

МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА И КОММУНИКАЦИЙ
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»

НАУКА – ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЕ

Материалы III Международной научно-практической конференции
молодых ученых, студентов и учащихся колледжей
(Гомель, 21 марта 2025 г.)

Под общей редакцией канд. техн. наук *П. В. КОВТУНА*

Гомель 2025

УДК 625

Изложены материалы докладов III Международной научно-практической конференции молодых ученых, студентов и учащихся колледжей «Наука – транспортной инфраструктуре».

Для молодых ученых, научных работников, магистрантов, аспирантов, студентов технических вузов, учащихся колледжей, а также инженерно-технических работников транспортных предприятий и проектных организаций.

Р е ц е н з е н т ы: ведущий инженер отдела пути, сигнализации и связи РУП «Гомельское отделение Белорусской железной дороги»
Е. В. Никитин;
главный научный сотрудник ИЦ ЖТ БелГУТа д-р техн. наук, доцент *А. К. Головнич*

Р е д а к ц и о н н а я к о л л е г и я:
П. В. Ковтун (отв. редактор), *М. Ю. Никитенко* (секретарь),
И. М. Царенкова, Н. В. Довгелюк, А. С. Лапушкин

ISBN 978-985-891-217-8

© Оформление. БелГУТ, 2025

ВОПРОСЫ МИГРАЦИИ СУФЛЯЖНОГО КАМНЯ В ЩЕБЕНОЧНЫЙ БАЛЛАСТ

*А. А. АБРАШИТОВ, зав. учеб. лабораторией
Российский университет транспорта, г. Москва*

В процессе совместной работы щебня, используемого в качестве балласта, и щебня, применяемого в качестве суфляжного слоя, существует риск перемещения мелких частиц суфляжного щебня в пустоты балластного слоя, что может привести к их заполнению. Это, в свою очередь, приводит к уменьшению пористости балласта и увеличению его жёсткости. В результате повышается скорость истирания и разрушения гранул балласта. Кроме того, при интенсивной эксплуатации балласта заполнение пустот более мелкими частицами может привести к быстрой потере дренажных свойств балластного слоя. Это может спровоцировать появление сначала сухого, а затем и мокрого выплеска.

В России при разработке проектов обратных фильтров для гидротехнических сооружений, в частности многослойных обратных фильтров для грунтовых плотин, занимались изучением движения мелких частиц несвязного сыпучего материала в пустотах более крупного несвязного материала. При выборе слоёв обратного фильтра учитывалось, что частицы защищаемого грунта не должны проходить через поры прилегающего слоя фильтра, а частицы из этого слоя не должны проходить через поры следующего слоя.

Существует несколько методов выбора слоёв многослойного обратного фильтра, которые различаются подходами к оценке возможности прохождения мелких частиц через крупные поры, таких как метод В. С. Истоминой, расчет суффозионности материалов по методике ВНИИГ и расчет контактного выпора несвязных материалов по методике ВОДГЕО. Анализ этих методов привел к выводу: использование этих материалов в качестве слоёв обратного фильтра допустимо.

Геометрический метод Седергрена состоит в том, что если три идеальные сферы имеют диаметр, превышающий диаметр наименьшей сферы более чем в 6,5 раз, то наименьшая сфера сможет пройти сквозь них. Расчет показал, что использование этих материалов в качестве дополнительных слоёв обратного фильтра недопустимо.

В связи с неоднозначностью полученных результатов и неуверенностью в корректности расчётных методов возникла необходимость провести практическое исследование, чтобы определить, может ли суфляжный камень фракции

5–10 мм смешиваться со щебёночным балластом на полигоне Экспериментального кольца ВНИИЖТ.

В 2020 году в Российском университете транспорта (МИИТ) была проведена серия лабораторных экспериментов, направленных на изучение миграции щебня различных фракций в путевой балласт по следующим причинам:

- 1) наблюдалась неудовлетворительная осадка щебня фракции 5–10 мм в путевом балласте из-за миграции основной массы частиц в путевой щебень;
- 2) в «Инструкции по выправке толчков, перекосов и просадок способом подсыпки (суфляж)» было прямое указание на использование фракции 10–25 мм для первой выправки суфляжем.

В связи с изменением стандартных размеров фракций с 1939 года прошлого века в лабораторных испытаниях использовался щебень с фракционными составами 5–10 мм и 10–20 мм.

Испытания были выполнены на универсальной испытательной машине EUS-40 производства фирмы Werkstoffpruefmachinen, Лейпциг.

Были протестированы два варианта, каждый из которых состоял из трёх образцов:

- 1) имитация суфляжа с фракцией 10–20 мм, нанесённая поверх балластной призмы;
- 2) имитация суфляжа с фракцией 5–10 мм, нанесённая поверх имитации суфляжа с фракцией 10–20 мм.

Для проведения эксперимента использован ящик размером 300 × 600 мм и высотой 350 мм. В него был засыпан путевой щебень с фракционным составом, указанным в таблице 1, в количестве 100 кг.

Таблица 1 – Зерновой состав балласта в испытательном ящике

Размер частиц, мм	60–70	40–60	25–40	10–25
Масса, кг	2,0	53,0	40,0	5,0
Доля, %	2	53	40	5

Для уплотнения балласта в пути использовался штамп из многослойной фанеры, размер которого составлял 290 × 590 мм. Щебень в специальном лабораторном ящике уплотнялся с помощью динамической нагрузки, которая составляла 100 тысяч циклов.

Установлено, что общая осадка слоёв щебня составила 4,5 мм для фракции 10–20 и 10,2 мм для фракции 5–10 мм.

Если предположить, что в щебне балластного слоя железнодорожного пути произошла сегрегация и крупные частицы оказались в верхней части балластной призмы, а при подбивке оказались под шпалами, то методы, используемые для расчёта грунтовых плотин, не могут быть применены в балластном слое железнодорожного пути.

ИННОВАЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ ДОРОЖНЫХ ПОКРЫТИЙ

Е. С. БАГАЕВ (101041-21)

Научный руководитель – магистр экон. наук, ст. преп. *Ю. А. ОСИПОВА*
Белорусский национальный технический университет, г. Минск

Износостойкость и долговечность дорожных покрытий являются важнейшими факторами при строительстве и эксплуатации автомобильных дорог. Высокая интенсивность транспортного потока, неблагоприятные климатические условия и постоянные механические нагрузки приводят к быстрому разрушению традиционных покрытий, что требует регулярных дорогостоящих ремонтов. Современные технологии позволяют значительно повысить качество и надежность дорог, используя инновационные материалы, которые не только увеличивают срок их службы, но и способствуют повышению безопасности движения, снижению уровня шума и улучшению экологической обстановки.

Одним из перспективных направлений в дорожном строительстве является использование самовосстанавливающегося бетона. Этот материал содержит специальные бактерии (вида *Sporosarcina pasteurii* и *ureae*) и полимерные соединения (битумные вяжущие вещества), которые активируются при появлении трещин, заполняя повреждения и восстанавливая целостность покрытия. Благодаря этому дороги становятся более устойчивыми к растрескиванию, а необходимость в частых ремонтах значительно сокращается [1].

Еще одной инновацией, направленной на повышение безопасности движения, является теплоаккумулирующий асфальт. В зимний период на дорогах часто образуется гололед, что становится причиной множества аварий. Специальные материалы, способные накапливать и удерживать тепло, предотвращают замерзание дорожного покрытия, тем самым уменьшая вероятность дорожно-транспортных происшествий. Эта технология особенно актуальна для регионов с холодным климатом, где резкие перепады температур и осадки приводят к образованию ледяных корок на дорогах [2].

Использование переработанных материалов в дорожном строительстве также набирает популярность. Одним из наиболее эффективных решений стало внедрение резинобитумных покрытий, изготовляемых с добавлением измельченных автомобильных шин. Такой асфальт обладает повышенной

эластичностью, что делает его более устойчивым к растрескиванию и механическим нагрузкам [3].

Дополнительным преимуществом является снижение уровня шума, что особенно важно для городских районов с высокой плотностью населения. Подобные технологии успешно применяются в Японии, где дороги, построенные с использованием резинобитумных покрытий, демонстрируют высокую устойчивость к землетрясениям и значительно увеличенный срок службы.

Еще один инновационный материал, способствующий улучшению экологической ситуации, – фотокаталитические покрытия. В их состав входит диоксид титана, который под воздействием солнечного света разлагает вредные выбросы в воздухе, очищая окружающую среду. В условиях крупных городов, где уровень загрязнения воздуха превышает допустимые нормы, применение таких технологий становится особенно актуальным.

Не менее важным аспектом при проектировании современных дорог является дренажная система, позволяющая эффективно отводить воду с поверхности полотна. Традиционные покрытия часто приводят к образованию луж, что увеличивает риск аквапланирования и снижает сцепление колес с дорогой. Решением этой проблемы стал пористый асфальт, который благодаря своей структуре обладает высокой водопроницаемостью.

Современные технологии изготовления дорожных покрытий с применением новых материалов и добавок направлены на долговечность, безопасность и экологичность. Самовосстанавливающийся бетон продлевает срок службы дорог, а теплоаккумулирующий асфальт предотвращает гололед. Фотокаталитические покрытия очищают воздух, а резинобитумные материалы повышают прочность и способствуют утилизации отходов. Пористый асфальт снижает шум и улучшает дренаж.

Современные дороги, являющиеся неотъемлемой основой транспортной инфраструктуры, должны быть не только прочными и долговечными, но и экологически безопасными, экономичными и удобными для всех участников дорожного движения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Современные технологии дорожного строительства // infraTest. Testing systems. – URL: <https://infratestrus.ru/news/sovremennye-tekhnologii-dorozhnogo-stroi-telstva/> (дата обращения: 07.03.2025).

2 Инновационные технологии в строительстве дорог // Дорожные технологии. – URL: <https://nsk-asfalt.ru/doroga-innovacii/> (дата обращения: 07.03.2025).

3 Геосинтетические материалы для дорожного строительства // Ровная дорога. – URL: <https://rovnayadoroga.ru/remont/> (дата обращения: 08.03.2025).

ВЫБОР СРЕДСТВ ТЕХНИЧЕСКОГО ОСНАЩЕНИЯ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ ПРИ ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ НА ОСНОВЕ ГРАФИКА ЭТАПНОГО НАРАЩИВАНИЯ ЕЁ МОЩНОСТИ

П. Н. БАРАБОЛКИН (магистрант)

Научный руководитель – канд. техн. наук, доц. *Н. В. ДОВГЕЛЮК*
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Рост значимости железных дорог в экономическом развитии страны определяется их стратегическим ресурсом в национальной транспортной системе и конкурентоспособности транспортного комплекса, обеспечения экономической безопасности и обороноспособности, реализации социальной политики государства и дальнейшего повышения деловой активности населения, повышения безопасности движения, позволяющим удовлетворить международные, государственные и региональные нужды в перевозках грузов и пассажиров.

Железные дороги проектируются, а затем переустраиваются (реконструируются) из условия обеспечения потребностей экономики в перевозках. Ожидаемые размеры перевозок определяют необходимую провозную способность железной дороги, которая должна увеличиваться во времени.

Провозная способность железной дороги зависит от массы состава и пропускной способности грузового движения, которые определяются техническими параметрами постоянных устройств и средствами технического оснащения дороги. Высокие скорости движения поездов возможны только при электрической тяге. Большинство стран Европы перешли на электрическую тягу из-за больших скоростей пассажирских поездов.

Технические параметры и средства технического оснащения определяются по графику этапного наращивания мощности железной дороги путём назначения их при различных технических состояниях и выбора оптимальной схемы этапного наращивания мощности дороги [1].

Для участка железной дороги Лунинец – Калинковичи решение проблемы выбора средств технического оснащения железнодорожных участков при их электрификации на основе графика этапного наращивания мощности является своевременным и актуальным направлением его развития в целом.

Выбор основных технических параметров при реконструкции существующей дороги основан на технико-экономическом анализе этапного наращивания провозной способности. Основные технические параметры дороги, такие как руководящий уклон (изменение его требует укладки новой трассы); ширина колеи (её изменение не целесообразно, т. к. она одина-

кова на всех железных дорогах ещё со времен СССР); расчетные размеры перевозок для размещения отдельных пунктов (изменение их расположения влечет огромные капитальные вложения, а также переустройство многих других сооружений дороги, связанных с её эксплуатационной работой) являются постоянными устройствами дороги [1].

Средства технического оснащения дороги (вид тяги; тип локомотива; полезная длина приема-отправочных путей; связь и СЦБ, способы организации движения поездов; размеры локомотивного и вагонного парков и др.) в процессе электрификации изменяются в разной степени (для этого анализируется существующая и проектируемая инфраструктура).

Задача комплексного выбора основных технических параметров формулируется следующим образом: найти такое сочетание параметров, которое обеспечит минимальную сумму приведенных расходов на строительство, усиление и реконструкцию железной дороги. Для решения этой задачи используется следующий алгоритм:

- назначается возможное сочетание параметров железной дороги, средств ее технического оснащения;
- производятся расчеты пропускной и провозной способностей для каждого состояния (сочетания средств технического оснащения дороги);
- определяются капитальные вложения для перехода из одного состояния в другое и эксплуатационные расходы по каждому состоянию на все годы эксплуатации;
- формируются схемы этапного наращивания провозной способности дороги на перспективу. Минимум суммарных приведенных затрат, подсчитанных по разным схемам, укажет на оптимальную с соответствующим сочетанием средств технического оснащения железной дороги на перспективу [1].

Полученные результаты анализа существующей инфраструктуры, а также разработанные мероприятия по увеличению провозной способности участка Лунинец – Калинковичи Белорусской железной дороги соответствуют определенным техническим параметрам и средствам технического оснащения II категории дороги на перспективу. Выбранные средства технического оснащения дороги на основе графиков этапного наращивания мощности могут быть использованы при увеличении провозной способности рассматриваемого участка.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Экономические изыскания при проектировании железных дорог : учеб. пособие / Н. В. Довгелюк, И. М. Царенкова, Т. А. Дубровская. – Гомель : БелГУТ, 2023. – 255 с.

ВНЕДРЕНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ДЛЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ И ОПТИМИЗАЦИИ ПУТЕВОГО ХОЗЯЙСТВА

С. А. БИНДЮК (магистрант)

Научный руководитель – канд. техн. наук, доц. *П. В. КОВТУН*
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Основной структурой железнодорожного транспорта является путевое хозяйство, т. к. от него зависит работоспособность всей железной дороги. От состояния и мощности обустройств в значительной степени зависят пропускная способность дороги, безопасность и допускаемые скорости движения поездов.

На сегодняшний день путевая отрасль Белорусской железной дороги насчитывает почти 12 тыс. км железнодорожных путей, из которых более 7 тыс. км – главные железнодорожные пути, более 12 тыс. стрелочных переводов, 1,7 тыс. железнодорожных переездов и около 2 тыс. мостов и путепроводов. Главные железнодорожные пути уложены на железобетонном основании практически на 99 % от их общей протяженности, а рельсовые плети бесстыкового пути уложены на 70 % от протяженности главных железнодорожных путей.

С целью планомерного обновления и усиления верхнего строения пути ежегодно производятся работы по восстановительному ремонту железнодорожных путей на новых и старогодных материалах, замене стрелочных переводов с переводом их на железобетонное основание в объемах, предусмотренных годовыми ремонтными программами.

В путевом хозяйстве успешно реализуется программа импортозамещения. На предприятиях республики организовано производство деревянных и железобетонных шпал, большинства элементов скреплений, некоторых механизмов с перспективой полного обеспечения потребностей дороги в этих материалах.

Для обеспечения качественного содержания и ремонта железнодорожного пути за 2011–2024 годы для путевого хозяйства приобретены 25 единиц специального железнодорожного подвижного состава. Этой современной техникой были дооснащены имеющиеся на дороге комплексы путевых машин, что позволило существенно усовершенствовать технологию производства работ прежде всего в части повышения качества.

Все инженерные расчеты в путевом хозяйстве происходят непосредственно под влиянием человека. Чтобы уменьшить возможные ошибки необходимо минимизировать субъективный фактор.

С помощью ИИ появилась возможность оптимизировать работу; анализировать всевозможные развития событий, ситуаций; генерировать новые события и ситуации, в том числе самые худшие варианты, которые могут происходить на Белорусской железной дороге.

В путевом хозяйстве применение искусственного интеллекта (ИИ) вполне возможно (может стать важным инструментом для повышения безопасности и эффективности перевозочного процесса). Вот несколько ключевых направлений для использования ИИ в этой области:

1 Обслуживание и диагностика

Мониторинг состояния путей: датчики на рельсах и поездах показывают данные о состоянии инфраструктуры, которые анализируются с использованием ИИ для выявления проблем до их появления.

2 Совершенствование системы сигнализации и безопасности

Распознавание лиц и объектов: системы видеонаблюдения, использующие ИИ, могут отслеживать подозрительное поведение и предупреждать службы безопасности о возможных угрозах.

3 Обучение и развитие персонала

Обучающие симуляторы: модели на основе ИИ могут использоваться для подготовки работников дистанции пути, предоставляя реалистичные симуляции различных сценариев, с которыми они могут столкнуться в реальной жизни на работе.

Анализ производительности: ИИ может оценивать результаты работы работников дистанции пути и предлагать индивидуальные планы обучения на основе данных о производительности.

Кроме использования ИИ в путевом хозяйстве, немаловажно использовать его во всех отраслях железной дороги, например:

- системы управления движением (СВТС): ИИ может анализировать движение поездов и автоматически обновлять сигналы, чтобы предотвратить столкновения и оптимизировать пропускную способность;

- предиктивное обслуживание: алгоритмы машинного обучения анализируют данные о состоянии оборудования и могут предсказать потенциальные неисправности, что позволяет проводить профилактическое обслуживание и уменьшать вероятность аварий;

- оптимизация потребления энергии: ИИ позволяет анализировать данные о потреблении электроэнергии и находить способы его оптимизации, что снижает затраты.

На данный момент ИИ не может полноценно выполнить поставленные перед ним задачи, потребуется еще информация для усовершенствования его. ИИ не несет никакой ответственности за сбор, обработку данных, но в ближайшем будущем может стать незаменимым помощником в оптимизации и совершенствовании путевого хозяйства.

ПРОБЛЕМЫ И СПОСОБЫ ИХ РЕШЕНИЯ ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ ПУТЕЙ НЕОБЩЕГО ПОЛЬЗОВАНИЯ

С. А. БИНДЮК (магистрант)

Научный руководитель – канд. техн. наук, доц. *П. В. КОВТУН*
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Холдинг «Гомсельмаш» – один из крупнейших производителей сельскохозяйственной техники, входящий в число лидеров мирового рынка комбайнов и других сложных сельхозмашин. «Гомсельмаш» сегодня – современный многопрофильный производитель, выпускающий под брендом Gomselmash модельные ряды зерноуборочных и кормоуборочных комбайнов, початкоуборочные и картофелеуборочные машины, косилки и другую сельскохозяйственную технику.

Ввиду оптимальной стоимости перевозок на крупных промышленных предприятиях поставку сырья и отгрузку готовой продукции целесообразно осуществлять железнодорожным транспортом.

Для подачи железнодорожного подвижного состава от общей сети железной дороги непосредственно к месту отгрузки на территории предприятия предназначены пути необщего пользования. Их путевое развитие должно быть увязано с расположением производственных зданий и требованиями технологических процессов [1]. В современных, постоянно изменяющихся экономических условиях путевая инфраструктура требует постоянной оптимизации.

Предприятие ОАО «Гомсельмаш» имеет развитую сеть железнодорожных путей необщего пользования протяженностью порядка 17 км с большим количеством стрелочных переводов и кривых малых радиусов.

На сегодняшний день на путях холдинга 95 % – это деревянные шпалы, а 5 % – железобетонные. По маркам стрелочных переводов преобладают: 1/9 – 86 %, 1/6 – 10 % и 1/11 – 4 %. Анализ путевого хозяйства ОАО «Гомсельмаш» показал, что в пути еще встречаются конструкции легких типов рельсов на деревянном подрельсовом основании, в том числе и стрелочные переводы. Такие конструкции железнодорожного пути уже морально устарели и не отвечают современным требованиям эксплуатационной безопасности, надежности и эффективности. В хозяйстве имеется 25 стрелочных переводов типа Р50 и такое же количество стрелочных переводов типа Р43 [1]. Их ресурс (особенно легких типов) практически выработан, поэтому необходима замена переводов на более мощный тип.

С целью проработки возможности усиления верхнего строения пути с учетом особенностей заводской застройки; наличия крутых кривых, устаревших конструкций стрелочных переводов; нехватки места для сборки/укладки элементов верхнего строения пути на обочине была произведена инженерно-геодезическая съемка железнодорожного пути. Для наиболее эффективного выполнения исследований путевое развитие объединено в 11 участков.

Схема железнодорожных путей ОАО «Гомсельмаш» представлена на рисунке 1.

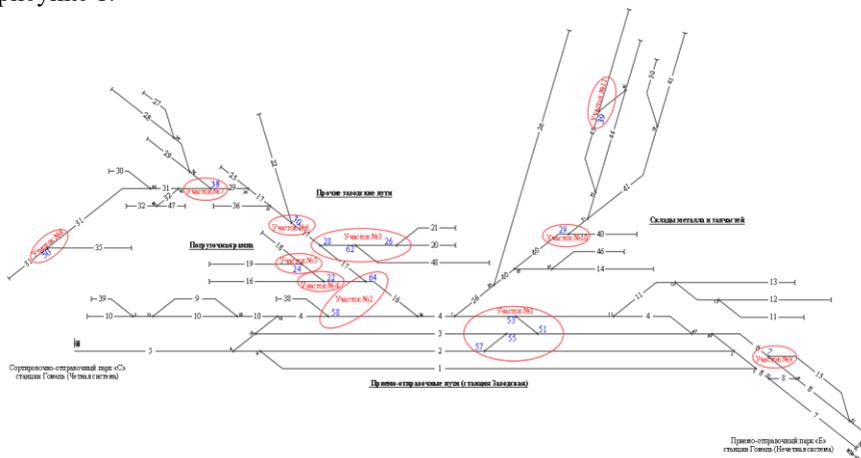


Рисунок 1 – Схема железнодорожных путей ОАО «Гомсельмаш» после объединения

Усиление типа рельсов и шпал между стрелочными переводами не вызывает затруднения и может производиться путем замены рельсошпальной решетки звеньями или поэлементно. А вот возможность замены стрелочных переводов на более тяжелый тип должна рассматриваться для каждого частного случая отдельно, так как переводы расположены на участках путей не общего пользования предприятия с разной степенью стесненности заводской застройки и криволинейностью. Кроме того, длины эксплуатируемых и укладываемых стрелочных переводов обычно отличаются, что может привести к существенным изменениям прилегающего путевого развития, ухудшающим вписывание подвижного состава, а в некоторых случаях даже нарушающим габарит приближения строений или другие требования норм проектирования, что не допустимо [1].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Актуальные вопросы замены стрелочных переводов на железнодорожных путях необщего пользования / П. В. Ковтун, О. В. Осипова, С. А. Биндюк [и др.] // Вестник БелГУТа: Наука и транспорт. – 2024. – № 1. – С. 75–80.

НАУЧНО-ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ СИНГУЛЯРНОЙ ЭКОНОМИКИ В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВИЗАЦИИ

*З. Ш. БОБОЖОНОВА, д-р философии
Ташкентский государственный транспортный университет,
Республика Узбекистан*

Сингулярная экономика в условиях цифровизации железнодорожного транспорта направлена на интеграцию передовых цифровых технологий для достижения качественного скачка в эффективности и производительности отрасли. В последние годы экономические проблемы привлекают внимание многих исследователей, которые предлагают различные подходы и модели для реализации цифровых преобразований в железнодорожном транспорте сегодняшнего дня.

Александр Викторович Дмитриев в своей работе особое внимание уделяет необходимости обеспечения сквозных пропускных пунктов и параметров контроля транспортных и грузовых потоков. Он отмечает, что цифровизация позволяет оптимизировать всю цепочку поставок, включая перевозки и складские операции, что способствует повышению экономической эффективности бизнес-процессов в логистике. «Сингулярная экономика учитывает системы, в которых небольшие изменения условий или предпочтений потребителей приводят к колебаниям в равновесии. В последнее время железнодорожный транспорт может внести существенные изменения в доходы при минимальных изменениях тарифов или качества обслуживания». Введение цифровых решений, таких как динамическое ценообразование и интеллектуальное управление маршрутами, усиливает этот эффект, позволяя гибко реагировать на изменения спроса и повышать доходы за счёт оптимизации загрузки. Эмпирические данные показывают, что в условиях высокой конкуренции со стороны автомобильного и авиационного транспорта даже минимальные улучшения сервиса, например сокращение времени ожидания или упрощение процедур оформления билетов, могут значительно повысить лояльность клиентов и увеличить долю рынка железнодорожного транспорта.

Гриценко (2014) утверждает, что «экономический потенциал железных дорог заключается в их способности сокращать ресурсы и увеличивать национальное богатство, выступая в роли связующего звена между различными секторами экономики».

Исследование Fosu (2021) показало, что «инвестиции в железнодорожных линиях оказали положительное влияние на экономический рост как в постепенной, так и в быстрой тенденции». В контексте сингулярной экономики это

объясняется способностью инвестиционной активности выступать в роли триггера, усиливающего кумулятивные эффекты в смежных секторах. Вложения в развитие железнодорожной инфраструктуры стимулируют рост спроса на продукцию металлургии, машиностроения и IT-сектора, что, в свою очередь, порождает мультипликативные эффекты, усиливающие экономическую синергию. Более того, цифровизация транспортной сети и интеграция интеллектуальных систем управления позволяют ускорить оборот капитала и оптимизировать логистические цепочки, что значительно повышает отдачу от инвестиций. Таким образом, в условиях сингулярной экономики инвестиции в железнодорожный транспорт становятся не только фактором экономического роста, но и стратегическим инструментом достижения устойчивой и сбалансированной модели развития.

Таблица 1 – Влияние инвестиций в ж/д транспорт на экономический рост

Показатель	Краткосрочный эффект (%)	Долгосрочный эффект (%)
Увеличение ВВП	+1	+3,2
Снижение	-2	-
Рост	+2	+5,0

В контексте сингулярной экономики, характеризующейся высокой чувствительностью к изменениям и взаимосвязанностью секторов, инвестиции в железнодорожный транспорт приобретают стратегическое значение. Незначительные улучшения в инфраструктуре могут привести к значительным экономическим эффектам, усиливая мультипликативные связи между отраслями. Это подчёркивает необходимость приоритетного инвестирования в железнодорожный сектор для достижения устойчивого экономического роста.

Приянка (2015) в своем исследовании выявила, что «дисбаланс тарифов между железнодорожными и автомобильными перевозками приводит к смещению колебаний солнца на транспортные услуги». Чтобы понять, как это работает, рассмотрим пример с разными тарифами на перевозку грузов по железной дороге и автотранспортом.

Таблица 2 – Сравнение тарифов на перевозку грузов

Вид транспорта	Тариф (руб./т·км)	Стоимость перевозки 1 т на 100 км (руб.)
Железнодорожный	2,0	200
Автомобильный	1,5	150

Как видно из таблицы 2, тариф на железнодорожные перевозки выше, чем на автомобильные, что может заставить грузоотправителей выбирать более дешёвый вариант – автомобильный транспорт. Это связано с тем, что компании стремятся сократить свои издержки и повысить конкурентоспособность. В результате спрос на железнодорожные перевозки может снизиться, что создаёт определённые риски для железнодорожной отрасли.

АНАЛИЗ ТРЕБОВАНИЙ К СРЕДСТВАМ ТЕХНИЧЕСКОЙ РАЗВЕДКИ ОБЪЕКТОВ И УЧАСТКОВ ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

Р. А. БРЕУС, адъюнкт

Военная академия Республики Беларусь, г. Минск

В современных условиях наиболее перспективным средством технической разведки объектов и участков транспортной инфраструктуры являются дистанционно-пилотируемые летательные аппараты и цифровые технологии, позволяющие оперативно и с высокой точностью добывать информацию о дороге и объектах на ней.

Информация об объектах и участках транспортной инфраструктуры, собранная в ходе технической разведки, отражена в таблице 1.

Таблица 1 – Основные задачи, выполняемые при технической разведке

Объекты разведки	Техническая разведка
1 Неразрушенные участки. 2 Участки дорог в пределах узлов инженерных заграждений, очагов массовых разрушений, завалов и заражений местности. 3 Районы подготовки новых мостовых переходов через водные преграды. 4 Районы заготовки местных строительных материалов и других ресурсов	1 Изучение технических и эксплуатационных показателей транспортной инфраструктуры. 2 Выбор лучшего по условиям восстановления и организации движения. 3 Определение видов заграждений и разрушений на участках транспортной инфраструктуры. 4 Определение в них проходов и объездов, условий организации работ по восстановлению объектов транспортной инфраструктуры. 5 Сбор данных для принятия решения на восстановление мостовых переходов через водные преграды и разработки полевых проектов на них. 6 Оборудование объездов крупных узлов (населённых пунктов), а также заражённых труднопроходимых и разрушенных участков и объектов, восстановление которых связано с производством большого объёма работ. 7 Определение наличия объездов, съездов, естественных и искусственных сооружений, укрытий, зданий и других сооружений, пригодных для размещения подразделений. 8 Определение наличия и возможности использования местных средств связи. 9 Изыскание местных производственных ресурсов. 10 Объектов, подлежащих обороне и охране. 11 Определение санитарно-эпидемиологического состояния населённых пунктов вблизи дорог.

Окончание таблицы 1

Объекты разведки	Техническая разведка
	12 Изучение водных преград, состояния и грузоподъемности мостов, подъездов к ним, дублирующих путей и переправ. 13 Разработка возможных вариантов сосредоточения и укрытия транспорта перед водными преградами и опасными участками. 14 Отыскание безопасных направлений для объездов возможных объектов поражения и зон заражения. 15 Определение участков ВАД, где требуется выполнить работы по инженерному оборудованию для защиты личного состава и техники в случае применения противником оружия массового поражения. 16 Взаимодействие с впереди идущими инженерными, химическими, специальными медицинскими подразделениями и сбор информации об очагах поражения и участках заражения. 17 Определение возможности параллельного движения гусеничной техники

В зависимости от сезона года решаются следующие дополнительные задачи:

- 1 Оценка проходимости грунтовых дорог и местности.
- 2 Определение толщины и плотности снежного покрова, его проходимости для колесной и гусеничной техники.
- 3 Оценка состояния, толщины и грузоподъемности ледяного покрова рек и озер, выбор мест подготовки ледовых переправ и зимников, выявление участков дорог с неусовершенствованными покрытиями, на которых может быть интенсивное пылеобразование.

При действиях в районах с особыми природными условиями, например, лесисто-болотистая местность, перед технической разведкой ставятся дополнительные задачи: выявление наличия слабых мест, выбор наиболее удобных переходов через болота и оценка их проходимости (особенно в дефиле).

При быстро меняющейся обстановке значительно возрос объем сбора информации об объектах и участках транспортной инфраструктуры, получаемой в ходе технической разведки.

Получение в полном объеме сведений о ВАД потребует применения в процессе ТР цифровых технологий:

- а) сбор и обработку информации осуществлять без остановки транспортного средства повышенной проходимости;
- б) обеспечивать высокую производительность и точность измерений, производимых в автоматическом режиме;
- в) иметь малые габаритные размеры и массу, при этом быть простыми по конструкции, удобными в эксплуатации, надежными в работе;
- г) обеспечивать безопасность работ при производстве измерений.

АНАЛИЗ СПОСОБОВ УКРЕПЛЕНИЯ ОТКОСОВ ВЫСОКИХ НАСЫПЕЙ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ НА ПОДХОДАХ К МОСТАМ

В. В. БУКАС (СА-41)

Научный руководитель – канд. техн. наук, доц. *Г. В. АХРАМЕНКО*
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Укрепление откосов высоких насыпей автомобильных дорог является важной задачей в строительстве и эксплуатации дорожной инфраструктуры, особенно на подходах к мостам. Высокие насыпи подвержены различным воздействиям, таким как эрозия, оседание и сдвиг грунтов, что может привести к разрушению дорожного полотна. Современные способы укрепления откосов, включают использование геосинтетиков, гидропосев, бетонные плиты.

Геосинтетики представляют собой синтетические материалы, используемые в геотехническом строительстве для решения различных задач, связанных с укреплением грунтов. Они включают в себя геотекстиль, геомембраны, георешетки и геосетки. Каждый из этих материалов имеет свои особенности и области применения.

Преимущества использования геосинтетиков: устойчивость к воздействию окружающей среды – геосинтетики обладают высокой устойчивостью к химическим веществам и ультрафиолетовому излучению; увеличение прочности откосов – они способствуют равномерному распределению нагрузки на откосы, что снижает риск их разрушения; простота монтажа – геосинтетики легко укладываются и не требуют сложного оборудования для установки; экономия времени и средств – использование геосинтетиков позволяет сократить время на строительство и снизить затраты на материалы.

Недостатки: стоимость – первоначальные затраты на геосинтетики могут быть выше по сравнению с традиционными методами; необходимость в квалифицированном монтаже – для достижения максимальной эффективности требуется наличие специалистов, обладающих опытом работы с геосинтетиками.

Гидропосев – метод, который включает в себя распыление специальной смеси семян, удобрений и защитных материалов на откосы. Этот метод позволяет не только укрепить откосы, но и восстановить растительность, что способствует улучшению экологии местности.

Преимущества гидропосева: экологичность – использование натуральных материалов способствует восстановлению экосистемы; снижение эрозии – растительность, вырастающая на откосах, помогает удерживать грунт и предотвращает его смывание; экономия – гидропосев является более дешевым методом по сравнению с другими способами укрепления.

