроком эксплуатации покрытий при непрерывном росте транспортной нагрузки [3], относительно жестких конструкций дорожных одежд. Эти характерные особенности требуют увеличения финансирования для поддержания и восстановления дорожного полотна, выполненного из асфальтобетона.

В целях нормативного регулирования периодичности проведения ремонтных работ, в 2017 году правительственным постановлением были внесены изменения. Так межремонтный период капитального ремонта на федеральных трассах V категории изменился с 12 до 24 лет [4]. Данное нововведение коснулось и автомагистралей I–IV категорий. До этого момента межремонтные интервалы варьировались от 4 до 8 лет для текущего ремонта и от 10 до 18 лет для капитального, в зависимости от категории дорожного полотна.

Согласно принятой отраслевой стратегии, потребность в дорожных работах должна сократиться. В частности, капитальный ремонт дорог I категории, включающий замену верхних и нижних слоев, а также ремонт основания, будет осуществляться раз в 24 года. Текущий ремонт с заменой слоев покрытия планируется проводить раз в 12 лет. Достижение прогнозируемых показателей по увеличению межремонтных сроков на вновь строящихся или капитально ремонтируемых дорожных объектах планируется посредством значительного повышения общего модуля упругости как отдельных слоев, так и общего модуля упругости на поверхности дорожной одежды.

До текущего момента реализация данной стратегии осуществлялась в рамках федеральной инициативы "Безопасные и качественные дороги", ориентированной на обновление дорожной сети в 84 субъектах федерации [5]. Подобные проекты с привлечением дополнительных средств являются драйвером развития и поддержания на высоком эксплуатационном уровне существующей сети региональных и межмуниципальных дорожных объектов.

Начиная с 2025 года, на смену федеральной программе "Безопасные и качественные дороги" пришло несколько национальных проектов, среди которых выделяются «Эффективная транспортная система» (также известная как «Транспорт») и «Инфраструктура для жизни» [6].

В общем виде, нац. проект «Эффективная транспортная система» — это глобальная, в рамках государства, программа, нацеленная на развитие ее транспортной артерии в целях обеспечения повышения уровня и качества жизни населения посредством создания современной и эффективной системы перевозок. К числу ключевых задач относятся:

- формирование мощной единой опорной транспортной сети;
- увеличение подвижности населения, в том числе авиационной, и транспортной связности регионов для формирования комфортных туристических маршрутов внутри страны;
- вовлечение в грузоперевозки Северный морской путь;
- развитие инновационного сегмента технологий в транспортной отрасли, в том числе в части беспилотных технологий.

Программа включает систему подпунктов: развитие магистральной инфраструктуры; развитие пунктов пропуска; цифровизация; увеличение доступности и комфорта перевозок; образование и кадры; поддержка отечественного производителя.

Национальный проект «Инфраструктура для жизни» значительно перекликается по своим базовым целям с проектом «Эффективная транспортная система». Основная цель проекта развитие городской среды, коммунальной и транспортной инфраструктуры.

К числу ключевых задач программы относят:

- создание комфортной и безопасной городской среды для жизни посредством строительства и ремонта дорог, жилья, благоустройства общественных пространств и дворов;
- улучшение жилищных условий населения посредством обновления жилого фонда до 20% и введением норматива по обеспеченности жильем до 33 м² на человека;
- развитие глобальной городской инфраструктуры (дороги, общественный транспорт, коммунальные сети и т.д.);

- развитие дорожного хозяйства и повышение безопасности на дорогах.

В общем виде проект нацелен на благоустройство и формирование комфортной городской среды, обеспечивающей активную, безопасную и доступную с точки зрения транспорта и жилья жизнь населения.

В этом контексте выбор экономически целесообразных и продуктивных методов строительства и восстановления как автомобильных дорог, так и всего транспортного сектора, соответствует принципам устойчивого развития и является значимым шагом в реализации государственных программ [7]. Стоит отметить, что внедряя современные подходы ремонта и строительства дорог, к числу которых относятся принципы рециклинга, становится возможным реализация еще одной государственной стратегической программы «Применение вторичных ресурсов, вторичного сырья из отходов в сфере строительства и жилищно-коммунального хозяйства на 2022-2030 годы» [8].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Нечаев А.С. Дороги в России плохие. Но не самые плохие / Нечаев А.С. [Электронный ресурс] // Автомобильный портал Юга России «Avto25.ru [сайт]. URL: <https://www.avto25.ru> (дата обращения: 15.05.2025г.).

2. Доля дорог, не отвечающих нормативным требованиям. Статистические данные. URL: <https://rosavtodor.gov.ru> (дата обращения 16.05.2025г.).

3. Лыткин, А. А. Пути увеличения межремонтных сроков службы автомобильных дорог / А. А. Лыткин, Г. В. Долгих, А. С. Пролыгин // Вестник Сибирского государственного автомобильно-дорожного университета. – 2024. – Т. 21, № 2(96). – С. 290-313. – DOI 10.26518/2071-7296-2024-21-2-290-313.

4. Постановление Правительства Российской Федерации от 30.05.2017 № 658 «О нормативах финансовых затрат и Правилах расчета размера бюджетных ассигнований федерального бюджета на капитальный ремонт, ремонт и содержание автомобильных дорог Федерального значения». // <https://www.consultant.ru> (дата обращения: 16.05.2025г.).

5. Паспорт реализации проекта «Безопасные качественные дороги» // Росавтодор: официальный сайт. - URL: <https://rosavtodor.gov.ru> (дата обращения 14.05.2025г.).

6. Новые национальные проекты в сфере транспорта повысят

качество жизни россиян [Электронный ресурс]: Министерство транспорта Российской федерации. – URL: (дата обращения 16.05.2025г.).

7. Высоцкая М. А., Курлыкина А. В., Токарев В. А. Природные битумы – альтернативный источник углеводородного сырья //Инженерные задачи: проблемы и пути решения : Материалы IV Всероссийской (национальной) научно-практической конференции Высшей инженерной школы САФУ, Архангельск, 16–18 ноября 2022 года. – Архангельск: Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова – 2022. – С. 21-24.

8. Баруздин А.А., Закревская Л.В. Перспективы рециклинга в строительстве с целью создания инновационных композиционных материалов // Умные композиты в строительстве. 2023. Т. 4, вып. 3. С. 29-54. URL: <http://comincon.ru> (дата обращения 16.05.2025г.).

УДК 625.7

Токарев В.А., Самойлов М.И., Кабалин М.Д.

Научный руководитель: Высоцкая М.А., канд. техн. наук, доц.

Белгородский государственный технологический университет

им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия

ЭКОНОМИКА ЗАМКНУТОГО ЦИКЛА В ДОРОЖНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ РОССИИ

По мере роста урбанизации и общего количества населения, линейная экономическая модель, для которой характерно «брать, производить и выкидывать», достигла беспрецедентного уровня роста, что в свою очередь приводит к серьезным рискам дефицита природных ресурсов и образования огромных свалок отходов. В соответствии с данными, изложенными в [1], глобальная добыча ресурсов в 2015 году в 13 раз превысила показатель, зафиксированный в 1900 году, увеличившись с 7 Гт до 89 Гт.

Альтернативная «круговая экономика» замкнула бы циклы в промышленных экосистемах, посредством применения принципов: сокращения использования или повторной переработки. Подобный подход нацелен на предотвращение образования отходов и превращение отходов в ресурсы.

Понятие экономики замкнутого цикла берет свое начало в «теории космического корабля», представленной экологическим экономистом Боулдингом в 1966 году. Боулдинг рассматривал Землю как круговую систему, не имеющую обмена веществ с внешней средой. По мнению

исследователя такая модель развития должна стремиться в конечном итоге отделить глобальное экономическое развитие от конечного потребления ресурсов, что особенно важно для строительного сегмента экономики [2].

Учитывая объёмы строительных и ремонтных работ по обеспечению функционирования транспортного комплекса во многих странах мира, темпы истощения экосистемы рисуются ужасающие. При этом, необходимо понимать, что строительство дорог сопряжено не только с добычей, переработкой и транспортировкой природных ресурсов. Осуществление каждой из обозначенных технологических операций требует значительного объёма энергетических ресурсов: газа, электроэнергии, топлива, а также воды [3].

На сегодняшний день дорожное строительство в России сталкивается с рядом вызовов, среди которых – рост стоимости материалов, дефицит качественного сырья и ужесточение экологических требований [4]. В этих условиях всё большее внимание уделяется использованию вторичных ресурсов, позволяющих снизить нагрузку на природные месторождения, сократить затраты на производство дорожных материалов, а также уменьшить негативное воздействие на окружающую среду [5].

