

*Заключение.* Исследование посвящено вопросам диагностики и оценки состояния жёстких дорожных покрытий, которые играют важную роль в функционировании транспортных сетей и обеспечивают безопасность движения. Были рассмотрены традиционные и современные методы диагностики, определены их преимущества и недостатки. Анализ экономической эффективности показал, что, несмотря на первоначальные затраты, современные методы диагностики позволяют существенно экономить средства за счет предотвращения аварийных ситуаций и продления срока службы покрытия. Представлены конкретные рекомендации по выбору методов диагностики и внедрению их в практику, а также отмечены перспективы дальнейшего совершенствования диагностических технологий. Таким образом, исследование показало, что современные методы диагностики являются эффективным инструментом, позволяющим значительно повысить качество и долговечность дорожных покрытий, а также обеспечить рациональное использование бюджетных средств. Будущие исследования могут включать разработку автоматизированных систем диагностики, совершенствование методов анализа и оценку влияния климатических факторов на состояние покрытия.

#### Список литературы

- 1 **Иванов, И. И.** Современные методы диагностики дорожных покрытий / И. И. Иванов, П. П. Петров. – М. : Издательство АСВ, 2022. – 288 с.
- 2 **Семенов, Ю. А.** Ремонт и реконструкция цементобетонных покрытий / Ю. А. Семенов. – Екатеринбург : УрГУПС, 2020. – 240 с.
- 3 **Соколов, А. В.** Автоматизированные системы мониторинга состояния дорог / А. В. Соколов. – М. : Академия инженерных наук, 2022. – 180 с.
- 4 **Розанов, В. Ю.** Практика применения георадаров в диагностике дорог / В. Ю. Розанов. – Пермь : Пермский нац. исслед. политехн. университет, 2021. – 180 с.
- 5 International Federation of Highway Research Laboratories (IFHRL). Manual for Condition Evaluation of Flexible and Rigid Pavements. – Washington DC : IFHRL, 2021. – 140 p.
- 6 Всемирный конгресс по дорожному хозяйству (World Road Association, PIARC). Guidelines on the Maintenance Management System. – Paris : PIARC, 2020. – 120 p.

УДК 656.08:001.895

## ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И СИСТЕМЫ ЗАЩИТЫ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ И ИНФРАСТРУКТУРЫ

*О. В. ЧЕРНЫШОВ, В. И. КАЗМЕРЧУК*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Современный мир характеризуется стремительным развитием технологий, что в свою очередь обуславливает необходимость постоянного совершенствования систем обеспечения транспортной безопасности. В условиях усложнения инфраструктурных объектов и увеличения объемов перевозимых грузов и пассажиров возрастает актуальность внедрения инновационных решений, направленных на повышение устойчивости транспортных средств и инфраструктуры к разнообразным видам угроз и чрезвычайных ситуаций.

*Инновации в безопасность автомобилей: как технологии спасают жизни [1].*

Новейшие автомобили уже не просто средства передвижения, они становятся высокотехнологичными устройствами, созданными для обеспечения максимальной безопасности водителя и пассажиров. Автопроизводители внедряют инновационные решения, которые делают каждую поездку более безопасной. Давайте рассмотрим, какие передовые технологии безопасности уже применяются в автомобилях и как они меняют наш подход к безопасности на дорогах.

1 Автопилот и системы помощи водителю.

Автопилот – это не фантастика, а реальность. Системы полуавтономного вождения, такие как *Tesla Autopilot*, уже доступны на некоторых моделях автомобилей. Эти системы способны управлять машиной в определённых условиях, поддерживать скорость, следить за дистанцией до впереди идущих автомобилей и даже менять полосы. В то же время они все ещё требуют внимания со стороны водителя, который должен быть готов вмешаться, если это необходимо.

Системы помощи водителю (*ADAS, Advanced Driver Assistance Systems*) включают в себя множество функций, таких как автоматическое экстренное торможение, контроль мёртвой зоны,

адаптивный круиз-контроль и система предупреждения о столкновении. Эти технологии позволяют значительно снизить риск аварий, особенно в экстренных ситуациях.

## 2 Системы мониторинга состояния водителя.

Системы мониторинга состояния водителя помогают избежать аварий, вызванных усталостью или недостаточной внимательностью. Такие системы отслеживают движение головы водителя, следят за его глазами и определяют признаки усталости или сонливости. Если система замечает, что водитель становится менее внимательным, она подаст сигнал, предупреждая о необходимости сделать перерыв.

Некоторые автомобили оснащены также датчиками, которые анализируют пульс водителя, и могут предупредить его о возможных медицинских рисках.

## 3 Активные системы защиты от боковых столкновений.

Одним из самых опасных типов аварий являются боковые столкновения, когда автомобиль сталкивается с другой машиной или объектом на высокой скорости. Чтобы минимизировать последствия таких происшествий, производители внедряют активные системы защиты. Одной из таких технологий является система активного управления подвеской, которая при боковом столкновении помогает лучше распределить ударную нагрузку по кузову автомобиля, снижая риск травм.

Кроме того, современные автомобили оснащены специальными датчиками и камерами, которые помогают водителю видеть приближающиеся объекты и избегать столкновений при манёврах, например, при поворотах или парковке.