Недостатки: время на укоренение – растения требуют времени для укоренения, что может быть критично в условиях, когда требуется быстрое укрепление откосов; зависимость от климатических условий – эффективность гидропосева может снижаться в условиях неблагоприятного климата.

Бетонные плиты могут использоваться для укрепления откосов, обеспечивая надежную защиту от эрозии и механических повреждений. Они укладываются на откосы и служат своеобразным барьером.

Преимущества бетонных плит: долговечность – бетонные плиты обладают высокой прочностью и устойчивы к воздействию внешней среды; низкие эксплуатационные расходы – после установки бетонные плиты не требуют значительных затрат на обслуживание; эстетика – современные технологии позволяют создавать плиты различных форм и цветов, что может улучшить внешний вид откосов.

Недостатки: высокая стоимость – установка бетонных плит требует значительных финансовых вложений; сложность монтажа – для установки плит требуется специальное оборудование и квалифицированный персонал.

Для выбора наиболее подходящего метода укрепления откосов необходимо провести технико-экономический анализ. Он включает в себя сравнение затрат на материалы, монтаж, эксплуатацию и срок службы различных методов (таблица 1).

Таблица 1 – Сравнительный анализ

Метод	Первоначальные затраты	Эксплуатационные расходы	Срок службы, лет	Преимущества	Недостатки
Геосинтетики	Средние	Низкие	50	Устойчивость. Легкость	Цена. Необходимость в монтаже
Гидропосев	Низкие	Низкие	5–10	Экологичность. Дешевизна	Время укоренения. Климат
Бетонные плиты	Высокие	Низкие	30–50	Долговечность. Эстетика	Высокая цена. Сложность монтажа

Выбор метода укрепления откосов зависит от конкретных условий, таких как тип грунта, климатические условия, бюджет и срок службы. В большинстве случаев целесообразно комбинировать различные методы для достижения наилучших результатов.

Таким образом, укрепление откосов высоких насыпей автомобильных дорог на подходах к мостам является важной задачей, требующей комплексного подхода. Использование геосинтетиков, гидропосева и бетонных плит позволяет эффективно решать проблемы, связанные с эрозией и разрушением откосов.

АНАЛИЗ СПОСОБОВ ПОВЫШЕНИЯ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ НА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГАХ

В. В. БУКАС, Н. В. ЯХНИН (СА-41)

Научный руководитель – канд. техн. наук, доц. *Г. В. АХРАМЕНКО*
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Пропускная способность автомобильной дороги представляет важнейший показатель эффективности транспортной системы. Она определяет максимальное количество транспортных средств, которые могут проехать по данному участку дороги за определенный промежуток времени, не создавая при этом заторов и обеспечивая безопасное движение. Низкая пропускная способность приводит к заторам, увеличению времени в пути, повышению уровня загрязнения окружающей среды и экономическим потерям. Поэтому поиск и внедрение мероприятий по ее повышению является одной из ключевых задач в развитии транспортной инфраструктуры.

Причины ограничения пропускной способности условно можно разделить на три группы: физические, организационные и внешние факторы. К физическим относятся:

- недостаточная ширина проезжей части;
- недостаточное количество полос движения;
- ограничения, связанные с геометрическими элементами дороги (малые радиусы кривых в плане, крутые подъемы и спуски, недостаточная видимость);
- состояние дорожного покрытия (ямы, трещины, неровности);
- наличие препятствий на дороге.

К организационным ограничениям относятся:

- неэффективная организация движения;
- недостаточная пропускная способность пересечений и примыканий в одном уровне;
- низкая дисциплина водителей.

К внешним факторам относятся:

- погодные условия;
- аварии;
- чрезвычайные ситуации (стихийные бедствия, террористические акты).

Повышение пропускной способности автомобильных дорог требует комплексного подхода, включающего в себя различные мероприятия, направленные на устранение причин ее ограничения. Основные мероприятия можно разделить на несколько групп:

1 Улучшение геометрии и состояния дороги:

- расширение проезжей части путем добавления полос движения;

- увеличение радиусов кривых, создание плавных переходов, улучшение видимости;

- ремонт и обновление дорожного покрытия;

- переустройство пересечений и примыканий в одном уровне в транспортные развязки;

- улучшение системы дренажа (обеспечение отвода воды с проезжей части предотвращает образование наледи и аквапланирования).

2 Оптимизация организации дорожного движения:

- оптимизация светофорных регулирований – применение адаптивных систем управления светофорами, учет интенсивности движения в режиме реального времени;

- установка современных дорожных знаков и разметки – улучшение видимости знаков и разметки, использование современных материалов с высокой светоотражающей способностью;

- введение системы интеллектуального управления движением;

- применение систем мониторинга движения, прогнозирования заторов, управления дорожными знаками и светофорами в режиме реального времени;

- улучшение системы парковки – создание удобных и вместительных парковок, предотвращение парковки на проезжей части.

3 Применение интеллектуальных транспортных систем (ИТС):

- системы автоматического управления движением (автоматическое регулирование светофоров, управление скоростью движения);

- системы мониторинга дорожного движения – сбор информации о состоянии дорог, об интенсивности движения, о наличии аварий;

- системы навигации и информирования водителей – предоставление водителям информации о пробках, о состоянии дорог, о альтернативных маршрутах.

4 Внедрение новых технологий:

- автоматизированные системы управления транспортом – развитие беспилотных автомобилей, автоматизированных транспортных систем;

- использование новых материалов для строительства дорог – применение более долговечных и износостойких материалов.

Таким образом, повышение пропускной способности автомобильных дорог – это сложная и многогранная задача, требующая комплексного подхода и значительных инвестиций. Успешное решение этой задачи возможно только при тесном взаимодействии государственных органов, дорожных служб, проектировщиков и самих водителей. Внедрение современных технологий, оптимизация организации дорожного движения и повышение дисциплины водителей – это основные направления, которые позволят значительно улучшить пропускную способность автомобильных дорог и сделать транспортную систему более эффективной и безопасной. Только комплексный подход, учитывающий все аспекты проблемы, позволит добиться ощутимых результатов и обеспечить бесперебойное и безопасное движение транспорта.

ПРОИЗВОДСТВО АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ ПЛИТ ДЛЯ РОБОТИЗИРОВАННОЙ ЗАДЕЛКИ ВЫБОИН

П. Д. ГАБЕЦ (СА-41)

Научный руководитель – ст. преп. *Д. Ю. АЛЕКСАНДРОВ*
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Традиционно областью применения асфальтобетонных плит считалось строительство дорог в районах с коротким строительным сезоном и неразвитой сетью асфальтобетонных заводов. Современные мобильные асфальтобетонные заводы позволяют успешно решать проблемы транспортного освоения новых территорий с учетом особенностей их климата. Однако теоретические положения и реальный производственный опыт в области производства асфальтобетонных плит могут быть с некоторыми изменениями применены в новом направлении – роботизированной заделке выбоин на асфальтобетонных покрытиях [1, 2].

Асфальтобетонная плита для роботизированной заделки выбоин имеет свои отличительные особенности:

- форма – цилиндр, высота которого в несколько раз меньше радиуса основания;
- присутствует армирующая прослойка, повышающая прочность при работе на изгиб.

Технология производства круглых асфальтобетонных плит из горячих плотных асфальтобетонных смесей с армирующей прослойкой выполняется в следующей последовательности:

- смазка формы для предотвращения прилипания смеси;
- предварительная дозировка каменного материала (щебень, песок);
- нагрев каменного материала до температуры 160-180 °С;
- грохочение и точное взвешивание нагретого каменного материала;
- подогрев битума до рабочей температуры 160 °С;
- точное дозирование битума;
- точное дозирование ненагретого минерального порошка;
- смешение всех компонентов смеси;
- выдача смеси в форму на половину ее высоты в плотном теле;
- укладка материал армирующей прослойки;
- заполнение оставшегося объема формы с учетом коэффициента запаса на уплотнение;
- прессование формы;
- охлаждение в естественных условиях;
- извлечение изделия из формы.

Для смесей типа Г, Д и частично В возможно дисперсное армирование асфальтобетона для повышения прочности изделия при работе на изгиб. Однако в дорожном покрытии смеси типа Г и Д не используются, а для смесей типа В положительный эффект невелик. Целесообразно использовать армирующие прослойки, расположенные в середине плиты. Выбор материала прослойки определяется технологичностью и экономическими показателями. Под технологичностью понимается возможность укладки армирующего материала в форму без существенных задержек и изменений технологического процесса.

В качестве материала армирующей прослойки могут использоваться:

- дорожные сетки из стеклянного и базальтового волокна;
- дисперсные ленты из переработанных кровельных битумосодержащих материалов [3];
- металлические сетки.

Металлические сетки создают достаточно жесткую структуру, но затрудняют потенциальный процесс восстановления транспортно-эксплуатационных качеств дорожной одежды, в том числе и сплошное фрезерование для восстановления продольной и поперечной ровности, часто выполняемое при капитальном ремонте и реконструкции. Дорожные сетки из стеклянного или базальтового волокна необходимо предварительно обрабатывать – вырезать круглые заготовки. В данном случае из дорогостоящего материала образуется отход в достаточно больших объемах. Переработанные кровельные битумосодержащие материалы родственны вяжущему асфальтобетонной смеси, лишены вышеприведенных недостатков и могут быть распределены по форме как механизированно, так и вручную.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 **Царенков, А. А.** Перспективные направления использования асфальтобетонных плит в Республике Беларусь / А. А. Царенков, П. Д. Габец // Молодежь и научно-технический прогресс : сб. докл. XVII Междунар. науч.-практ. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, г. Губкин, 4 апреля 2024 г. : в 2 т. – Губкин, 2024. – Т. 1. – С. 223–225. – EDN LDPUZU.

2 **Габец, П. Д.** Анализ способов заделки выбоин на асфальтобетонных покрытиях с учетом возможности автоматизации технологического процесса / П. Д. Габец, Д. Ю. Александров // Проблемы безопасности на транспорте : материалы XIII Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. Году качества, г. Гомель, 21–22 нояб. 2024 г. : в 2 ч. / Белорус. гос. ун-т транспорта. – Гомель, 2024. – Ч. 1. – С. 304–306. – EDN MKVRRP.

3 **Царенков, А. А.** Основы технологии переработки кровельных битумосодержащих материалов для использования в дорожном строительстве / А. А. Царенков // Наука – транспортной инфраструктуре : материалы II Междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых, студентов и учащихся колледжей, г. Гомель, 21 марта 2024 г. / Белорус. гос. ун-т транспорта. – Гомель : БелГУТ, 2024. – С. 127–128. – EDN CWMYPU.

О ФОРМЕ КАРТЫ ЯМОЧНОГО РЕМОНТА ПРИ РОБОТИЗИРОВАННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ РАБОТ ПО СОДЕРЖАНИЮ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ ПОКРЫТИЙ

П. Д. ГАБЕЦ (СА-41)

*Научный руководитель – ст. преп. Д. Ю. АЛЕКСАНДРОВ
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Действующий в Республике Беларусь технический нормативно-правовой документ [1], регламентирующий содержание автомобильных дорог, предусматривает два подхода к ямочному ремонту асфальтобетонных покрытий:

- заделка выбоин без устройства карты (струйно-инъекционная технология при малых площадях выбоин и ямочный ремонт органо-минеральными смесями на дорогах низких технических категорий);
- заделка выбоин с устройством карты.

Заделка выбоины без устройства карты имеет существенные недостатки – микротрещины и ослабленные места кромки выбоины не удаляются, а граница контакта «старое покрытие – ремонтный материал» имеет низкую адгезионную прочность ввиду ее засоренности, что приводит к образованию новой выбоины по контуру старой или отрыву и выкрашиванию ремонтного материала.

При устройстве карт рассматривают два случая:

- ямочный ремонт при содержании – контуры карты прямоугольного очертания параллельны и перпендикулярны оси дороги;
- ямочный ремонт перед устройством слоя усиления или защитного слоя – форма карты и ее ориентация могут быть любыми.

Роботизация работ по ямочному ремонту с устройством карты требует установления определенных ограничений по форме карты и ее площади, в том числе и по способу заполнения ремонтным материалом в виде асфальтобетонных плит [2], заранее произведенных на асфальтобетонных заводах. Используемые при ручном или частично механизированном производстве работ по ямочному ремонту механизмы (навесная фреза, отбойный молоток и пр.) не позволяют устроить карту с настолько точными размерами, чтобы асфальтобетонная плита плотно прилегала ко дну и стенкам карты. Это резко снижает надежность заплат. При устройстве прямоугольных заплат возможен и перерасход ремонтного материала, обусловленный необходимостью размещения грани карты параллельной оси за пределами полос наката.

Предположения об эффективной форме карты при роботизированном производстве работ основываются на многочисленных теоретических и экспериментальных исследованиях, показывающих, что в области резких изменений формы упругого тела (отверстия, пустоты, крупные дефекты и пр.) возникают повышенные напряжения. Зона распространения повышенных напряжений

ограничена узкой областью, расположенной в окрестностях очага концентрации, а степень влияния местных напряжений на прочность обусловлена характером нагружения [3]. Циклическое нагружение приводит к образованию усталостных разрушений – появлению и росту микротрещин, которые впоследствии объединяются в трещину, заметную уже невооруженным взглядом. Традиционными мерами по снижению величины местных напряжений можно считать сглаживание контуров, увеличение радиусов закруглений и пр. Следовательно, эффективной формой карты (заплаты) при ямочном ремонте асфальтобетонных можно считать круг, а не прямоугольник.

Устройство круглых карт возможно при помощи рабочего органа робота-комбайна, разработанного на основе существующих аналогов меньших размеров: чашечных сверл или кольцеобразных пил (рисунок 1).



Рисунок 1 – Вид существующего аналога рабочего органа для нарезки круглых карт: чашечное сверло (слева), кольцеобразная пила (справа)

Площадь круглой асфальтобетонной плиты ограничивается параметрами технологического процесса и возможностями механизмов, используемых при перемещении плит на склад, погрузке в грузовой отсек робота-комбайна, укладке в карту и пр. Изгибающие моменты, возникающие в плите под действием собственного веса при ее перемещении, не должны приводить к разрушению плиты.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 ТКП 366-2021 Автомобильные дороги. Правила содержания = Аўтамабільныя дарогі. Правілы ўтрымання. – Взамен ТКП 366-2012 (02191); введ. 01.07.21. – Минск : БелдорНИИ, 2021. – III, 35 с.

2 **Габец, П. Д.** Анализ способов заделки выбоин на асфальтобетонных покрытиях с учетом возможности автоматизации технологического процесса / П. Д. Габец, Д. Ю. Александров // Проблемы безопасности на транспорте : материалы XIII Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. Году качества, г. Гомель, 21–22 нояб. 2024 г. : в 2 ч. / Белорус. гос. ун-т транспорта. – Гомель, 2024. – Ч. 1. – С. 304–306. – EDN MKVRPR.

3 **Феодосьев, В. И.** Сопротивление материалов : учеб. для вузов / В. И. Феодосьев. – 10-е изд., перераб. и доп. – М. : Изд-во МГТУ, 1999. – 588 с.

ПРИМЕНЕНИЕ РЕЛЬСОВ ПОВЫШЕННОЙ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ И КОНТАКТНОЙ ВЫНОСЛИВОСТИ В УСЛОВИЯХ БЕЛОРУССКОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ

К. А. ГАРЕЛИК (СП-41)

*Научный руководитель – исслед. в области техн. наук, ст. преп. А. С. ЛАПУШКИН
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

В современных условиях железнодорожный транспорт сохраняет ключевые позиции в глобальном транспортном секторе. Протяженность железных дорог в мире составляет 1,6 млн км, в том числе 68 тыс. км высокоскоростных магистралей (ВСМ), 32 тыс. км путей метрополитена и 21 тыс. км легкого метро. При этом сеть традиционных железных дорог практически не растет, однако увеличивается интенсивность ее использования. По данным Международного энергетического агентства зафиксировано в среднем на 75 % в пассажирском и на 45 % в грузовом сегменте за период с 2000 по 2023 год. Одновременно с этим имеется тенденция к росту протяженности ВСМ и метро. Таким образом, интенсификация использования железных дорог, рост осевых нагрузок и скоростей определяют высокий спрос на рельсы [1].

Объективная необходимость экономии материальных ресурсов требует снижения затрат на эксплуатацию путевого хозяйства, являющегося одним из наиболее капиталоемких структур Белорусской железной дороги. Поэтому обоснованное применение рельсов, обладающих повышенной износостойкостью и долговечностью, является актуальной задачей [1].

Развитие технического прогресса, совершенствование химического состава стали, методов термообработки позволили всего за несколько лет разработать целую линейку рельсов по принципу «Специальные рельсы для отдельных участков». Наиболее перспективными категориями рельсов для Белорусской железной дороги являются рельсы ДТ 370 ИК, ДТ 400 ИК как рельсы с повышенными характеристиками износостойкости и контактной выносливости для укладки в кривые малого радиуса и на скоростных участках.

В соответствии с Программой технического партнерства и Методикой проведения эксплуатационных сравнительных испытаний рельсов категорий ДТ 370 ИК, ДТ 400 ИК в условиях Белорусской железной дороги с 29.07.2021 г. уложены плети рельсов ДТ 370 ИК – ДТ 350 и ДТ 400 ИК – ДТ 350.

Рельсы уложены на I и II главном пути 748 км ПК 5-8 станции Минск-Восточный в соответствии с приказом от 26.07.2021 г. № 665 НЗ. Рельсы типа Р65 категории ДТ350 и ДТ370ИК (методом чередования) – уложены по I главному пути, рельсы типа Р65 категории ДТ350 и ДТ400ИК (методом чередования) – уложены по II главному пути. После укладки нанесены контрольные сечения, проведены замеры и зафиксирован нулевой уровень из-

носа. После пропуска 37,43 млн т брутто по I главному пути рельсы ДТ370ИК не показывают снижения интенсивности как бокового, так и вертикального износа по сравнению с рельсами ДТ350. При этом отмечено, что при увеличении срока эксплуатации большой разницы между интенсивностями не наблюдалось.

После пропуска 26,07 млн т брутто по II главному пути рельсы ДТ400ИК показывают снижение интенсивности бокового износа рельсов, по сравнению с ДТ350 на 15,1 %, снижение интенсивности по вертикальному износу составило 16,5 %.

Наиболее перспективным направлением для Белорусской железной дороги является комбинация рельсов ДТ 350 в качестве основных и ДТ 400 ИК в качестве рельсов для кривых и участков с повышенной скоростью движения. Данная модель «специальные рельсы для отдельных участков» может быть реализована на главном ходу. Дополнительно необходима разработка технических условий для сварки рельсов ДТ 350 и ДТ 400 ИК в единую плеть.

Таким образом можно сделать следующие выводы.

1 Экспериментальным путем установлено, что после пропуска 26,07 млн т брутто (более 1 года эксплуатации) рельсы категории ДТ400ИК показывают снижение интенсивности бокового износа по сравнению с рельсами категории ДТ350 от 14,4 до 15,1 %, снижение вертикального износа от 16,5 до 18,8 %. Эти цифры фактически подтверждают заявленные производителем характеристики повышенной износостойкости и контактной выносливости. При этом сам факт проведения эксперимента на участке пути является успешным внедрением принципа «специальные рельсы для отдельных участков» на Белорусской железной дороге.

2 По итогам мониторинга предполагается составить методику эксплуатации рельсов, в которой должны использоваться данные о динамике интенсивности износа, скорости развития трещин и т. п.

3 По результатам исследования может быть составлена LCC-модель (life cycle cost, стоимость жизненного цикла), которая прогнозирует дополнительный экономический эффект от закупки новых категорий рельсов для Государственного объединения «Белорусская железная дорога».

4 Используя данные типы рельсов и их комбинации, можно осуществить исключение практически каждой пятой замены рельса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Современное состояние рельсового хозяйства Белорусской железной дороги и перспективы эксплуатации рельсов повышенной износостойкости и контактной выносливости / Д. И. Бочкарев, В. Г. Татаренко, Н. В. Мамсиков, А. С. Постников // Проблемы безопасности на транспорте : материалы XI Междунар. науч.-практ. конф., Гомель, 25–26 нояб. 2021 г. / Белорус. гос. ун-т. трансп. – Гомель, 2021. – С. 259–262.

ТЕРМОИНДИКАТОРЫ – ЭЛЕМЕНТ СИСТЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ

К. Д. ГРИГОРЬЕВ (СА–51)

*Научный руководитель – ст. преп. Д. Ю. АЛЕКСАНДРОВ
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Комплекс мер по обеспечению безопасности дорожного движения требует постоянного совершенствования и дополнения. Реализуемые в Республике Беларусь мероприятия демонстрируют высокую эффективность, при этом определенные удельные показатели аварийности уже некоторое время существенно не уменьшались. Необходимо более широко внедрять в практику решения концепции Vision Zero [1], в частности использовать само дорожное покрытие для информирования водителей о внезапно изменяющихся дорожных условиях.

Неверно выбранный скоростной режим при изменении условий движения – одна из самых распространенных причин дорожно-транспортных происшествий ввиду того, что уменьшение коэффициента сцепления колеса с покрытием значительно увеличивает длину тормозного пути и автомобиль не успевает остановиться перед препятствием [2].

Дорожные условия могут меняться резко и только на ограниченных по протяженности участках трассы, а водитель этого может даже и не заметить. Например, на подходах к мостам и путепроводам наиболее вероятно образование скользкости на проезжей части. Подобные неблагоприятные условия формируются не только в период снегопадов, возможно выпадение дождя на переохлажденное покрытие и образование тонкой корки льда в туманную морозную погоду. Опасность при резком визуально незаметном изменении погодных условий могут представлять участки дорог, расположенные в низинах в болотистой местности, участки с кривыми разного радиуса, подходы к нерегулируемым пешеходным переходам, пересечениям и пр.

Установить на каждом опасном участке интерактивный знак или информационное панно, а также метеостанцию не представляется возможным, поэтому перспективной считается идея об использовании термохромных красок (изменяют цвет при изменении температуры) для устройства разметки или нанесения знаков на покрытие в особо опасных местах при комбинации нескольких негативных факторов [3].

Например, знак «Гололедица» относится к дорожным знакам переменной информации и применяется только в весенние и осенне-зимние периоды. Водители постепенно к нему привыкают и не обращают на него внима-

ние. Исполненный непосредственно на покрытии термохромными красками знак «Гололедица» будет появляться только при отрицательных температурах дорожного покрытия.

Возможно нанесение термохромными красками на покрытие (не только в начале и в конце, но и на протяжении всего опасного участка) и других знаков, а также их комбинирование (таблица 1).

Таблица 1 – Знаки, наносимые на покрытие термохромными красками

Знак	Наименование	Назначение
	«Гололедица»	Наносится на покрытие на подходах к мостам и путепроводам, где наиболее вероятно образование зимней скользкости на проезжей части при комбинации неблагоприятных факторов
	«Скользкая дорога»	Наносится на покрытие на тех участках, где для скоростных ограничений коэффициент сцепления шин с дорожным покрытием не соответствует требованиям СТБ 1291
	«Ограничение максимальной скорости»	Наносится на покрытие на участках, где снижение коэффициента сцепления при резком изменении погодных условий, существенно влияет на величину тормозного пути. Может быть использован в комбинации со знаком «Гололедица»

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 **Ивченко, Д. С.** Основные положения программы Vision Zero в контексте модернизации уличной и дорожной сети Беларуси / Д. С. Ивченко // Молодежь и научно-технический прогресс : сб. докл. XIV Междунар. науч.-практ. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, г. Губкин, 8–9 апреля 2021 г. : в 2 т. / Белгород. гос. технол. ун-т им. В. Г. Шухова. – Губкин, 2021. – Т. 1. – С. 332–334. – EDN IZGUKH.

2 **Ивченко, Д. С.** Повышение скоростей движения на автомобильных дорогах Республики Беларусь: проблемное поле и перспективы развития направления / Д. С. Ивченко, И. А. Кириленко // Фундаментальные и прикладные исследования молодых учёных : сб. материалов III Междунар. науч.-практ. конф. студентов, аспирантов и молодых учёных, Омск, 7–8 февраля 2019 г. / Сибир. гос. автомобильно-дорожный ун-т (СибАДИ). – Омск, 2019. – С. 143–148. – EDN CMEDFC.

3 **Балбуцкий, И. Г.** Современные материалы для дорожной разметки / И. С. Дробот, И. Г. Балбуцкий // Наука – транспортной инфраструктуре : материалы I Междунар. науч.-практ. конф. магистрантов, студентов и учащихся колледжей, Гомель, 25 февраля 2022 г. / Белорус. гос. ун-т транспорта. – Гомель, 2022. – С. 4–16.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ КОЭФФИЦИЕНТА СЦЕПЛЕНИЯ ОТ ТИПА И СОСТОЯНИЯ ПОКРЫТИЯ НА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГАХ

Е. А. ГУЛЕВИЧ (САМ-21)

Научный руководитель – канд. техн. наук, доц. *Г. В. АХРАМЕНКО*
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Коэффициент сцепления колес автомобиля с дорожным покрытием играет ключевую роль в обеспечении безопасного и комфортного движения. От него зависят не только ускорение и торможение, но и устойчивость транспортного средства при поворотах, а также общая безопасность на автомобильной дороге. Для повышения коэффициента сцепления необходимо учитывать различные аспекты, включая тип покрытия, состояние дорожной поверхности и геометрию дороги, включая кривые в плане. В данной статье рассматривается зависимость коэффициента сцепления от типа и состояния дорожного покрытия.

Тип покрытия. Одним из основных факторов, влияющих на коэффициент сцепления, является тип покрытия автомобильной дороги. Существует несколько типов дорожных покрытий:

– асфальтобетонное покрытие обеспечивает хороший коэффициент сцепления, особенно в сухих условиях. Однако на мокрой поверхности их сцепление может значительно снижаться из-за образования водяной пленки, когда возникает эффект аквапланирования, или как его принято еще называть слэшпленнинг, представляющий собой полную или частичную потерю сцепления шины с жесткой поверхностью дороги. Это возникает, когда между протектором шины и дорожным полотном остается водяная пленка. В этот момент автомобиль становится практически неуправляемым (рисунок 1).

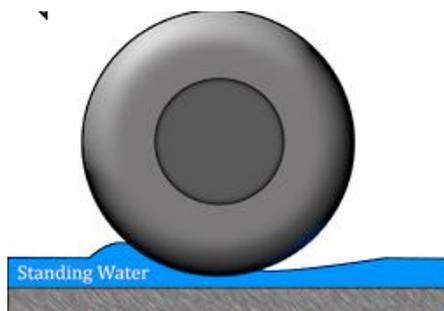


Рисунок 1 – Эффект аквапланирования

– цементно-бетонные покрытия имеют высокий коэффициент сцепления, однако их шершавая поверхность может создавать шум и вызывать износ шин;

– грунтовые дороги часто имеют низкий коэффициент сцепления, особенно в дождливую погоду. Они чаще всего требуют дополнительной обработки для увеличения сцепления.

Состояние покрытия. Состояние покрытия непосредственно влияет на коэффициент сцепления. Повреждения, такие как трещины, выбоины и износ, могут существенно снизить сцепление колес с дорогой. Важные аспекты, которые следует учитывать, включают:

– трещины (рисунок 2, *а*) и выбоины (рисунок 2, *б*) – даже незаметные повреждения могут снизить сцепление. Регулярный мониторинг и ремонт поверхностей помогут сохранить эффективные характеристики дороги;

– загрязнения – грязь, масло, песок и другие загрязнители могут значительно снизить коэффициент сцепления. Очистка дорог от различных загрязнителей, особенно в условиях высокой нагрузки на дорожное покрытие, играет очень важную роль.

а)



б)



Рисунок 2 – Повреждения состояния асфальтобетонного покрытия:

а – трещины; *б* – выбоины

Для улучшения сцепления различных типов покрытий могут быть применены следующие методы: использование модифицированных битумов; применение текстурированных покрытий – например, через использование специальных добавок к бетону или асфальту; периодическая обработка покрытий специальными растворами.

Анализ зависимости коэффициента сцепления колес автомобиля с дорожным покрытием показывает, насколько важно учитывать различные аспекты, включая тип покрытия, состояние его поверхности. Современные методы улучшения сцепления, такие как использование модифицированных материалов, применение текстурированных покрытий и т. п., делают возможным создание безопасной и эффективной дорожной инфраструктуры.

ВЗАИМОСВЯЗЬ ДОРОЖНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА И ВОЗОБНОВЛЯЕМОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

Р. Ю. ГУСТИНОВИЧ, Н. С. МИЦКОВСКИЙ (СА-41)

Научный руководитель – канд. экон. наук, доц. *И. М. ЦАРЕНКОВА*
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

В современном мире, удовлетворяя свои энергетические потребности, человечество в значительной степени полагается на традиционные источники энергии: ископаемое топливо, такое как нефть, атомную энергию, а также природный газ. Эти ресурсы, в связи с их повсеместным использованием, имеют ограниченный запас и рано или поздно будут исчерпаны. Осознание этого факта подталкивает к активному поиску и развитию альтернативных, возобновляемых источников энергии, способных обеспечить устойчивое энергетическое будущее.

Использование энергии ветра вдоль автомобильных дорог может стать эффективным способом обеспечения электроэнергией объектов автодорожной инфраструктуры. Установленные вдоль дорог лопасти улавливают ветер (как естественных, так и создаваемых транспортом потоков) и вращают ротор генератора, который преобразует механическую энергию в электрическую. Эту электроэнергию целесообразно использовать для питания освещения, дорожных знаков, систем мониторинга и зарядных станций для электромобилей. Однако эффективность установок зависит от скорости и направления ветра. Преимуществом является экологическая чистота: производство электроэнергии с помощью ветра не сопровождается вредными выбросами, способствуя улучшению состояния атмосферы. Среди недостатков следует отметить непостоянство выработки: колебания силы ветра могут влиять на стабильность генерации электроэнергии, а также создание шума.

Одним из перспективных направлений использования возобновляемых источников энергии в дорожной инфраструктуре является применение солнечных батарей. Эти устройства, устанавливаемые на поверхности дорожного покрытия или вдоль него, преобразуют солнечный свет в электрическую энергию посредством фотоэлектрических элементов. Поглощая фотоны, эти элементы генерируют постоянный электрический ток [1]. Ключевым преимуществом данной технологии является её экологичность, так как солнечные панели не производят вредных выбросов, а низкие эксплуатационные расходы делают её привлекательной в долгосрочной перспективе. Тем не менее существуют и недостатки: эффективность генерации электроэнергии существенно снижается в пасмурную погоду, а сама генерация возможна лишь в светлое время суток, что ограничивает период выработки энергии.

Энергию движения автомобилей можно эффективно использовать для получения электроэнергии с помощью пьезоэлектрических дорог. Принцип их работы основан на пьезоэлектрическом эффекте: специальные материалы, интегрированные в дорожное покрытие, деформируются под давлением проезжающего транспорта и преобразуют эту механическую энергию в электрическую. Полученная электроэнергия затем может направляться для различных нужд, включая освещение дорог, питание дорожных знаков и зарядку электромобилей.

Гидроэнергия может служить дополнительным источником электричества вдоль автомобильных дорог. В зависимости от местности, применяются микро-ГЭС на водостоках, волновые генераторы на прибрежных участках и турбины в ливневой канализации городов. Турбины, установленные в коллекторах, способны генерировать электричество за счет потока дождевой воды. Достоинством является высокая эффективность и возобновляемость водных ресурсов, обеспечивающие стабильную и мощную генерацию. Однако есть недостатки: зависимость выработки от уровня воды и потенциальная потеря земель при создании водохранилищ. Применение гидроэнергетики на дорогах обычно ограничивается небольшими локальными установками.

Одним из перспективных направлений является разработка мобильных энергетических комплексов на основе возобновляемых источников. Они могут быть легко транспортированы на объекты и обеспечивать энергией различные виды работ, от освещения до питания оборудования.

Внедрение возобновляемой энергетики в дорожное строительство требует определенных инвестиций и планирования. Необходимо учитывать особенности климата, доступность ресурсов и экономическую целесообразность использования возобновляемых источников энергии в конкретных проектах. Применение таких решений требует разработки нормативно-правовой базы, регулирующей использование возобновляемой энергетики в дорожном строительстве. Необходимо разработать стандарты и требования к качеству оборудования, безопасности и экологической эффективности. Это позволит создать благоприятные условия для внедрения инновационных технологий и стимулировать развитие рынка возобновляемой энергетики. Таким образом, взаимосвязь дорожного строительства и возобновляемой энергии – это не просто техническая задача, это стратегическое направление, которое может привести к глубоким преобразованиям в нашей энергетической и транспортной системах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Польза и практическое применение солнечных батарей в строительстве автодорог / М. Б. Пермяков, А. Н. Ильин, Т. А. Иванченко [и др.] // Транспортные сооружения. – 2019. – № 2. – URL: <https://t-s.today/PDF/11SATS219.pdf> (дата обращения: 25.02.2025).

СОВРЕМЕННЫЕ КОНСТРУКЦИИ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ДЛЯ МАСКИРОВКИ ПРИ ПЕРЕМЕЩЕНИИ ТЕХНИКИ ПО ОБЪЕКТАМ ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

Р. Ю. ДОЛОМАНЮК, ст. преп. каф. «Военно-специальная подготовка»,
В. В. ПЕТРУСЕВИЧ, доц. каф. «Военно-специальная подготовка»
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

В условиях военного времени загрузка транспортной инфраструктуры существенно возрастает. Кроме того, что транспорт должен, как и в мирное время, обеспечить функционирование жизнедеятельности страны, на него ложится выполнение громадных объемов перевозок по отобилизованию и выдвигению войск в районы военных действий, по обеспечению их всеми необходимыми материальными средствами. Эта задача может быть решена только при комплексном использовании всех видов транспортной инфраструктуры, причем важная роль будет принадлежать железным дорогам.