Вторичные ресурсы, такие как отходы строительства и сноса, золошлаковые материалы, резиновая крошка из переработанных шин и асфальтогранулят, обладают значительным потенциалом для применения в дорожной инфраструктуре. Их использование способствует развитию экономики замкнутого цикла и соответствует глобальным трендам устойчивого развития [6,7].

В настоящее время вопросы ресурсосбережения и ресурсной эффективности с вовлечением вторичных ресурсов в хозяйственный оборот становятся государственными приоритетами Российской Федерации [8].

Правовое обеспечение приоритетного направления развития экономики замкнутого цикла закреплено Указом Президента РФ от 07.05.2024 N 309 "О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года и на перспективу до 2036 года". В соответствии с этим документом к 2030 году должно быть обеспечено: сортировка образующихся твердых коммунальных отходов – 100%, захоронение таких отходов – не более 50%, вовлечение в хозяйственный оборот отходов производства и потребления в качестве вторичных ресурсов и сырья – не менее 25%.

В соответствии с [9] на 2025 год индекс использования вторичных ресурсов и сырья из отходов в отраслях экономики составляет 12 %, при

этом прогнозная необходимость их вовлечения в производства к 2030 году должна составлять не менее 25 %.

На сегодняшний день результатами работы федерального проекта «Экономика замкнутого цикла (2022-2024 гг.) являются следующие показатели:

- 18 строительных ресурсов, произведенных из вторичного сырья приказом Минстроя России от 11.09.2023 № 650/пр включены в Классификатор строительных ресурсов Минстроя России.

- разработана и утверждена форма федерального статистического наблюдения № 1-ВС «Сведения о производстве и отгрузке вторичного сырья, продукции из вторичного сырья» приказом Росстата № 614 от 04.12.2023.

- подготовлены предложения по расширению классификатора продукции по видам экономической деятельности (ОКПД 2).

- в период с 2022 по 2024 годы было реализовано 5 «пилотных» проектов, направленных на строительство мощностей по производству продукции и материалов для сферы строительства и жилищно-коммунального хозяйства. В результате реализации данных проектов было создано 48 рабочих мест, вовлечено в хозяйственный оборот 354 247,93 тонн вторичных ресурсов и произведено 231248,00 т продукции и вторичного сырья.

- в период с 2021 по 2024 гг. при строительстве и реконструкции автомобильных дорог подведомственных Федеральному дорожному агентству и ГК «Автодор» было применено свыше 5819145,45 т и 879397,52 м³ вторичных ресурсов и вторичного сырья.

Современные вызовы, связанные с истощением природных ресурсов, ростом объемов отходов и ужесточением экологических требований, делают переход к экономике замкнутого цикла необходимым условием устойчивого развития.

Несмотря на очевидные преимущества, масштабное внедрение вторичных ресурсов сдерживается нормативными барьерами, недостаточной изученностью их долговременных свойств и консервативностью отрасли. При этом необходимо учитывать, что применение вторичных ресурсов в ущерб техническим характеристикам транспортного комплекса повлечет за собой увеличение угрозы жизни пользователей и дополнительные расходы. Государственная политика на сегодняшний день направлена на активное вовлечение вторичного сырья в хозяйственный оборот. Уже достигнуты значительные результаты: включение вторичных материалов в классификаторы, создание новых производственных мощностей и применение миллионов тонн рециклинговых ресурсов в

дорожном строительстве.

Таким образом, дальнейшее развитие технологий переработки, совершенствование нормативной базы и стимулирование применения вторичных ресурсов в дорожной отрасли будут способствовать формированию устойчивой экономики замкнутого цикла, снижению экологической нагрузки и повышению эффективности строительства. Для ускорения этого процесса необходимы дополнительные научные исследования, государственная поддержка и вовлечение бизнеса в циклические модели производства.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Aguilar-Hernandez G. A. et al. Global distribution of material inflows to in-use stocks in 2011 and its implications for a circularity transition //Journal of Industrial Ecology. – 2021. – Т. 25. – №. 6. – С. 1447-1461.

2. Zhang C. et al. An overview of the waste hierarchy framework for analyzing the circularity in construction and demolition waste management in Europe //Science of the Total Environment. – 2022. – Т. 803. – С. 149892.

3. Кабалин М. Д. и др. Рециклинг при строительстве дорог транспортно-дорожного комплекса региона. обзор //Мир транспорта и технологических машин. – 2024. – С. 12.

4. Токарев, В. А. Применение вторичного щебня из бетонного лома в дорожном строительстве / В. А. Токарев, А. В. Курлыкина // Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова, посвященная 170-летию со дня рождения В.Г. Шухова : Сборник докладов, Белгород, 16–17 мая 2023 года. Том Часть 4. – Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2023. – С. 201-204.

5. Высоцкая М. А., Курлыкина А. В., Токарев В. А. Использование битуминозных пород и природных битумов с точки зрения геоники //Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. – 2024. – Т. 50. – №. 4. – С. 175-183.

6. Khan Z. A., Balunaini U., Costa S. Environmental feasibility and implications in using recycled construction and demolition waste aggregates in road construction based on leaching and life cycle assessment–A state-of-the-art review //Cleaner Materials. – 2024. – С. 100239.

7. Лесовик В. С. и др. Обоснование выбора асфальтогранулобетонных смесей типов М и К с позиции совместной работы слоев основания и покрытия дорожной одежды //Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. – 2024. – №. 1 (67). – С. 51-62.

8. Стратегия развития промышленности по обработке, утилизации и обезвреживанию отходов производства и потребления на период до 2030 года [Электронный ресурс]. – URL: <http://static.government.ru> (дата обращения: 05.05.2025).

9. Федеральный проект «Экономика замкнутого цикла» [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.mnr.gov.ru> (дата обращения: 05.05.2025).

УДК 691.322

Токарев В.А., Самойлов М.И., Курлыкина А.В.

Научный руководитель: Высоцкая М.А., канд. техн. наук, доц.

Белгородский государственный технологический университет

им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия

МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ РЕЗИНОВОЙ КРОШКИ

Реализация современной политики строительства, нацеленная на энерго- и ресурсосбережения посредством повышения экологичности и эффективности материалов, возводит исследование методов переработки вторичного сырья в острую и актуальную область прикладных исследований [1]. Одним из перспективных направлений является использование резиновой крошки, полученной из изношенных шин.

Продажи новых шин в Европе в 2020 году составили 324 миллиона единиц: 89,5% (70% по весу) для легковых автомобилей, 4,9% (20% по весу) для большегрузных автомобилей (грузовиков и автобусов), 3,6% (1% по весу) для мотоциклов и скутеров и 1,9% (9% по весу) для сельскохозяйственной и внедорожной техники [2]. В России по данным Федеральной службы государственной статистики за этот период было произведено 55,3 миллиона единиц шин, из них 37,6 миллион для легковых автомобилей, 6,8 миллиона для автобусов, троллейбусов и грузовых автомобилей, 0,8 для мотоциклов и велосипедов. Однако, необходимо учитывать, что прирастает не только объём производимой новой шинной продукции в мире, такими же впечатляющими темпами происходит аккумуляция отработанных шин в отвалах и свалках. Подобная динамика накопления отработанных шин определила не только интерес к этому виду сырья, но поставила человечество перед фактом необходимости его переработки для сохранения экологического баланса и предотвращения катастрофы.

В виду этого, резиновая крошка, получаемая из отработанных шин, на сегодняшний день нашла свое применение во многих сферах [3]. Так,

резиновая крошка, производимая из изношенных шин, является одним из вторичных ресурсов, которые могут быть использованы в бетоне в качестве частичной или полной замены крупного или мелкого заполнителя [4]. С точки зрения экологии использование резиновой крошки в бетоне полезно, поскольку приводит к сохранению первичных природных заполнителей, а также минимизирует необходимость организации новых свалок, необходимых для утилизации изношенных шин [5].

Вовлечение в технологию производства бетона резиновой крошки может обеспечить решение дуальной задачи, сопряженной как с решением экологических проблем, так и регулированием усталостных и ударных нагрузок изделий, содержащих дисперсную резину. По мнению [6], именно разрушение из-за усталостных и ударных нагрузок является проблемой обычного бетона при этом гибкость резиновых заполнителей может стать ключом к ее решению. Однако, подобное техническое решение, сопровождается незначительным снижением механических свойств бетона, что определяет необходимость разработки специальных методов переработки использованных шин, направленных на улучшение адгезии резиновой крошки с цементной матрицей и оптимизацию физико-механических характеристик композита. Для этих целей могут использоваться такие методы, как водная, щелочная и термическая обработка резиновых заполнителей с целью улучшения свойств конечной бетонной смеси и изделия из нее.

Исследование этих методов позволяет определить наиболее рациональные технологии, обеспечивающие баланс между экологичностью, экономической целесообразностью и улучшением эксплуатационных качеств строительного материала.