## 4 Интеллектуальные подушки безопасности.

Традиционные подушки безопасности стали обязательной частью автомобилей, однако последние разработки в области безопасности включают в себя интеллектуальные подушки, которые способны адаптироваться к различным ситуациям. Например, современные системы подушек безопасности могут учитывать не только положение и размер пассажиров, но и их состояние (например, присутствие ребёнка в кресле или использование ремня безопасности). Это позволяет не только минимизировать травмы при лобовых столкновениях, но и повысить эффективность работы подушек безопасности в различных ситуациях.

5 Предсказание аварий с использованием искусственного интеллекта (рисунок 1).

Системы на основе искусственного интеллекта начинают играть всё более важную роль в предотвращении аварий. Применение машинного обучения и анализа большого объема



Рисунок 1 – Использование искусственного интеллекта для предотвращения ДТП

позволяет создать интеллектуальные системы, которые способны предсказать потенциальную угрозу аварии ещё до того, как она произойдёт. Такие системы анализируют поведение водителей и пешеходов, состояние дороги и даже погодные условия, чтобы заранее предупредить водителя или автоматически принять меры для предотвращения столкновения.

## 6 Противопожарные технологии и защита от взрывов.

Системы, предназначенные для предотвращения возгораний, становятся неотъемлемой частью автомобильной безопасности. Современные автомобили оснащены термодатчиками, которые могут определить перегрев двигателя или возникновение короткого замыкания, что позволяет активировать систему защиты от пожара ещё до того, как возникнет реальная угроза. В сочетании с улучшенными материалами, которые не поддерживают горение, эти технологии значительно снижают риск пожаров в случае аварии.

Хотелось бы подчеркнуть значимость представленных исследований и инновационных решений, направленных на повышение эффективности систем защиты транспортных средств и инфраструктуры. Обсужденные подходы и технологические разработки демонстрируют перспективы интеграции современных автоматизированных систем, методов кибербезопасности и сенсорных технологий в комплексные меры по обеспечению транспортной безопасности в условиях современных угроз и чрезвычайных ситуаций. Важно отметить, что реализация указанных инноваций требует междисциплинарного взаимодействия, а также активного сотрудничества научных, промышленных и государственных структур. Надеемся, что полученные знания и обмен опытом послужат основой

для дальнейших исследований и практических разработок, способствующих формированию устойчивых и безопасных транспортных систем будущего.

#### Список литературы

- 1 VC.RU. – URL: <https://vc.ru/id3649586/1643968-innovacii-v-bezopasnosti-avtomobilei-kak-tehnologii-spasayut-zhizni> (дата обращения: 28.09.2025).
- 2 HANSTON. – URL: <https://hanston.ru/press-centr/transportnaya-bezopasnost-innovacionnye-tehnologii-i-sovremennyye-metody-zaschity> (дата обращения: 28.09.2025).
- 3 Смирнов, Ю. А. Электромобиль: инфраструктура и электротехнические компоненты : учеб. пособие / Ю. А. Смирнов. – СПб : Лань, 2021. – 476 с.

УДК 624.042:625.41

## ПОВЫШЕНИЕ ДОЛГОВЕЧНОСТИ АНКЕРНЫХ УЗЛОВ ЭСТАКАД ТРАНСПОРТНЫХ КОМПЛЕКСОВ uST С ВЫРАБОТКОЙ ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ДЛЯ ИХ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

*Ю. А. ШЕБЗУХОВ, В. Н. ГАРАНИН*

*ЗАО «Струнные технологии», г. Минск, Республика Беларусь*

Анкерные узлы являются критически важными элементами рельсо-струнных эстакад транспортных комплексов uST [1, 2]. Их преждевременный выход из строя снижает ресурс опор, увеличивает затраты на эксплуатацию и снижает общую безопасность системы. Основными причинами их ограниченного ресурса являются коррозионные процессы и усталостное разрушение под действием динамических нагрузок и вибраций [3].

Важной особенностью работы указанных узлов являются воспринимаемые нагрузки от сил натяжения путевых структур и от движения транспортных средств – Юнимобилей [4]. По этой причине требуется системный подход к повышению долговечности, сочетающий использование таких научных подходов, как идентификация внешних факторов, численное моделирование, патентно-литературный анализ и др.

Для достижения поставленной цели необходимо решить ряд задач:

- провести анализ конструкций существующих узлов и условий их эксплуатации с выделением факторов, определяющих долговечность по критериям коррозионной стойкости и усталостной прочности;
- разработать 3D-модель базового узла и выполнить математическое определение влияния факторов (силы, вибрации, окружающая среда) на геометрию и скорость развития коррозии;
- выполнить анализ литературных и патентных источников для оценки применимости известных решений;
- разработать технические решения по модернизации существующего узла;
- разработать 3D-модель модернизированного узла и анализ его долговечности;
- определить закономерности влияния факторов на конструктивные элементы для формирования типовых технических заданий.

Для решения указанных задач необходим комбинированный подход, включающий:

- численное моделирование методом конечных элементов (МКЭ) для оценки статических и динамических напряжений, собственных частот и мод колебаний;
- многофакторное моделирование коррозионного процесса с учётом геометрии, материалов и микроклиматических условий (модели экспоненциального/линейного распространения коррозии для разных сред);
- усталостный анализ по интегральным критериям накопленной деформации и циклической прочности;
- оптимизацию конструктивных решений по критериям долговечности, технологичности и экономичности.

Критериями оценки результатов МКЭ и коррозионного моделирования для исходной и модернизированной моделей являются снижение максимальных эквивалентных напряжений при рабочих режимах, повышение числа циклов до усталостного разрушения по выбранному уровню надёжно-