Железнодорожный транспорт Республики Беларусь имеет большую провозную способность и сравнительно невысокую себестоимость перевозок, его работа не зависит от климатических условий, времени года и суток – это те достоинства, которыми и определяется его военное значение. Исходя из значимости транспортной инфраструктуры в данном тезисе будут рассмотрены существующие варианты маскировки ВВСТ, перевозимой на железнодорожном транспорте, а также предложены варианты маскировки с использованием современных технологий.

Необходимость в маскировке ВВСТ при перевозке железнодорожным транспортом определяет поиски новых технологических решений в создании способов маскировки. В связи с этим в данной статье рассматриваются несколько вариантов маскировки техники на железнодорожном подвижном составе:

- изменение конструкции вагона;
- использование защитного чехла из местных перевозимых материалов;
- использование защитного навеса для железнодорожной платформы.

Маскировка с изменением конструкции вагона. В качестве данного варианта маскировки техники на железнодорожном подвижном составе можно использовать устройство для крепления съемной крыши вагона-хоппера и крытый вагон для перевозки автомобилей, содержащий боковые стены с окнами, торцевые стены с погрузочными дверями, двухъярусный пол и крышу с механизмом подъема, имеющим симметрично расположенные относительно продольной оси крыши подъемные стойки, устройство синхронизации и привод.

Данные варианты маскировки позволяют скрыть такие демаскирующие признаки ВВСТ, как характерная форма и размеры, штатное предназначение. Однако у них есть ряд недостатков: сложность конструктивных решений, высокая стоимость модернизации вагонов, сложность проведения погрузки-выгрузки ВВСТ.

Маскировка с использованием защитного чехла из местных перевозимых материалов. Такие решения были использованы при разработке варианта маскировки перемещения ВВСТ железнодорожным транспортом с применением защитного чехла из местных перевозимых материалов.

Данная конструкция позволяет скрыть все демаскирующие признаки перевозимой ВВСТ, а также уточняет габариты погрузки ВВСТ в данную конструкцию. Как недостаток – вес предлагаемого защитного чехла, который напрямую зависит от толщины используемого бревна и породы древесины.

Маскировка с использованием защитного навеса для железнодорожной платформы. Проведя анализ современных тенденций в развитии материалов для маскировки ВВСТ, устранить недостаток предложенной выше конструкции можно, используя современные композиционные материалы. Одним из таких вариантов является маскировка с использованием защитного навеса для железнодорожной платформы.

Защитный навес для железнодорожной платформы представляет собой конструкцию из сборно-разборных металлических каркасов, устанавливаемых в лесные скобы платформы и соединённых между собой деревянными продольными распорками.

Представленный в работе анализ современных материалов и конструкций для маскировки перемещения ВВСТ железнодорожным транспортом указывает на необходимость поиска новых технологических решений для выполнения этой задачи.

При этом оптимальное решение поставленной задачи будет достигаться за счет низкой стоимости, малой трудоемкости монтажа (демонтажа), наличия минимального количества составных частей оборудования, а также возможности его многократного использования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 **Петрусевич, В. В.** Анализ современных материалов и конструкций для маскировки перемещения вооружения и специальной техники железнодорожным транспортом / В. В. Петрусевич, Р. Ю. Долломанюк, П. А. Кацубо // Инновационная железная дорога. Новейшие и перспективные системы обеспечения движения поездов. Проблемы и решения : материалы V Междунар. науч.-практ. конф. : под общ. ред. М. Г. Яшина / Воен. ин-т железнодорож. войск и сообщений. – СПб., Петергоф, 2022. – С. 377–383.

ПРИМЕНЕНИЕ ЧИСЕЛ ФИБОНАЧЧИ ДЛЯ ОЦЕНКИ И ВЫБОРА ОПТИМАЛЬНОГО НАПРАВЛЕНИЯ ТРАССЫ АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГИ В УСЛОВИЯХ ПРИПЯТСКОГО ПОЛЕСЬЯ

Р. И. ДОРОШ (магистрант)

Научный руководитель – канд. техн. наук, доц. *Г. В. АХРАМЕНКО*
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

При проектировании автомобильных дорог в сложных природных условиях, таких как Припятское Полесье, важным аспектом является выбор оптимального направления трассы. Одним из методов, который может быть использован для этой цели, является применение чисел Фибоначчи. Эти числа, известные благодаря своим уникальным математическим свойствам, могут помочь в оценке различных критериев оптимальности, таких как минимизация затрат, учет слабых грунтов и болотистых мест, а также обеспечение надежности и безопасности дорожного движения.

Числа Фибоначчи – это последовательность, в которой каждое число является суммой двух предыдущих. В контексте проектирования автомобильных дорог числа Фибоначчи могут быть использованы как метод для оптимизации выбора направления трассы.

Проблемы проектирования трассы в Припятском Полесье: наличие слабых грунтов; болота могут затруднять строительство и эксплуатацию дорог, увеличивать затраты и время на их строительство.

Критерии оптимальности. При выборе направления трассы необходимо учитывать различные критерии оптимальности, такие как:

- экономические затраты – стоимость строительства и обслуживания дороги;
- экологические аспекты – влияние на окружающую среду, сохранение природных ресурсов;
- социальные факторы – доступность для населения, влияние на местные сообщества.

Моделирование трассы с использованием чисел Фибоначчи. Применение чисел Фибоначчи в моделировании трассы может быть реализовано через алгоритм, который учитывает все вышеперечисленные критерии. Алгоритм включает следующие шаги: сбор данных; определение критериев оптимальности; моделирование направлений.

Применение чисел Фибоначчи в моделировании. Числа Фибоначчи могут быть использованы для создания весов, которые будут применяться к различным критериям. Например, если необходимо оценить два направления трас-

сы, можно использовать числа Фибоначчи для распределения весов между экономическими и экологическими аспектами. Например, направление А: экономические затраты – 5, экологические аспекты – 3. Направление В: экономические затраты – 8, экологические аспекты – 5.

Сравнительный анализ этих направлений может быть проведен с использованием чисел Фибоначчи для определения оптимального выбора.

Сравнительный анализ направлений трассы. Сравнительный анализ направлений трассы включает в себя несколько этапов:

- идентификация направлений: определение возможных направлений на основе собранных данных;
- оценка направлений: применение алгоритма, основанного на числах Фибоначчи, для оценки каждого направления по выбранным критериям;
- сравнение результатов: анализ полученных результатов для выбора оптимального направления.

Пример сравнительного анализа.

Для иллюстрации применения чисел Фибоначчи в сравнительном анализе рассмотрим два возможных направления трассы:

- направление 1: экономические затраты – 5 (число Фибоначчи); экологические аспекты – 3 (число Фибоначчи);
- направление 2: экономические затраты – 8 (число Фибоначчи); экологические аспекты – 5 (число Фибоначчи).

Сравнивая эти направления, можно использовать числа Фибоначчи для определения приоритетов. Например, если экономические затраты имеют больший вес, то направление 1 может оказаться более оптимальным.

Применение чисел Фибоначчи в проектировании. Использование чисел Фибоначчи позволяет оптимизировать затраты на строительство трассы, так как проектировщики могут легко оценивать различные варианты и выбирать наилучшие решения, а также способствует повышению устойчивости трассы. Учитывая слабые грунты и болота, проектировщики могут выбирать направления, которые минимизируют риск разрушения.

Применение чисел Фибоначчи для оценки и выбора оптимального направления трассы автомобильной дороги в условиях Припятского Полесья представляет собой эффективный метод, который позволяет учитывать различные критерии оптимальности. Учитывая сложные природные условия, такие как слабые грунты и болота, использование чисел Фибоначчи может значительно улучшить процесс проектирования и повысить устойчивость и безопасность автомобильных дорог.

Будущие исследования могут сосредоточиться на более глубоком анализе применения чисел Фибоначчи в других аспектах проектирования дорог, а также на разработке новых алгоритмов, которые будут учитывать дополнительные факторы и условия.

**ПРИМЕНЕНИЕ ПРОГРАММНОГО ПРОДУКТА AVENUE 2.0
ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПЕРЕКРЁСТКОВ В РАМКАХ КОНЦЕПЦИИ
«РАБОЧЕЕ ПРОСТРАНСТВО КАК СЕРВИС»**

Р. И. ДОРОШ (магистрант)

Научный руководитель – канд. техн. наук, доц. *Г. В. АХРАМЕНКО*
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Современные проекты городских улиц являются комплексными решениями, которые должны учитывать множество факторов: автомобильное движение на перегонах, перекрёстки с различной интенсивностью, общественный транспорт, пешеходное движение, инженерные сети и коммуникации, благоустройство, вертикальная планировка и водоотведение.

Самой проблемной частью разработки проекта городских улиц является планирование пересечений, где все вышеописанные факторы сходятся в одной точке. Пересечения должны пропускать заданный объём автомобилей через необходимое число полос и определённые интервалы светофорного регулирования с минимальными задержками. Вместе с тем автомобильное движение нельзя описать математическими законами, поскольку оно имеет недерминированный характер и обусловлено различными факторами и причинами: геометрические параметры перекрёстков, параметры светофорного регулирования, скоростные ограничения, время реакции водителей и технические параметры автомобилей. Поэтому для описания подобных процессов используют математические модели [1].

Первые программные продукты, использующие математические модели для решения практических задач, были созданы около 20 лет назад. Наибольшей популярностью пользуются программы SUMO (Simulation of urban mobility, ФРГ), Aimsun (Испания), платформа Simetra RITM (РФ). Все они представлены на рынке программного обеспечения в виде отдельного приложения с жёсткими требованиями по безопасности.

В последние годы стремительно набирает популярность новый способ предоставления специализированных услуг WaaS – Workspace as a service, рабочее пространство как сервис, к которому относится и ПО Avenue 2.0 (РФ). Отличительной особенностью подобной организации работы является то, что все вычисления, построение моделей и хранение данных производится на отдельном сервере, а управление приложением осуществляется в окне браузера, что позволяет вести работу с любого устройства с доступом к сети интернет. Такой способ работы, по сравнению с аналогами, даёт возможность гибкой настройки пользовательского интерфейса, облегчает рабо-

ту с установкой и получением ключей доступа, значительно снижает затраты на разработку, обновление и внесение изменений в программное обеспечение.

ПО Avenue 2.0 имеет бесплатную функциональную версию, а также возможность работать по методу ежегодной подписки, что значительно облегчает доступ, при этом позволяет выполнять все необходимые стандартные операции по моделированию и оптимизации перекрёстков (рисунок 1) [2]:

- создание или импортирование транспортных моделей любого типа и сложности;
- определение структурных и динамических бутылочных горлышек и автоматических сдвигов светофорного регулирования;
- качественная и количественная оценка текущего регулирования и ситуации с возможностью визуализации;
- высокая степень интеграции в инфраструктуру РИПАПС (АСУДД).

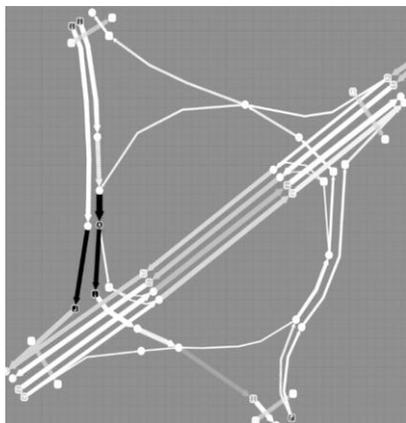


Рисунок 1 – Модель регулируемого кольцевого пересечения, созданного в ПО Avenue 2.0

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 **Ветрогон, А. А.** Транспортное моделирование как инструмент для эффективного решения задач в области управления транспортными потоками / А. А. Ветрогон, М. Н. Крипак // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2018. – Т. 59, № 3 / Иркутский государственный университет путей сообщения. – Иркутск, 2018. – С. 82–91.

2 Руководство пользователя программы Avenue 2.0 // Avenue App. – URL: <https://avenue-app.com/doc/> (дата обращения: 05.03.2025).

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРОКЛАДКИ КОММУНИКАЦИЙ МЕТОДОМ ГОРИЗОНТАЛЬНО-НАПРАВЛЕННОГО БУРЕНИЯ

С. Г. ДРОБОВ, М. А. ШАМОВА (магистранты)

Научный руководитель – канд. техн. наук, доц. *П. В. КОВТУН*
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

В Республике Беларусь сейчас насчитывается около 650 переходов магистральными трубопроводами через водные объекты. Все действующие трубопроводы были проложены 20–50 лет назад и, естественно, устарели, в силу чего резко снижается их надежность. Кроме того, трубопроводы проходят и через болота, овраги, лесные массивы, дороги, по территории действующих предприятий, тем самым подвергая окружающую среду опасности загрязнения, особенно нефтепродуктами [1].

Сравнительные технико-экономические расчеты различных способов прокладки показали, что при строительстве методом направленного бурения вместо традиционных схем достигается экономия ресурсов примерно на 40 %.

Результаты технико-экономического анализа, который проводился Всероссийским научно-исследовательским институтом строительства трубопроводов, подтверждают преимущества метода горизонтального направленного бурения. При этом объем земляных работ составляет всего 1,5 %.

В целом применение метода горизонтального направленного бурения для сооружения трубопроводов позволяет существенно сократить как объемы земляных работ, так и сроки строительства. Кроме того, это создает предпосылки для круглогодичного строительства и не оказывает отрицательного воздействия на состояние водоемов.

Таким образом, трубопроводы, проложенные с помощью горизонтально-направленного бурения, являются прогрессивными конструкциями, особенно с позиции охраны окружающей среды. При этом прокладка трубопроводов методом ГНБ значительно сокращает срок строительства, повышает срок службы трубопровода, не нарушает состояние берегов и русел рек, не нарушает экологически уязвимые участки, а также фауну пересекаемых водотоков [1].

Преимуществами способа ГНБ при строительстве подводных переходов являются:

– возможность прокладывать трубопроводы ниже прогнозируемых русловых деформаций, что надежно защищает трубопровод от любых механических повреждений (не менее 6,0 м от самой низкой отметки дна на участке перехода и не менее 3,0 м от линии возможного размыва или прогнозируемого дноуглубления русла);

– при строительстве и эксплуатации сохраняется естественный режим водной преграды, что соответствует повышенным экологическим требованиям и имеет особое значение при пересечении трубопроводами рек с развитым рыболовством, судоходством и иными видами деятельности;

– способ ГНБ исключает необходимость дноуглубительных, подводно-технических, водолазных и берегоукрепительных работ при строительстве переходов через водные препятствия, составляющих более 50 % стоимости перехода;

– исключается необходимость балластировки трубопроводов (балластных грузов и утяжеляющих покрытий);

– строительство переходов возможно в любое время года.

Важнейшим фактором эффективного применения технологии горизонтального направленного бурения является использование высококачественных буровых растворов.

Критериями, ограничивающими возможность применения способа ГНБ, являются неблагоприятные грунтовые условия, например, направленное бурение представляет значительную сложность в гравийных грунтах (гравия более 30 %), в грунтах типа пльвунов, в грунтах с включениями валунов и булыжника. В таких случаях усложняется контроль при бурении пилотной скважины, возможен обвал грунта при расширении пилотной скважины и заклинивание рабочего трубопровода при его протаскивании.

На любом этапе работ сооружение является полноценным и обеспечивает максимальную безопасность движения, высокую производительность работ, мобильность, относительную простоту и экономичность процесса строительства. При этом движение автомобилей и поездов в большинстве случаев не прерывается, что позволяет избежать социальных и финансовых потерь во время производства работ, а также исключается негативное воздействие на окружающую среду и природный ландшафт [2].

Таким образом, возведение подземных сооружений методом горизонтально-направленного бурения обусловлено рядом преимуществ и является актуальным и экологически безопасным направлением в строительстве.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 **Дробов, С. Г.** Анализ мировых тенденций возведения подземных сооружений методом горизонтально-направленного бурения / С. Г. Дробов, М. А. Шамова, П. В. Ковтун // Горная механика и машиностроение. – 2024. – № 1. – С. 27–34.

2 **Дробов С. Г.** Закрытая прокладка коммуникаций методом горизонтального направленного бурения / С. Г. Дробов, М. А. Шамова, П. В. Ковтун // Наука – транспортной инфраструктуре : материалы II Междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых, студентов и учащихся колледжей, Гомель, 21 марта, 2024 г. / Белорус. гос. ун-т трансп. – Гомель, 2024. – С. 31–32.

ИННОВАЦИОННЫЕ ПОДХОДЫ В ОБЛАСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

К. В. ДРОБЫШЕВСКИЙ, преп. каф. «Военно-специальная подготовка»
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Современное строительство транспортной инфраструктуры является важной отраслью, обеспечивающей развитие экономики, повышение мобильности населения и улучшение условий транспортного сообщения. В связи с этим внедрение инновационных технологий позволяет существенно повысить качество строительства, увеличить срок службы объектов, сократить затраты и снизить воздействие на окружающую среду. В данной работе рассмотрены основные инновационные подходы, применяемые в строительстве дорог, мостов, тоннелей и других элементов транспортной инфраструктуры [1].

Одним из ключевых направлений инновационного развития является внедрение новых строительных материалов, обладающих повышенной прочностью, долговечностью и устойчивостью к внешним воздействиям. Например, при возведении автомобильных и железнодорожных мостов активно применяются высокопрочные композитные материалы, такие как углеродные и стеклопластиковые конструкции, а также самовосстанавливающиеся бетонные смеси. Эти материалы позволяют увеличить срок службы конструкций, снизить их массу и уменьшить эксплуатационные расходы.

В дорожном строительстве все чаще используется асфальтобетон с добавлением наноматериалов, что повышает его износостойкость, устойчивость к климатическим изменениям и уменьшает образование трещин. Развитие технологий переработки позволяет внедрять методы вторичного использования асфальта, что снижает потребность в природных ресурсах и делает строительство более экологичным [2].

Важную роль играет цифровизация строительных процессов, которая позволяет автоматизировать проектирование, планирование и контроль на всех этапах реализации проекта. Одной из ключевых технологий является информационное моделирование зданий и сооружений (BIM), позволяющее создавать цифровые модели объектов, анализировать их характеристики и выявлять потенциальные ошибки на стадии проектирования.

Модульное строительство является одним из перспективных направлений, позволяющих значительно сократить сроки возведения объектов транспортной инфраструктуры. Применение заранее изготовленных на заводе модулей обеспечивает высокую точность сборки, снижение затрат на рабочую силу и уменьшение отходов строительного производства. Данный подход особенно

эффективен при возведении транспортных терминалов, вокзалов, логистических центров и сервисных станций.

Также развивается технология 3D-печати, позволяющая создавать элементы конструкций непосредственно на строительной площадке, что сокращает затраты на транспортировку материалов и ускоряет процесс строительства.

Дополнительно развивается использование возобновляемых источников энергии. На транспортных объектах, таких как тоннели, мосты и вокзалы, устанавливаются солнечные панели и ветрогенераторы, обеспечивающие автономное энергоснабжение и сокращающие выбросы углекислого газа. Интеллектуальные системы управления освещением позволяют оптимизировать энергопотребление и снижать затраты на эксплуатацию.

С внедрением технологий искусственного интеллекта и интернета вещей транспортная инфраструктура становится более интеллектуальной. Дорожные покрытия с встроенными датчиками позволяют мониторить состояние дорожного полотна, прогнозировать образование повреждений и своевременно выполнять ремонтные работы. Интеллектуальные системы управления движением анализируют транспортные потоки, оптимизируют работу светофоров и снижают заторы.

Внедрение беспилотных транспортных средств требует адаптации дорожной сети, установки специальных датчиков и систем связи, позволяющих автономным автомобилям безопасно перемещаться в городских и загородных условиях. Технологии связи 5G обеспечивают мгновенный обмен данными между транспортными средствами и элементами инфраструктуры, что способствует повышению безопасности дорожного движения [1].

Инновационные подходы в строительстве объектов транспортной инфраструктуры способствуют повышению надежности, долговечности и экологической безопасности объектов, обеспечивая устойчивое развитие транспортной системы. Использование современных материалов, цифровых технологий, модульного строительства, экологических решений и интеллектуальных транспортных систем позволяет не только сократить затраты и сроки возведения объектов, но и создать более комфортные и безопасные условия для передвижения людей и грузов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Юницкий, А. Э. Транспортно-инфраструктурные решения UST как перспективное направление инновационного развития / А. Э. Юницкий, С. В. Артюшевский, А. Г. Климков // Вестник БрГТУ. – 2023. – № 2 (131). – С. 178–184.

2 Петрусевич, В. В. Исследование влияния состава гидрофобного профилактического «ПРОТЕКТ-01» на физико-механические свойства материалов асфальтобетонных покрытий / В. В. Петрусевич // Наука и техника. – 2023. – Вып. 4. – С. 294–300.

ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ В ОБЛАСТИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ

П. С. ЕГОРОВА (СИ-31)

Научный руководитель – ст. преп. С. С. КОЖЕДУБ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Появление искусственного интеллекта (ИИ) вызвало прогресс не только в области технологий, но и в других сферах и отраслях. Одной из областей применения искусственного интеллекта стало управление дорожным движением. Использование ИИ в этой области появилось относительно недавно и основано на сборе и последующем анализе данных в режиме реального времени. Он уже используется для мониторинга и анализа трафика в режиме реального времени; оптимизации работы светофоров [1].

Для мониторинга трафика в режиме реального времени с помощью искусственного интеллекта существуют следующие методы:

1 Прогнозирование транспортных потоков – модели ИИ могут быть разработаны для выполнения анализа старых и актуальных данных о дорожном движении в режиме реального времени. Это делается для консолидации данных и их использования для понимания паттернов и тенденций в потоке транспорта. Такой анализ используется специалистами по планированию дорожного движения для прогнозирования будущих условий, чтобы сотрудники могли лучше справляться с ними в плане распределения ресурсов.

2 Обнаружение и управление инцидентами – системы на базе ИИ могут использоваться для выявления и обнаружения дорожных инцидентов, таких как аварии, движение в неправильном направлении, превышение скорости или блокировки дороги. После обнаружения эта информация может быть использована для немедленной отправки сотрудников на место происшествия и обеспечения быстрого реагирования. Также это может помочь ускорить дополнительные действия, такие как перенаправление движения из данной зоны.

3 Адаптивное управление светофорами – традиционные системы управления светофорами работают по фиксированным расписаниям, что оказывается неэффективным в непредвиденных ситуациях и приводит к неэффективному движению. Адаптивные светофоры разрабатываются для того, чтобы подстраиваться под изменения в спросе. Эти светофоры могут выявлять условия пикового спроса и, соответственно, регулировать свое время работы.

Чтобы реагировать на анализ так же быстро, как может проводится мониторинг трафика, производят оптимизацию систем светофоров. Такая система использует камеры, датчики и алгоритмы машинного обучения.

К примеру, скоординированная прогрессивная сигнализация, развернутая в городских районах, где обычно ожидается интенсивное движение, позволяет координировать сеть светофоров на перекрестках и может использоваться для поддержания постоянного потока движения. Это помогает оптимизировать поток транспорта и снижает уровень заторов, придавая приоритет дорогам с высоким трафиком.

Использование таких технологий улучшает транспортный поток и уменьшает заторы; может безопасно предотвращать несчастные случаи и обеспечивать соблюдение правил дорожного движения.

Но, несмотря на то, что искусственный интеллект может предложить бесчисленные преимущества, важно учитывать и недостатки, связанные с его внедрением в управление дорожным движением. Одним из них является необходимость в надежной инфраструктуре и высококачественных данных. Для эффективной работы систем ИИ требуется постоянный доступ к актуальной информации о дорожной ситуации, погодных условиях и других факторах, влияющих на транспортные потоки. Если данные не будут точными или будут поступать с задержкой, это может привести к неправильным решениям и, как следствие, к ухудшению дорожной ситуации.

Кроме того, существует риск кибератак на системы управления дорожным движением. Поскольку многие из этих технологий зависят от подключения к интернету и обмена данными, они могут стать мишенью для злоумышленников. В случае успешной атаки последствия могут быть катастрофическими.

Тем не менее, несмотря на все риски, преимущества использования искусственного интеллекта в управлении дорожным движением очевидны.

Улучшение эффективности транспортных систем может привести к значительному снижению времени в пути, уменьшению уровня загрязнения воздуха и повышению качества жизни. Системы, основанные на ИИ, способны не только оптимизировать движение, но и создавать более безопасные условия для всех участников дорожного движения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Калужный, Ю. Н. Технологии искусственного интеллекта в сфере обеспечения безопасности дорожного движения: проблемы и перспективы // Юридические исследования. – 2022. – № 3. – С. 33–40.

КРИПТОГРАФИЯ В ОБЛАЧНЫХ ВЫЧИСЛЕНИЯХ

П. С. ЕГОРОВА (СИ-31)

Научный руководитель – ст. преп. С. С. КОЖЕДУБ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Облачные системы с каждым годом становятся все популярней, и уже сейчас они стали основой многих современных организаций. Они содержат данные и могут быть использованы независимо от того, где вы находитесь. Все это повлияло на появление новых проблем в области безопасности, и решением стала облачная криптография.

Облачная криптография основана на шифровании, в котором компьютеры и алгоритмы используются для преобразования в зашифрованный текст. Этот текст затем может быть преобразован в открытый текст с помощью ключа шифрования путем его расшифровки с помощью серии битов.

Шифрование данных может происходить разными способами:

1 Предварительно зашифрованные данные, которые синхронизируются с облаком – программное обеспечение, позволяющее предварительно зашифровать их до того, как информация попадет в облако, что делает невозможным чтение для тех, кто пытается ее взломать.

2 Сквозное шифрование – отправитель и получатель могут отправлять сообщения, которые прочитать могут только они.

3 Шифрование файлов – каждый файл шифруется индивидуально с использованием уникального ключа шифрования.

4 Полное шифрование диска – когда какие-либо файлы сохраняются на внешнем диске, они будут автоматически зашифрованы.

5 Шифрование на уровне приложения – шифруется не только весь диск, но и операционная система и все хранящиеся в ней данные [1].

Для реализации облачной криптографии используются следующие алгоритмы:

1 Симметричные алгоритмы – использует один открытый ключ для шифрования и расшифровки. Примерами являются Advanced Encryption Standard (AES) и Data Encryption Standard (DES).

2 Асимметричный алгоритм – использует публичный и закрытый ключи для шифрования и расшифровки. Примерами являются RSA and Elliptic Curve Cryptography (ECC).

3 Хеширование – хеш-функция принимает входные данные и создает строку символов фиксированной длины, представляющую входные данные. Если входные данные изменены, хэш также изменится, что указывает на то,

что данные были подделаны. Чаще всего используется в сочетании с шифрованием, для гарантии, что данные не были изменены.

Одними из самых положительных сторон работы с этой системой являются: конфиденциальность данных для пользователя, оповещение организации при попытке изменений данных посторонним лицом, предотвращение уязвимости данных при переносе на другое устройство.

Несмотря на преимущества, существуют и недостатки:

- есть возможность потери ключей шифрования или недостаточной защиты от атак на уровне приложения;
- для поддержания зашифрованных данных требуются высокоразвитые системы;
- облачная криптография обеспечивает лишь ограниченную безопасность данных, которые уже находятся в процессе передачи;
- меры чрезвычайной защиты могут создать трудности для организаций при восстановлении данных.

Даже с учетом этих недостатков многие компании уже пользуются облачной криптографией: Microsoft Office 365 использует шифрование диска BitLocker для шифрования всех данных на своих серверах. Google Диск использует шифрование AES-128 для шифрования данных перед их загрузкой на свои серверы. Они также используют SSL/TLS для безопасной связи между своими серверами и пользовательскими устройствами. Кроме того, Google Drive предлагает двухфакторную аутентификацию для дополнительной безопасности.

Amazon Web Services предлагает различные варианты шифрования для защиты данных в облаке. Они поддерживают шифрование на стороне сервера для корзины S3 с использованием ключей, управляемых AWS или клиентом AWS.

На данный момент облачная криптография является важнейшим аспектом защиты данных, размещенных в облаке. Она предоставляет надежное решение для защиты конфиденциальности различными методами. Несмотря на то, что такая криптография может быть сложной и иногда влиять на производительность, она остается важным инструментом для защиты облачных решений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Руденко, Н. А. Основы криптографии. Нюансы визуального и облачного видов шифрования / Н. А. Руденко // Информационная безопасность и защита персональных данных. Проблемы и пути их решения : сб. материалов и докладов XV межрегиональной науч.-практ. конф.; под общ. ред. О. М. Голембиовской. – Брянск : БГТУ, 2023. – С. 222–225.

АНАЛИЗ МЕТОДОВ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ДИЗЕЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

М. В. ЕРЕМЕЙЧУК (магистрант)

Научный руководитель – канд. техн. наук, доц. *Е. М. МАСЛОВСКАЯ*
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Традиционные методы диагностирования дизельных двигателей разделяют на органолептические (визуально-акустический осмотр) и инструментальные. В свою очередь, инструментальные методы могут быть с использованием встроенных и внешних приборов [1].

Органолептический метод позволяет обнаружить грубые неисправности. Одного его, конечно, недостаточно, но даже визуальный и акустический осмотр, проведенный опытным мастером, дает возможность оценить состояние деталей двигателя. Достоинством таких методов является небольшая трудоемкость проводимых работ без применения каких-либо средств измерений (например, датчиков или измерительных устройств). Однако результаты диагностирования напрямую зависят от опыта и квалификации диагноста: чем они выше, тем быстрее и качественнее можно найти причину отказа и устранить неисправность [1].

С появлением современных технологий традиционный органолептический метод оценки состояния двигателя по звуку может стать самым передовым, поскольку исключается человеческий фактор. Процесс диагностики становится автоматизированным. Для обработки сигнала применяется вычислительная техника, анализ звукового спектра в которой осуществляется с помощью искусственных нейронных сетей. На дисплей выводится информация о состоянии тех или иных узлов, в отличие от традиционных методов, где диагностика осуществляется визуально или на слух. Таким образом, повышается точность диагностики и снижается общая трудоемкость за счет исключения частичной или полной разборки двигателя.

Методы диагностирования с использованием инструментальных средств являются наиболее точными за счет объективности диагноза, так как при диагностировании применяют измерительные устройства, позволяющие количественно с высокой точностью измерять диагностические параметры и по их значениям оценивать техническое состояние агрегатов. К ним относятся встроенные средства диагностирования: датчики, сканеры, сканер-тестеры с устройствами измерения, микропроцессорную технику и устройства отображения полученной диагностической информации [1].

В интеллектуальных встроенных системах диагностирования, применяемых ведущими мировыми производителями, с помощью логического устройства, работающего на базе микропроцессорной техники, осуществляется автоматический скрин диагноза и выдается рекомендация о дальнейшей эксплуатации или необходимости проведения регулировочных или ремонтных работ, что может повлечь за собой замену неисправных деталей [1].

Другой разновидностью является диагностирование с помощью внешних приборов (сканеров, сканеров-тестеров, датчиков), не встроенных в конструкцию машины. Данный метод считается наиболее точным и применяется для нахождения уточненных значений диагностических параметров. Внешние приборы диагностирования могут быть стационарными или переносными [2].

Стационарные приборы диагностики в ремонтных предприятиях используются на специализированных участках перед проведением ТО-1, ТО-2, постах текущего ремонта. Переносные приборы также используются на специализированных участках при проведении диагностирования двигателей. Они позволяют контролировать температуру, давление, шумность, частоту вращения, экологичность и другие параметры узлов и агрегатов двигателей машин [1].

Таким образом, проанализировав различные методы диагностики состояния двигателя, особое внимание следует обратить на оперативное и достоверное обнаружение неисправностей, в том числе и по качественным признакам. Учитывая, что неисправность, как правило, является причиной многих факторов и проявляется совместно с другими неисправностями, следует использовать разветвленные схемы алгоритмов и вести поиск отдельной неисправности путем последовательной проверки элементов двигателя, применяя табличный метод, алгоритмы и экспертные системы.

Экспертная система позволит повысить надежность и эффективность использования машины путем оперативного контроля технического состояния, а также повысить квалификацию обслуживающего персонала. А системы прогнозирования позволят определять основные качественные характеристики, которые наиболее вероятно приводят к неисправности [3].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 **Данилов, Ю. И.** Совершенствование диагностирования цилиндропоршневой группы автотракторных дизелей по температуре в камере сгорания : дис. канд. техн. наук: 05.20.03 / Данилов Юрий Игоревич. – Саратов, 2016. – 114 с.

2 **Логунов, А. В.** Возможности виброакустического исследования и диагностики подвески транспортных средств / А. В. Логунов, А. Л. Береснев // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2021. – № 1 (218). – С. 165–174.

3 **Частиков, А. П.** Разработка информационной модели системы диагностики двигателя / А. П. Частиков, Ю. Н. Сопильняк // Международный журнал экспериментального образования. – 2013. – № 10-2. – С. 413–416.

**ИНЖЕНЕРНО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ АНАЛИТИКА
ПЕРСПЕКТИВ РАЗВИТИЯ ТРАНСПОРТНОЙ ЛОГИСТИКИ
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

С. В. ЖИРОМСКИЙ (магистрант)

Научный руководитель – д-р экон. наук, профессор *М. К. ЖУДРО*
Белорусский национальный технический университет, г. Минск

В условиях геополитического протекционизма транспортная логистика по-прежнему выступает ключевой отраслью экономики страны, создавая базис для стабильного функционирования национального хозяйства. Именно транспортная логистика обеспечивает перевозку технологически необходимого сырья, материалов, полуфабрикатов и готовой продукции, что служит основой экономической устойчивости.