Самым простым способом обработки является замачивание в воде. Этот способ улучшает связь между резиновой крошкой и цементным тестом, а также уменьшает содержание воздушных пор в материале. Так как основными причинами снижения прочности на сжатие и других механических свойств резинобетона являются воздушные поры и гидрофобные характеристики резины, нивелировать их возможно посредством замачивания резины в воде. Реализация этого метода обработки включает [7]:

- 20% требуемой воды для бетонной смеси перемешивается с резиновой крошкой;
- перемешивание смеси в течение 5 минут и повторное перемешивание через 12 и 24 часа;
- корректировка воды для компенсации любых потерь, которые могут произойти в течение 24 часов;

- добавление смеси воды и резиновой крошки к другим компонентам бетонной смеси, включая оставшиеся 80% воды. В этом случае прочность бетона на сжатие и изгиб увеличивается на 22% и 8% соответственно по сравнению с резинобетоном, в котором использовалась необработанная резиновая крошка [7].

Самым популярным методом обработки является применение раствора NaOH для удаления масел и других химикатов, прилипших к резиновой крошке, препятствующих образованию связи с цементом в следствии чего уменьшается прочность образцов. Кроме того, NaOH реагирует со слоем стеарата цинка, который отвечает за гидрофобные свойства резины, и преобразует его в растворимый стеарат натрия, который можно удалить путем промывания водопроводной водой. Также при обработке может быть улучшена шероховатость поверхности частиц резины. Стоит отметить, что шероховатость поверхности должна поддерживаться в определенных пределах. Приrost этой характеристики поверхности резиновой крошки может спровоцировать увеличение количества воздушных пор в бетоне. Исследование [8] показало, что 24 часа является оптимальной продолжительностью для обработки частиц резины NaOH. Прочность на сжатие и изгиб образцов бетона, приготовленных с резиновой крошкой, обработанной NaOH, увеличивается на 25 и 5% соответственно.

Еще одним способом является термическая обработка. Так в работе [9] обработанная резиновая крошка была приготовлена с использованием обычной печи при постоянной температуре 200 °C, при постановке эксперимента использовалось три различных времени нагрева: 1 ч, 1,5 ч и 2 ч. Каждые 150 г полученной резиновой крошки помещались в поддон из алюминиевой фольги размером 250 × 300 мм, а затем переносились в предварительно нагретую печь. Затем термически обработанная резина помещалась в вытяжной шкаф для охлаждения и взвешивания. Некоторые частицы резины слипались в более крупные куски после термической обработки. Эти куски разбивались молотком на более мелкие частицы. Термическая обработка привела к удалению примесей резиновой крошки, что улучшило связь между резиной и цементной матрицей. Было установлено [9], что размер частиц значительно влияет на эффективность термической обработки. Частицы небольшого размера показали более высокое улучшение, чем крупные. Прочность на сжатие обработанных образцов бетона, изготовленных с размерами крошки 0,425 мм, 0,6 мм, 1-3 мм и 2-5 мм, возросла на 40%, 28%, 18% и 3% соответственно, по сравнению с необработанными образцами.

В свете изложенного, включение резиновой крошки в бетон может внести значительный вклад в защиту окружающей среды, решив проблему транспортировки и утилизации изношенных шин. Однако стоит учитывать, что при добавлении резиновой крошки незначительно ухудшаются такие свойства как прочность на сжатие и изгиб. Также, серьезное ухудшение механических свойств резинобетона может произойти из-за использования чрезмерного количества резиновой крошки. Подобное изменение механических свойств объясняется более низкой плотностью крошки, в виду чего наблюдается образование воздушных пор в цементной матрице и уменьшение связи между резиновой крошкой и цементным раствором. Тем не менее, ухудшение этих свойств можно свести к минимуму путем обработки резиновой крошки. Обработка является многообещающей новой областью, связанной с использованием резиновой крошки в бетоне.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Высоцкая М. А., Курлыкина А. В., Токарев В. А. Использование битуминозных пород и природных битумов с точки зрения геоники //Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. – 2024. – Т. 50. – №. 4. – С. 175-183.
2. Jiang Y. et al. Quo vadis artificial intelligence? //Discover Artificial Intelligence. – 2022. – Т. 2. – №. 1. – С. 4.
3. Духовный Г. С., Сачкова А. В., Карпенко Д. В. Применение резиновой крошки в дорожном строительстве в рамках импортозамещения //научные технологии и инновации. – 2016. – С. 79-82.
4. Guo Y. et al. Compressive behaviour of concrete structures incorporating recycled concrete aggregates, rubber crumb and reinforced with steel fibre, subjected to elevated temperatures //Journal of cleaner production. – 2014. – Т. 72. – С. 193-203.
5. Gheni A. A., ElGawady M. A., Myers J. J. Mechanical Characterization of Concrete Masonry Units Manufactured with Crumb Rubber Aggregate //ACI Materials Journal. – 2017. – Т. 114. – №. 1.
6. Лесовик В. С. и др. Бетоны для дорожного строительства с применением техногенных материалов //Природоподобные технологии строительных композитов для защиты среды обитания человека. – 2019. – С. 103-112.
7. Mohammadi I., Khabbaz H., Vessalas K. In-depth assessment of Crumb Rubber Concrete (CRC) prepared by water-soaking treatment method for rigid pavements //Construction and Building Materials. – 2014. – Т. 71.

– С. 456-471.

8. Mohammadi I., Khabbaz H., Vessalas K. Enhancing mechanical performance of rubberised concrete pavements with sodium hydroxide treatment //Materials and Structures. – 2016. – Т. 49. – С. 813-827.

9. Abd-Elaal E. S. et al. Novel approach to improve crumb rubber concrete strength using thermal treatment //Construction and Building Materials. – 2019. – Т. 229. – С. 116901.

УДК 629

Фирсов М.К.

*Научный руководитель: Дуганова Е.В., канд. техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

ПРИМЕНЕНИЕ БЕСПИЛОТНЫХ АВТОМОБИЛЕЙ В КИТАЕ

Беспилотные автомобили (БПА), или автономные транспортные средства, – это технологический прорыв, способный перевернуть представление о транспорте и городской жизни в XXI веке. Их потенциал огромен: от повышения безопасности дорожного движения до радикального изменения структуры городов и снижения транспортных затрат. Однако путь к массовому внедрению БПА полон вызовов, связанных с технологиями, этикой, законодательством и общественным восприятием. Эта статья представляет собой углубленное исследование текущего состояния дел в области автономного вождения, рассматривая как технические аспекты, так и сложные социальные и экономические последствия.

История и классификация автономных транспортных средств:

История развития БПА – это увлекательное путешествие от первых теоретических зарисовок до современных высокотехнологичных прототипов. Еще в 1920-х годах появились первые концепции автоматизированного управления автомобилем, но только в конце XX века, благодаря развитию вычислительной техники и электроники, стали возможны практические реализации. Проект ALV (Autonomous Land Vehicle), инициированный DARPA в 1980-х, стал ключевым этапом, продемонстрировавшим зачатки современных технологий автономного вождения. Эти ранние разработки заложили фундамент для бурного развития, наблюдаемого сегодня. Благодаря интенсивному развитию искусственного интеллекта (ИИ), машинного обучения и сенсорных технологий, мы стали свидетелями появления беспилотных автомобилей, способных к управлению в различных условиях, от

идеально ровных автобанов до сложных городских улиц.

Однако необходимо четко классифицировать уровни автономности, чтобы избежать путаницы. Существует несколько уровней автоматизации, от частичной автоматизации (например, адаптивный круиз-контроль и системы автоматического торможения) до полного автономного управления, не требующего вмешательства человека. В настоящее время большинство автомобилей относятся к низким уровням автоматизации, тогда как полностью автономные автомобили пока находятся на стадии активных испытаний и доработки. Переход от одного уровня к другому требует значительного прогресса в различных областях, таких как обработка данных, распознавание образов, планирование маршрута и управление в экстремальных ситуациях.

Ключевыми технологиями, лежащими в основе БПА, являются:

Сенсорные системы: Лидары, радары, камеры и ультразвуковые датчики обеспечивают автомобилю «видение» окружающего мира. Они собирают огромное количество данных о дорожной обстановке, пешеходах, других транспортных средствах и объектах инфраструктуры. Обработка этих данных является одной из самых сложных задач в развитии БПА.

Системы обработки данных и искусственный интеллект: Мощные вычислительные системы, работающие на основе алгоритмов машинного обучения и глубокого обучения, анализируют данные, полученные от сенсоров, и принимают решения о дальнейших действиях, таких как изменение скорости, поворот руля и торможение. ИИ играет важнейшую роль в обеспечении безопасности и эффективного управления автомобилем.