В настоящее время автомобильный транспорт обладает несколькими важными преимуществами по сравнению с другими видами перевозок: высокая манёвренность, оперативность и регулярность доставки, а также персональная ответственность перевозчика за сохранность груза. Всё это делает автотранспорт эффективным и надёжным средством для внутренних перевозок. Перечисленные факторы особенно значимы для предпринимательской деятельности, поскольку в бизнесе время и целостность грузов имеют критически важное значение.

Беларусь географически находится на пересечении двух международных транспортных коридоров: коридора II («Запад – Восток») и коридора IX («Север – Юг») с ответвлением IXB, фактически соединяя пространство ЕАЭС с Европейским союзом. В стране активно модернизируются и развиваются автодороги республиканского значения, обеспечивающие транзит. Также неуклонно улучшается инфраструктура сопутствующих служб – таможенного контроля, пограничного оформления и дорожного сервиса.

В то же время рынок грузовых перевозок постоянно меняется и вынужден адаптироваться к новым условиям. Ограничения, связанные с пандемией COVID-19, а также санкционные меры серьезно сказались на международных транспортно-логистических цепочках, приведя к изменениям в маршрутах, выборе транспортных средств и перечне поставщиков услуг. Тем не менее, глобальный характер современной экономики приводит к тому, что санкционное давление в той или иной степени затрагивает все государства.

В сложившихся условиях особое значение приобретает международный транспортный коридор «Север – Юг», который играет ключевую роль в раз-

витии логистики внешней торговли стран ЕАЭС. Данный коридор позволяет организовать более быструю и эффективную доставку грузов между государствами Евразийского союза и регионами Южной Азии, Восточной Африки и Ближнего Востока. В рамках коридора «Север – Юг» выделяются западный, восточный и транскаспийский маршруты, предоставляющие разнообразные возможности для перевозки грузов, что способствует росту объемов внешней торговли и укреплению экономических связей между странами.

Белорусское руководство предпринимает усилия для участия в зонах свободной торговли между ЕАЭС и третьими странами, а также расширяет сотрудничество в сфере логистики и трансграничной электронной коммерции со странами БРИКС.

В настоящее время ключевым рынком для белорусских перевозчиков выступает Россия, где фиксируется стабильный рост спроса на перевозки в обоих направлениях. Примечательно, что между Беларусью и Россией отменена разрешительная система осуществления перевозок и снят запрет на каботажные операции с 1 марта 2025 года. Тем не менее, сохраняются существенные препятствия, связанные с различиями в налогообложении и другими правовыми нюансами.

По мере роста объемов перевозок компании могут столкнуться с дефицитом перевозчиков, способных выполнить доставку, что серьезно замедляет логистические процессы и негативно сказывается на деловой репутации предприятий на рынке. В связи с этим развитие новых концептуальных схем транспортировки грузов и создание разветвленной сети складских комплексов приобретает ключевое значение, позволяя повысить гибкость поставок и снизить риски возможных задержек. Реализуемые в Беларуси инфраструктурные проекты (в том числе реконструкция автомобильных дорог и модернизация аэропортов) улучшают качество транспортного обслуживания и повышают уровень безопасности в логистическом комплексе.

Для формирования современной транспортно-логистической инфраструктуры необходимо реализовать комплекс мер. Во-первых, следует создать развитую сеть логистических центров на территории страны, что позволит эффективно задействовать экономический потенциал Республики Беларусь. Во-вторых, важнейшим направлением является автоматизация процессов и внедрение новейших IT-технологий (Big Data, блокчейн, Интернет вещей, облачные технологии, искусственный интеллект, RFID, мобильные приложения) в логистику. В-третьих, предполагается активное использование беспилотного транспорта, интеллектуальных систем распознавания и навигации, а также иных инструментов, значительно повышающих эффективность предоставляемых транспортно-логистических услуг.

ТЕХНОЛОГИИ РЕМОНТА И СОДЕРЖАНИЯ МАЛЫХ И СРЕДНИХ МОСТОВЫХ СООРУЖЕНИЙ В МИРОВОЙ ПРАКТИКЕ

А. И. ЖУКОВ (СА-41)

Научный руководитель – канд. экон. наук, доц. *И. М. ЦАРЕНКОВА*
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Мировая практика ремонта и содержания малых и средних мостовых сооружений разнообразна, когда каждая страна вносит свой вклад в развитие этой области.

В состав работ по содержанию мостовых сооружений включаются:

– мониторинг, состоящий из определенной системы наблюдения, с целью своевременного обнаружения дефектов, снижающих транспортно-эксплуатационные качества сооружения или предупреждения возможности их возникновения;

– уход, содержащий комплекс организационных и технических мероприятий по сбору и удалению с мостового сооружения вредных веществ и посторонних предметов для предотвращения образования дефектов и повреждений, обеспечивающий надлежащее состояние сооружению и его внешнему виду;

– профилактические мероприятия, направленные на поддержание моста в хорошем рабочем состоянии путем своевременного устранения мелких дефектов, пока они не привели к ухудшению грузоподъемности, безопасности и долговечности конструкции. При этом износ элементов не должен превышать 10 %, а затраты на ремонт должны быть минимальными;

– планово-предупредительный ремонт, обеспечивающий устранение дефектов на ранней стадии износа элементов сооружения (до ~25 %) при относительно малых денежных затратах. Его проведение также предупреждает снижение грузоподъемности, безопасности движения и долговечности сооружения [1].

Технология содержания малых мостов включает регулярные осмотры и техническое обслуживание (очистка, смазка, мелкий ремонт), обеспечивая их долговечную работу. Своевременное выполнение этих мероприятий предотвращает развитие дефектов и продлевает срок службы сооружений. Эффективное содержание является залогом безопасности движения и экономии средств в долгосрочной перспективе. Качество выполняемых работ и используемых материалов играет ключевую роль в обеспечении надежности мостов.

В России действуют строгие нормативные документы, регулирующие проектирование, строительство, эксплуатацию и ремонт мостов. Основным регулирующим органом является Федеральное дорожное агентство (Росавтодор). Большую роль в этой сфере играет ФАУ «РОСДОРНИИ», которое занимается научными исследованиями.

Учитывая обширную территорию России, мосты подвергаются воздействию различных климатических факторов: от суровых морозов в Сибири до жаркого климата на юге. В связи с этим особое внимание уделяется защите мостов от коррозии, вызванной применением противогололедных реагентов и воздействием влаги. В регионах с высокой сейсмической активностью применяются специальные сейсмостойкие конструкции.

Для ремонта мостов широко применяются современные технологии, которые основаны:

- на применении композитных материалов для усиления конструкций;
- использовании высокопрочного бетона;
- применении методов неразрушающего контроля для диагностики;
- методах электрохимической защиты, таких как катодная защита, которые используются для предотвращения коррозии арматуры в железобетонных мостах;
- инъектировании трещин различными материалами для восстановления целостности бетона и предотвращения дальнейшего разрушения;
- цифровых технологиях для мониторинга состояния мостовых сооружений, позволяющих своевременно выявлять и устранять повреждения.

Южная Корея активно внедряет цифровые технологии в управление инфраструктурой, включая мосты. Используются цифровые двойники, которые позволяют моделировать их поведение и прогнозировать необходимость ремонта. Большое распространение получило использование искусственного интеллекта для анализа состояния мостов и прогнозирования возможных проблем. Все больше стран переходят к превентивному содержанию мостов. Япония также проводит разработку и применение технологий мониторинга состояния мостов.

В США реализуются масштабные программы по ремонту мостов с акцентом на использование высокопрочных бетонов и композитных материалов. Китай активно ремонтирует мосты с использованием таких материалов, как высокопрочный бетон, и таких технологий, как предварительно напряженные конструкции.

Выбор конкретных методов ремонта и технологий зависит от множества факторов, включая тип моста, его состояние, доступность материалов и оборудования, а также бюджет и сроки выполнения работ. Необходимо проводить тщательное обследование и проектирование, чтобы выбрать наиболее эффективное и экономичное решение.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 **Жиленко, О. Б.** Особенности эксплуатации мостовых переходов на транспортных развязках. Основные проблемы при эксплуатации и содержании мостовых переходов в Республике Крым / О. Б. Жиленко, Л. Н. Эмирсалиева // Научный форум. Инновационная наука : сб. ст. по материалам LXVIII Междунар. науч.-практ. конф., Москва, 29 янв. 2024 г. – Москва, 2024. – № 1 (68). – С. 30–36.

ТРЕБОВАНИЯ К КАДРАМ, ЖЕЛАЮЩИМ РАБОТАТЬ В СФЕРЕ ТРАНСПОРТНОЙ ЛОГИСТИКИ

С. В. ЖУЧКОВА (101041-24)

Научный руководитель – канд. техн. наук, доц. *Т. В. ПИЛЬГУН*
Белорусский национальный технический университет, г. Минск

Транспортная логистика представляет собой процесс, связанный с перемещением грузов по наиболее эффективным маршрутам. Корректная организация транспортной логистики обеспечивает быструю и качественную доставку товаров до конечного пункта назначения.

Основная задача специалиста в логистической компании, который занимается координацией доставки грузов, заключается в правильном выборе способа транспортировки. Опытный логист обязательно должен учитывать транспортные характеристики перевозимого груза, а также вес, объем, состав и размеры. Важными факторами являются маршрут, сроки доставки и финансовые возможности клиента, который заинтересован в минимальных транспортных издержках и высоком качестве оказываемых ему услуг.

Работа транспортного логиста – это серьезная профессия, требующая от специалиста способности быстро принимать решения, эффективно взаимодействовать с людьми и разбираться в большом объеме информации. Качество работы логиста напрямую влияет на конечную стоимость товара для потребителей и доход перевозчика. Эта профессия востребована в транспортных компаниях, логистических и торговых центрах, а также на производственных предприятиях.

Перед отбором сотрудников на предприятии формируются требования к потенциальным кандидатам, учитывающие текущие и будущие потребности компании, а также состояние рынка труда и другие факторы. В процессе отбора крайне важна квалификация кандидатов, которая включает уровень знаний, навыков, умений и опыта, необходимых для выполнения профессиональных обязанностей [1].

На предприятии, после выявления наиболее подходящих специалистов, начинается этап отбора среди потенциальных кандидатов, которые выразили желание занять свободную должность и согласны с условиями труда. Процесс отбора варьируется в зависимости от конкретной вакансии. Например, для замещения руководящей позиции целесообразно проводить конкурс, рассматривая несколько кандидатов на одну должность, при этом обязательно привлекая как внешних, так и внутренних соискателей. В результате отбора кандидат должен соответствовать всем поставленным требованиям.

Деятельность транспортного логиста связана с высокой ответственностью за финансовые и другие ресурсы компании. Эффективность доставки грузов и прибыльность всего бизнеса во многом зависят от успешной работы специалиста. Поэтому при отборе кандидатов на вакансию логиста предъявляются строгие требования:

- 1 Профильное высшее образование в сфере экономики, логистики.
- 2 Знание законодательства в сфере оказания транспортных услуг.
- 3 Навыки ведения документооборота, составления отчетов.
- 4 Знание иностранных языков на письменном и разговорном уровнях для взаимодействия с иностранными партнерами.
- 5 Умение пользоваться профильным программным обеспечением.
- 6 Опыт работы по смежной специальности сферы грузоперевозок.
- 7 Навыки организации складского учета, механизмов мониторинга складских запасов.
- 8 Успешный опыт взаимодействия с таможенными службами, разными перевозчиками.

Кандидаты должны иметь знания в области транспорта и логистики, понимать принципы функционирования складского хозяйства, а также обладать опытом взаимодействия с транспортными компаниями и знать основные правила и нормы, касающиеся грузоперевозок.

Ключевыми качествами для работы в сфере логистики грузоперевозок являются организаторские способности, умение работать в команде, ответственность, стрессоустойчивость и внимательность к деталям. Знание английского языка может быть дополнительным преимуществом при взаимодействии с иностранными партнерами и клиентами.

Кадровый состав должен обладать специфическими качествами, такими как характер и способности к выполнению необходимых производственных операций для достижения поставленных целей, но и иметь возможность своевременно и эффективно справляться с реализацией новых, более сложных производственных задач на тактическом и стратегическом уровнях.

В случае появления вакантных мест участок составляет заявку, учитывая требования к кандидату, и направляет её в отдел по управлению персоналом. Это подразделение, взаимодействуя с внешней средой, распространяет информацию о свободной должности.

По мере поступления заявок от претендентов проводятся собеседования, что реализует систему подбора кадров, являющуюся частью стратегии планирования кадровых потоков на транспортном предприятии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 **Скорев, М. М.** Человеческий капитал сквозь призму сертификации квалификаций / М. М. Скорев // Инженерный вестник Дона. – 2013. – № 1. – URL: <http://www.ivdon.ru/magazine/archive/n1y2013/1513> (дата обращения: 01.03.2025).

ОБНОВЛЕНИЕ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ПУТИ НА УЧАСТКЕ ИНФРАСТРУКТУРЫ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ В СЕВЕРНОМ РАЙОНЕ

*А. А. ЗАЙЦЕВ, канд. техн. наук, доц. каф. «Путь и путевое хозяйство»
Российский университет транспорта, г. Москва*

Рассматриваемый линейный объект инфраструктуры железнодорожного пути расположен в пределах Северной железной дороги, административно в Республике Коми. Участок находится в эксплуатации с 1948 года.

Исследуемая территория характеризуется недостаточно развитой сетью автодорог, подъезды к участкам работ возможны в любое время года только по железнодорожному пути, в холодный период года действует тракторный зимник. Район работ представляет собой полого-холмистую равнину, опускающуюся в северном направлении, преобладают аккумулятивный ледниковый и озерно-аллювиальный типы рельефа. В поймах рек заболоченность местами превышает 50 %. Болота преимущественно грядово-мочажинные и крупнобугристые, безлесные. В пределах участка абсолютные отметки рельефа изменяются на 23 м, постепенно понижаясь в восточном направлении.

Участок находится в зоне сплошного распространения многолетнемерзлых грунтов, мощность которых составляет 100–300 м, в то же время в зоне земляного полотна на разведанную глубину 20,0 м многолетнемерзлые грунты скважинами не были вскрыты из-за их деградации.

На участке работ распространены поверхностные воды и надмерзлотные подземные воды. Поверхностные воды связаны с водотоками в водоотводных канавах и безымянными ручьями, протекающими через водопропускные трубы [1]. По критерию типизации территории по подтопляемости участок работ в районе планирования работ по обновлению (замене) водопропускной трубы, водоотводных канав, берм относится к подтопленной области в естественных условиях (I тип по наличию процесса подтопления), а на остальной территории – к потенциально подтопляемой (II тип по наличию процесса подтопления). Техногенные процессы на участке заключаются в осадке грунтов насыпи, обусловленные вибродинамическим воздействием поездов и проявлениями опасных экзогенных процессов (подтопление, таяние мерзлых грунтов).

Обновление железнодорожного пути с переустройством водопропускных сооружений на участке с многолетнемерзлыми грунтами, на наш взгляд, следует понимать как комплекс работ по ремонту железнодорожного пути, в т. ч. верхнего строения пути с полной или частичной заменой его изношенных элементов, очисткой балласта, выправкой пути в продольном

профиле и плане, восстановлением дефектных мест земляного полотна согласно распоряжению ОАО «РЖД». При этом капитальный ремонт искусственных сооружений включает в себя выполнение работ, направленных на восстановление элементов сооружения, поддержание их прочностных и других характеристик. Как известно, на участках капитального ремонта железнодорожного пути 1-го и 2-го уровней в проекте должны быть предусмотрены необходимые работы по ремонту искусственных сооружений, в том числе подъёмка пролетных строений мостов или приведение толщины балласта к нормативным значениям, ремонт опор, ремонт и удлинение труб, восстановление и ремонт охлаждающих конструкций конусов и опор (устоев), восстановление термометрических скважин.

Существующая водопропускная труба (на рассматриваемом участке требующая замены) круглая, металлическая, гофрированная отверстием 1,5 м, высота насыпи здесь 4,94 м, длина трубы 33,753 м. Традиционная технология продолжительных работ по реконструкции участка при сооружении водопропускной трубы с устройством временного моста требует значительных затрат. Однако замена старой гофрированной трубы на новую гофрированную позволяет предложить методы ускорения процесса обновления.

Реализованная схема переустройства водопропускной трубы на участке приведена на рисунке 1. Требуемое на работы технологическое окно составляет 12 часов.

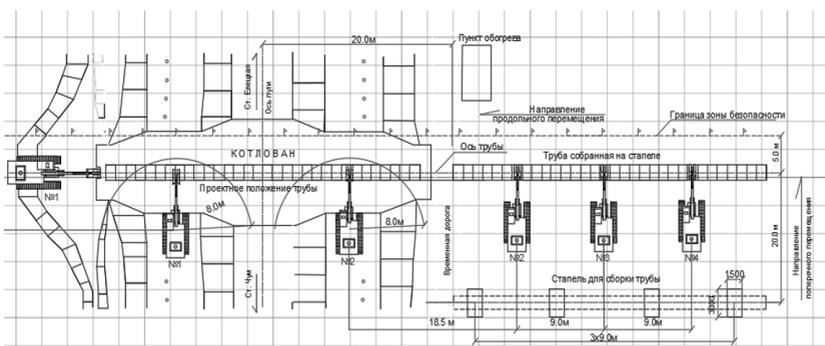


Рисунок 1 – Схема переустройства водопропускной трубы на участке

В настоящее время на основе проведенного анализа, частично изложенного в статье, проводятся разработки технологии и конструктивно-технологических решений по оперативному площадному закреплению основания для применения в технологическом процессе реконструкции водопропускных сооружений.

АВТОМАТИЗАЦИЯ ЛОГИСТИКИ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ: ИОТ И БЛОКЧЕЙН В ЦЕПОЧКАХ ПОСТАВОК

Е. В. КОВГА, В. А. МАЦКО (101042-23)

Научный руководитель – магистр экон. наук, ст. преп. *Ю. А. ОСИПОВА*
Белорусский национальный технический университет, г. Минск

Современная логистика сталкивается с вызовами, такими как повышение эффективности и снижение затрат. Технологии Интернета вещей (IoT) и блокчейн становятся ключевыми инструментами для решения этих проблем. IoT позволяет отслеживать грузы в реальном времени и оптимизировать маршруты, а блокчейн обеспечивает прозрачность и безопасность данных в цепочке поставок.

Интернет вещей (IoT) оказывает значительное влияние на развитие логистической отрасли, обеспечивая автоматизацию процессов, повышение эффективности и снижение операционных затрат [1].

Внедрение интеллектуальных систем, работающих совместно с датчиками и дистанционными устройствами, позволяет оптимизировать процессы складирования, управления цепочками поставок и контроля запасов. Использование IoT упрощает мониторинг логистических операций в режиме реального времени, помогает снизить затраты на транспортировку, минимизирует потери, связанные с кражами и нерациональным расходом ресурсов.

Основными технологиями, применяемыми в IoT-системах для логистики, являются Bluetooth® LE, UWB и Wi-Fi. Их использование позволяет осуществлять мониторинг объектов внутри помещений, контролировать местоположение активов, анализировать состояние оборудования и обеспечивать безопасность сотрудников. Внедрение IoT способствует построению оптимальных маршрутов передвижения транспортных средств – это позволяет минимизировать влияние человеческого фактора, снизить вероятность аварий и повысить точность исполнения логистических операций.

Системы на основе IoT предоставляют возможности для глубокой аналитики, включая контроль температурного режима и уровня влажности на складах, мониторинг физического состояния работников и предупреждение чрезвычайных ситуаций. Автоматизированные платформы обеспечивают не только высокую точность отслеживания активов, но и сокращение времени, затрачиваемого на поиск необходимых объектов, а также исключение несанкционированного вывоза продукции за пределы предприятия.

Блокчейн представляет собой инновационную технологию, способную значительно повысить эффективность и безопасность логистических процессов. Он функционирует как распределенный цифровой реестр, содержащий неизменяемые записи о каждом этапе транспортировки. Данная технология обеспечивает высокий уровень прозрачности, исключает возможность фальсификации данных и упрощает процессы учета и контроля грузоперевозок [2, 3].

Использование блокчейна в логистике позволяет автоматизировать документооборот, сокращая временные и финансовые затраты на обработку информации. Благодаря данной технологии организации могут оперативно отслеживать местоположение грузов, идентифицировать участников логистической цепочки и минимизировать влияние человеческого фактора на транспортные процессы. Кроме того, блокчейн способствует снижению зависимости от посредников, позволяя компаниям взаимодействовать напрямую, что уменьшает издержки и ускоряет операции.

Важное преимущество блокчейна – его способность создавать прозрачную цепочку поставок, где каждый этап логистического процесса фиксируется в блоках и становится доступным для всех участников системы. Это значительно повышает доверие между сторонами, минимизирует риски мошенничества и улучшает контроль над соблюдением условий хранения и транспортировки товаров.

Технология блокчейн способствует повышению безопасности перевозок, поскольку все данные в системе защищены криптографическими методами и могут быть изменены только с согласия всех участников. Это исключает возможность несанкционированного вмешательства в логистические операции и повышает надежность всей системы.

Внедрение IoT и блокчейн в логистику открывает новые возможности для повышения эффективности и безопасности. Эти технологии помогают оптимизировать процессы, снижать затраты и улучшать обслуживание клиентов, что дает компаниям конкурентные преимущества на рынке. В будущем можно ожидать дальнейшего развития этих технологий в логистике.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Навигационные решения : [сайт]. – Минск, 2025. – URL: <https://nvgn.ru/blog/internet-veshhej-v-logistike/> (дата обращения: 09.03.2025).

2 Logistics : [сайт]. – Минск, 2025. – URL: <https://logists.by/blog/blokcheyn-v-logistike-vozmozhnosti-primeneniya-i-preimuschestva> (дата обращения: 09.03.2025).

3 Логистические терминалы // Рэндматес. – URL: <https://xn--80ahe0adrmg8g.xn--plai/pages/logisti-cheskie-terminaly> (дата обращения: 09.03.2025).

АНАЛИЗ ПРИЧИН ОГРАНИЧЕНИЯ СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ ПОЕЗДОВ НА УЧАСТКЕ ВИТЕБСК – ЕЗЕРИЦЕ

Л. П. КОНОНОВИЧ (магистрант)

Научный руководитель – канд. техн. наук, доц. *Н. В. ДОВГЕЛЮК*
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Железнодорожный транспорт является неотъемлемой частью современной транспортной системы страны. Безопасность, плавность и бесперебойность движения поездов напрямую зависят от качества проектирования, строительства и состояния железнодорожного пути. Правильно запроектированные кривые обеспечивают безопасное и плавное движение поездов, минимизируют динамические нагрузки на путь и поезд, а также повышают комфорт пассажиров [1].

Применение компьютерных технологий в проектировании и строительстве железных дорог позволило значительно упростить и ускорить процессы выполнения расчетов, анализ результатов и визуализацию данных.

Железнодорожная инфраструктура обеспечивает транспортировку грузов и пассажиров на огромные расстояния. Эффективность, безопасность и надежность этой системы напрямую зависят от состояния железнодорожного полотна, особенно на сложных участках, таких как кривые малого радиуса, требующие особого внимания и тщательного анализа.

На кривых участках пути концентрируется значительная часть нагрузок и динамических воздействий и, как следствие, наблюдается ускоренный износ элементов пути, деформации и в конечном итоге повышается риск возникновения аварийных ситуаций. Повышенные нагрузки из-за центробежной силы, возникающей при движении поезда по кривой, действуют на колеса, рельсы и другие элементы пути.

Интенсивное трение между колесами и рельсами, а также вибрации и ударные нагрузки приводят к ускоренному износу рельсов, шпал, крепежных элементов и балластного слоя. Этот износ, в свою очередь, ведет к деформациям пути, ухудшению его геометрических параметров и снижению безопасности. Деформации пути, изношенные элементы и другие неисправности могут привести к сходу подвижного состава с рельсов, авариям и другим серьезным инцидентам.

Традиционные методы анализа и устранения проблем часто ограничиваются рассмотрением отдельных факторов, упуская сложные взаимосвязи и причины, приводящие к ускоренному износу и деформациям на кривых

участках. Для эффективного решения этих проблем необходим системный подход, учитывающий все возможные аспекты.

Целью данного анализа является систематизация возможных причин возникновения проблем на кривых участках пути, выявление взаимосвязи между различными факторами, формирование базы для дальнейшей разработки комплекса мер по устранению причин и повышению надежности и безопасности движения грузовых и пассажирских поездов на кривых участках пути [2].

Проблемы на криволинейных участках пути не только ставят под угрозу безопасность движения, но и приводят к значительным экономическим потерям. Задержки в движении поездов, необходимость в частых ремонтах, замена поврежденных элементов инфраструктуры, а также возможные убытки от аварий – все это создает значительные финансовые издержки для железнодорожных компаний.

Для решения задачи используется диаграмма Исикавы или диаграмма причинно-следственных связей. Этот инструмент позволяет провести структурированный анализ, визуализировать и систематизировать все возможные причины возникновения проблем на кривых участках пути, разделив их на основные категории, детально изучив взаимосвязи между ними.

Диаграмма Исикавы – это не только инструмент для выявления проблем, но и основа для разработки эффективных стратегий по их устранению и предотвращению [3, 4].

После проведения анализа геометрии плана железнодорожного участка Витебск – Езерище Белорусской железной дороги с помощью диаграммы Исикавы, разработана база данных по установлению и ликвидации причин ограничения скорости по плану линии Витебск – Езерище.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Национальная стратегия устойчивого социально-экономического развития Республики Беларусь на период до 2030 года (одобрена на заседании Президиума Совета Министров Респ. Беларусь (протокол от 02.05.2017, № 10).

2 **Довгелюк, Н. В.** Изыскания и проектирование железных дорог : учеб. пособие / Н. В. Довгелюк, Г. В. Ахраменко, И. М. Царенкова. – Гомель : БелГУТ, 2013. – 333 с.

3 **Масловская, М. А.** Развитие электрифицированной сети Белорусской железной дороги // Энергоэффективность. – № 8, 2019. – С. 29–32.

4 **Турбин, И.В.** Изыскания и проектирование железных дорог : учеб. для вузов / И. В. Турбин. – М. : Транспорт, 1989. – 479 с.

ОБОСНОВАНИЕ СТРОИТЕЛЬСТВА ВТОРОГО ПУТИ НА УЧАСТКЕ ОРША – ВИТЕБСК (КМ 19 – КМ 26)

Л. П. КОНОНОВИЧ (магистрант)

Научный руководитель – канд. техн. наук, доц. *Н. В. ДОВГЕЛЮК*
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Железные дороги играют большую роль как в социально-экономическом развитии отдельных регионов, так и страны в целом. Современные железные дороги представляют собой сложные инженерные сооружения, которые обеспечивают безопасное, бесперебойное и плавное движение поездов с большими скоростями [1].

Многие дороги были построены еще в XIX и XX веках, поэтому отдельные их участки не удовлетворяют требованиям современных норм проектирования и интенсивного движения поездов. Необходимо постепенное переустройство существующей инфраструктуры железных дорог с максимальным использованием земляного полотна, отдельных пунктов, мостовых переходов, на постройку которых были израсходованы большие капитальные вложения. Реконструкция железных дорог предусматривает: удлинение приемоотправочных путей, развитие станций, укладку более мощного верхнего строения пути, переустройство плана линии, уположение расчетных уклонов в связи с увеличением массы грузовых поездов, строительством вторых и третьих главных путей [2].

Рекомендуется с экономической точки зрения начинать строительство вторых путей раньше того срока, когда возможная провозная способность однопутной железной дороги будет полностью исчерпана, т. е. составит примерно 18–25 млн т нетто в одном направлении. А технически возможная провозная способность однопутной линии находится на уровне 28 млн т нетто в год [3]. Поэтому сроки и этапность строительства второго пути устанавливаются на основе анализа прироста провозной способности железной дороги. В качестве этапов строительства второго пути следует в начале рассмотреть безостановочное скрещение поездов, затем строительство двухпутных вставок и только потом строительство второго главного пути на всем перегоне.

Рассмотрим возможность строительства второго пути на км 19 – км 26 участка Орша – Витебск. Он – двухпутный за исключением км 19 – км 26, где он однопутный. Участок характеризуется высокой грузонапряженностью 32 млн т·км брутто на км. На участке, кроме грузовых поездов, обращаются пассажирские, пригородные, ускоренные и сборные поезда, осуществляющие

перевозки между Беларусью и Россией в рамках Союзного государства. Они снимают с графика движения грузовые поезда. Для данного участка коэффициенты съема для всех перечисленных категорий поездов приняты равными 1,1.

Рассмотрим вариант увеличения провозной способности участка Орша – Витебск, км 19 – км 26, за счет строительства второго главного пути. Стоимость пристройки второго пути составляет 1800 тыс. у.е. за 1 км, т. е. за 7 км 12600 тыс. у.е. Этот вариант может быть принят как промежуточный этап повышения провозной способности участка железной дороги Витебск – Орша. Далее возможна электрификация [2–4]. Стоимость строительства второго пути требует на 32,8 % больше капитальных вложений по сравнению с электрификацией, 1 км которой стоит 590 тыс. дол. Затраты на эксплуатационные расходы меньше при электрической тяге.

Установлено, что строительство второго пути позволит увеличить пропускную способность участка Орша – Витебск на 32 % по сравнению с электрификацией однопутного участка. На двухпутной линии участковая скорость движения увеличивается по сравнению с однопутным перегонном (км 19 – км 26) на 30–40 % и, соответственно, ускоряется доставка грузов и снижается время нахождения в пути пассажиров, уменьшается потребность в подвижном составе. Двухпутный участок позволит пропустить до 30 дополнительных поездов [4]. В связи с увеличением объемов грузовых и контейнерных перевозок стоит рассмотреть возможность строительства второго пути и одновременного перехода на электрическую тягу, что обеспечит высокую пропускную способность при низких затратах на перевозки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 О Государственной программе «Транспортный комплекс, подпрограмма «Железнодорожный транспорт» на 2021–2025 годы»: постановление Совета Министров Респ. Беларусь от 23.03.2021 № 165.

2 **Масловская, М. А.** Особенности реконструкции железных дорог при электрической тяге : учеб.-метод. пособие по курсовому и дипломному проектированию / М. А. Масловская, Н. В. Довгелюк. – Гомель : БелГУТ, 2018. – 85 с.

3 **Царенкова, И. М.** К вопросу увеличения пропускной способности железной дороги / И. М. Царенкова, И. С. Трушко // Проблемы безопасности на транспорте : материалы XIII Междунар. науч.-практ. конф. : в 2 ч., г. Гомель, 21–22 нояб. 2024 г. / Белорус. гос. ун-т трансп. – Гомель, 2024. – Ч. 1. – С. 349–350.

4 **Довгелюк, Н. В.** Повышение провозной способности участка ст. Лахва – ст. Ситница Белорусской железной дороги / Н. В. Довгелюк, В. С. Шагулин, А. М. Еронин // Проблемы безопасности на транспорте : материалы XII Междунар. науч.-практ. конф. : в 2 ч., г. Гомель, 24–25 нояб. 2022 г. / Белорус. гос. ун-т трансп. ; под общ. ред. Ю. И. Кулаженко. – Гомель, 2022. – Ч. 1. – С. 319–320.

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ОПТИМИЗАЦИИ И КООРДИНИРОВАНИЯ МАРШРУТОВ В РЕАЛЬНОМ ВРЕМЕНИ

А. О. КОРНЕЕНКО (СИ-31)

Научный руководитель – исслед. в области техн. наук, ст. преп. *И. П. ДРАЛОВА*
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Разработка системы оптимизации и координации маршрутов в реальном времени является актуальной задачей для современных логистических компаний. В условиях роста спроса на транспортные услуги и повышения конкуренции автоматизация процессов планирования и управления маршрутами становится ключевым фактором успеха [1].

Грамотно построенный путь и своевременное его редактирование существенно улучшает логистику и доставку грузов. В данный момент времени процесс построения маршрута выглядит следующим образом:

- 1 Логист получает заказ на доставку.
- 2 Логист анализирует данные и рассчитывает оптимальный маршрут.
- 3 Логист отправляет маршрут водителю через приложение.
- 4 При необходимости логист корректирует маршрут и уведомляет водителя.
- 5 Водитель завершает доставку и предоставляет отчет.

Традиционные методы планирования маршрутов часто оказываются недостаточно гибкими и не позволяют оперативно реагировать на изменения в дорожной обстановке или задержки.

Для эффективной доставки требуется постоянное отслеживание и своевременное корректирование пути.

Цель разработки системы оптимизации и координации маршрутов в реальном времени заключается в повышении эффективности логистических операций, снижении затрат и улучшении обслуживания клиентов. Платформа объединяет современные технологии, такие как искусственный интеллект, машинное обучение и аналитика больших данных (BigData), для автоматизации процесса планирования, управления маршрутами и спутниковые методы позиционирования движущегося объекта.

Принцип работы платформы:

- 1 Заказчик заполняет необходимые данные на доставку.
- 2 Система обрабатывает данные, затем собирает информацию о текущем местоположении грузов, транспортных средств, дорожных условиях и других факторах, влияющих на маршруты.
- 3 После расчета траектории следования и назначения времени доставки система отправляет хронометраж действий водителю.

4 Система в реальном времени следит за дорожной обстановкой, при непредвиденных обстоятельствах она корректирует маршрут и отправляет изменения онлайн.

5 После доставки водитель заполняет форму отчетности о выполнении доставки и отправляет ее системе.

При необходимости корректирования система подбирает маршрут с такими же требованиями, как и прошлый. То есть путь корректируется таким образом, чтобы не было потери времени и большого расхода топлива.

Процесс формирования оптимального пути происходит за счет актуальной информации дорожной обстановки. Отслеживание аварий, дорожных работ, заторов на дороге может происходить через видеокамеры, которые в данный момент времени установлены почти на каждом перекрестке. Также информация из различных ресурсов ГИС может помочь корректировать поведение транспортного средства.

В данной системе заказчик также отслеживает движение груза. В платформе может быть предусмотрено отслеживание груза, как, например в Яндекс такси, чтобы заказчик видел, где находится машина. Если при непредвиденных обстоятельствах увеличивается время доставки, система уведомляет об этом заказчика.

Плюсом будет то, что водителю не нужно заполнять бумажные документы. Системе достаточно будет заполнения водителем формы отчета о доставке, также в отчет о доставке будет входить отзыв заказчика.

В процессе функционирования формируется база данных, в которой будут храниться информация о каждом водителе, а также отзывы других заказчиков. В данной системе есть возможность выбора водителя исходя из его рейтинга, сформированного из отзывов других заказчиков.

Данная система повысит эффективность доставки, снизит операционные затраты, повысит прозрачность и контроль доставки.

Разработка такой платформы позволит оптимизировать и координировать маршрут в реальном времени представляет собой значительный шаг вперед в области логистики. Использование современных технологий позволяет существенно улучшить процессы доставки, снизить затраты и повысить уровень обслуживания клиентов. Внедрение таких решений способствует улучшению конкурентоспособности компаний и устойчивому развитию отрасли.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 **Карцан, И. Н.** Менеджмент транспортных услуг в логистике / И. Н. Карцан, А. О. Жуков, П. И. Карцан // Вестник Академии знаний. – 2024. – № 2 (61). – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/menedzhment-transportnyh-uslug-v-logistike> (дата обращения: 03.03.2025).

СПЕКТР ПРИМЕНЕНИЯ ГЕОСИНТЕТИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ В ДОРОЖНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

К. Д. КОШЕЛЕВА (СА-51)

Научный руководитель – канд. экон. наук, доц. *И. М. ЦАРЕНКОВА*
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Понятие «геосинтетические материалы» объединяет множество технических текстилей, сеток и решеток различного класса из синтетического или другого сырья, предназначенных для создания слоев широкого спектра назначения: армирующих, дренирующих, защитных, фильтрующих, гидро- и теплоизолирующих.

Геосинтетические материалы (далее ГМ) – относительно немолодой класс дорожно-строительных материалов. Первое применение датируется еще 1970 годом. На тот момент СССР принял программу по изготовлению ГМ в перспективе использования их в дорожной отрасли [1]. Первые опыты применения показали себя хорошо в геотехническом направлении и по части водно-теплого режима, что способствовало дальнейшему развитию в данном направлении и получению все большего разнообразия ГМ. В настоящее время геосинтетические материалы широко применяются в дорожном строительстве, при этом данная область постоянно расширяется.

ГМ классифицируются по разным признакам. Наиболее характерными видами классификации являются:

1) по типу материала:

– полиэфирные материалы (PET) – известны своей высокой прочностью и устойчивостью к ультрафиолетовому излучению;

– полиэтиленовые материалы (PE) – применяются в геомембранах и геосетках;

– полипропиленовые материалы (PP) – используются в геотекстильных материалах;

– полимерные композиты – сочетают в себе различные полимерные материалы для улучшения функциональных свойств.

2) по проницаемости – изоляционные, влагонепроницаемые, газонепроницаемые, фильтрующие, дренажные;

3) по степени деформируемости под действием нагрузки – нерастяжимые, растяжимые и сверхрастяжимые.

4) по выполняемой функции:

– геотекстили (тканые, нетканые) – используются для фильтрации, дренажа, армирования и защиты;

– геомембраны – представляют собой водонепроницаемые пленки, используемые для изоляции и предотвращения утечек. Основное применение – на свалках, водохранилищах и системах дощатого дренажа;

– объемные материалы, выпускаемые в рулонах, – геоматы – предназначены для достижения различных целей и имеющие отличную друг от друга структуру. Основное назначение геоматов – укрепление откосов;

– геосетки – используются для армирования и поддержания устойчивости грунтовых конструкций. Они обеспечивают распределение нагрузки;

– геокомпозиты – представляют собой комбинацию геотекстилей, геомембран и геосеток, которые обеспечивают комплексные решения для различных инженерных задач;

– геофабрики – многослойные конструкции, которые работают по принципу фильтрации и дренажа, часто используются в ландшафтном дизайне и строительстве.

ГМ имеют широкое применение в связи со своей дешевизной и простотой установки, а также оказывают огромное влияние на характеристики дорожных одежд с их использованием. Анализ представленных типов ГМ позволил определить основные преимущества их использования.

1 Способность повышать показатели устойчивости грунтов. Этого добиваются армированием грунта, вследствие чего увеличивается его прочность.

2 Обеспечение дренажа и фильтрации. Установка геотекстилей в дорожной одежде позволяет предотвратить накопление воды в грунте и в комбинации с дренажами улучшает отток воды из дорожных одежд.

3 Уменьшение негативного воздействия на окружающую среду. ГМ применяются для восстановления и укрепления земель, предотвращая дальнейшую деградацию грунтовых систем.

4 Ускорение сроков строительства.

5 Сокращение объемов земляных работ, а также уменьшение объемов транспортировки грунта.

6 Экономическая выгода.

Таким образом, применение геосинтетиков имеет ряд достоинств, однако с точки зрения строительства в первую очередь их рассматривают как средство повышения дорожных характеристик, таких как жесткость, прочность, упругость, повышение долговечности и объектов строительства. Значимую роль при этом имеет их экономическая эффективность.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 **Костин, В. И.** Геосинтетические материалы в дорожном строительстве : учеб.-метод. пособие / В. И. Костин. – Нижний Новгород : Нижегородский гос. арх.-стр. ун-т, 2022. – 145 с.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДЕФОРМИРОВАНИЯ ДОРОЖНОГО ПОКРЫТИЯ С УЧЕТОМ ЗАВИСИМОСТИ МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СЛОЕВ ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ

Д. А. КУПРЕЕВА (СА-51)

Научный руководитель – зав. каф. «Техническая физика
и теоретическая механика», д-р техн. наук, проф. *А. О. ШИМАНОВСКИЙ*
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

В процессе эксплуатации конструкции автомобильных дорог испытывают воздействия от различных нагрузок. Помимо сил, возникающих вследствие движения автомобилей, дорожная одежда подвержена упругопластическим деформациям, которые могут быть вызваны как сезонными, так и суточными колебаниями температуры окружающей среды [1]. В связи с этим возникает необходимость анализа влияния неравномерности распределения температур по высоте слоев дорожной одежды на напряженно-деформированное состояние конструкции дороги.

Целью исследования является определение влияния температуры покрытия с учетом ее изменения по времени на прогиб и напряжения в слоях дорожной одежды с применением метода конечных элементов. Для ее выполнения был выбран программный комплекс ANSYS. При моделировании использовались методики, описанные в работах [2, 3]. Учитывая необходимость проведения связанного статического и температурного анализа, использован 20-узловой шестигранный элемент SOLID226, который позволяет учитывать особенности мультифизического анализа.

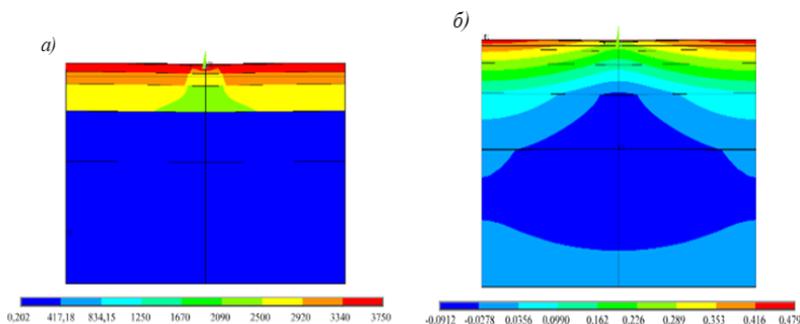


Рисунок 1 – Распределение напряжений (а) и деформаций (б) в четырехслойной конструкции дорожной одежды при температуре воздуха $T_n = +30\text{ }^{\circ}\text{C}$

В ходе расчетов получены следующие основные результаты:

1 Разработаны компьютерные модели дорог I и III категорий, позволяющие учитывать изменение температуры по высоте дорожного покрытия и определять его напряженно-деформированное состояние под действием нагрузки от шин автомобиля.

2 Постепенное повышение температуры поверхности, влекущее за собой увеличение температур всех слоев, приводит к увеличению толщины дорожного покрытия вследствие температурного расширения. При этом область с минимальными значениями перемещений дороги III категории, которая соответствует наибольшим деформациям от приложенной нагрузки распространяется не только на верхние два слоя асфальтобетона, но и на третий слой фракционированного щебня.

3 При расчете пятислойной конструкции дорожной одежды дороги I категории установлено, что при температурах поверхности $T_p \leq 50$ °С наибольшие напряжения возникают в верхнем слое асфальтобетонного покрытия. Максимальные касательные напряжения при увеличении температуры поверхности от +10 до +70 °С уменьшаются с 313 до 244 кПа. Модуль упругости в этом случае снижается более чем в 10 раз, что приводит также и к снижению предела прочности материала, поэтому существенно увеличивается вероятность появления пластических деформаций, а с ними – образования колеи на дорожном покрытии.

4 Установлено, что возникающие при скольжении объекта по покрытию краевые эффекты не будут оказывать влияния на распределение деформаций и напряжений в покрытии, если длина скольжения составляет не менее 2 толщин асфальтобетонного покрытия. Проведенный анализ показал, что перемещения уменьшаются на тот же порядок, на который увеличивается модуль упругости основания. В отличие от деформаций максимальные напряжения в покрытии при увеличении его модуля упругости в 3000 раз увеличиваются только в 3,5 раза.

Полученные результаты могут быть использованы при совершенствовании конструкций автомобильных дорог.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 **Kumlai, S.** The implications of increasing temperature due to climate change for asphalt concrete performance and pavement design / S. Kumlai, P. Jitsangiam, P. Pichayapan // *KSCE Journal of Civil Engineering*. – 2017. – Т. 21. – С. 1222–1234.

2 FEM Modelling of the Temperature Influence on the Stress-Strain State of the Pavement. Communications / A. Shimanovsky, A. Karabayev, I. Krakava [et al.] // *Scientific Letters of the University of Zilina*. – 2023. – Vol. 25, is. 1. – P. D1–D9. – Doi: 10.26552/com.C.2023.011.

3 **Цыганок, О. И.** Деформирование дорожной одежды при разных температурах ее поверхности / О. И. Цыганок, И. Е. Кракова, А. О. Шимановский // *Механика. Исследования и инновации*. – Вып. 15. – Гомель : БелГУТ, 2022. – С. 227–234.

РАЗВИТИЕ ЗЕЛЁНОЙ ЛОГИСТИКИ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

Е. А. КУРМАН, Н. В. МИРОНЧУК (101041-23)

Научный руководитель – магистр экон. наук, ст. преп. *А. С. ЗИНЕВИЧ*
Белорусский национальный технический университет, г. Минск

Республика Беларусь, как страна с развитой транспортной инфраструктурой и активным участием в международной торговле, сталкивается с необходимостью внедрения принципов зелёной логистики для повышения конкурентоспособности и снижения экологической нагрузки. В статье рассматриваются основные аспекты развития зелёной логистики в Беларуси, её текущее состояние, проблемы и перспективы.

Зелёная логистика (англ. green logistics) – это подход к управлению логистическими процессами, который направлен на снижение их негативного воздействия на окружающую среду. Основные принципы зелёной логистики включают: оптимизацию транспортных маршрутов для сокращения выбросов парниковых газов, использование экологически чистых видов транспорта, внедрение энергоэффективных технологий на складах, сокращение отходов и переработку упаковочных материалов [1].

Основные мероприятия по внедрению «зелёной» отражены в Национальной стратегии устойчивого социально-экономического развития Беларуси до 2030 года, согласно которой создаётся все больше условий для распространения и применения зелёной логистики. Основными мероприятиями являются утилизация пластикового мусора, переход на экопакеты, использование гибридных и электрических транспортных средств. Беларусь активно использует железнодорожный транспорт для грузоперевозок, что является более экологичным по сравнению с автомобильным транспортом. Развитие хозяйства электрификации снижает выбросы CO₂.

В Беларуси наблюдается рост интереса к электромобилям. Правительство стимулирует использование экологически чистого транспорта через налоговые льготы и развитие зарядной инфраструктуры. Например, в 2022 году компания ВКМ Holding (бывший «Белкоммунмаш») выпустила электрический грузовой автомобиль Vitovt II Truck electro prime, пробег которого за один заряд составляет 200 км.

В 2024 году МАЗ выпустил электрический грузовой автомобиль МАЗ-МАН 3301E1, который оснащён тяговым электродвигателем мощностью

120 кВт (160 л. с.) и аккумуляторами на 100 кВт·ч. Он способен преодолеть 300 километров на одном заряде [2].

Многие логистические компании продолжают использовать устаревшие транспортные средства и оборудование, что приводит к высокому уровню выбросов в атмосферу. Для решения этой проблемы требуется значительное инвестирование в новые технологии и инфраструктуру. Также проблема заключается в повышении экологической культуры среди бизнеса и населения. Многие компании до сих пор не осознают долгосрочных выгод от внедрения зелёных практик, таких как снижение издержек и повышение репутации.

Перспективы развития зелёной логистики в Беларуси связаны с интеграцией в международные экологические инициативы и программы. Участие в таких проектах, как Европейский зелёный курс, может стать стимулом для внедрения передовых технологий и стандартов в логистической отрасли. Европейский зелёный курс – это долгосрочная стратегия роста ЕС, направленная на то, чтобы сделать Европу климатически нейтральной к 2050 году.

Европейская комиссия приняла ряд предложений, направленных на то, чтобы сделать политику ЕС в области климата, энергетики, транспорта и налогообложения пригодной для сокращения чистых выбросов парниковых газов не менее чем на 55 % к 2030 году по сравнению с уровнем 1990 года [3].

Развитие зелёной логистики в Республике Беларусь является важным шагом на пути к устойчивому развитию и снижению экологической нагрузки. Успешное развитие зелёной логистики в Беларуси будет способствовать не только улучшению экологической ситуации, но и повышению конкурентоспособности страны на международной арене.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 **Климова, В. А.** «Зелёная» логистика / В. А. Климова // Проблемы экономики и информационных технологий : сб. тез. докл. 56-й науч. конф. аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР, Минск, 18–20 мая 2020 г. / Белорус. гос. ун-т информ. и радиоэлектроники. – Минск, 2020. – С. 111–113.

2 В Беларуси представили электрогрузовик MA3-MAH // Abw. – URL: <https://abw.by/news/rb/2024/10/26/v-belarusi-predstavili-malotonnazhnyi-elektrogruzovik-mazman> (дата обращения: 09.03.2025).

3 Европейский зелёный курс // Центр знаний по устойчивой энергетике. – URL: <https://secca.eu/ru/knowledge-hub/eu-policies-and-regulations/green-deal/#:~:text=Европейский%20зеленый%20курс%20—%20это,сравнению%20с%20урнем%201990%20года> (дата обращения: 09.03.2025).

ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ТРАНСПОРТНОЙ ЛОГИСТИКЕ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

Е. А. КУРМАН, Н. В. МИРОНЧУК (101041-23)

Научный руководитель – магистр экон. наук, ст. преп. *А. С. ЗИНЕВИЧ*
Белорусский национальный технический университет, г. Минск

Современная транспортная логистика сталкивается со множеством проблем, таких как увеличение объёмов грузоперевозок, необходимость оптимизации маршрутов, снижение затрат и минимизация воздействия на окружающую среду. В условиях глобальной цифровизации искусственный интеллект (ИИ) становится ключевым инструментом для решения этих задач. Республика Беларусь, как страна с развитой транспортной инфраструктурой и стратегическим расположением в центре Европы, активно внедряет технологии искусственного интеллекта (ИИ) в логистические процессы. В статье рассматриваются основные направления применения ИИ в транспортной логистике Республики Беларусь, их преимущества и перспективы развития.

Одним из ключевых направлений применения ИИ в транспортной логистике является оптимизация маршрутов. Использование алгоритмов машинного обучения позволяет анализировать большие объёмы данных, включая информацию о дорожной обстановке, погодных условиях, дорожных заторах и других факторах, влияющих на время доставки. В Беларуси такие системы уже внедряются крупными логистическими компаниями, такими как РУП «Белпочта» и УП «Белжелдорсервис».

Например, ИИ-алгоритмы помогают определять наиболее эффективные маршруты для доставки грузов, что сокращает время в пути и снижает расход топлива. Первый заместитель генерального директора РУП «Белпочта» в своем интервью рассказала, что на 2025 год запланировано запустить собственный маркетплейс для реализации товаров отечественного производства, при этом оператор продолжит совершенствовать свои бизнес-модели, делая акцент на технологических процессах с использованием искусственного интеллекта (на данный момент маркетплейс уже существует и активно работает) [1].

Искусственный интеллект также играет важную роль в прогнозировании спроса и управлении запасами. В Беларуси компании, такие как КТУП «Минсктранс» и ООО «БелАвтоТранс», используют ИИ-алгоритмы для анализа исторических данных, сезонных колебаний и других факторов, влияющих на спрос.

яющих на спрос. Это позволяет более эффективно планировать загрузку транспорта и распределять ресурсы.

Кроме того, ИИ используется для автоматизации процессов сортировки и обработки грузов на складах. В логистических центрах внедряются роботизированные системы, способные самостоятельно перемещать и сортировать грузы, что повышает эффективность и снижает вероятность ошибок. Согласно фактическому тестированию, использование складского робота может сократить трудозатраты на 50–70 % при отборе 1000 единиц товара. При сборе мелких товаров эффективность может быть более чем в три раза выше, чем при ручной комплектации, точность комплектации составляет 99,99 % [2].

Искусственный интеллект применяется для улучшения качества клиентского сервиса в транспортной логистике. ИИ-алгоритмы используются для анализа отзывов и обратной связи от клиентов, что позволяет компаниям оперативно реагировать на проблемы и улучшать качество услуг. В Беларуси компании внедряют чат-боты и виртуальных помощников, которые помогают клиентам отслеживать статус доставки, обновления в графике, планировать и оформлять заказы. По статистике, робот способен обработать 4 из 6 заказов самостоятельно, и при внедрении ИИ компании экономят 36 % ресурсов [3].

Применение искусственного интеллекта в транспортной логистике Беларуси открывает новые возможности для повышения эффективности, снижения затрат и улучшения качества услуг. Оптимизация маршрутов, прогнозирование спроса, автоматизация процессов и улучшение клиентского сервиса – это лишь некоторые из направлений деятельности, где ИИ уже демонстрирует свои преимущества. В будущем можно ожидать дальнейшего развития этих технологий, что позволит Беларуси укрепить свои позиции в качестве ключевого логистического узла в регионе. Однако для успешного внедрения ИИ необходимо продолжать инвестировать в исследования, разработки и обучение специалистов, способных работать с передовыми технологиями.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 «Белпочта» запустит свой маркетплейс в 2025 г. // ibMedia. – URL: <https://ibmedia.by/news/belpochta-zapustit-svoj-marketplejs-v-2025-g/> (дата обращения: 07.03.2025).

2 Как автоматизация повлияет на складские операции и управление // Logist today. – URL: https://logist.today/dnevnik_logista/2017-10-20/kak-avtomatizacija-povlijaet-na-skladskie-operacii-i-upravlenie/ (дата обращения: 10.03.2025).

3 Чат-боты и роботы для бизнеса // Axata. – URL: <https://axata.by/ii> (дата обращения: 10.03.2025).

О СОВЕРШЕНСТВОВАНИИ МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОСТАТОЧНЫХ ПОПЕРЕЧНЫХ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ ГОЛОВКИ И ПОДОШВЫ РЕЛЬСА ПРИ ПРОВЕДЕНИИ СТЕНДОВЫХ ИСПЫТАНИЙ ПРОМЕЖУТОЧНЫХ РЕЛЬСОВЫХ СКРЕПЛЕНИЙ

А. С. ЛАПУШКИН, исслед. в области техн. наук, ст. преп.
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

При проведении сертификации промежуточных рельсовых креплений важнейшим фактором является соответствие показателей, гарантирующих безопасность их применения в конструкции железнодорожного пути, нормативным значениям. Требования безопасности к данным объектам инфраструктуры представлены в Техническом регламенте таможенного союза «О безопасности инфраструктуры железнодорожного транспорта» (ТР ТС 003/2011). При этом контролируемые показатели и требования к их значениям при проведении испытаний на сегодняшний день в Республике Беларусь устанавливает ГОСТ 32698-2014 «Скрепление рельсовое промежуточное железнодорожного пути. Требования безопасности и методы контроля».

Спектр показателей для проведения испытаний рельсового крепления очень широк, однако особый интерес вызывают испытания на определение удерживающей способности узла рельсового крепления. Одним из видов испытаний является нагружение в поперечном направлении. При этом на узел одновременно действуют вертикальная (100 кН) и горизонтальная (50 кН) нагрузки. Испытания проводятся не менее чем на трех узлах до достижения 4 млн циклов нагружений каждым. При достижении предельного состояния любым из элементов узла крепления испытания останавливаются. Контролируемыми характеристиками при этом являются остаточные поперечные перемещения головки и подошвы рельса при циклическом воздействии. Также при испытаниях необходимо принимать меры по выявлению трещин, разрушений элементов рельсового крепления и разрушений шпалы. Для данных целей методикой предусмотрены наблюдения за состоянием рельсового крепления каждые 500 тыс. циклов с регистрацией измеряемых показателей.

Согласно ГОСТ 32698-2014 промежуточное рельсовое крепление является конструкцией, прикрепляющей рельс к рельсовой опоре. Таким образом, рельс и фрагменты шпал, применяемые при испытаниях, элементами крепления не являются, однако должны проходить испытания вместе с узлом. Очевидно, что от их состояния и качества изготовления зависит исход испытаний. Однако методика не оговаривает четких требований к данным элементам. Не сложно догадаться, что на основании принципов систе-

мы ведения путевого хозяйства в Республике Беларусь, отрезок рельса может быть применен как новый, так и старогодный, любой группы годности, но вместе с этим применение рельсов худших групп годности может привести к их исчерпанию их ресурса до окончания испытаний.

Фрагменты шпал должны быть, безусловно, изготовлены в соответствии с действующими стандартами, однако к их состоянию и наработке до проведения испытаний требования также отсутствуют. При возникновении трещины в теле фрагмента шпалы остаточные поперечные перемещения могут иметь искажения, при этом не ясно чем она вызвана, работой скрепления или состоянием фрагмента.

Для контроля остаточных поперечных перемещений могут применяться различные приборы, например механические индикаторы часового типа. Но у данного способа контроля существует ряд недостатков. Во-первых, при организации видеоконтроля за состоянием объекта испытаний и автоматизации нагружения необходимо постоянное присутствие работника для ручного снятия показаний перемещений. Во-вторых, измерения имеют точечный характер. То есть в момент снятия нагрузки испытатель видит только одно значение. По моментально снятому значению возможно, но вместе с этим трудно судить, насколько оно достоверно. Например, нет четкой уверенности в отсутствии сдвигов индикаторных стоек и отсутствии вибрации, изменяющей положение датчика. В-третьих, не представляется возможным произвести контроль нагружения узлов скрепления на предмет соответствия реальному характеру динамической нагрузки.

Альтернативой применения индикаторов часового типа могут служить датчики лазерного контроля перемещений. Данные средства измерений имеют возможность работать непрерывно при реализации циклических нагрузок и колебаниях объекта. Помимо этого достоинства, с их применением может быть организована непрерывная запись на протяжении всего времени проведения испытаний, что позволит отследить характер возникающих деформаций. Благодаря непрерывной записи по графику можно определять перемещения рельса в любую секунду на протяжении базового количества циклов. На основании проведения контрольных измерений показателей работы скреплений на действующих железнодорожных линиях при их работе под поездами может быть отслежена и воспроизведена повторяемость характера циклического нагружения.

В связи с этим следует подчеркнуть важность применения лазерных датчиков для измерения остаточных поперечных перемещений головки и подошвы рельса при проведении циклических испытаний узла промежуточного рельсового скрепления. Возможно реализовать данный метод с осуществлением непрерывной записи данных не только при проведении испытаний, но и при промежуточном контроле состояния геометрии рельсовой колеи.

АТАКИ НА КРИПТОГРАФИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ

А. С. ЛЕОНОВА, В. В. ЕМЕЛЬЯНЧИКОВА (СИ-31)

Научный руководитель – ст. преп. С. С. КОЖЕДУБ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Криптография является важным аспектом информационной безопасности, предназначенным для защиты данных от несанкционированного доступа. Тем не менее даже самые сложные криптографические системы могут иметь уязвимости, которые злоумышленники могут использовать для атак. Некоторые из этих методов сложно выявить до того, как они причинят значительный вред, однако многие из них можно предотвратить, принимая определенные меры заранее на регулярной основе.

Атаки на такие системы могут привести к серьезным последствиям, включая утечку конфиденциальной информации, финансовые убытки и подрыв доверия к цифровым технологиям. Чтобы защититься от действий злоумышленников, важно знать о различных типах атак на криптографические системы и понимать механизмы их осуществления.

Типы криптоаналитических атак:

Анализ известного открытого текста (КРА). В данном типе атаки злоумышленнику известны некоторые пары открытого и зашифрованного текста. Он сопоставляет их, чтобы определить ключ шифрования.

Анализ выбранного открытого текста (СРА). В этом случае злоумышленник выбирает произвольные открытые тексты и получает соответствующие им шифротексты, после чего пытается выявить ключ шифрования.

Анализ только шифротекста (СОА). В этом типе атаки злоумышленник располагает лишь некоторым шифротекстом и пытается определить соответствующий ключ шифрования и открытый текст.

Атака «Человек посередине» (МИТМ). При этом типе атаки злоумышленник перехватывает сообщения или ключи между двумя сторонами, которые взаимодействуют через защищенный канал.

Адаптивный анализ выбранного открытого текста (АСРА). Эта атака похожа на СРА.

Атака на день рождения. Данный метод основывается на вероятности того, что в группе из нескольких человек найдутся двое с одинаковым днем рождения.

Атака через сторонние каналы. Этот вид атаки опирается на информацию, полученную из физической реализации криптографической системы, а не на уязвимости самого алгоритма.

Атака методом перебора. Этот метод заключается в переборе всех возможных ключей до тех пор, пока не будет найден правильный.

Дифференциальный криптоанализ. Этот тип атаки включает в себя сравнение пар открытых текстов и соответствующих им зашифрованных данных для выявления закономерностей в алгоритме шифрования.

Для успешной реализации атак на криптографические системы злоумышленники могут использовать различные методы, такие как социальная инженерия (получение доступа к конфиденциальной информации путем манипуляции людьми), физический доступ и использование вредоносного ПО.

Одним из основных способов улучшения защиты от криптографических атак является использование более сильных алгоритмов шифрования. Такие алгоритмы обеспечивают высокий уровень безопасности и сопротивляемость криптоаналитическим атакам.

Кроме того, важно уделять внимание обучению и осведомленности пользователей о безопасности данных. Ведь даже самые совершенные криптографические системы могут быть уязвимыми, если пользователи не соблюдают базовые правила безопасности, такие как использование надежных паролей или не передача личной информации через незащищенные каналы связи. Поэтому необходимо проводить обучение и информирование пользователей о правилах безопасности и последствиях игнорирования этих правил.

В свете вышеизложенного, особое внимание следует уделить разработке и внедрению проактивных мер защиты. Это включает в себя анализ потенциальных уязвимостей, моделирование угроз и проведение регулярных аудитов безопасности. Важно не только реагировать на уже произошедшие инциденты, но и предвидеть возможные атаки, чтобы предотвратить их.

Ключевым аспектом является также сотрудничество между различными организациями и обмен информацией об угрозах. Создание единой платформы для обмена знаниями и опытом позволит быстрее выявлять и нейтрализовывать новые векторы атак. Это особенно важно в условиях глобализации и взаимосвязанности современных информационных систем.

Помимо технологических мер, необходимо также учитывать человеческий фактор. Обучение пользователей основам кибербезопасности, повышение их осведомленности о фишинговых атаках и других социальных инженерных методах позволит снизить риск успешной реализации атак.

Обеспечение надежной защиты криптографических систем – это сложная и многогранная задача, требующая комплексного подхода, постоянного внимания и сотрудничества между всеми заинтересованными сторонами. Инвестиции в кибербезопасность – это инвестиции в будущее и стабильность современного информационного общества.

ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ И КИБЕРБЕЗОПАСНОСТЬ

А. С. ЛЕОНОВА, В. В. ЕМЕЛЬЯНЧИКОВА (СИ-31)

Научный руководитель – ст. преп. С. С. КОЖЕДУБ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

С увеличением цифровизации и объемов данных киберугрозы становятся всё более сложными и разнообразными. Искусственный интеллект в области кибербезопасности применяет алгоритмы для анализа и сопоставления данных о событиях и угрозах из различных источников, преобразуя их в ясную и эффективную информацию, которую специалисты по безопасности используют для дальнейшего расследования, реагирования и подготовки отчетов.

Генеративный искусственный интеллект делает еще один шаг вперед, создавая оригинальный текст, изображения и другой контент на естественном языке, основываясь на шаблонах, содержащихся в имеющихся данных.

Роль ИИ в кибербезопасности:

– обнаружение аномалий: ИИ может анализировать большие объемы данных и выявлять аномалии, которые могут свидетельствовать о кибератаке. Например, если система обнаруживает аномальные модели поведения пользователей или трафика, это может указывать на возможную угрозу;

– анализ угроз: машинное обучение может быть использовано для анализа прошлых атак и выявления закономерностей, чтобы помочь предсказать и предотвратить будущие угрозы;

– автоматизация реагирования: ИИ может автоматизировать процесс реагирования на инциденты, позволяя системе быстро реагировать на угрозы без вмешательства человека. Это включает блокировку подозрительных IP-адресов и отключение взломанных учетных записей;

– фильтр фишинга: ИИ анализирует электронные письма и веб-сайты на предмет признаков фишинга и помогает пользователям избегать потенциально опасных ссылок.

Примеры применения ИИ в кибербезопасности:

– системы управления информацией и событиями безопасности (SIEM): используют ИИ для анализа журналов и событий в режиме реального времени для быстрого выявления подозрительной активности;

– платформы анализа угроз: используют машинное обучение для сбора и анализа данных о возникающих угрозах, позволяя организациям быть в курсе текущих рисков;

- роботизированная автоматизация процессов (RPA): использует ИИ для автоматизации рутинных задач кибербезопасности, таких как мониторинг и управление инцидентами.

Положительные аспекты применения ИИ:

- ИИ обладает высокой скоростью обработки данных, превосходя человека в этом аспекте, что обеспечивает более быструю реакцию на возникающие угрозы;

- точность искусственного интеллекта позволяет сократить количество ложных срабатываний за счет более глубокого и детального анализа данных;

- ИИ-системы обладают высокой масштабируемостью, позволяя им без труда адаптироваться к росту объемов обрабатываемых данных и количеству пользователей.

Несмотря на свои очевидные плюсы, внедрение ИИ в кибербезопасность всё же сталкивается с определёнными трудностями:

- требуется большое количество данных для обучения моделей искусственного интеллекта, что для некоторых компаний может стать существенной сложностью;

- алгоритмы могут быть предвзяты: если их обучение основано на данных, содержащих предвзятость, это может спровоцировать неверные выводы;

- постоянно эволюционирующие угрозы: киберпреступники применяют ИИ для создания всё более изощрённых атак, что подчёркивает необходимость постоянного совершенствования защитных систем.

Использование ИИ в кибербезопасности позволяет автоматизировать рутинные задачи, такие как мониторинг сетевого трафика и выявление аномалий. Алгоритмы машинного обучения способны анализировать огромные объёмы данных, выявляя закономерности и корреляции, которые могут указывать на потенциальную угрозу, что недоступно для человека.

Однако важно осознавать и риски, связанные с применением ИИ. Недостаточно обученные или предвзятые алгоритмы могут приводить к ложным срабатываниям или, наоборот, пропускать реальные угрозы. Кроме того, ИИ может быть использован злоумышленниками для создания более сложных и изощренных атак, способных обходить традиционные системы защиты.

Таким образом, внедрение ИИ в кибербезопасность требует комплексного подхода, включающего постоянное обучение и обновление алгоритмов, а также тесное взаимодействие с экспертами в области безопасности. Только в этом случае можно в полной мере реализовать потенциал ИИ и обеспечить надежную защиту от киберугроз.

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БЕСПИЛОТНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ НА БЕЛОРУССКОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГЕ

А. С. ЛЕОНОВА, В. В. ЕМЕЛЬЯНЧИКОВА (СИ-31)

*Научный руководитель – исслед. в области техн. наук, ст. преп. И. П. ДРАЛОВА
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Внедрение беспилотных технологий, сложный и многогранный процесс, который находится на ранних стадиях развития. Однако в Беларуси уже тестируют беспилотный транспорт. В Минске в скором времени начнут обкатывать 20 трамваев «с системой беспилотности первого уровня». А в Мозыре появится более продвинутый вариант, так как рельсы пролегают за пределы города. Суть системы в том, что она не позволяет водителю трамвая нарушать безопасность движения и исключить человеческий фактор.

Если на определенном участке дороги допустимая скорость движения составляет 40 км/ч, транспортное средство не сможет разогнаться, например, до 50 или 60. Система автоматически установит соответствующие ограничения в черте города. Кроме этого, система гарантирует, что водитель не проедет остановку, если вдруг отвлечется во время движения. Трамвай начнет производить процесс торможения самостоятельно.