Системы коммуникации: Для обеспечения безопасности и эффективного взаимодействия с другими транспортными средствами и инфраструктурой, БПА используют различные системы связи, включая V2X (Vehicle-to-Everything) технологии. Это позволяет автомобилям обмениваться информацией о своем местоположении, скорости и намерениях, повышая безопасность и эффективность дорожного движения.

Китайская компания AutoX стала первой в Китае, кто выпустил на дороги общего пользования беспилотные автомобили без людей в салоне и при этом сразу же отказалась от удаленных операторов, присматривающих за движением машины. В тестировании используются 25 гибридных минивенов Chrysler Pacifica, оборудованных лидарами, радарам и камерами, а также имеющих высокоточную 3D-карту местности, по которой они ездят. Эту же

модель из-за возможности электронного управления всеми основными узлами и удобства подключения компьютеров и датчиков используют многие другие разработчики, в том числе Waymo, Voyage и Aurora.

Навигационные системы: Точные карты и навигационные системы являются необходимыми компонентами для ориентации БПА в пространстве. Системы GPS и другие навигационные технологии обеспечивают автомобилю понимание его местоположения и позволяют планировать оптимальные маршруты.

Несмотря на впечатляющий прогресс, перед массовым внедрением БПА стоят серьезные вызовы. Безопасность является одним из самых важных аспектов. Даже при использовании самых совершенных технологий, остается вероятность ошибок, которые могут привести к авариям. Разработка надежных и безопасных систем, способных справиться с непредсказуемыми ситуациями, является приоритетной задачей. Кроме того, необходимо учитывать этические вопросы, такие как принятие решений в условиях неизбежного столкновения, а также правовые аспекты ответственности в случае аварий с участием БПА. Вопросы страхования, юридической ответственности производителя и оператора требуют тщательной проработки и разработки новых правовых норм.

Основные города с внедрением беспилотных автомобилей

Пекин - В столице действует коммерческий сервис роботакси, предоставляющие полностью автономные поездки без водителя. Зона обслуживания охватывает ключевые районы, включая аэропорт Дасин

Ухань - стал одним из лидеров по числу беспилотных такси. Компания Baidu с сервисом Apollo Go эксплуатирует более 400 автономных автомобилей, с планами увеличить их количество до 1000

Шанхай, Гуанчжоу - мегаполисы активно участвуют в пилотных программах и коммерческих проектах по внедрению автономного транспорта, включая роботакси и беспилотные автобусы.

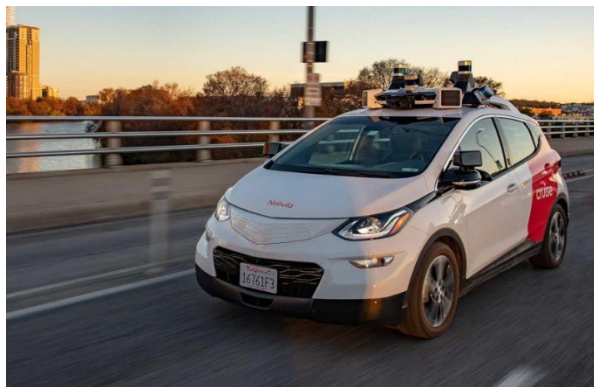


Рис. 1 Применение беспилотных автомобилей в Китае

Сюнгань - Новый инновационный район, спроектированный как “город будущего”, где планируется использование исключительно беспилотного транспорта. Инфраструктура города адаптирована под автономные автомобили, включая сенсоры, интеллектуальные светофоры и подземные магистрали.

Инфраструктурная совместимость также является важным фактором. Для эффективного функционирования БПА необходимо адаптировать существующую дорожную инфраструктуру, обеспечить надежные системы связи и разработать стандарты для взаимодействия между БПА и другими участниками дорожного движения. Кроме того, необходимо учитывать социальные и экономические последствия внедрения БПА, такие как изменения на рынке труда (сокращение рабочих мест в сфере такси и грузоперевозок), изменения в городском планировании и воздействие на окружающую среду.

В заключение, можно сказать, что беспилотные автомобили представляют собой огромный потенциал для транспортной революции. Однако реализация этого потенциала требует решения ряда сложных технологических, этических, правовых и социальных задач. Продолжающиеся исследования и разработки, тесное сотрудничество между инженерами, юристами, политиками и общественностью, необходимы для безопасного и эффективного внедрения БПА и создания более безопасного, эффективного и удобного транспорта будущего.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Андреева, С.О. Обеспечение безопасности транспортных средств / С.О. Андреева, Д.В. Петрова, А.С. Семькина // В сборнике: Образование. Наука. Производство. Сборник докладов XVI Международного молодежного форума. – Белгород, 2024. – С. 3-7.
2. Китай совершил прорыв: первые беспилотные автомобили такси курсируют по городу [Электронный ресурс]. – URL: <https://speedme.ru> (дата обращения: 25.03.2025).
3. Почему городской транспорт в Китае становится беспилотным [Электронный ресурс]. – URL: <https://rg.ru> (дата обращения: 25.03.2025).
4. Китай тестирует больше всех в мире беспилотных автомобилей, но проблемы безопасности сохраняются [Электронный ресурс]. – URL: <https://3dnews.ru> (дата обращения: 25.03.2025).
5. Китай тестирует рекордное число беспилотных такси [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.bfm.ru> (дата обращения: 25.03.2025).

УДК 621.182.3

Шумский Р.С.

*Научный руководитель: Дуганова Е.В., канд. техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

ОПТИМИЗАЦИЯ РАСХОДА ТОПЛИВА В АВТОМОБИЛЯХ

В современных условиях, когда экологические проблемы и нестабильность цен на энергоресурсы приобретают глобальное значение, вопрос повышения топливной эффективности автомобилей выходит на первый план. В условиях растущего спроса на экологически безопасный и экономичный транспорт автопроизводители активно внедряют инновационные методы и технологии для увеличения пробега транспортных средств. В данной статье рассматриваются различные стратегии, направленные на повышение топливной эффективности автомобилей, что способствует как экономии ресурсов, так и снижению негативного воздействия на окружающую среду.

Одним из ключевых направлений в повышении топливной эффективности является уменьшение массы транспортных средств [1]. В современном автомобилестроении все чаще применяются легкие материалы, такие как высокопрочная сталь, алюминиевые сплавы и композиты на основе углеродного волокна [2]. Например, российский

автомобиль "Лада Веста" использует высокопрочные стали в своей конструкции, что позволило снизить массу кузова на 15% по сравнению с предыдущими моделями [3]. Использование этих материалов позволяет снизить общую массу автомобиля, что в свою очередь уменьшает энергозатраты на его перемещение, повышая топливную экономичность и снижая уровень выбросов.

Современные достижения в области двигателестроения привели к созданию высокоэффективных двигателей внутреннего сгорания. Такие технологии, как непосредственный впрыск топлива, турбонаддув и системы изменения фаз газораспределения, позволяют значительно повысить производительность двигателя и оптимизировать расход топлива [4]. Например, двигатель ВАЗ-21179, устанавливаемый на автомобиле Lada Vesta и XRAY, оснащен системой изменения фаз газораспределения, что позволило снизить расход топлива на 8-10% по сравнению с предыдущими моделями [3]. Современные двигатели меньшего объема способны обеспечивать сопоставимую или даже более высокую мощность при меньшем потреблении топлива.

Оптимизация внешнего дизайна автомобилей направлена на снижение аэродинамического сопротивления, что позволяет транспортным средствам более эффективно перемещаться. Автопроизводители активно используют испытания в аэродинамических трубах и компьютерное моделирование для разработки автомобилей с улучшенными аэродинамическими характеристиками [5]. Например, автомобиль "Москвич 3", разработанный в рамках проекта "Москвич" при участии КамАЗа, имеет коэффициент аэродинамического сопротивления $C_x=0,29$, что является одним из лучших показателей в своем классе [6]. От обтекаемых форм кузова до адаптивных аэродинамических элементов – эти усовершенствования вносят значительный вклад в повышение топливной экономичности, особенно при движении на высоких скоростях.

Современные автомобили оснащаются системами старт-стоп, которые автоматически отключают двигатель при остановке автомобиля, например, на светофоре или в условиях плотного транспортного потока. При нажатии на педаль акселератора двигатель автоматически перезапускается. Эта функция позволяет предотвратить ненужный расход топлива и снизить выбросы, особенно в режиме холостого хода [7]. Согласно ГОСТ Р 52389-2005 "Транспортные средства. Требования к безопасности в эксплуатации", системы старт-стоп должны обеспечивать не менее 5% экономии топлива в городском цикле движения.