Основываясь на вышесказанных данных, внедрить технологию беспилотного движения на Белорусской железной дороге реально, но, скорее всего, не в ближайшее пятилетие, так как имеются различия между беспилотными трамваями в городе и беспилотными поездами на сети железной дороги.

Основные различия:

– сложность инфраструктуры: железнодорожная инфраструктура значительно сложнее городской трамвайной сети;

– скорость и масштабы: скорость движения поездов на железной дороге значительно выше, чем у трамваев;

– безопасность: авария на железной дороге может иметь гораздо более катастрофические последствия, чем авария трамвая в городе;

– регуляторные аспекты: внедрение беспилотных поездов потребует разработки и принятия совершенно новых правил, стандартов безопасности, формирование новой правовой основы, что займет значительное время.

Система, описанная для трамваев, является лишь одним из базовых уровней автоматизации. Для полноценного беспилотного движения на железной дороге необходимы гораздо более сложные системы, способные учитывать множество факторов, включая:

– автоматическое распознавание объектов: точное и безошибочное распознавание объектов, голосовых сообщений диспетчера и интеллектуальное управление движением поездов;

– управление движением в сложных условиях: управление движением в нестандартных условиях;

– обнаружение опасных участков на перегоне (оборудовать компьютерным зрением рассматриваемую систему): обнаружение и принятие решений в сложных ситуациях (снижение скорости или остановка поезда или подача звукового сигнала на пути следования поезда (люди, животные, технические неполадки и т. д.);

– управление торможением и экстренным торможением: быстрая и эффективная реакция на внештатные ситуации.

Поэтому следует рассмотреть поэтапное внедрение автоматизации на Белорусской железной дороге.

Системы автоматического управления, требующие присутствия машиниста: внедрение систем, которые частично производят управление поездом, но при этом требуют постоянного присутствия машиниста для контроля и вмешательства в случае необходимости.

Функции, которые могут быть автоматизированы:

– регулирование скорости: система автоматически поддерживает заданную скорость, согласно тяговым расчетам, ограничения скорости в кривых участках пути. Машинист может корректировать скорость и производить контроль;

– навигация: система на основе спутниковых технологий и других систем ГИС определяет местоположение поезда и следит за траекторией следования поезда по маршруту. Машинист следит за правильностью функционирования тяговой системы;

– связь с поездным диспетчером: автоматизированная система связи обеспечивает передачу данных о местоположении, скорости и состоянии поезда диспетчеру.

Возможные недостатки системы:

– высокая стоимость внедрения: необходимость установки и обслуживания сложных систем автоматического управления;

– сложность интеграции: необходимо обеспечить надежную интеграцию системы автоматического управления с существующей инфраструктурой железной дороги;

– требуется квалифицированный персонал: обслуживание и ремонт системы автоматического управления требуют наличия квалифицированного персонала.

Опыт внедрения беспилотных систем управления трамвайным транспортом может быть полезен для БЧ. Более реалистичной выглядит реализация этого проекта поэтапным внедрением элементов автоматизации, а также интеллектуального управления.

V2X: БУДУЩЕЕ ТРАНСПОРТНОЙ ЛОГИСТИКИ

М. Г. ЛОБАЧ, Л. А. ДОВНАР (101042-22)

*Научный руководитель – канд. экон. наук, доц. П. И. ЛАПКОВСКАЯ
Белорусский национальный технический университет, г. Минск*

В современном мире управление цепями поставок становится все более сложным и многогранным процессом, требующим высокой степени координации и гибкости. С увеличением объемов транспортной работы и усложнением логистических процессов возникает необходимость в инновационных решениях, способных повысить эффективность и безопасность. Одним из таких решений является технология V2X (Vehicle-to-Everything).

V2X – это технология (расшифровывается как Vehicle-to-Everything – автомобиль, подключенный ко всему), которая представляет собой коммуникационную систему, которая позволяет транспортным средствам обмениваться информацией с другими участниками транспортного процесса.

Технология V2X основана на сочетании беспроводных технологий, позволяющих транспортным средствам передавать и получать данные.

Первоначально система V2X представляла собой набор стандартов, нацеленных на обеспечение взаимодействия и кибербезопасности транспортных средств нового поколения, предоставляя им возможность обмениваться данными с окружающей средой. Это позволило водителям получать актуальную информацию о дорожной ситуации, предупреждения о потенциальных опасностях и данные о состоянии дорог. Такой подход значительно снизил риски дорожно-транспортных происшествий и повысил общую безопасность на дорогах.

С развитием технологии V2X ее применение расширяется, охватывая не только аспекты безопасности, но и улучшение эффективности логистических процессов, что делает ее неотъемлемой частью современного управления транспортом.

Важной сферой внедрения технологии V2X стал общественный транспорт. Благодаря обмену информацией с транспортной инфраструктурой, общественный транспорт может получать приоритет во время движения, создавая так называемый «зеленый коридор». Например, в США технология V2X используется в Атланте для предоставления приоритета автобусам-экспрессам на перекрестках, когда они отстают от расписания.

В Индии система V2X также применялась для создания «зеленого коридора» для общественного транспорта. В эксперименте участвовали 378 автобусов, курсировавших по маршрутам средней протяженности 103 км с

178 остановками. С помощью технологии V2X автобусы взаимодействовали со светофорами, получая приоритетный проезд на перекрестках. В результате время в пути сократилось на 40 %, а время ожидания на перекрестках снизилось с 33,1 до 4,5 секунды, что составляет сокращение на 86,2 %.

Помимо социальной сферы, широкое применение технология V2X получила в логистике. Интеграция этой технологии позволяет оптимизировать процессы доставки и управления грузами, что значительно повышает эффективность логистических операций.

Сегодня Wildberries активно используют на своих складах беспилотные грузовые автомобили разработки Evocargo. Эти автомобили передвигаются по заданному маршруту длиной 2,5 километра. Платформы приводятся в движение электромоторами, способны разогнаться до 20 км/ч и перевозить до 2 тонн груза. По данным разработчиков, такой грузовик может работать без подзарядки до 20 часов.

В сентябре 2024 года в Российской Федерации на трассе М-11 «Нева», соединяющей Москву и Санкт-Петербург запустили движение беспилотных грузовых автомобилей. Как сообщили в Минтрансе России, по трассе запущены четыре беспилотных грузовика: два от КАМАЗа и два от «Сберавто-тех».

Первоначально оператор занимал место водителя и мог сразу перехватить контроль. Без аварий такая техника проехала более 3 млн км за полтора года. Это позволило перейти на следующий этап тестирования, при котором водитель смог пересесть на пассажирское сиденье.

Использование подобного транспорта невозможно без технологии V2X, которая обеспечивает безопасное и эффективное взаимодействие между беспилотными автомобилями и окружающей инфраструктурой.

Технология V2X находит применение во всех сферах нашей жизни. Интеграция данной технологии в грузоперевозки становится критически важной для повышения эффективности и безопасности транспортной деятельности компаний.

С использованием V2X компании смогут оптимизировать маршруты, сократить время доставки и уменьшить затраты, что приведет к значительным улучшениям в логистических процессах. Более того, такая интеграция позволит соответствовать современным тенденциям устойчивого развития, снижая углеродный след и способствуя экологически чистым методам транспортировки.

Таким образом, внедрение технологии V2X в грузоперевозки не только обеспечит конкурентные преимущества, но и поспособствует созданию более устойчивой и безопасной транспортной системы в будущем.

ИНСТИТУЦИОНАЛЬНЫЙ ПОДХОД К РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЮ В ДОРОЖНОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Д. Н. МАЗУР (СА-41)

*Научный руководитель – канд. экон. наук, доц. И. М. ЦАРЕНКОВА
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

В современных экономических условиях ключевой задачей является формирование устойчивых отраслей, в частности, в сфере транспорта и дорожного хозяйства. Устойчивое дорожное хозяйство – это система, обеспечивающая экологическую, социальную и экономическую устойчивость, рассматривающая вопросы эффективности, безопасности и взаимосвязи дороги и социума комплексно.

Для достижения устойчивости необходимо решить проблему ограниченности ресурсов, вызванной нерациональным потреблением, и стремиться к такому уровню потребления, который поддерживает экономический рост без ущерба для экологии. Институциональный подход к ресурсосбережению в дорожном хозяйстве предполагает анализ и совершенствование правил, норм и механизмов, регулирующих использование ресурсов на всех этапах жизненного цикла дорожной инфраструктуры.

Особое внимание уделяется институционализации экологических аспектов. Это предполагает учет воздействия на окружающую среду при принятии решений, внедрение экологически чистых технологий и материалов, а также разработку мер по снижению выбросов и отходов.

Внедрение институционального подхода к ресурсосбережению требует активного взаимодействия между государственными органами, научными организациями, бизнес-сообществом и общественностью. Это позволяет создать систему, стимулирующую инновации в области ресурсосбережения и обеспечивающую устойчивое развитие автодорожной инфраструктуры.

Одним из направлений повышения устойчивости дорожного хозяйства является концепция негаресурсов, предложенная Н. В. Овчинниковой. Негаресурсы – это потенциальные ресурсы, образующиеся в результате рационализации потребления конечной продукции и оптимизации производственных и логистических циклов [1].

Примером может служить экономия электроэнергии: вместо традиционных методов сокращения выбросов углекислого газа можно изменить условия использования электроэнергии, например, модернизировать производственные процессы. Сэкономленная энергия становится «негаватт-часами» – потенциально произведенной энергией, являющейся негаресурсом.

В дорожном хозяйстве реализация концепции негаресурсов становится возможной благодаря новым технологиям. Например, использование теплых асфальтобетонных смесей позволяет снизить температуру укладки и потребление энергии, создавая энергетические негаресурсы. Вспенивание битума снижает его расход без потери качества асфальтобетона, формируя материальные негаресурсы (негатонны битума) и дополнительные энергетические негаресурсы за счет снижения температуры нагрева [2].

При производстве дорожно-строительных материалов открываются большие возможности формирования негаресурсов. Их использование в дальнейшем уменьшает потребность в сырье и негативное воздействие на окружающую среду, способствуя устойчивому развитию дорожного хозяйства.

Использование вторичных материалов, таких как асфальтогранулят и другие отходы производства и строительства, также способствует формированию негаресурсов. Переработанный в стационарных условиях асфальтогранулят позволяет повторно его использовать в составе асфальтобетона, сокращая потребность в новом битуме и щебне, тем самым снижая экологическую нагрузку и экономя природные ресурсы.

Оптимизация логистических цепочек в дорожном хозяйстве, например, за счет сокращения расстояния при доставке материалов, также является важным аспектом формирования негаресурсов. Более эффективная логистика снижает расход топлива, выбросы парниковых газов и общие затраты на транспортировку.

Внедрение цифровых технологий и систем мониторинга состояния дорог позволяет более точно планировать ремонтные работы и предотвращать преждевременное разрушение дорожного покрытия. Это, в свою очередь, снижает потребность в частых ремонтах и замене дорожного полотна, способствуя экономии ресурсов и формированию негаресурсов.

Таким образом, концепция негаресурсов предоставляет дорожному хозяйству мощный инструмент для повышения устойчивости и эффективности. Интеграция инновационных технологий, использование вторичных материалов, оптимизация логистики и цифровизация процессов – все это в совокупности способствует созданию устойчивой и экологически безопасной автодорожной инфраструктуры.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 **Овчинникова, Н. В.** Экономические основы интернализации внешних эффектов в природопользовании : автореф. дис. ... д-ра экон. наук : 08.00.05 / Овчинникова Наталья Владимировна; Санкт-Петербургский гос. экон. ун-т. – СПб., 2007. – 32 с.

2 **Жуковский, Е. М.** К устойчивому дорожному хозяйству через производство негаресурсов / Е. М. Жуковский, С. Е. Кравченко, Н. В. Шехова // Наука и техника. – 2023. – Т. 22, № 3. – С. 256–264.

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ РЕМОНТА И ВОССТАНОВЛЕНИЯ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ ПОКРЫТИЙ ДОРОГ

Н. С. МИЦКОВСКИЙ, Р. Ю. ГУСТИНОВИЧ (СА-41)

*Научный руководитель – канд. экон. наук, доц. И. М. ЦАРЕНКОВА
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Своевременный ремонт асфальтобетонных покрытий в процессе эксплуатации является обязательным условием обеспечения надежности и долговечности конструкций дорожных одежд, способствует экономии эксплуатационных и транспортных затрат, повышает безопасность движения. Использование традиционных материалов и технологических приемов при ремонте не позволяет устранить появление новых деформаций и разрушений в течение длительного периода.

В 2024 году на ремонт, возведение и реконструкцию автомобильных дорог общего пользования было выделено 2,2 млрд рублей. В 2025 году планируется увеличить финансирование до 2,3 млрд рублей. При этом на постоянном контроле находится также состояние мостовых сооружений. В 2024 году в Республике Беларусь восстановлено 117 мостов. В дальнейшем планируется сохранить динамику: ремонтировать не менее 100 мостов в год. Как отметил на итоговой коллегии Министр транспорта и коммуникаций Республики Беларусь Алексей Ляхнович, «на республиканских автодорогах мы вышли на 10%-й уровень обновления, модернизации покрытия ежегодно. В текущем году отремонтировано более 1 700 километров дорог республиканского значения. То есть мы покрытие меняем фактически раз в 10 лет. Это позволяет, в принципе, на каком-то этапе отказаться, в том числе от ямочного ремонта» [1].

В Республике Беларусь применяются различные методы ремонта и восстановления асфальтобетонных покрытий, направленные на повышение качества и долговечности дорог: холодный ресайклинг, ямочный ремонт, фрезерование, герметизация трещин, использование полимерно-битумных вяжущих.

В условиях Республики Беларусь наиболее целесообразным могло бы стать применение холодного ресайклинга в качестве основного метода восстановления асфальтобетонных покрытий наряду с традиционным ямочным ремонтом. Это обусловлено следующими факторами: климатические условия, экономическая эффективность, экологическая безопасность, состояние дорожной сети, возможность выполнения работ.

При этом ямочный ремонт остаётся важным и необходимым методом для оперативного устранения локальных повреждений дорожного покры-

тия. Таким образом, сочетание холодного ресайклинга для капитального и ямочного ремонта в последующем позволит эффективно поддерживать дорожную сеть Республики Беларусь в надлежащем состоянии.

Современные методы ремонта и восстановления асфальтобетонных покрытий включают в себя ряд инновационных технологий, направленных на повышение долговечности и качества дорожного покрытия. Они предлагают решения, включающие в себя использование модифицированных битумов, полимерных добавок и геосинтетических материалов. Модифицированные битумы, например, улучшают эластичность и устойчивость асфальтобетона к температурным деформациям, что продлевает срок службы покрытия. Полимерные добавки повышают прочность и износостойкость асфальтобетона, снижая вероятность образования трещин и колеиности.

Как было отмечено ранее, широкое распространение получают технологии ресайклинга, как холодного, так и горячего. Холодный ресайклинг предполагает переработку существующего асфальтобетонного покрытия прямо на месте, с добавлением стабилизирующих добавок. Горячий ресайклинг включает в себя нагрев и переработку асфальтогранулята на асфальтобетонном заводе, с последующей укладкой на дорогу. Оба метода значительно снижают затраты на материалы и утилизацию отходов.

Применение геосинтетических материалов, таких как геосетки и геотекстиль, позволяет усилить асфальтобетонное покрытие и предотвратить распространение трещин. Геосетки, уложенные между слоями асфальтобетонного покрытия, распределяют нагрузку и увеличивают прочность на растяжение, а геотекстиль обеспечивает дренаж и предотвращает попадание воды в основные дорожной конструкции.

В последние годы активно развивается технология микросюрфейсинга, представляющая собой нанесение тонкого слоя модифицированной эмульсии на существующее асфальтобетонное покрытие. Этот метод эффективен для устранения мелких дефектов, повышения шероховатости и улучшения водонепроницаемости дорожного полотна. Микросюрфейсинг позволяет быстро и экономично восстановить эксплуатационные характеристики дороги без необходимости проведения капитального ремонта.

Использование инновационных методов ремонта и восстановления асфальтобетонных покрытий позволяет не только повысить качество и долговечность дорог, но и снизить негативное воздействие на окружающую среду, а также оптимизировать затраты на содержание и ремонт дорожной сети.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Министерство транспорта и коммуникаций Республики Беларусь : [сайт]. – Минск, 2022–2025. – URL: <http://www.mintrans.gov.by> (дата обращения: 01.03.2025).

СПЛОШНОЙ КОНТРОЛЬ ПУТИ НА ВЫСОКОСКОРОСТНЫХ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ МАГИСТРАЛЯХ

Н. А. МОЧАЛОВ, аспирант каф. «Путь и путевое хозяйство»
Научный руководитель – д-р техн. наук, проф. *Н. И. КОВАЛЕНКО*
Российский университет транспорта, г. Москва

Глобальная протяженность высокоскоростных железнодорожных магистралей (далее ВСМ) расширяется с каждым годом, поэтому мониторинг и текущее техническое обслуживание сети становятся все более сложными из-за высокого спроса на перевозки и ограниченного по часам количества технологических «окон».

В 2023 году протяженность высокоскоростных железнодорожных линий более 60 тыс. км. Китай является ведущей страной в строительстве ВСМ (75 % от общей сети в мире). По данным UIC, еще 19,9 тыс. км находится в процессе строительства, 16,8 тыс. км – в большей степени готовности перед началом реализации и 33,5 тыс. км характеризуются как «долгосрочные планы». При реализации всех проектов общая протяженность сети ВСМ в мире составит 130–135 тыс. км.

При эксплуатации железных дорог со скоростями свыше 200 км/ч необходимо внедрение передовых технологий мониторинга и диагностики, позволяющих своевременно выявлять дефекты и повреждения. Одним из технологических решений для обеспечения надежности и безопасности движения поездов на высокоскоростной железнодорожной магистрали является внедрение высокоскоростных диагностических поездов, которые способны выявлять неисправности на ранних стадиях. Это позволит обеспечить устойчивую эксплуатацию высокоскоростной железнодорожной магистрали и оптимизировать техническое обслуживание.

Высокоскоростной диагностический поезд является ключевой технической единицей для мониторинга и диагностики путевой инфраструктуры в странах с развитой сетью ВСМ. Например, Китай, как страна с наибольшей протяженностью высокоскоростных железнодорожных линий, на сегодняшний день в своем парке имеет 16 высокоскоростных диагностических поездов различных модификаций, которые различаются по скорости диагностики, применению в различных климатических зонах и другим факторам. Эти поезда оснащены современными системами мониторинга, позволяющими в режиме реального времени собирать данные о состоянии путевой инфраструктуры.

Главной особенностью поездов является диагностика верхнего строения пути в дневное время между коммерческими поездами при бесперебойной

работе, большее количество времени на устранение обнаруженной неисправности в ночное время. Поезд диагностирует более сотни различных параметров, что в электронном виде составляет от 5 до 6 гигабайт необходимых сведений в день. Чтобы избежать электромагнитных помех, вся информация передаётся в централизованную систему по оптоволоконной сети для обеспечения большей надёжности.

На примере французского поезда «IRIS 320» можно получить некоторые сведения об организации работы и получаемых результатах путеизмерительных и диагностических систем, установленных в высокоскоростном инспекционном подвижном составе.

В течение рабочего дня с помощью данного поезда можно получить информацию до 1500 км длины ВСМ. Диагностическим комплексом инспекционного поезда оцениваются такие параметры, как геометрия пути, сигнализация, проверяются контактная сеть (КС) и связь.

Поезд «IRIS 320» оснащён 75 датчиками, которые приводятся в действие во время движения. На крыше вагонов установлены два купола для мониторинга контактной сети, 13 антенн (4G, GPS, GSM-R) и 17 измерительных систем. Поезд оборудован системами локализации, состоящими из датчиков, обеспечивающих выявление дефектов и неисправностей с точностью до 5 метров. На рисунке 1 показана схема расположения вагонов и датчиков.

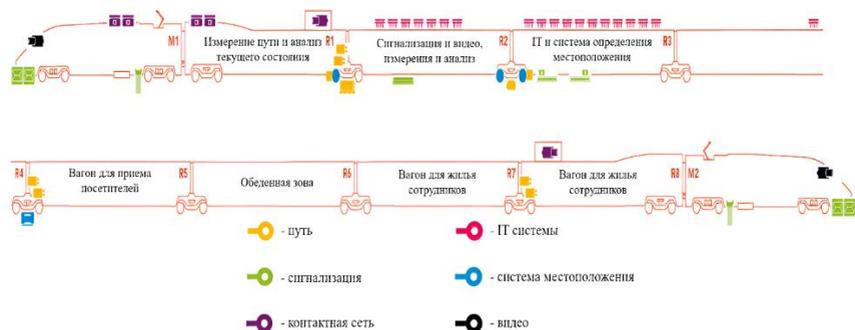


Рисунок 1 – Схема расположения датчиков в вагонах поезда «IRIS 320»

Внедрение высокоскоростного диагностического поезда для ВСМ представляет преимущества, которые невозможно достичь традиционными методами диагностики. Техническое обслуживание ВСМ планово-предупредительного характера происходит в основном в ночное время. Для этого необходимо выполнить требуемую диагностику, получить сведения о неисправностях и нарушениях и только потом осуществлять техническое обслуживание. Без использования высокоскоростного диагностического поезда оперативно получить информацию практически невозможно.

ПРЕДПОСЫЛКИ СОЗДАНИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА РАБОЧЕГО СОСТОЯНИЯ ОПЕРАТИВНОГО РАБОТНИКА ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ

А. Г. МУХИНА, А. О. КОРНЕЕНКО (СИ-31)

Научный руководитель – исслед. в области техн. наук, ст. преп. *И. П. ДРАЛОВА*
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Железнодорожная отрасль по-прежнему занимает одно из ведущих мест в транспортной сфере, на неё возложена задача осуществления безопасных и качественных пассажирских и грузовых перевозок. Современные задачи отрасли – снижение аварийности, оптимизация управления и взаимодействие с пассажирами. Разработанное современное приложение нацелено именно на их решение. Это комплексная цифровая экосистема, которая объединит сотрудников железнодорожной компании и клиентов для повышения эффективности и комфорта людей.

Основные функции и особенности приложения:

1 Мониторинг состояния здоровья сотрудников, занятых оперативной работой (ДНЦ, ДСП и др.), особенно в ночное время:

– технологический потенциал: использование носимых устройств (смарт-браслетов, часов и т. д.) уже давно зарекомендовало себя в различных сферах. Такие устройства способны отслеживать такие параметры, как например: частота пульса, уровень артериального давления или другие жизненно важные показатели. Интеграция этих данных с системой управления рабочим персоналом поможет избежать перегрузок, минимизируя вероятность остановок в работе и непредвиденных ситуаций;

– напоминания о необходимости отдыха в соответствии с санитарными нормативами.

2 Интерактивное обучение и повышение квалификации:

– симуляторы аварийных ситуаций – реальный способ подготовить сотрудников к действиям в экстренных условиях. Виртуальная реальность (VR) и дополненная реальность (AR) могут быть эффективным инструментом для таких тренингов;

– создание базы знаний для обмена опытом среди сотрудников.

3 Оперативная связь и аварийное реагирование:

– координация: централизованная система связи между разными подразделениями БЧ поможет сократить время реакции на внештатные ситуации, что особенно актуально в случае технических неполадок или ЧП;

– быстрая передача данных между ответственными людьми в тех или иных ситуациях.

4 Оптимизация управления:

– искусственный интеллект способен анализировать исторические и текущие данные, чтобы предсказать пиковую загрузку и оптимизировать движение поездов;

– сокращение незапланированных перерывов в работе и оптимизация нагрузок на рабочих местах.

Реализация такого приложения способна повысить уровень безотказной и безостановочной работы оперативного персонала на железной дороге за счёт минимизации влияния человеческого фактора и сокращения аварийных ситуаций.

Однако внедрение данного приложения может быть трудозатратно и дорогостояще по следующим причинам:

1 Высокие затраты на внедрение. Инфраструктура, включая разработку и установку цифровых систем, потребует значительных инвестиций.

2 Потребуется массовая закупка гаджетов для персонала и своевременная проверка их.

3 Кибербезопасность. Интеграция цифровых технологий требует усиленной защиты данных.

4 Создание облачных хранилищ для дальнейшего анализа данных.

5 Сопrotивление изменениям. Сотрудники могут опасаться автоматизации и внедрения носимых устройств, что требует программы информирования и адаптации.

6 Создание новых отделов и новых штатных единиц для поддержания такой системы в рабочем состоянии.

7 Для реализации такого проекта необходима юридическая основа.

Создание информационной системы мониторинга рабочего состояния оперативного работника железной дороги является важным шагом на пути к обеспечению безопасности, повышению эффективности и улучшению качества работы железнодорожной отрасли.

Интеграция современных цифровых технологий не только минимизирует влияние человеческого фактора, но и создаст основу для более устойчивого и прогрессивного развития всей транспортной системы. Несмотря на возможные трудности, связанные с внедрением этой системы, её использование обещает значительно повысить уровень профессиональной подготовки сотрудников, оперативность реагирования на внештатные ситуации и комфорт как для персонала, так и для пассажиров. Современное приложение для железнодорожной отрасли станет не только технологическим решением, но и инструментом, который послужит надежным переходом от традиционных методов к инновационному будущему.

ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТРУМЕНТАРИЙ ЦИФРОВИЗАЦИИ ТРАНСПОРТНО-ЛОГИСТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ДОРОЖНО-СТРОИТЕЛЬНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ

В. Л. МУЧИНСКИЙ, аспирант

Белорусский национальный технический университет, г. Минск

Л. Г. МУЧИНСКИЙ, главный механик

*Государственное предприятие ССУ № 4 государственного предприятия
«Управление дорожно-мостового строительства и благоустройства
Мингорисполкома», Республика Беларусь*

В современной экосреде, характеризующейся глобальной цифровой трансформацией, сформировалась критическая необходимость переосмысления дорожно-строительными организациями республики традиционных методов управления транспортно-логистическими процессами. На данный момент управление цепочками поставок в системе дорожного строительства страны характеризуется полуформализованной структурой, в которой процессы планирования закупок, складирования и транспортировки происходят на базе устаревших ИТ-решений и фрагментарного обмена информацией между структурными подразделениями. Планирование закупок и поставок осуществляется преимущественно на основе фиксированных графиков, не отражающих динамичность рыночных флуктуаций, что приводит к неадекватной реакции на колебания спроса и предложения.

Экспертный анализ существующей системы выявляет ряд критических точек, связанных с низкой степенью автоматизации и отсутствием интеграции информационных потоков, что порождает длительные циклы планирования, неэффективное распределение товарно-материальных ценностей и высокие временные и финансовые затраты. В этой связи возникает острая необходимость цифровизации транспортно-логистических процессов, позволяющая с помощью современных технологий повысить точность и оперативность принятия управленческих решений, оптимизировать управление цепочками поставок и корректировать маршруты транспортировки в режиме реального времени. Внедрение цифровых платформ, основанных на алгоритмах обработки больших данных и машинного обучения, открывает возможность интеграции ERP-систем со специализированными решениями для управления транспортом, что способствует созданию единой информационной среды.

Реализация цифровой трансформации начинается с проведения комплексного аудита существующих транспортно-логистических процессов, включающего: системный анализ, функциональное моделирование и экспертный анализ, что позволит выявить слабые стороны и определить основные

направления модернизации. На основании результатов диагностики формируются технические и функциональные задания, предусматривающие определение ключевых показателей эффективности, масштабируемости и безопасности интегрируемой цифровой инфраструктуры с учетом требований международных стандартов, таких как ГОСТ, ISO и IEC. Концептуальная архитектура цифровой системы предусматривает модульную структуру, объединяющую управление закупками, складскими операциями и работой транспорта, при этом предполагается интеграция с IoT-устройствами для мониторинга технического состояния транспортных средств и оборудования.

Выбор специализированного программного обеспечения осуществляется с учетом его совместимости с существующей ИТ-инфраструктурой, соответствия требованиям информационной безопасности и возможности подключения дополнительных аналитических модулей, что позволяет реализовать прогнозирование логистических потоков и оптимизировать алгоритмы распределения ресурсов с применением методов линейного программирования и сетевых графов. Пилотное тестирование внедряемых решений проводится в реальных условиях эксплуатации.

В процессе цифровой трансформации особое внимание уделяется интеграции аналитических модулей и систем визуализации, позволяющих в режиме реального времени отслеживать ключевые показатели эффективности транспортно-логистических процессов посредством дашбордов и системы автоматизированного оповещения.

Таким образом, текущее состояние логистических процессов дорожно-строительных организаций Республики Беларусь характеризуется рядом фундаментальных проблем, среди которых выделяются фрагментарность информационных потоков, неэффективное распределение материальных ресурсов и зависимость от устаревших методов управления, что приводит к длительным циклам планирования и высоким затратам. Обоснование необходимости цифровизации основывается на потенциале применения современных информационных технологий для создания интегрированной, оперативной и прозрачной системы управления цепочками поставок, способной обеспечить гибкое реагирование на изменения рыночной экосреды и оптимизировать использование ресурсов.

Предложенное решение предусматривает поэтапный план, включающий диагностику текущего состояния, формирование технических требований, разработку концептуальной архитектуры единой цифровой платформы, пилотное тестирование, масштабирование и постоянное совершенствование системы за счет внедрения аналитических модулей и современных инновационных технологий. Такой комплексный подход к цифровизации не только повышает конкурентоспособность и оперативность управления транспортно-логистическими потоками, но и создает условия для устойчивого развития дорожно-строительной отрасли в условиях цифровой трансформации экономики.

ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ НА СЛАБЫХ ГРУНТАХ В УСЛОВИЯХ ПРИПЯТСКОГО ПОЛЕСЬЯ

М. Ю. НИКИТЕНКО, магистр техн. наук, ассистент
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Припятское Полесье – регион с уникальными геологическими и гидрологическими условиями: до 70 % его площади занимают заболоченные земли с мощными торфяными залежами и слабыми грунтами, что представляет собой значительные инженерно-геологические трудности при строительстве и эксплуатации автомобильных дорог. В рамках государственной программы развития районов Припятского Полесья на 2025–2030 годы особое внимание уделяется модернизации транспортной инфраструктуры [1]. Одной из целей программы является повышение качества жизни населения через обеспечение безопасного и комфортного уровня эксплуатации автомобильных дорог, а также улучшение доступности удаленных населенных пунктов. Реализация этих задач требует внедрения инновационных инженерных решений, учитывающих специфику слабых грунтов и экологические ограничения региона. Качественное строительство и содержание дорог становятся ключевыми факторами устойчивого развития территории, способствуя экономической интеграции и снижению транспортной изоляции.

Припятское Полесье – это обширная низменная равнина, сформированная преимущественно аллювиальными отложениями Припяти и ее притоков. Эти отложения представлены сложной системой слоев различной мощности и состава: от плотных песков до высокопластичных глин и торфяников. Глубина залегания плотных грунтов, способных обеспечить надежную опору для земляного полотна, часто значительна. Наличие мощных слоев водонасыщенных грунтов обуславливает высокую степень пучинистости и сжимаемости оснований. Уровень грунтовых вод, как правило, близок к поверхности, что усугубляет ситуацию и существенно влияет на устойчивость земляного полотна. В Припятском Полесье преобладают торфяные грунты, суглинки высокой влажности, илы и пески с низким коэффициентом фильтрации, что на этапе проектирования вызывает такие проблемы, как деформация основания (просадки, боковые смещения), сезонные изменения несущей способности грунтов, экологические ограничения (риск нарушения гидрологического режима болотных экосистем).

К основным методам проектирования земляного полотна на слабых грунтах относятся:

1 *Инженерно-геологические изыскания*: детальное изучение геологического разреза, определение физико-механических свойств грунтов, уровня грунтовых вод, анализ гидрогеологических условий – все это является основой для принятия обоснованных проектных решений. Особое внимание уделяется оценке сжимаемости и пучинистости грунтов.

2 *Выбор типа земляного полотна*: в зависимости от результатов инженерно-геологических изысканий выбирается оптимальный тип земляного полотна.

3 *Расчет осадки и устойчивости*: проведение детальных расчетов осадки насыпи под действием собственного веса и нагрузки от транспорта. Анализ устойчивости земляного полотна к сдвигам и оползням, особенно на склонах.

4 *Отвод воды от земляного полотна*: эффективная система дренажа является критически важной для предотвращения повышения уровня грунтовых вод и снижения несущей способности грунтов.

5 *Укрепление слабых грунтов*: применение различных методов укрепления для повышения несущей способности слабых грунтов, таких как цементация (инъекция цементного раствора в грунт для увеличения его прочности); биоцементация (использование микроорганизмов для связывания частиц грунта); термоукрепление (нагревание грунта для повышения его прочности); геосинтетические материалы (геотекстиль, георешетки, геомембраны для укрепления и стабилизации грунтов).

После строительства земляного полотна необходим постоянный мониторинг его состояния. Регулярные наблюдения за осадками, деформациями, уровнем грунтовых вод позволяют своевременно выявлять возможные проблемы и принимать необходимые меры. В случае обнаружения деформаций может потребоваться проведение ремонтных работ, включая подсыпку грунта, укрепление основания, а также замену поврежденных участков.