Вариаторы обеспечивают плавное изменение передаточного числа, гарантируя, что двигатель работает в наиболее эффективном диапазоне оборотов. В отличие от традиционных автоматических коробок передач с фиксированными передачами, вариаторы способны адаптироваться к различным условиям вождения, оптимизируя топливную экономичность и обеспечивая более комфортное вождение. Например, вариатор Jatco JF015E, устанавливаемый на автомобили Lada Vesta и XRAY, позволяет снизить расход топлива на 7-12% по сравнению с традиционными автоматическими коробками передач.

Гибридные автомобили сочетают в себе двигатели внутреннего сгорания с электродвигателями, что позволяет автомобилю использовать различные источники энергии в зависимости от условий вождения. Полностью электрические транспортные средства работают исключительно на электрической энергии. Обе технологии значительно снижают или полностью устраняют необходимость в традиционном бензине, что приводит к существенной экономии топлива и минимальному воздействию на окружающую среду. В России разработкой гибридных технологий занимается компания "АвтоВАЗ" в сотрудничестве с иностранными партнерами, а также НИЦ "Институт имени Н.Е. Жуковского", который проводит исследования в области гибридных силовых установок.

Специальные шины с низким сопротивлением качению уменьшают трение между шиной и дорожным покрытием, требуя меньше энергии для движения автомобиля. Правильная накачка шин также играет важную роль в топливной эффективности. Недостаточно накачанные шины создают большее сопротивление качению, уменьшая пробег и увеличивая расход топлива. Согласно ГОСТ Р 51893-2024 "Шины пневматические для легковых автомобилей. Технические условия", шины с низким сопротивлением качению должны обеспечивать снижение расхода топлива не менее чем на 3-5% по сравнению со стандартными шинами [8].

Современные автомобили оснащаются передовыми телематическими системами, которые предоставляют водителям обратную связь в режиме реального времени о их стиле вождения. Эти системы предлагают рекомендации по более экономичному вождению, поощряя такие практики, как плавное ускорение, поддержание стабильной скорости и своевременное техническое обслуживание, которые способствуют увеличению пробега. Например, система "ЭРА-ГЛОНАСС" не только обеспечивает экстренное реагирование при авариях, но и собирает данные о стиле вождения, что позволяет разрабатывать рекомендации по экономичному вождению [9].

В заключение следует отметить, что стремление к повышению топливной эффективности в автомобилях – это не только технологическая задача, но и коллективное стремление к устойчивому будущему. По мере того, как достижения в области материаловедения, технологий двигателестроения и альтернативных видов топлива продолжают формировать автомобильную промышленность, мечта об экологически чистом, экономичном и энергоэффективном транспорте становится реальностью. Внедряя эти методы и технологии, мы прокладываем путь к более чистому, экологичному и экономичному транспорту. В России эти процессы регулируются такими документами, как ГОСТ Р 52389-2005, ГОСТ 31296.1-2005, а также техническими регламентами Таможенного союза, что обеспечивает соответствие международным стандартам и требованиям.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Развитие и современное состояние мировой автомобилизации: учебно-методический комплекс для студентов [Электронный ресурс]. - / А.И. Шутов, И.А. Новиков, П.А. Воля. – Белгород: Издательство БГТУ им. В.Г. Шухова, 2012. – 87 с.
2. Легкие материалы в автомобилестроении: учебное пособие / В.Г. Петров. - СПб.: Политехника, 2019. - 256 с.
3. Официальный сайт АО "АВТОВАЗ". Технические характеристики Lada Vesta. URL: <https://www.lada.ru> (дата обращения: 21.05.2025)
4. Коршунова Татьяна Евгеньевна, Волинец Роман Дмитриевич инновационные технологии в области двигателей внутреннего сгорания // Научные труды Дальрыбвтуза. 2023. №1. URL: <https://cyberleninka.ru> (дата обращения: 22.05.2025).
5. Мустафаев И. С., Чубенко Е. Ф. Модификации аэродинамических труб в автомобилестроении и результаты определения компонент воздушного сопротивления // Вестник БГТУ имени В. Г. Шухова. 2018. №11. URL: <https://cyberleninka.ru> (дата обращения: 22.05.2025).
6. Москвич 3 - технические характеристики // АВТОМИР URL: <https://avtomir.ru> (дата обращения: 22.05.2025).
7. Щеголев И. В., Старков Е. В., Хрипченко М. С. Система «Старт-стоп» и ее эффективность // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. 2015. Т. 3. № 4. Ч. 1. С. 153–155.
8. ГОСТ Р 51893-2024 "Шины пневматические для легковых

автомобилей. Технические условия" Введен. 12.10.2024. – М.: Стандартиформ, 2008. – 9 с.

9. Комаров В. В., Гараган С. А. Использование инфраструктуры системы «ЭРА-ГЛОНАСС» как основы телематических транспортных систем // Транспорт Российской Федерации. Журнал о науке, практике, экономике. 2016. №1 (62). URL: <https://cyberleninka.ru> (дата обращения: 22.05.2025).

УДК 629.113

Шумский Р.С.

***Научный руководитель: Дуганова Е.В., канд. техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия***

ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ АВТОМАТИЧЕСКИХ КОРОБОК ПЕРЕДАЧ

Современная автомобильная промышленность предлагает потребителям широкий выбор трансмиссионных систем, среди которых автоматические коробки передач занимают особое место. Эти устройства, претерпевшие значительную эволюцию с момента своего появления, сегодня представляют собой сложные механизмы, сочетающие в себе передовые инженерные решения и электронные системы управления. В данной статье рассматриваются ключевые аспекты автоматических коробок передач, их преимущества и недостатки, а также перспективы дальнейшего развития.

История развития автоматических коробок передач насчитывает более века. Первые прототипы появились в начале XX века, однако массовое распространение эти системы получили только во второй половине столетия. Современные автоматические трансмиссии представляют собой сложные гидромеханические устройства, в которых гидротрансформатор сочетается с планетарными механизмами и электронными системами управления. Такая конструкция позволяет обеспечивать плавное переключение передач без разрыва потока мощности, что значительно повышает комфорт вождения.

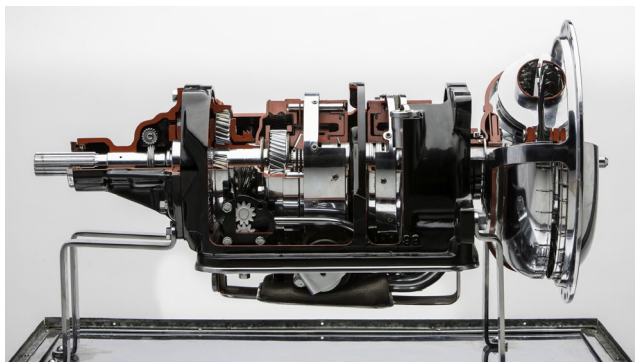


Рис. 1 Первая автоматическая коробка передач Hydra-matic, разработанная в 1939 году [1]

Одним из наиболее значимых преимуществ автоматических трансмиссий является существенное повышение уровня комфорта при управлении автомобилем. Водителю не требуется постоянно контролировать обороты двигателя и выбирать оптимальные моменты для переключения передач, что особенно важно в условиях интенсивного городского движения. Современные системы адаптивного управления способны анализировать стиль вождения и подстраивать алгоритмы переключения передач, обеспечивая оптимальное соотношение между динамикой разгона и топливной экономичностью.

Важным аспектом является также защита силового агрегата от перегрузок. Электронные системы управления автоматически выбирают оптимальные режимы работы, предотвращая выход двигателя на предельные обороты. Это особенно актуально для начинающих водителей, которые могут допускать ошибки при ручном управлении трансмиссией. Кроме того, автоматические коробки передач обеспечивают более плавное трогание с места и переключение передач, что снижает нагрузки на элементы трансмиссии и повышает долговечность агрегатов [2].

Современные автоматические трансмиссии оснащаются сложными системами диагностики, которые позволяют своевременно выявлять потенциальные проблемы и предотвращать серьезные поломки. Это значительно повышает надежность работы трансмиссии и снижает вероятность внезапных отказов. Многие современные модели оснащаются режимами ручного управления, которые позволяют водителю при необходимости вмешиваться в работу трансмиссии, что расширяет функциональные возможности автомобиля [3].

Несмотря на многочисленные преимущества, автоматические коробки передач обладают рядом существенных недостатков. Прежде всего, это более высокая стоимость как при покупке автомобиля, так и при его обслуживании. Сложная конструкция требует использования специальных трансмиссионных жидкостей и регулярного технического обслуживания, что увеличивает эксплуатационные расходы. Ремонт автоматических трансмиссий также обходится значительно дороже по сравнению с механическими коробками передач.

Еще одним существенным недостатком является несколько меньшая топливная эффективность по сравнению с механическими трансмиссиями. Хотя современные автоматические коробки передач с большим количеством ступеней и вариаторы значительно сократили этот разрыв, он все же сохраняется. Это особенно заметно при интенсивном разгоне, когда гидротрансформатор может проскальзывать, что приводит к дополнительным потерям энергии.

Следует отметить также ограниченные возможности для спортивного вождения. Несмотря на наличие ручных режимов управления, автоматические трансмиссии не обеспечивают такого уровня контроля над автомобилем, как механические коробки передач. Это особенно важно для энтузиастов, предпочитающих активный стиль вождения. Кроме того, автоматические коробки передач имеют более сложную конструкцию, что увеличивает вероятность поломок при интенсивной эксплуатации [4].

Современные тенденции в развитии автоматических коробок передач направлены на дальнейшее повышение их эффективности и надежности. Одним из перспективных направлений является развитие вариаторных трансмиссий, которые обеспечивают бесступенчатое изменение передаточного отношения, что позволяет поддерживать оптимальные обороты двигателя в любых условиях движения. Также активно развиваются роботизированные коробки передач с двумя сцеплениями, которые сочетают в себе преимущества механических и автоматических трансмиссий.

Особое внимание уделяется развитию систем прогнозирующего управления, которые способны анализировать дорожную ситуацию и заранее подготавливать трансмиссию к предстоящим изменениям режима движения. Это позволяет значительно повысить плавность работы трансмиссии и снизить расход топлива. Развитие систем диагностики и прогнозирования технического состояния также является важным направлением, позволяющим повысить надежность работы трансмиссии [5].

Автоматические коробки передач представляют собой сложные

технические устройства, которые значительно повышают комфорт управления автомобилем. Они обеспечивают плавное переключение передач, защиту двигателя от перегрузок и адаптивность к стилю вождения. Однако эти системы обладают рядом недостатков, включая более высокую стоимость, меньшую топливную эффективность и ограниченные возможности для спортивного вождения. Перспективы развития автоматических трансмиссий связаны с внедрением новых технологий управления, повышением надежности и снижением эксплуатационных расходов. Выбор между автоматической и механической коробкой передач должен основываться на индивидуальных предпочтениях водителя, условиях эксплуатации автомобиля и доступном бюджете на обслуживание.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кто изобрёл автоматическую коробку передач? Революционное изобретение, изменившее автопром. // DRIVE2.RU URL: <https://www.drive2.ru> (дата обращения: 23.05.2025).
2. Новописный, Е.А. Безопасность транспортных средств: учебное пособие / Е. А. Новописный. - Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2019. - 90 с.
3. Корчажкин М. Г., Соловьев С. С. Особенности эксплуатационной надежности автоматических трансмиссий автомобилей // Труды НГТУ им. Р. Е. Алексеева. 2013. №4 (101). URL: <https://cyberleninka.ru> (дата обращения: 23.05.2025).
4. Арьков К. А., Ланцев В. Ю., Арькова Ж. А. Сравнение основных видов коробок переключения передач // Наука и образование. 2022. №4. URL: <https://cyberleninka.ru> (дата обращения: 23.05.2025).
5. Гируцкий О. И., Тарасик В. П., Рынкевич С. А. Развитие конструкций и перспективы автоматических трансмиссий // Машиностроение и компьютерные технологии. 2014. №3. URL: <https://cyberleninka.ru> (дата обращения: 23.05.2025).

Щербатов А. С., Лубков А.А., Гончаров А.А.

Научный руководитель: Проценко А.М. асс.

Белгородский государственный технологический университет

им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ БЕСПИЛОТНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ В ГРАЖДАНСКОЙ И ПРОМЫШЛЕННОЙ ОТРАСЛЯХ

Современные технологии стремительно развиваются, и одним из наиболее значительных их достижений стало создание беспилотного транспорта.

Беспилотные транспортные средства (БТС) — это не просто технологическая новинка, а важное направление развития глобальной транспортной и логистической инфраструктуры. Внедрение БТС обещает революционные изменения как в повседневной жизни граждан, так и в промышленной сфере. В данной статье рассмотрены ключевые области применения, перспективы, вызовы и текущие инициативы по внедрению беспилотного транспорта в России и мире.

Беспилотные транспортные средства — это автономные машины, способные передвигаться и выполнять задачи без непосредственного участия человека. Они используют технологии машинного зрения, лидары, радары, GPS, системы ИИ и телеметрию для ориентации в пространстве и принятия решений [1-2].

Применение в гражданской сфере.

Одним из самых ожидаемых направлений применения БТС является городской транспорт и такси. В Москве и Казани уже проводятся тестовые запуски робомобилей на базе отечественных и зарубежных технологий [3]. Такие автомобили способны перемещаться по заранее заданным маршрутам, снижая нагрузку на общественный транспорт и повышая доступность перевозок. Такие услуги могут значительно упростить жизнь горожан, особенно в условиях высоких темпов урбанизации.

Однако беспилотные технологии не ограничиваются лишь пассажирскими перевозками. Существенное влияние они оказывают и на сферу логистики.

Крупные ритейлеры, такие как «Яндекс», активно внедряют беспилотные курьеры для доставки еды и посылок. Это повышает скорость логистики и снижает издержки в сфере электронной коммерции [4-6] (рис.1. Фото применяемых компанией «Яндекс»

курьеров). Беспилотные курьеры могут работать на постоянной основе, что минимизирует время ожидания и расширяет географию доставки.



Рис. 1 Три поколения роботов-курьеров, R1, R2, R3

Использование БТС потенциально может значительно повысить безопасность на дорогах. По статистике, около 90% ДТП вызваны человеческим фактором. Беспилотные транспортные средства, обладая возможностями мгновенного реагирования на изменяющиеся дорожные условия и точного соблюдения правил дорожного движения, могут существенно снизить уровень аварийности. Такие технологии способны анализировать окружающее пространство, предсказывать поведение других участников дорожного движения и принимать оптимальные решения в критических ситуациях [7].

Беспилотные технологии находят применение в сельском хозяйстве, где используются для автоматизации процессов, таких как посадка, опрыскивание и сбор урожая (Рис 2).



Рис. 2 Дрон для опрыскивания посевов

Это помогает агрономам повышать продуктивность и сокращать затраты, что особенно актуально для обеспечения продовольственной безопасности в условиях роста населения. Такие технологии особенно актуальны в условиях нехватки рабочей силы и необходимости точного земледелия [8,9].

Внедрение беспилотного транспорта также имеет огромный потенциал в промышленности. В горнодобывающей отрасли, например, в удалённых и опасных регионах России и Канады, уже активно используются беспилотные самосвалы и погрузчики.

Это не только обеспечивает непрерывную работу в экстремальных условиях, но и минимизирует риски для сотрудников. Автономные машины могут выполнять рутинные задачи, такие как транспортировка материалов, что позволяет сократить количество травмоопасных ситуаций и повысить общую эффективность рабочих процессов (Рис.3.) [10-12].

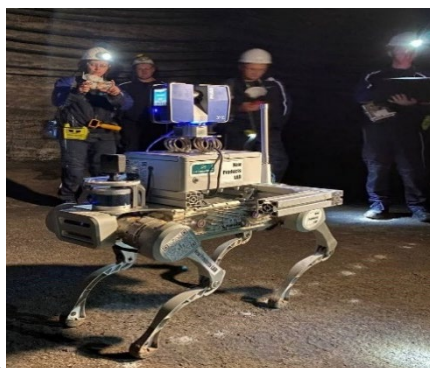


Рис. 3 Робособака в горнодобывающей отрасли

На складах крупных промышленных предприятий, например, «Северстали», используются автономные тележки и дроны для инвентаризации. Это ускоряет перемещение грузов, повышает точность и снижает затраты [13].

В России с 2023 года действует экспериментальный правовой режим (ЭПР) для тестирования беспилотных автомобилей на дорогах общего пользования. Программа координируется Минтрансом и включает участие таких компаний, как «КамАЗ», «Яндекс» и «СберАвтоТех» [1][2]. Также разрабатываются ГОСТы и правила взаимодействия БТС с дорожной инфраструктурой.

Несмотря на бурное развитие, массовому внедрению БТС мешают несколько факторов:

- Недостаток правовой базы
- Этические и страховые риски
- Необходимость в модернизации дорожной инфраструктуры
- Высокая стоимость оборудования

Решение этих проблем требует согласованных действий государства, бизнеса и научного сообщества.

С каждым годом возможности беспилотного транспорта расширяются, и становится очевидно, что данная область технологий будет оказывать заметное влияние на наше ежедневное передвижение как в городах, так и за их пределами. Данный процесс знаменует собой лишь первый шаг в развитии новой эпохи, в которой автотранспорт станет не только более безопасным и эффективным, но и превратится в один из ключевых факторов экономического прогресса. Внедрение беспилотных технологий способствует росту инновационной активности и формированию новых рабочих мест. Повышенный интерес к этой сфере свидетельствует о высоком потенциале и укрепляет уверенность в скором становлении беспилотного транспорта как неотъемлемой части повседневной жизни — как в России, так и за её пределами [14-15].