Проектирование и строительство земляного полотна автомобильных дорог на слабых грунтах в условиях Припятского Полесья – сложная инженерная задача, требующая комплексного подхода и использования современных методов. Только тщательное изучение геологических условий конкретной местности, оптимальный выбор типа земляного полотна, эффективная система отвода воды и укрепления слабых грунтов, а также постоянный мониторинг состояния позволяют обеспечить надежную и долговечную эксплуатацию автомобильной дороги. Успешное сочетание современных технологий способствует преодолению транспортной изоляции и устойчивому росту экономики Полесья.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 О Программе развития районов Припятского Полесья на 2025–2030 годы : постановление Совета Министров Респ. Беларусь от 31 декабря 2024 г. № 1072.

ПЕРСПЕКТИВЫ СТРОИТЕЛЬСТВА ВЫСОКОСКОРОСТНОЙ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ МАГИСТРАЛИ МИНСК – МОСКВА: АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТЕЙ И ВЫЗОВОВ

М. Ю. НИКИТЕНКО, магистр техн. наук, ассистент
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Строительство высокоскоростной железнодорожной магистрали (ВСМ) между Минском и Москвой является амбициозным проектом, который может значительно изменить транспортную инфраструктуру региона. В условиях растущей интеграции двух стран и необходимости сокращения времени в пути между столицами проект ВСМ рассматривается как стратегическая инициатива, способная укрепить экономические, культурные и туристические связи. Однако его реализация сопряжена рядом технических, финансовых и экологических вызовов.

Одной из главных целей и преимуществ ВСМ Минск – Москва является обеспечение высоких скоростей движения поездов. Предполагается, что скоростные поезда на этой линии будут развивать скорости до 300–350 км/ч. Это позволит сократить время в пути между городами до 2–3 часов по сравнению с текущими 7–9 часами на обычных поездах (рисунок 1).

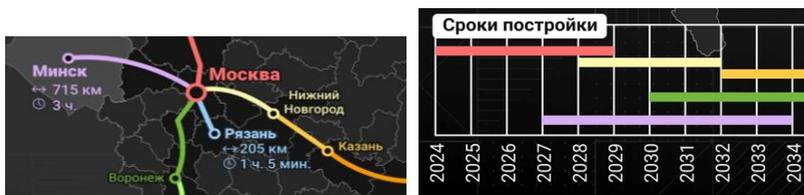


Рисунок 1 – План ВСМ с примерным сроком строительства

Такой переход на высокие скорости приведет к значительному повышению привлекательности железнодорожного транспорта, который сможет конкурировать с авиоперевозками. Для сравнения: аналогичные проекты в Европе (например, линии TGV во Франции) демонстрируют, что ВСМ способна перераспределить до 60 % пассажиропотока с авиации и автомобильного транспорта [1].

Внедрение технологий высоких скоростей – это не просто технологический вызов, но и культурная перемена. Поезда, движущиеся на таких скоростях, требуют специальных конструкций пути, составов и систем управления.

Одним из ключевых требований является минимизация кривых участков пути и подъемов на маршруте, а также модернизация инфраструктуры, включая мосты, тоннели и системы сигнализации, что увеличит стоимость проекта.

Несмотря на все сложности, преимущества строительства скоростной линии Минск – Москва очевидны и значительны:

1) экономическая выгода: ускорение передвижения между столицами позволит увеличить деловую активность и привлечь новые инвестиции в регионы, прилегающие к маршруту;

2) улучшение качества жизни: сокращение времени в пути улучшит качество жизни людей, обеспечив им возможность быстрого перемещения между городами для работы и отдыха;

3) увеличение туризма: сокращение времени в пути сделает более доступными туристические поездки между Минском и Москвой, что благоприятно скажется на экономике обоих городов;

4) экологические преимущества: железнодорожный транспорт считается одним из наиболее экологичных видов транспорта, и его развитие поможет снизить выбросы вредных веществ в атмосферу;

5) рост технологий и инфраструктуры: внедрение передовых технологий и развитие инфраструктуры окажет положительное воздействие на весь транспортный сектор, стимулируя инновации и научно-технический прогресс.

Строительство ВСМ, конечно, может столкнуться с социальными и экологическими вызовами из-за необходимости изъятия земель и шумового воздействия. Экологические риски включают фрагментацию природных ландшафтов и угрозу биоразнообразию. Для их минимизации потребуются применение «зеленых» технологий, таких как шумозащитные экраны и эстакадные конструкции.

Проект строительства высокоскоростной железной дороги между Минском и Москвой представляет собой серьёзный шаг к модернизации транспортной системы регионов. Несмотря на множество сложностей, его реализация обещает значительные экономические и социальные выгоды. Важно продолжать изучать и развивать этот проект, стремясь к созданию полноценного и эффективного транспортного коридора, который станет образцом для аналогичных начинаний в других регионах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Карасёва, А. А. Анализ мирового опыта развития высокоскоростного железнодорожного транспорта / А. А. Карасёва, М. А. Васильева // Молодой ученый. – 2016. – № 6 (110). – С. 114–117. – URL: <https://moluch.ru/archive/110/26636/> (дата обращения: 01.03.2025).

ТРАНСПОРТНАЯ ИНФРАСТРУКТУРА ЛОГИСТИЧЕСКИХ ТЕРМИНАЛОВ: ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

Р. М. НИКОЛАЕВИЧ, А. А. ДМИТРИЧЕНКО (101041-24)

Научный руководитель – магистр экон. наук, ст. преп. *Ю. А. ОСИПОВА*
Белорусский национальный технический университет, г. Минск

Логистический терминал представляет собой специализированный грузовой узел с высокой степенью механизации погрузочных работ и автоматизации учёта обрабатываемых товаров, который отвечает за отгрузку, хранение, а также отправку и сортировку грузов. Терминал может осуществлять переработку грузов по морским, воздушным, железнодорожным и автомобильным путям, имея при себе всю необходимую инфраструктуру и, как правило, именно качество инфраструктуры логистического центра определяет эффективность транспортных, складских и других операций, выполняющихся в нём [1].

Современная инфраструктура в логистическом терминале – самая важная. В нынешнее время терминалы могут сталкиваться со следующими проблемами:

1 Задержки в обработке грузов.

Причины: как правило, нехватка рабочей силы или опыта работников.

Последствия: риск доставки не того груза, задержки в доставке груза, что вызывает недовольство клиентов, ухудшение репутации терминала, а также оплата штрафов за просрочку доставки груза.

Решением этой проблемы может быть внедрение системы автоматизированного учёта на складах и обучение сотрудников для повышения их квалификации. Хорошей перспективой в этой области является развитие ИИ-ботов на базе CorpGPT, которые могут выполнять разные функции, начиная с автоматизации документооборота (обработка и классифицирование), заканчивая построением наиболее выгодных, а также безопасных маршрутов по доставке грузов и даже обучению новых сотрудников путём предоставления им справочной информации в режиме реального времени и тестирования знаний [2].

2 Проблемы с транспортной инфраструктурой (автомобильные и железные дороги, инфраструктура морских и речных портов) как на этапе проектирования и строительства, так и на этапе полноценной эксплуатации.

Причины: износ в связи с высоким уровнем эксплуатации объектов инфраструктуры, отсутствие необходимых финансовых вложений в обслуживание транспортной инфраструктуры.

Последствия: риск поломки транспорта, ухудшение качества доставляемой продукции, особенно стеклянной, и т. п.

Решением может послужить тщательная проектировка с учётом местного ландшафта и погодных условий, регулярное техническое обслуживание с выделением на это предприятие нужной суммы финансов. Перспективой в данной области можно отметить использование компьютерных программ автоматизированного проектирования, таких как AutoCAD Civil 3D или Bentley OpenRoads, способных анализировать огромные объёмы данных, касающихся рельефа и климата.

Данные программы способны создавать детальные 3D-модели будущих трасс. Они могут автоматизировать рутинные задачи и помогают избежать ошибок. Расчеты становятся более быстрыми и точными, а инженеры могут сосредоточиться на творческой составляющей.

В практике строительства дорог внимание уделяется и материалу. К современным разработкам можно отнести самовосстанавливающийся асфальт и фотокаталитические покрытия. Особенностью первого является его способность самовосстанавливаться, это касается в основном мелких трещин, но при активной эксплуатации дороги это способно минимизировать затраты на её обслуживание.

Особенностью же второго материала является его экологическая «дружелюбность». Дороги из фотокаталитического покрытия, благодаря наличию диоксида титана, способны очищать воздух от вредных веществ под воздействием солнечного света.

Проведенное исследование позволяет сделать ряд выводов: стремительное развитие цифровых технологий увеличивает автоматизацию логистической деятельности. Инновации в области химии способствуют созданию новых дорожных материалов, являющихся более надёжными и экологичными, а впоследствии и более дешёвыми.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Логистические терминалы // Рэндматес. – URL: <https://xn--80ahe0adrmg8g.xn--p1ai/pages/logisti-cheskie-terminaly> (дата обращения: 06.03.2025).

2 CorpGPT – разработка и внедрение AI-ботов // АльянсСофт. – URL: <https://asoft.by/resheniya/corpgpt-razrabotka-i-vnedrenie-ai-botov> (дата обращения: 06.03.2025).

3 Инновации в дорожном строительстве // Группа компаний «Традиция». – URL: <https://www.tradicia-k.ru/articles/innovacii-v-dorozhnom-stroitelstve/> (дата обращения: 06.03.2025).

ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ РАБОТЫ В ИНЖЕНЕРНЫХ ВОЙСКАХ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ МОСТОВ

В. Н. ПАВЧЕНЕЦ (ВМС-11)

Научный руководитель – ст. преп. *Н. С. СЫРОВА*

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Геодезические работы, выполняемые при строительстве мостовых сооружений в инженерных войсках, представляют собой комплекс измерений, которые обеспечивают точность и качество возведения объекта. В условиях современного строительства геодезические измерения охватывают практически все этапы – от начального планирования до мониторинга эксплуатационных характеристик готовых сооружений. Точность производимых работ очень важна для обеспечения надежности и безопасности, поэтому к их выполнению привлекаются высококвалифицированные офицеры инженерных войск. При производстве полевых работ на местности используют тахеометры, беспилотные летательные аппараты, сканеры и различные электронные приборы. На больших территориях для получения координат объектов наиболее эффективно использовать GNSS-технологии в режиме РТК (реального времени). В современной геодезии активно используется тахеометрическая съемка и GPS-измерения. Аэрофотограмметрические работы наиболее целесообразно производить в труднодоступных, загрязненных и опасных районах [1].

Разбивочные мероприятия при строительстве мостов обладают своими уникальными характеристиками и требованиями, которые принимают во внимание особые условия и задачи, возникающие перед военными инженерами. К подготовительному этапу относится анализ проектной документации, включающий изучение чертежей, что позволяет определить допустимые отклонения в конструкции моста.

Огромную роль играет оценка местности, которая предполагает предварительное обследование территории для выявления возможных препятствий и особенностей рельефа. На этапе рекогносцировки геодезических пунктов необходимо определить исходные точки для использования в процессе разбивки, по возможности произвести восстановление утраченных данных. Мостовая триангуляция выступает базовой методикой планирования расположения опор и контроля протяженности мостового перехода. Длины сторон колеблются от 0,2 до 2,0 км. Угловые измерения производят со средней квадратической ошибкой 1–2 секунды [2].

Для обеспечения точности при возведении мостов через крупные водные преграды геодезические пункты триангуляции размещают как на акватории, так и в прибрежной зоне, что упрощает процесс их монтажа. Трилатерация строится в основном тогда, когда метеоусловия не позволяют производить уг-

ловые измерения в триангуляции с необходимой точностью. Полигонометрию в виде системы ходов используют для мостов, строящихся на суходоле. Стороны измеряют со средней квадратической ошибкой 5 мм, а углы 2–3 секунды [1].

В ходе строительства необходимо регулярно осуществлять геодезические измерения для контроля положения и вертикальности конструкций, изменения рельефа и состояния грунтов, а также нагрузок на мостовые сооружения. Для исключения фактора технологической ошибки используют множество датчиков и систем мониторинга изменений конструкций моста в процессе его возведения и эксплуатации. Геодезическое плано-высотное обоснование, полученное путем спутниковых измерений, должно удовлетворять строительным нормативным документам.

В связи с постоянной трансформацией рельефа, погодными условиями и ограниченным временем возникают соответствующие трудности при возведении мостов. Для решения данных вопросов применяют современные методы планирования работ, создание мобильных групп и постоянное повышение квалификации офицерского состава. Обеспечение экологической безопасности при проведении инженерно-геодезических работ в процессе строительства мостов требует комплексного подхода и внимательного отношения к окружающей среде. Внедрение эффективных мер по минимизации негативного воздействия поможет сохранить экосистемы и улучшить качество жизни населения. Соблюдение техники безопасности важно для предотвращения несчастных случаев и создания благоприятной атмосферы в инженерных войсках.

Геодезические работы при строительстве мостовых сооружений инженерными войсками играют ключевую роль в обеспечении точности и надежности объектов. Комплексный подход к выполнению поставленных задач, включая использование современных технологий и методов, позволяет эффективно управлять данными, продлить срок службы и упростить обслуживание моста. Постоянное внедрение инновационных решений в геодезии обеспечивает высокое качество работ и способствует созданию безопасных, устойчивых мостовых конструкций, отвечающих современным тенденциям и требованиям [3].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 **Атрошко, Е. К.** Инженерная геодезия и фотограмметрия : учеб.-метод. пособие / Е. К. Атрошко, И. П. Дралова, Г. М. Куновская, Н. С. Сырова. – Гомель : БелГУТ, 2021. – 100 с.

2 **СН 1.02.01-2019.** Инженерные изыскания для строительства = Інжынерныя вышуканні для будаўніцтва : строительные нормы Республики Беларусь : утв. М-вом архитектуры и стр-ва Респ. Беларусь 26.12.19 № 74: введ. с отменой СНБ 1.02.01-96. – Минск : Минстройархитектуры, 2020. – IV, 113 с.

3 **Атрошко, Е. К.** Прикладная геодезия и современные инженерно-геодезические технологии : учеб.-метод. пособие / Е. К. Атрошко, И. П. Дралова, Н. С. Сырова. – Гомель : БелГУТ, 2023. – 97 с.

ПОДБОР ОПТИМАЛЬНОЙ НОРМЫ РАСХОДА СГП ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ ВЛИЯНИЯ ПРОФИЛАКТИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ НА КОЭФФИЦИЕНТ СЦЕПЛЕНИЯ АСФАЛЬТОБЕТОННОГО ПОКРЫТИЯ

*В. В. ПЕТРУСЕВИЧ, доц. каф. «Военно-специальная подготовка»
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Негативное влияние погодно-климатических факторов, а также значительный рост интенсивности автомобильного движения приводит к несвоевременному выходу из строя объектов транспортной инфраструктуры в Республике Беларусь.

В статье приведен один из возможных вариантов защиты асфальтобетонного покрытия автомобильных дорог от указанных выше разрушающих факторов, которым является разработанный состав гидрофобный профилактический (далее – СГП) [1], а также выполнен подбор его оптимальной нормы расхода. Материал, используемый при написании данной работы, получен при реализации инновационного проекта «Гидрофобный состав для профилактической обработки асфальтобетонных покрытий автомобильных дорог» при финансировании Государственным комитетом по науке и технологиям на оборудовании организации «Гомельоблдорстрой».

Подбор оптимальной нормы расхода СГП для экспериментального определения коэффициента сцепления на обработанном асфальтобетонном покрытии осуществлялся прибором ударного действия типа ППК конструкции Ю. В. Кузнецова согласно СТБ 1566–2005.

Принцип работы прибора основан на имитации процесса скольжения заблокированного колеса автомобиля по дорожному покрытию при нормированных условиях их взаимодействия: нагрузка на колесо (2942 ± 49) Н, скорость движения (60 ± 3) км/ч на мокром дорожном покрытии с использованием шины с гладким рисунком протектора размером $6,45 \times 13''$ с внутренним давлением воздуха $0,17-0,01$ МПа и положительной температуре окружающей среды. В то же время величина коэффициента сцепления, определяемого приборами ППК и ИКСп-2М, зависит от материала и состояния поверхности резиновых имитаторов.

При проведении исследований были выбраны следующие показатели СГП, которые ранее зарекомендовали себя оптимально с точки зрения экономической эффективности: количество гидрофобизатора – 10 %, количество минерального наполнителя – до 17 % [2, 3].

Исследования выполнялись на асфальтобетонном покрытии типа Б, температура окружающего воздуха + 10 °С, норма расхода СГП 0,3 л/м², 0,5 л/м², 0,7 л/м², 0,9 л/м² (таблица 1).

Таблица 1 – Результаты определения коэффициента сцепления дорожного покрытия

№ п/п	Рецептура СГП, мас. %				Коэффициент сцепления (среднее значение по результатам пяти испытаний)			
	связующее	растворитель	минеральный наполнитель	гидрофобизатор	Норма расхода СГП, л/м ²			
					0,3	0,5	0,7	0,9
1	55	19	16	10	0,520	0,540	0,535	0,525
2	60	16	14	10	0,520	0,543	0,540	0,525
3	65	13	12	10	0,530	0,547	0,532	0,527
4	70	10	10	10	0,532	0,535	0,525	0,520
5	75	7	8	10	0,525	0,526	0,523	0,515

Анализ таблицы 1 показывает, что лучшие показатели наблюдаются при норме расхода СГП 0,5 л/м². Лучшие показатели наблюдаются у СГП, мас. %: связующее – 65; минеральный наполнитель – 12; растворитель – 13; гидрофобизатор – 10. Данные значения хорошо согласуются с проведенными ранее исследованиями. Также стоит отметить, что при уменьшении количества растворителя коэффициент сцепления уменьшается, так как состав хуже проникает вглубь асфальтобетонного покрытия.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Патент ВУ 24097, МПК Е01С 11/24 (2006.01). Гидрофобный состав для профилактической обработки асфальтобетонных покрытий автомобильных дорог: № а 20180114 : заявлено 23.03.2018 : опубл. 30.10.2023 / Бочкарев Д. И., Петрусевич В. В. ; заявители Бочкарев Д. И., Петрусевич В. В. – 5 с.

2 **Петрусевич, В. В.** Исследование влияния состава гидрофобного профилактического «ПРОТЕКТ-01» на физико-механические свойства материалов асфальтобетонных покрытий / В. В. Петрусевич // Наука и техника. – 2023. – Вып. 4. – С. 294–300.

3 **Петрусевич, В. В.** Подбор оптимального состава профилактической обработки и анализ его влияния на физико-механические свойства материалов асфальтобетонных покрытий / В. В. Петрусевич // Горная механика и машиностроение. – 2019. – № 2. – С. 73–77.

ОСНОВНЫЕ ТЕНДЕНЦИИ В НАПРАВЛЕНИИ РАЗВИТИЯ СБОРНО-РАЗБОРНЫХ МОСТОВЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Е. В. ПЕЧЕНЕВ, преп. каф. «Военно-специальная подготовка»,
П. А. КАЦУБО, ст. преп. каф. «Военно-специальная подготовка»
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Мосты и переправы во все периоды истории играли важную роль в развитии транспортных коммуникаций государства. При этом конструктивные особенности мостовых парков, а также условия и способы их применения совершенствовались в соответствии с развитием экономики и промышленности страны. В современных условиях возникновения локальных конфликтов, террористических угроз и ежегодно возникающих чрезвычайных ситуаций (наводнения, пожары, землетрясения) особое внимание необходимо обратить на развитие табельных сборно-разборных мостовых конструкций. Это единственный возможный способ открытия сквозного движения в короткое время на барьерных участках транспортной сети в случае разрушения действующих мостов [1].

Создание быстровозводимых мостов из сборно-разборных мостовых конструкций является актуальной и приоритетной задачей.

В процессе выполнения научных работ научным коллективом военно-транспортного факультета были разработаны, а Государственным пограничным комитетом Республики Беларусь изготовлены быстровозводимые сборно-разборные мосты на жестких и плавучих опорах.

Быстровозводимые мосты на жестких опорах предназначены для преодоления водных препятствий, труднопроходимой местности под нагрузку до 1 т в зависимости от применяемых пролетных строений (рисунок 1).

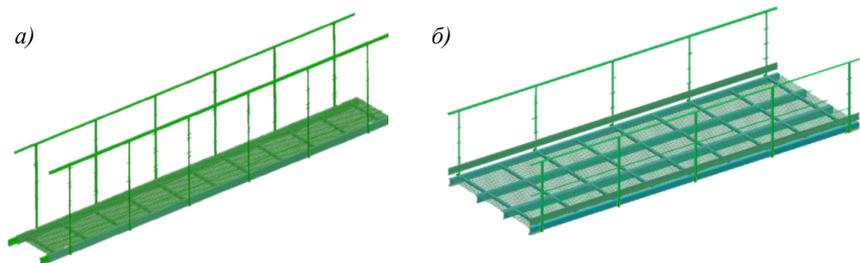


Рисунок 1 – Общий вид пролетных строений:
а – пролетное строение СРММП-1 под нагрузку 0,5 т; б – пролетное строение
СРММП-2 под нагрузку 1 т

Использование сборно-разборных металлических мостовых пролетов СРММП-1, СРММП-2, позволяет перекрывать водные преграды и ущелья.

Сборно-разборный металлический мостовой пролет СРММП-1 предназначен для быстрой установки пешеходных низководных мостов на барьерных участках местности, при чрезвычайных ситуациях, а также при ликвидации стихийных бедствий [2, 3].

Сборно-разборный металлический мостовой пролет СРММП-2 предназначен для быстрой установки низководных мостов, под нагрузку до 1 т, на барьерных участках местности, при чрезвычайных ситуациях, а также при ликвидации стихийных бедствий [4].

Быстровозводимые мосты из сборно-разборных мостовых конструкций обладают множеством преимуществ.

Одним из них является быстрое открытие движения на барьерных участках местности. В первую очередь, речь идет об эвакуации населения с использованием мостов на плавучих опорах [5].

При необходимости пропуска нагрузки до 3 т возможно увеличить количество плавучих опор с увеличением сечения элементов пролетных строений, воспринимающих динамические нагрузки. В таком случае можно говорить о движении легковых автомобилей, подвозе запасов материальных средств подразделениям, выполняющим задачи по предназначению [5].

Малогабаритные размеры позволяют быстро и скрытно передислоцировать мостовые элементы всеми видами техники, а также с использованием гражданских транспортных средств.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 **Бобрицкий, С. М.** Концепция индивидуального формирования структуры временных технических объектов, находящихся под воздействием нагрузок разной природы // *Механика. Исследования и инновации: междунар. сб. науч. тр.* – Гомель, 2023. – Вып. 16. – С. 22–27.

2 Патент ВУ 24037, МПК Е 01D 15/12. Малогабаритный сборно-разборный мостовой пролет : № а 20210130 : заявл. 03.05.2021 : опубл. 31.03.2023 / А. А. Поддубный, П. А. Кацубо, С. М. Бобрицкий, Р. Ю. Доломанюк ; заявитель Белорус. гос. ун-т трансп.

3 Система основных параметров сборно-разборного металлического мостового пролетного строения малой грузоподъемности : отчет о НИР / Белорус. гос. ун-т трансп. ; рук. темы С. М. Бобрицкий. – Гомель : БелГУТ, 2021. – 60 с.

4 Система основных параметров сборно-разборного металлического мостового пролетного строения грузоподъемностью до 1 т под однопутное движение : отчет о НИР / Белорус. гос. ун-т трансп. ; рук. темы А. А. Поддубный. – Гомель : БелГУТ, 2023. – 57 с.

5 **Поддубный, А. А.** Инженерные решения автомобильного наплавного сборно-разборного быстровозводимого моста под максимальную осевую нагрузку до двух тонн / А. А. Поддубный, Е. В. Печенев // *Вестник БелГУТа : Наука и транспорт.* – 2023. – № 2 (47). – С. 25–27.

УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНИЧЕСКИМ СОСТОЯНИЕМ ПУТИ В СОВРЕМЕННЫХ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ УСЛОВИЯХ

Э. А. САВЕЛЬЕВА, аспирант каф. «Путь и путевое хозяйство»
Научный руководитель – канд. техн. наук, доц. Е. Н. ГРИНЬ
Российский университет транспорта, г. Москва

Работа железнодорожного пути в настоящее время происходит в сложных эксплуатационных условиях. Рост среднесетевой грузонапряженности на сети железных дорог России с 2003 по 2024 год составил порядка 43 %, осевой нагрузки – 54 % (с 12,97 тс в 2003 г. до 20 тс в 2024 г.). Рост объема перевозок на сети дорог на сегодняшний день привел к увеличению протяженности участков с расчётным повышенным ресурсом эксплуатации. Протяженность данных участков (со сверхнормативным пропущенным тоннажем) составляет 23,1 тыс. км на сети.

Анализ статистических данных показал, что к 2024 году техническое состояние пути снизилось на 0,5 % по сравнению с 2023 годом. Также к 2024 году было выявлено на 17 % больше неудовлетворительных километров, что привело к увеличению количества ограничений скорости на 25,5 %.

С 2021 по 2024 год сохраняется тенденция к росту количества отступлений. Относительно показателей 2021 года общий прирост количества отступлений второй степени составил 29,25 %, третьей степени – 16 %, четвертой – 85,71 % (рисунок 1).

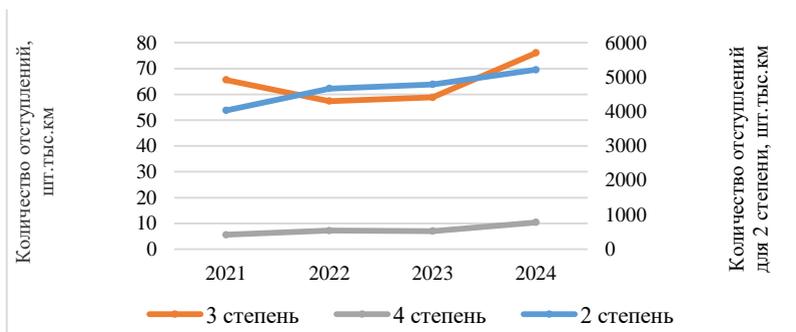


Рисунок 1 – Анализ количества отступлений по геометрии рельсовой колеи на 1 тыс. км за 2021–2024 годы

Проведенный анализ показал, что в современных эксплуатационных условиях недостаточные объемы ремонтно-путевых работ привели к ухудшению показателей по геометрии рельсовой колеи и увеличению дефектности элементов верхнего строения пути. Следует отметить, что нельзя забывать и о

качестве выполнения ремонтно-путевых работ, так как на данный момент наблюдается увеличение участков пути после ремонта, имеющих оценки «удовлетворительно» и «неудовлетворительно» на 5 %.

Всё вышеперечисленное может привести к увеличению рисков, связанных с нарушением безопасности движения поездов, а именно к ограничению скорости. Основными причинами ограничения скорости в настоящее время являются: дефектность элементов верхнего строения пути, наличие участков с неустойчивым и деформирующимся земляным полотном, неисправность в изолирующем стыке, износ элементов стрелочных переводов, недостаточное количество материально-технических ресурсов. Для обеспечения надежности, безопасности и бесперебойности движения поездов необходимо обратить особое внимание на управление техническим состоянием пути, которое включает в себя комплекс мероприятий, направленных на оптимизацию затрат и повышение качества перевозочного процесса, сосредоточение ресурсов на критически важных участках, оперативную корректировку плана ремонта пути, постоянный анализ и внедрение новых технологий.

Управление техническим состоянием железнодорожного пути является замкнутой циклической системой (рисунок 2), обеспечивает надежность и работоспособность эксплуатации железнодорожного пути.



Рисунок 2 – Схема управления техническим состоянием железнодорожного пути

В современных эксплуатационных условиях, характеризующихся разнообразием, управление техническим состоянием пути должно основываться на обеспечении длительной стабильности и максимальной продолжительности жизненного цикла при минимальных затратах на его техническое обслуживание.

ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ РАБОТЫ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ДОРОГ В ИНЖЕНЕРНЫХ ВОЙСКАХ

М. В. САКОВИЧ (ВСА-11)

Научный руководитель – ст. преп. *Н. С. СЫРОВА*

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

В современном мире геодезические работы незаменимы в процессе строительства дорог и дорожных сооружений, особенно в инженерных войсках, которые осуществляют точные измерения. Совершенствование технологий производства позволяет надежно определять координаты основных объектов и точек на местности.

При производстве инженерно-геодезических работ используют тахеометры, GPS-оборудование, беспилотные летательные аппараты и различное программное обеспечение. Сканирование дает возможность производить инженерные работы быстрее в режиме реального времени (РТК) и сразу же вести обработку всех циклов строительства.

Трехмерная цифровая модель (облако точек) показывает точное изображение объекта с вычисленными необходимыми характеристиками и позволяет контролировать процессы. Применение (БПЛА) обеспечивает высокую точность только при наличии контрольных точек на земле, при их отсутствии она в пределах 10–20 сантиметров.

Аэрофотограмметрические работы наиболее целесообразно производить в труднодоступных, загрязненных и опасных районах. Симбиоз различного геодезического оборудования и новых технологий необходим для получения и обработки огромного количества данных [1].

Проект трассы выносят в натуру по данным привязок углов поворота к пунктам геодезической основы или ближайшим контурам местности. Предпочтение отдают выносу точек трассы от пунктов геодезической основы как более надежному и точному. Наиболее распространенный способ детальной разбивки кривых – способ координат, в стесненных условиях применяют способ хорд. Рекогносцировка геодезических пунктов необходима для определения исходных точек, которые будут использованы в процессе разбивки, при утрате данных по возможности производят восстановление.

После окончания любого цикла работ делают исполнительную съемку. При съемке автодорожного покрытия определяют отметки по поперечникам в точках на оси дороги и по краям проезжей части. Поперечные уклоны не

должны отличаться от проектных более чем на 0,03. На железных дорогах проверяют ширину рельсовой колеи и разность отметок головок рельсов обеих ниток на одном поперечнике. Отклонение от проектной ширины рельсовой колеи должно быть в пределах от +4 до –3 мм, а разность отметок головок рельсов на одном поперечнике должна составлять 4 мм [2]. Строительный контроль осуществляется с помощью лазерного сканирования для оперативного выявления отклонений, производят нивелирование и закладку реперов при наблюдении за высотными отметками [3].

Экологическая безопасность строительства дорог инженерными войсками является важной задачей, так как данный процесс может оказывать значительное влияние на окружающую среду. Перед началом работ необходимо провести комплексную оценку, что включает в себя анализ экосистем и возможные последствия строительства. Необходимо предусмотреть устройство мостов и тоннелей, чтобы снизить воздействие на животный и растительный мир. Военным инженерам необходимо учитывать особенности в гидрологии региона, предотвращая эрозию и загрязнение водоемов.

Геодезические работы в условиях военных операций требуют строгого соблюдения мер безопасности. Необходимо обязательное использование: касок, бронежилетов (в зоне боевых действий), защитных очков, перчаток, прочной обуви, светоотражающих жилетов, респираторов при работе в запылённых зонах.

После завершения строительства выполняется исполнительная съёмка для фиксации выполненных работ и создания отчетной документации. Применение инновационных технологий позволяет военным инженерам на всех циклах обеспечить не только точность, но и безопасность эксплуатации дорожной инфраструктуры, минимизируя риски возникновения аварийных ситуаций и продлевая срок службы дорожных объектов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 **Сырова, Н. С.** Инновации в геодезии с использованием BIM-технологий / Н. С. Сырова, И. П. Дралова // Проблемы и решения инновационного развития науки, образования и технологий в Узбекистане : материалы Междунар. науч.-техн. конф. / Андижан. машиностроит. ин-т. – Андижан, 2024. – С. 1356–1358.

2 **СН 1.02.01-2019.** Инженерные изыскания для строительства = Інжынерныя вышуканні для будаўніцтва : строительные нормы Республики Беларусь : утв. М-вом архитектуры и стр-ва Респ. Беларусь 26.12.19 № 74 : введ. с отменой СНБ 1.02.01-96.-Минск : Минстройархитектуры, 2020. – IV, 113 с.

3 **Атрошко, Е. К.** Прикладная геодезия и современные инженерно-геодезические технологии : учеб.-метод. пособие / Е. К. Атрошко, И. П. Дралова, Н. С. Сырова. – Гомель : БелГУТ, 2023. – 97 с.

АНАЛИЗ СПОСОБОВ СООРУЖЕНИЯ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГИ М-10 НА УЧАСТКАХ ПЕРЕСЕЧЕНИЯ БОЛОТ

А. Ю. САКУЛА (СА-51)

Научный руководитель – канд. техн. наук, доц. *Г. В. АХРАМЕНКО*
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Автомобильная дорога М-10 – граница Российской Федерации (Селище) – Гомель – Кобрин является перспективным транспортным коридором, связывающим Российскую Федерацию, Республику Беларусь и Казахстан с европейскими странами. Участок дороги, подлежащий реконструкции, проходит по территории Гомельской области между Речицким и Калинковичским районами (рисунок 1).



Рисунок 1 – Проектируемый участок дороги М-10

Поскольку на рассматриваемом участке трасса в отдельных местах проходит по болотистой местности, а сооружение земляного полотна автомобильных дорог в этих условиях представляет собой сложную инженерную задачу, то ниже рассматриваются основные способы, которые применяются для строительства дорог на болотах.

Одним из эффективных методов является использование геотекстиля, который выполняет роль разделительного и армирующего слоя. Геотекстиль укладывается на поверхность болота, предотвращая смешивание насыпного материала с болотным грунтом и обеспечивая его равномерное распределение нагрузок.

Толщина земляного полотна с учетом геотекстиля рассчитывается по формуле

$$H = Q / \gamma k, \quad (1)$$

где H – толщина земляного полотна; Q – нагрузка на единицу площади; γ – плотность материала насыпи; k – коэффициент армирования геотекстиля.

Эта формула помогает определить необходимую толщину земляного полотна с учетом армирующих свойств геотекстиля, чтобы обеспечить устойчивость и равномерное распределение нагрузки на болотистом грунте [1].