По оценкам специалистов, к 2030 году автономный транспорт прочно войдёт в структуру городской инфраструктуры. В производственных и логистических процессах беспилотные решения будут охватывать практически все этапы — от доставки сырья до распределения готовой продукции. Это создаст благоприятные условия для развития новых бизнес-моделей, снижения издержек и усиления конкурентных позиций предприятий.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Филиппов, А. А. История и перспективы применения беспилотных летательных аппаратов / А. А. Филиппов, Е. П. Олейников // Решетневские чтения : Материалы XXIII Международной научно-практической конференции, посвященной памяти генерального конструктора ракетно-космических систем академика М.Ф. Решетнева. В 2-х частях, Красноярск, 11–15 ноября 2019 года / Под редакцией Ю.Ю. Логинова. Том Часть 1. — Красноярск: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева", 2019. — С. 463-464.

2. Минтранс России — Беспилотный транспорт [Электронный ресурс]. URL: <https://mintrans.gov.ru> (дата обращения: 22.04.2025).

3. РБК — Беспилотники на дорогах. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.rbc.ru> (дата обращения: 25.04.2025).

4. Autonews — Беспилотные технологии в логистике и доставке. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.autonews.ru> (дата обращения: 22.04.2025).

5. Сальник, А. А. Цифровая трансформация бизнеса с использованием искусственного интеллекта на примере компании Яндекс / А. А. Сальник, А. Л. Чернявая // Инновационная парадигма экономических механизмов хозяйствования: Сборник научных трудов IX Международной научно-практической конференции, Симферополь, 15 мая 2024 года. – Симферополь: ООО "Издательство Типография "Ариал", 2024. – С. 564-566.

6. Автономный транспорт и роботы-доставщики для людей и бизнеса [Электронный ресурс]. URL: <https://sdg.yandex.ru/main/index> (дата обращения: 22.04.2025)

7. ТАСС — Перспективы развития беспилотного транспорта в РФ. [Электронный ресурс]. URL: <https://tass.ru> (дата обращения: 26.04.2025).

8. Борисов, А. И. Перспективы применения беспилотных летательных аппаратов в растениеводстве / А. И. Борисов, М. С. Упинин, И. П. Елисеев // Студенческая наука - первый шаг в академическую науку : Материалы Всероссийской студенческой научно-практической конференции с участием школьников 10-11 классов, Чебоксары, 20–21 февраля 2025 года. – Чебоксары: Чувашский государственный аграрный университет, 2025. – С. 226-227.

9. Луговской, А. М. Состояние и перспективы использования БПЛА в сельском хозяйстве России / А. М. Луговской, С. Н. Быков // Агропромышленному комплексу – новые идеи и решения : материалы XXIV Внутривузовской научно-практической конференции, Кемерово, 05 февраля 2025 года. – Кемерово: Кузбасский ГАУ, 2025. – С. 247-250.

10. Робособака в шахте: зачем нужны беспилотные решения под землей. [Электронный ресурс]. URL: <https://gari.ru> (дата обращения: 29.04.2025).

11. Шабусов, М. И. Применение инновационных технологий в области геодезии / М. И. Шабусов // Новая наука в новом мире : Сборник статей XI Международной научно-практической конференции, Петрозаводск, 10 апреля 2025 года. – Петрозаводск: Международный центр научного партнерства "Новая Наука" (ИП Ивановская И.И.), 2025. – С. 190-192.

12. Долженко, А. В. Геодезический мониторинг горнопромышленных объектов с использованием беспилотных авиационных систем / А. В. Долженко, А. Е. Наумов, О. А. Щенятский // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. – 2025. – № 1. – С. 231-241.

13. Forbes — Как беспилотники меняют промышленность. [Электронный ресурс]. URL:<https://www.forbes.ru> (дата обращения: 10.05.2025).

14. Здоровцев, В. Д. Потенциал беспилотников в спасательных и чрезвычайных ситуациях / В. Д. Здоровцев // Города России: проблемы строительства, инженерного обеспечения, благоустройства и экологии : Сборник статей XXVII Международной научно-практической конференции, Пенза, 28–29 марта 2025 года. – Пенза: Пензенский государственный аграрный университет, 2025. – С. 198-200.

15. Совершенствование и кастомизация малых автономных транспортных средств коптерного типа для решения специальных задач отраслевого мониторинга и диагностики / А. Е. Наумов, С. Ю. Лозовая, С. И. Анциферов [и др.] // СТИН. – 2024. – № 9. – С. 37-40.

Оглавление

Агафонова М.М.¹, Фотиади А.А.²

НАДЕЖНОСТЬ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ: КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД..... 3

Агеева М.С., Проценко А.М., Шаталова Д.С.

ПОЛУЧЕНИЕ КОМПОЗИЦИОННЫХ ПОЛИМЕРСОДЕРЖАЩИХ СМЕСЕЙ..... 7

Алимова В.В., Остроушко С.А.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АСУДД ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ..... 11

Андреева С.О., Сердюк Д.А.

ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ОРГАНИЗАЦИИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ, ИСПОЛЬЗУЮЩИЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ..... 15

Андреева С.О., Жантоан С.С.

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОРГАНИЗАЦИИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ..... 20

Андрюшина Д. И., Зубарев А.Д., Котухов А.Н.

ВЗАИМОСВЯЗЬ МЕЖДУ ПРИВЫЧКАМИ ВОДИТЕЛЕЙ И БЕЗОПАСНОСТЬЮ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ..... 24

Батраченко А.В., Жевлакова А.В., Кравченко В.А., Быценко М.В.

НАПРАВЛЕНИЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ПЕРСПЕКТИВНЫХ КОНСТРУКЦИЙ БУФЕРНЫХ УСТРОЙСТВ МОСТОВЫХ КРАНОВ..... 29

Батраченко А.В., Тарасенко И.М., Кравченко В.А., Быценко М.В.

АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИЙ БУФЕРНЫХ УСТРОЙСТВ МОСТОВЫХ КРАНОВ 33

Батраченко А.В., Жевлакова А.В., Кравченко В.А., Быценко М.В.

АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИИ ПРУЖИННО-ШАРИКОВОГО БУФЕРНОГО УСТРОЙСТВА..... 36

Борисов А.Е.

КОМПЛЕКСНЫЙ АНАЛИЗ ОРГАНОМИНЕРАЛЬНЫХ ГРУНТОВ ДЛЯ ДОРОЖНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА: ОТ ИСХОДНЫХ СВОЙСТВ К ПРОГНОЗИРОВАНИЮ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК.....	42
Боцман Д.С.	
ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ТРАНСПОРТНОГО КОМПЛЕКСА РФ	48
Быценко М.В., Жевлакова А.В.	
РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЧЕСКОГО ЗАМКА ДЛЯ БАС	54
Быценко М.В., Жевлакова А.В.	
ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ТОПОЛОГИЧЕСКОЙ ОПТИМИЗАЦИИ ДЛЯ КОРПУСА АВТОМАТИЧЕСКОГО ЗАМКА БАС	57
Бычкова К.А., Топский А.А.	
ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ БЕСПИЛОНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ В РАЗЛИЧНЫХ СФЕРАХ: ВЫЗОВЫ И ВОЗМОЖНОСТИ.....	61
Бычкова К.А., Топский А.А.	
МЕЖДУНАРОДНОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО В ОБЛАСТИ РАЗВИТИЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БПЛА.....	65
Воротынцев Д.Д., Воронков И.Е.	
АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ПОДГОТОВКА ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ИЗДЕЛИЙ МАШИНОСТРОЕНИЯ	70
Головин О.В., Петрова Д.В.	
ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ НАЗЕМНОГО ТРАНСПОРТА НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ И РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ НЕГАТИВНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ.....	74
Гончаров А.А., Щербатов А. С., Лубков А.А.	
СОВРЕМЕННЫЕ ГРУЗОЗАХВАТНЫЕ УСТРОЙСТВА ДЛЯ СЕЛЕКТИВНОЙ ТРАНСПОРТИРОВКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ И БЕСПИЛОТНЫХ СИСТЕМ	77
Агеева М.С., Горягин П.Ю., Колесников М.С.	

ТЕХНОЛОГИЯ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ КОМПОНЕНТОВ ПОЛИМЕРСОДЕРЖАЩЕГО ЦЕМЕНТОБЕТОНА.....	83
Грищенко М.С., Катрич Я.М., Коробейников Н.А.	
РОЛЬ МИНЕРАЛЬНОГО ПОРОШКА В ФОРМИРОВАНИИ СВОЙСТВ АСФАЛЬТОБЕТОНА: ТЕХНОЛОГИИ И ПЕРСПЕКТИВЫ	87
Самойлов М.И., Грищенко М.С., Курлыкина А.В.	
ОБЗОР РЕЗИНОВЫХ МОДИФИКАТОРОВ. ИХ ВКЛАД В ФОРМИРОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СВОЙСТВ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ СМЕСЕЙ	93
Гузеева В.Ю.	
СПЛОШНОЙ И ВЫБОРОЧНЫЙ КОНТРОЛЬ В ДОРОЖНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ: ОПТИМИЗАЦИЯ МЕТОДОВ ПРОВЕРКИ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ	98
Зубилина Т.С.	
МЕХАТРОННЫЙ ПОДШИПНИК СКОЛЬЖЕНИЯ С СИСТЕМОЙ КОНТРОЛЯ ИЗНАШИВАНИЯ ОПОРНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ..	101
Ивницкий В.О.	
ВЛИЯНИЕ НОВЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ПРОЧНОСТЬ И ДОЛГОВЕЧНОСТЬ АВТОМОБИЛЬНЫХ КУЗОВОВ.....	106
Ивницкий В.О.	
ТЕХНОЛОГИИ СНИЖЕНИЯ ШУМА И ВИБРАЦИЙ В АВТОМОБИЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЯХ.....	110
Кравцов Е.Д., Войтенко О.Н., Кукин А.С.	
КРИОУСТОЙЧИВОСТЬ БИТУМНЫХ ЭМУЛЬСИЙ.....	114
Кравченко В.А., Тарасенко И.М., Быценко М.В.	
ТЕХНОЛОГИЯ ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТ АВТОГРЕЙДЕРОМ.....	119
Кравченко В.А., Тарасенко И.М., Быценко М.В.	
ТЕХНОЛОГИЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДЕТАЛИ ПОЛУОСЬ АВТОГРЕЙДЕРА	122

Кравченко В.А., Тарасенко И.М., Быценко М.В.

ПАТЕНТНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ
АВТОГРЕЙДЕРА..... 127

Кривенко В.В., Тарасенко И.М., Жевлакова А.В., Быценко М.В.

СЛУЧАИ АВАРИЙНОСТИ И ТРАВМАТИЗМА СО
СМЕРТЕЛЬНЫМ ИСХОДОМ НА ГРУЗОПОДЪЕМНЫХ КРАНАХ,
ВЫЗВАННЫЕ ПРИМЕНЕНИЕМ НЕИСПРАВНЫХ
ГРУЗОЗАХВАТНЫХ ОРГАНОВ (ПРИСПОСОБЛЕНИЙ)..... 131

Кривенко В.В., Тарасенко И.М., Кравченко В.А., Быценко М.В.

АНАЛИЗ АВАРИЙНОСТИ НА ПОДЪЁМНЫХ СООРУЖЕНИЯХ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ 135

Кривенко В.В., Тарасенко И.В., Кравченко В.А., Быценко М.В.

СТАТИСТИКА ОТКАЗОВ КОНСТРУКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ
КРЮКОВЫХ ПОДВЕСОК ГРУЗОПОДЪЕМНЫХ КРАНОВ 137

Логвинов П.Р.

УПРАВЛЕНИЕ ЖИЗНЕННЫМ ЦИКЛОМ ДОРОЖНЫХ
СООРУЖЕНИЙ..... 143

Логвинов П.Р.

ЭФФЕКТИВНЫЕ РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ
КОНСТРУИРОВАНИЯ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД..... 147

Логвинов П.Р.

ПРИМЕНЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В
ПРОЕКТИРОВАНИИ ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ. 151

Мамедов А.П., Бредихин В.Е.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ
СРЕДСТВ 156

Марков А.А.

ИСТОРИЯ И РАЗВИТИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТРАНСПОРТА.. 160

Марков А.А.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ И ИНОВАЦИИ В
ЭЛЕКТРОМОБИЛЯХ 165

Махонина К.А.

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ НА
БЕЗОПАСНОСТЬ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ..... 170

Махонина К.А.

К ВОПРОСУ КОНТРОЛЯ УСТАЛОСТИ И ФИЗИЧЕСКОГО
СОСТОЯНИЯ ВОДИТЕЛЯ..... 174

Петрова Д.В., Головин О.В., Андреева С.О.

ПОВЫШЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ ЗА
СЧЕТ ЭФФЕКТИВНОГО СВЕТОФОРНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ
..... 177

Петрова Д.В., Головин О.В.

СУЩЕСТВУЮЩИЕ МЕТОДЫ ОБСЛЕДОВАНИЯ
ПАССАЖИРОПОТОКА..... 182

Петрова Д.В., Головин О.В., Андреева С.О.

ПОВЫШЕНИЕ БЕЗОПАСНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ
АВТОМОБИЛЕЙ 185

Петрук М.В., Гармашов В.В., Артыков М.

РАЗВИТИЕ ГОРОДСКОГО ОБЩЕСТВЕННОГО ТРАНСПОРТА
..... 190

Семыкина А.С., Цой Е.А., Петрук М.В.

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ
ДЕТАЛЕЙ АВТОМОБИЛЯ С ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДОЙ..... 195

Постников П.К., Конев А.А.

ПОТЕНЦИАЛ РЫНКА АВТОТЕХОБСЛУЖИВАНИЯ В РОССИИ
..... 199

Жевлакова А.В., Рашидов Р.Р., Быценко М.В.

КОНСТРУКТИВНЫЕ РЕШЕНИЯ ЭКСТРУДЕРОВ ДЛЯ 3D
ПЕЧАТИ ВЯЖУЩИМИ..... 202

Жевлакова А.В., Рашидов Р.Р., Быценко М.В.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ПЕЧАТИ
МАЛЫХ АРХИТЕКТУРНЫХ ФОРМ..... 205

Жевлакова А.В., Рашидов Р.Р., Быценко М.В.

АНАЛИЗ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ 3D ПЕЧАТИ ВЯЖУЩИМИ .. 208

Румянцева К.О.

К ВОПРОСУ РАЗВИТИЯ ГИБРИДНЫХ АВТОМОБИЛЕЙ..... 213

Румянцева К.О.

АНАЛИЗ ОСНОВНЫХ ФАКТОРОВ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИХ
БЕЗОПАСНОСТЬ НА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГАХ..... 217

Савенкова А.Ю., Котухов А.Н., Зубарев А.В.

ДОРОЖНЫЕ ОГРАЖДЕНИЯ: ВИДЫ, ФУНКЦИИ И ЗНАЧЕНИЯ
ДЛЯ БЕЗОПАСНОСТИ..... 221

Савенкова А.Ю., Смоленский И.П., Кущенко С.В.

БАРЬЕРНЫЕ ОГРАЖДЕНИЯ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ:
ТРАНСФОРМАЦИЯ ПОДХОДОВ К БЕЗОПАСНОСТИ И
 ГИБКОСТИ УЛИЧНО-ДОРОЖНОЙ СЕТИ..... 225

Сударев И.В., Магдиев И.Р.

РАЗВИТИЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ ЛОКОМОТИВНЫХ УСТРОЙСТВ
БЕЗОПАСНОСТИ РОЛЬ И МЕСТО АВТОМАТИЧЕСКОЙ
ЛОКОМОТИВНОЙ СИГНАЛИЗАЦИИ В ОБЕСПЕЧЕНИИ
ИНТЕРВАЛЬНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ДВИЖЕНИЯ ПОЕЗДОВ
..... 229

Кабалин М.Д., Катрич Я.М., Токарев В.А.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ДОРОЖНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ
РОССИИ: ВЫЗОВЫ, СТРАТЕГИИ И ПЕРСПЕКТИВЫ 234

Токарев В.А., Самойлов М.И., Кабалин М.Д.

ЭКОНОМИКА ЗАМКНУТОГО ЦИКЛА В ДОРОЖНОМ
СТРОИТЕЛЬСТВЕ РОССИИ..... 238

Токарев В.А., Самойлов М.И., Курлыкина А.В.

МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ РЕЗИНОВОЙ КРОШКИ 242

Фирсов М.К.

ПРИМЕНЕНИЕ БЕСПИЛОТНЫХ АВТОМОБИЛЕЙ В КИТАЕ.. 246

Шумский Р.С.

ОПТИМИЗАЦИЯ РАСХОДА ТОПЛИВА В АВТОМОБИЛЯХ.... 250

Шумский Р.С.

ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ АВТОМАТИЧЕСКИХ
КОРОБОК ПЕРЕДАЧ 254

Щербатов А. С., Лубков А.А., Гончаров А.А.

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ БЕСПИЛОТНЫХ
ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ В ГРАЖДАНСКОЙ И
ПРОМЫШЛЕННОЙ ОТРАСЛЯХ..... 258