Второй метод предусматривает использование свай. Сваи забиваются в болото до несущих слоев грунта, а на их вершинах устраивается ростверк. Это позволяет создать устойчивую основу для земляного полотна.

Несущая способность свай

$$P = qA, \quad (2)$$

где P – несущая способность свай; q – удельное сопротивление грунта; A – площадь поперечного сечения сваи.

Эта формула позволяет определить, какую нагрузку может выдержать свая, исходя из сопротивления грунта и размера сваи.

Третий метод включает в себя использование песчано-гравийных подушек, которые устраиваются на поверхности болота. Такие подушки повышают несущую способность грунтов и обеспечивают дренаж избыточной влаги.

Толщина песчано-гравийной подушки

$$H_{\text{пг}} = Q / \gamma_{\text{пг}} k_{\text{пг}} \quad (3)$$

где $H_{\text{пг}}$ – толщина песчано-гравийной подушки; Q – нагрузка на единицу площади; $\gamma_{\text{пг}}$ – плотность песчано-гравийной смеси; $k_{\text{пг}}$ – коэффициент эффективности подушки.

Эта формула позволяет определить необходимую толщину песчано-гравийной подушки, чтобы обеспечить достаточную несущую способность и эффективный дренаж избыточной влаги на болотистых участках.

Так как на данном участке тип болот 3 по инженерно-строительной квалификации, то использовать вышеперечисленные способы не представляется возможным. Поэтому предусмотрено полное выторфовывание до минерального дна с засыпкой непылеватым песчаным грунтом [2].

Таким образом, вышеописанные методы позволяют эффективно решать задачи по строительству земляного полотна автомобильных дорог при прохождении по болотам, обеспечивая их надежность и долговечность.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 **Знаменский, В. В.** Основы геотехники : учеб.-метод. пособие / В. В. Знаменский, Н. Г. Лобачева, Д. Ю. Чунюк, С. М. Сельвиян. – М. : Изд-во МИСИ – МГСУ, 2022. – 45 с.

2 **Ахраменко, Г. В.** Проектирование земляного полотна автомобильных дорог в сложных природных условиях Республики Беларусь / Г. В. Ахраменко, Е. А. Темников. – Гомель : БелГУТ, 2015. – 51 с.

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ДТП

Е. В. САНДУЛ (СИ-31)

Научный руководитель – ст. преп. С. С. КОЖЕДУБ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Современные технологии искусственного интеллекта (ИИ) и анализа больших данных (Big Data) находят широкое применение в транспортной отрасли, в том числе для прогнозирования дорожно-транспортных происшествий (ДТП). Использование данных технологий позволяет заранее выявлять потенциально опасные участки дорог, анализировать факторы риска и разрабатывать меры по их снижению, что способствует повышению безопасности дорожного движения.

Прогнозирование ДТП основано на обработке больших объемов данных, включающих историческую информацию о происшествиях, данные с датчиков и камер видеонаблюдения, погодные условия, интенсивность движения, состояние дорожного покрытия и другие параметры. ИИ-модели, используя алгоритмы машинного обучения, анализируют эти данные и выявляют закономерности, позволяющие предсказывать вероятность аварий в определенных местах и в определенное время.

Среди множества подходов прогнозирования ДТП с использованием ИИ и Big Data можно выделить несколько основных:

1) анализ исторических данных – изучение прошлых ДТП с учетом географического положения, времени суток, погодных условий и других факторов;

2) машинное обучение и нейросетевые модели – применение алгоритмов, таких как градиентный бустинг, случайные леса, глубокие нейронные сети для выявления скрытых зависимостей;

3) обработка данных в реальном времени – использование датчиков IoT (Интернет вещей), GPS-трекеров, видеонаблюдения и систем контроля дорожного движения для оперативного анализа дорожной обстановки;

4) геоинформационные системы (ГИС) – построение карт риска ДТП, позволяющих визуализировать критические зоны на дорогах и принимать превентивные меры.

Внедрение технологий прогнозирования ДТП в инфраструктуру дорожного строительства и эксплуатации позволяет повысить уровень безопасности за счет раннего выявления потенциально опасных ситуаций, снизить аварийность на дорогах путем адаптивного управления движением, оптимизировать городскую логистику и потоки транспорта, эффективно использовать бюджетные средства при планировании реконструкции и ремонта дорог.

В разработке моделей, прогнозирующих ДТП, используются такие нейронные сети, как U-Net и Yolo.

На рисунке 1 показано, как работает U-Net: сверху – оригинальная запись с лобового стекла, снизу – пример работы нейронной сети, где зеленые области – это маска дорожной разметки, а тонкие красные линии – аппроксимация разметки в прямую.



Рисунок 1 – Пример работы нейронной сети U-Net

Для определения наличия светофоров использовали нейросеть Yolo v3 (рисунок 2) [1].



Рисунок 2 – Пример работы нейронной сети Yolo

Исходя из данного анализа, можно сделать вывод, что технологии искусственного интеллекта позволяют не только предсказывать аварийные ситуации с высокой точностью, но и выявлять основные факторы риска. Это открывает возможности для разработки различных мер, направленных на снижение аварийности на дорогах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Нейронные сети на страже правил дорожного движения // Хабр. – URL: <https://habr.com/ru/articles/509734/> (дата обращения: 10.03.2025).

АНАЛИЗ ПРАВОВОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ КРИПТОГРАФИИ В ТРАНСПОРТНОМ СЕКТОРЕ

Е. В. САНДУЛ (СИ-31)

Научный руководитель – ст. преп. С. С. КОЖЕДУБ
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Криптографические технологии (КТ) играют важную роль в обеспечении безопасности данных в различных сферах транспортной инфраструктуры, включая интеллектуальные транспортные системы, логистику и дорожное строительство. КТ позволяют защитить информацию от несанкционированного доступа, обеспечивая безопасность обмена данными между транспортными средствами, контролирующими организациями и инфраструктурными объектами.

Современное правовое регулирование криптографии направлено на стандартизацию методов шифрования, соблюдение требований к защите персональных данных и предотвращение киберугроз в транспортной отрасли.

Государственные и международные нормативные акты определяют, какие алгоритмы шифрования могут использоваться в системах мониторинга, управления дорожным движением и цифровых сервисах для транспортных компаний. Например, законодательные инициативы регулируют применение электронной подписи в логистике, а также защиту информации в беспилотном транспорте.

Криптографические технологии (КТ) играют ключевую роль в обеспечении безопасности данных в транспортном секторе Республики Беларусь. Их применение регулируется рядом нормативных правовых актов, направленных на защиту информации и поддержку цифровой трансформации отрасли.

Правовое регулирование криптографии в транспортном секторе направлено на несколько ключевых аспектов:

1) разработку технических нормативных правовых актов, устанавливающих требования к криптографическим алгоритмам и протоколам, используемым в транспортных системах;

2) государственную политику в сфере технической и криптографической защиты информации, координирующую деятельность государственных органов и организаций в этой области.

Эти стандарты обеспечивают совместимость и безопасность информационных технологий в отрасли.

Помимо вышеперечисленных аспектов, важно выделить законодательную базу, влияющую на цифровые технологии и способствующую надежной защите информации и поддерживающую инновационное развитие транспортной инфраструктуры:

1) Закон Республики Беларусь «Об электронном документе и электронной цифровой подписи»: определяет правовые основы использования электронных документов и цифровых подписей, обеспечивая их юридическую силу и безопасность в различных сферах, включая транспортный сектор;

2) Декрет Президента Республики Беларусь № 8 «О развитии цифровой экономики»: создает правовую основу для применения технологий блокчейн и смарт-контрактов, легализуя использование криптовалют и цифровых знаков (токенов);

3) Государственная программа «Цифровое развитие Беларуси» на 2021–2025 годы: предусматривает внедрение информационно-коммуникационных технологий в различные отрасли, включая транспорт, с акцентом на обеспечение информационной безопасности и развитие цифровых сервисов.

Развитие правового регулирования криптографических технологий оказывает значительное влияние на транспортную отрасль.

С одной стороны, оно способствует повышению безопасности цифровых систем, с другой – требует от транспортных компаний адаптации к новым требованиям. Эффективное внедрение КТ в условиях правовых норм позволяет минимизировать риски киберугроз, оптимизировать логистику и обеспечить устойчивое развитие транспортной инфраструктуры.

Как показывает практика, наиболее востребованными инструментами криптографической защиты в транспортном секторе являются алгоритмы асимметричного шифрования (RSA – популярный алгоритм асимметричного шифрования, стойкость которого зависит от сложности факторизации больших целых чисел, ECC – использует алгебраическую систему, которая описывается в терминах точек эллиптических кривых, для реализации асимметричного алгоритма шифрования), технологии блокчейна для безопасных транзакций и системы аутентификации, использующие многофакторную проверку. Эти методы позволяют минимизировать риски несанкционированного доступа к данным и повысить уровень доверия к цифровым платформам.

Исходя из данного анализа, можно сделать вывод, что криптографические технологии играют критически важную роль в обеспечении безопасности данных в транспортной сфере, способствуя защите информации от киберугроз и несанкционированного доступа. В Республике Беларусь создана комплексная нормативно-правовая база, регулирующая применение криптографии в интеллектуальных транспортных системах, логистике и дорожном строительстве.

ИЗМЕНЕНИЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК И ИХ ВЛИЯНИЕ НА ДОРОЖНУЮ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

Н. Р. СМІРНОВ (СА-51)

Научный руководитель – ст. преп. *Д. Ю. АЛЕКСАНДРОВ*
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Моделирование изменения климатических параметров регионов необходимо для развития методов проектирования, строительства и эксплуатации дорожной конструкции, ввиду необходимости выработки комплекса предупреждающих мероприятий, направленных на недопущение образования опасных и трудно поддающихся ремонту дефектов. Многообразии климатических моделей [1–3] позволяет сформировать общие тренды в динамике климата нашей страны:

- увеличение теплообеспеченности регионов;
- увеличение максимальных летних температур;
- уменьшение максимальных зимних температур;
- увеличение продолжительности и количества «волн тепла»;
- увеличение суммарного количества осадков и их перераспределение между периодами года;
- увеличение числа опасных и неблагоприятных погодных явлений и пр.

Прогнозные модели в перспективе указывают на необходимость изменения границ климатических районов территории Беларуси и введения новых (рисунок 1).

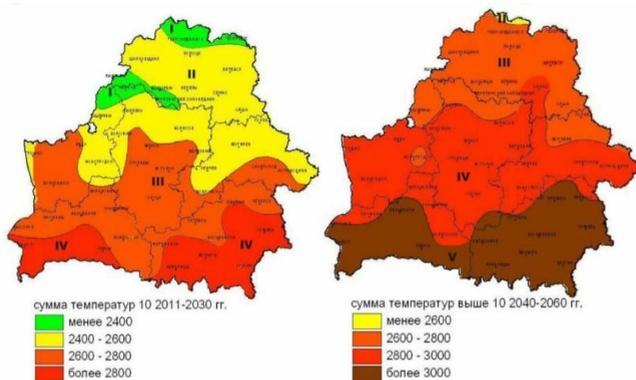


Рисунок 1 – Новые границы агроклиматических зон по теплообеспеченности: за период 2011–2030 гг. (слева); за период 2041–2060 гг. (справа)

Несмотря на то, что дорожное покрытие наиболее уязвимо к суммарному воздействию погодно-климатических факторов и транспортной нагрузки, при разработке конкретных решений следует рассматривать всю дорожную конструкцию (земляное полотно и дорожная одежда) комплексно. На многие участки республиканских автомобильных дорог накладываются ограничения по допустимой массе автомобиля и нагрузке на ось в весенний период (недостаточная несущая способность земляного полотна) и ограничения на передвижение автопоездов при высоких летних температурах (недостаточная сдвиговая устойчивость покрытия). Эти ограничения приводят к временной утрате основной функции дорожной сети – обеспечение транспортных связей между всеми населенными пунктами страны.

Широкое использование в деятельности предприятий дорожной отрасли практики принятия решений с учетом динамики климатических показателей при строительстве, эксплуатации, капитальном ремонте и реконструкции автомобильных дорог требует:

- введения в технический нормативно-правовой акт, регламентирующий климатические параметры, раздела, посвященного прогнозным показателям, и своевременного внесения изменений в этот раздел при корректировке данных климатических моделей;

- введения в технические нормативно-правовые акты, регламентирующие проектные и технологические решения, возможности учета прогнозируемых климатических параметров при разработке конструкции земляного полотна, дорожной одежды, систем поверхностного и подземного водоотвода или выборе технологии производства работ.

Эффективность использования прогнозных данных, полученных на основании моделирования изменения климатических параметров, при принятии решений заключается в реализации предупреждающего подхода, позволяющего оптимизировать затраты на реализацию мероприятий по обеспечению высокого уровня надежности и долговечности дорожной конструкции в рамках этапов жизненного цикла автомобильной дороги.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Прогноз состояния природной среды Беларуси на период до 2035 года / В. М. Байчоров, Ж. Б. Бакарикова, И. М. Богдевич [и др.]. – Минск : Белорусская наука, 2022. – 331 с. – ISBN 978-985-08-2944-3. – EDN MUXSDH.

2 **Клевец, Н. Н.** Ключевые погодно-климатические риски в сфере транспорта для территории Республики Беларусь / Н. Н. Клевец // Проблемы безопасности на транспорте : материалы XI Междунар. науч.-практ. конф. : в 2 ч., Гомель, 25–26 ноября 2021 г. / Белор. гос. ун-т трансп. – Гомель, 2021. – Ч. 1. – С. 227–228. – EDN PSIZFC.

3 **Логинов В. Ф.** Глобальные и региональные изменения климата: причины и следствия / В. Ф. Логинов. – Минск : ТетраСистемс, 2008. – 495 с.

АСФАЛЬТОБЕТОНЫ НА ОРГАНОГИДРАВЛИЧЕСКИХ ВЯЖУЩИХ И ТВЕРДЫХ БИТУМАХ ДЛЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ БЕЛАРУСИ

Н. Р. СМІРНОВ (СА–51)

Научный руководитель – ст. преп. *Д. Ю. АЛЕКСАНДРОВ*
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

По данным Республиканского центра по гидрометеорологии, контролю радиоактивного загрязнения и мониторингу окружающей среды [1], обобщенным за многолетний период наблюдения, в последнее десятилетие на территории Республики Беларусь отмечается устойчивое превышение среднегодовых температур над климатической нормой (рисунок 1).

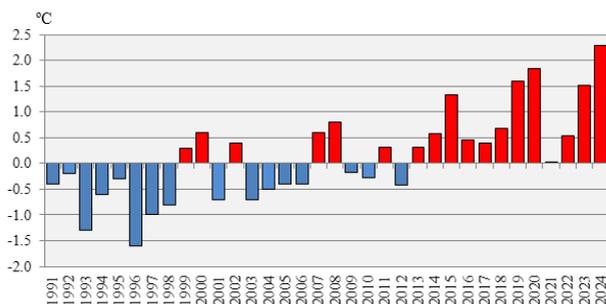


Рисунок 1 – Отклонение средней годовой температуры воздуха от климатической нормы (+7,2 °C) по Беларуси за период 1991–2024 гг.

Вместе с тем прогнозируется и постепенное изменение температурного интервала работы дорожных одежд: в летнее время максимальные положительные значения температуры воздуха к 2060 году для Гомельской области вырастут до плюс 41 °C (в 2010 – плюс 38 °C), а максимальные отрицательные – до минус 28 °C (в 2010 – минус 33 °C). Температурный интервал работы дорожных одежд увеличивается и смещается в сторону высоких летних температур, однако короткие зимы все также могут сопровождаться сильными морозами. Основная проблема эксплуатации нежестких дорожных одежд в перспективе связана с необходимостью повышения температурной устойчивости материала покрытия к совместной транспортно-климатической нагрузке в летнее время и обеспечению трещиностойкости связанных материалов в зимний период.

Существуют следующие пути повышения температурной устойчивости материала покрытия: корректировка гранулометрического состава зерновой части, модификация битумов полимерами, использование комплексных вяжущих, использование твердых (строительных) битумов и пр.

В направлении корректировки гранулометрического состава исследователи достигли практически предела возможностей. Наилучшие результаты в процессе эксплуатации показывают асфальтобетоны типа С (по СТБ 1033). Модификация битума полимерами эффективна, однако стоимость их велика и оказывает значительное влияние на экономические показатели проекта. Резиновая крошка, которая представляет собой, по сути, полимер из продукта переработки отходов, сегодня применяется для приготовления асфальтобетонных смесей типа С и А на резинобитумном вяжущем. Необходимо проведение системных исследований для обоснования применения резиновой крошки при приготовлении смесей типа Б и В для дорог III и IV технической категории в условиях изменяющихся климатических параметров.

Бетоны на органогидравлических вяжущих (битумная эмульсия, вода, цемент) могут быть использованы при устройстве высокомодульных колееустойчивых оснований при капитальном ремонте и реконструкции местных дорог [2] и при устройстве оснований дорожных одежд с экстремальным распределением напряжений [3]. Недостатки материала (более низкая водо- и коррозионная стойкость по сравнению с обычными асфальтобетонами) утрачивают свое значение при перекрытии данного слоя тонкими защитными гидроизоляционными шероховатыми слоями асфальтобетона. Основная проблема заключается в подборе состава бетона на органогидравлическом вяжущем с учетом условий его работы в основании дорожной одежды, а также в отсутствии верифицированной информации о надежности и долговечности материала при совместном воздействии влаги и отрицательных температур.

Эффективны асфальтобетоны на твердых битумах (марки 60/40) [3]. Участки дорог в районах с мягким зимним климатом, устроенные на минеральных заполнителях невысокой прочности и твердых битумах, долгое время сохраняют целостность при высоких летних температурах. Комплексные исследования, посвященные использованию асфальтобетонов на твердых битумах в прогнозируемых на перспективу для территории Беларуси погодно-климатических условиях, на сегодняшний день не проводились.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Климатическая характеристика 2024 года // Белгидромет. – URL: <https://pogoda.by/information/news/22887> (дата обращения: 10.02.2025).
- 2 **Веренько, В. А.** Прогнозирование расчетных характеристик бетонов на органогидравлических вяжущих в широких диапазонах температур и скоростей деформирования / В. А. Веренько, А. А. Макаревич // Вестник Белорусского национального технического университета. – 2010. – № 3. – С. 20–27. – EDN UMFMCDC.
- 3 **Веренько, В. А.** Конструирование и расчет дорожной одежды повышенной надежности и долговечности : пособие по выполнению курсового проекта № 3 «Проект дорожной одежды нежесткого типа (деталь проекта)» для студентов специальности 1-70 03 01 «Автомобильные дороги» / В. А. Веренько. – Минск : БНТУ, 2012. – 76 с.

ГЕОДЕЗИЧЕСКОЕ СОПРОВОЖДЕНИЕ ПРИ БУРЕНИИ СКВАЖИН*Е. А. СТРАКОВИЧ (СВм-11)*Научный руководитель – ст. преп. *Н. С. СЫРОВА**Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Бурение скважин представляет собой процесс создания вертикальных, наклонных или горизонтальных выработок в земной коре для доступа к природным ресурсам (нефть, газ, вода). Геодезическое сопровождение при бурении скважин – комплекс таких задач, как обеспечение соответствия траектории скважины проектным параметрам, предотвращение столкновений с соседними объектами, контроль устойчивостью грунта, снижение воздействий на окружающую среду за счет минимизации ошибок измерений.

Важнейшим вопросом является подготовка, включающая в себя анализ проектной документации, изучение геологических карт, планов бурения, а также технических требований. Особую роль при сборе исходных данных занимает получение информации о государственной геодезической сети, системе координат, высотных отметках, проверка на наличие подземных коммуникаций и получение разрешения на бурение скважин.

После всех согласований с необходимыми организациями проводится топографическая съемка и разбивочные работы с использованием электронных теодолитов, лазерных дальнометров, цифровых нивелиров, GNSS-оборудования, тахеометров, беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), сканеров, всевозможных компьютерных программных комплексов и BIM-технологий [2].

Инженерно-геодезическое обеспечение необходимо для отображения рельефа, инфраструктуры и зон ограничений. В режиме реального времени (РТК) ведется совместная работа с геологами, экологами при учете залегающих пластов, разломов и других особенностей бурения.

К подготовительному этапу относится создание опорной геодезической сети и закладка реперов на площадке работ. Все измерения и отчетную документацию необходимо производить согласно разработанным строительным нормативным документам и правилам [1]. Работы выполняют в различных условиях, включающих как территории городов и промышленных объектов, так и удаленные, загрязненные, труднодоступные места, где наиболее целесообразно использование беспилотных летательных аппаратов (БПЛА).

Заключительный этап геодезических работ – фиксация координат забоя и составление исполнительной документации. Для предотвращения несчастных случаев и травм в этих условиях все работы необходимо производить с соблюдением особых правил и инструкций по технике безопасности. Для минимизации экологических рисков и обеспечения устойчивости буровых конструкций проводится система наблюдений за смещением и изменением структуры грунта, вызванными самим процессом бурения, природными факторами или техногенными нагрузками. Мониторинг деформации грунта особенно важен при работе в сложных геологических условиях, вблизи инфраструктуры или на морских шельфах. В условиях, где процесс бурения усложняется уникальными, климатическими или технологическими факторами, требуется задействование специализированных методов, оборудования и учет геоморфологических и гравиметрических особенностей района.

При бурении скважин геодезические работы позволяют правильно оценить рельеф местности, эффективно управлять, обрабатывать данные, сократить время выполнения проекта, продлить срок службы и упростить обслуживание всеми задействованными организациями. Геодезисты занимаются процессом моделирования и практической реализацией, виртуальная 3D-модель может быть использована на всех циклах бурения [3]. Составление исполнительных съемок необходимо при ведении кадастровых документов.

Полевые работы выполняются на местности различными приборами, для предоставления полного объема данных, решения задач экологической безопасности бурения. Использование электронных геодезических приборов и инновационного оборудования позволяет бурить сложные многозабойные и горизонтальные скважины в соответствии с проектом и безопасным вводом объекта в эксплуатацию.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 СН 1.02.01-2019. Инженерные изыскания для строительства = Інжынерныя вышуканні для будаўніцтва: строительные нормы Республики Беларусь: утв. М-вом архитектуры и стр-ва Респ. Беларусь 26.12.19 № 74 : введ. с отменой СНБ 1.02.01-96. – Минск : Минстройархитектуры, 2020. – IV. – 113 с.

2 Атрошко, Е. К. Прикладная геодезия и современные инженерно-геодезические технологии : учеб.-метод. пособие / Е. К. Атрошко, И. П. Дралова, Н. С. Сырова. – Гомель : БелГУТ, 2023. – 97 с.

3 Сырова, Н. С. Инновации в геодезии с использованием BIM-технологий / Н. С. Сырова, И. П. Дралова // Проблемы и решения инновационного развития науки, образования и технологий в Узбекистане : материалы Междунар. науч.-техн. конф. / Андижан. машиностроит. ин-т. – Андижан, 2024. – С.1356–1358.

ВЛИЯНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ПЛАНА И ПРОДОЛЬНОГО ПРОФИЛЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ НА КОЭФФИЦИЕНТ СЦЕПЛЕНИЯ

Е. Д. СТРОЕВ (САМ-21)

Научный руководитель – магистр техн. наук, ассистент *М. Ю. НИКИТЕНКО*
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Коэффициент сцепления является важным параметром, определяющим безопасность движения на автомобильных дорогах. Элементы плана и продольного профиля дорог, такие как радиусы кривых, уклоны и шероховатость покрытия, значительно влияют на этот параметр.

1 Влияние основных элементов плана дорог:

– радиусы кривых влияют на динамические силы, действующие на автомобиль. Чем больше радиус, тем меньше центробежная сила и лучше сцепление с дорогой. Наоборот, малые радиусы увеличивают нагрузку на шины и снижают коэффициент сцепления;

– ширина и уклоны проезжей части – уклоны дороги, как продольные, так и поперечные, влияют на распределение нагрузок и сцепление. Например, на уклонах дороги автомобильные шины могут терять сцепление из-за влияния силы тяжести. При этом на ровных участках сцепление будет максимальным.

2 Влияние продольного профиля дорог. Продольный профиль дороги, включающий в себя уклоны и разность высот, значительно влияет на коэффициент сцепления. Автомобильные шины на спусках подвержены большому износу и могут терять сцепление из-за недостаточного контакта с поверхностью. Влияние уклонов может варьироваться в зависимости от погодных условий.

В сухую погоду сцепление шин с дорогой обычно наилучшее, но уклон может изменить этот баланс. На подъеме автомобиль вынужден преодолевать силу тяжести, что может снижать сцепление, особенно если уклон слишком крутой.

В мокрых условиях сцепление шин снижается из-за наличия воды на поверхности дороги. При подъеме на мокрой дороге существует риск проскальзывания шин, так как вода уменьшает трение. На спуске автомобиль может быстрее разогнаться, и при резком торможении есть риск аквапланирования, когда шины теряют контакт с дорогой из-за слоя воды.

В условиях снега и льда сцепление шин значительно ухудшается. На подъеме автомобиль может буксовать, так как сцепление минимально. На спуске возникает серьезный риск потери управления, так как сцепление практически отсутствует.

График зависимости коэффициента сцепления от уклона при различных погодных условиях представлен на рисунке 1.

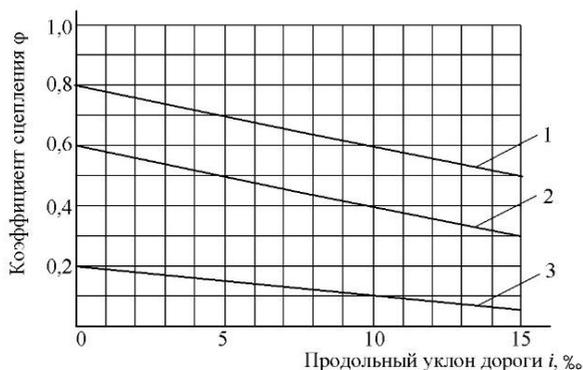


Рисунок 1 – График зависимости коэффициента сцепления от уклона:

1 – сухая погода; 2 – мокрая погода; 3 – снежные условия

Улучшения условий сцепления на уклонах в плохих погодных условиях можно достичь с помощью различных методов и технологий:

1) использование зимних шин (зимние шины имеют более глубокие протекторы и специальные смеси резины, которые обеспечивают лучшее сцепление на снегу и льду, они значительно улучшают сцепление и уменьшают риск заноса на уклонах);

2) антискользкие покрытия (на уклонах дороги можно применять специальные антискользкие покрытия, которые уменьшают вероятность скольжения, что увеличивает шероховатость поверхности и улучшают ее сцепление);

3) правильное распределение груза (правильное распределение груза в автомобиле помогает улучшить сцепление, тяжелые предметы можно размещать ближе к осям автомобиля, что обеспечивает лучший контакт шин с дорогой);

4) использование электронных систем помощи (современные автомобили оснащены системами помощи водителю, такими как антиблокировочная система тормозов (ABS) и система стабилизации (ESC), они помогают улучшить сцепление и управление автомобилем на уклонах).

Таким образом, элементы плана и продольного профиля автомобильных дорог существенно влияют на коэффициент сцепления, что, в свою очередь, определяет безопасность движения на дорогах. Учет этих факторов при проектировании и строительстве дорог позволяет улучшить эксплуатационные характеристики автомобильных дорог и повысить уровень безопасности. Для улучшения сцепления на уклонах в плохую погоду необходимо применять комплексный подход, включающий использование зимних шин, антискользких покрытий и электронных систем помощи.

ОСОБЕННОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЕЛИЧИНЫ ЗАЩИТНОГО СЛОЯ БЕТОНА МОСТОВЫХ КОНСТРУКЦИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРИБОРОВ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ

Д. М. ТИТУШКИН, Р. Д. ПАЛАДЬЕВ (МС-31)

Научный руководитель – преп. *В. В. АГРАНОВИЧ*

*Филиал «Гомельский государственный дорожно-строительный колледж им. Ленинского комсомола Белоруссии» учреждения образования
«Республиканский институт профессионального образования»*

Для оценки технического состояния мостовых сооружений необходимо своевременно производить инструментальные осмотры с целью определения фактического состояния элементов.

Среди контролируемых параметров для железобетонных мостовых конструкций определяют толщину защитного слоя бетона. Для определения толщины защитного слоя бетона могут применяться разрушающие и неразрушающие методы контроля. Разрушающим методом является вскрытие бетонной поверхности с последующим натурным измерением величины защитного слоя. Неразрушающие методы контроля позволяют избежать повреждение мостовых железобетонных конструкций, а также дают возможность проводить работы без перерыва движения транспорта по сооружению.

При правильном устройстве армирующего каркаса, подготовленного к бетонированию, арматурные стержни не соприкасаются со стенками опалубочной конструкции. Таким образом, после подачи бетонной смеси, между металлом и опалубочной системой остается промежуток определенного размера. Его и называют защитным слоем бетона.

Для определения необходимой толщины защитного слоя учитывается ряд условий. Если толщина слоя бетона менее нормативных значений, то металлический каркас через некоторое время начинает подвергаться коррозии.

При увеличении слоя увеличиваются и общие финансовые расходы на приобретение материалов. Остается подбирать оптимальный вариант.

Параметры толщины бетонного слоя определяются с учетом марки арматурных стержней и их сечения, типа железобетонных элементов и их технологического предназначения.

Минимально допустимую толщину защитного слоя бетона от его наружной поверхности до поверхности арматурного элемента следует принимать из условий защиты арматуры от коррозии в зависимости от класса агрессивности среды, обеспечения совместной работы арматуры с бетоном.

Объектом исследования являлся железобетонный автодорожный мост через реку Сож в городе Гомеле (рисунок 1). Год постройки 1953, в 2011 году произведена реконструкция.

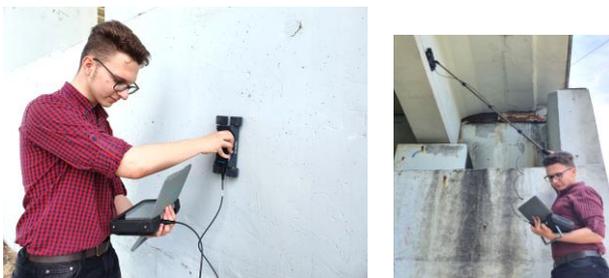


Рисунок 1 – Процесс проведения измерений прибором Profometer PM 600

Пролётное строение автодорожного моста выполнено железобетонными тавровыми балками, опоры моста – монолитные железобетонные. Измерения проводились без перекрытия движения транспорта (рисунок 2).

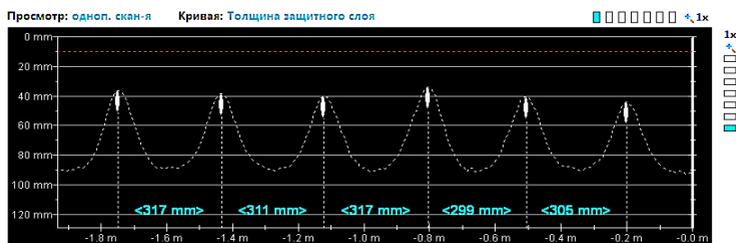


Рисунок 2 – Результаты измерений величины защитного слоя тавровой балки

В результате проведения испытаний были получены измерения, не превышающие минимально допустимых нормативных значений, что снижает вероятность возникновения коррозионных процессов в бетоне элементов мостового сооружения (таблица 1).

Таблица 1 – Сравнение результатов измерений толщины защитного слоя бетона с нормативными значениями

Элемент	Минимально допустимое нормативное значение, мм	Усреднённый результат измерения, мм
Железобетонная тавровая балка	30	39
Железобетонная опора	50	51,8

Применение прибора неразрушающего контроля Profometer PM 600 перспективно в использовании как при специальных, так и предпроектных обследованиях мостовых сооружений, что является гарантией эксплуатационной безопасности сооружения в течение его проектного срока службы.

ТЕХНОЛОГИЯ ЯМОЧНОГО РЕМОНТА ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ХОЛОДНЫХ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ СМЕСЕЙ В УСЛОВИЯХ ОТРИЦАТЕЛЬНЫХ ТЕМПЕРАТУР

*В. В. ТОМАШОВ, начальник каф. «Военно-специальная подготовка»
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

В настоящее время ремонтные работы дорожного покрытия осуществляются различными методами, средствами и материалами, в совокупности определяющими качество, срок службы и эффективность таких ремонтных работ. Основная и главная цель этих работ – обеспечить на эксплуатируемой дороге безопасное движение автомобильного транспорта с установленным скоростным режимом.

Со временем в результате перегрузок покрытия, износа и старения его материалов на покрытии с течением времени возникают деформации и разрушения: шелушение, коробление, выкрашивание, трещины, сколы, выбоины, ямы и прочие неровности.

Ремонтные работы на асфальтобетонном покрытии планируются и выполняются чаще всего весной с наступлением устойчивой теплой и сухой погоды, но может возникать необходимость в проведении срочного внепланового ремонта дорог.

При текущем ремонте асфальтобетонных покрытий выполняются следующие виды работ: ямочный ремонт (ликвидация ям, выбоин, сколов); заделка трещин; поверхностная обработка или укладка тонких верхних слоев покрытия (ковриков износа) [1].

Выбор технологического метода ямочного ремонта отвечает требованиям, приведенным в [1].

Актуальной задачей в настоящее время считается обеспечение возможности круглогодичного проведения работ по строительству и ремонту дорожных асфальтобетонных покрытий и повышение их долговечности.

Возможно применение новой технологии ямочного ремонта холодными асфальтобетонными смесями:

- смесь на эмульсии немедленного применения;
- холодные эмульсионно-минеральные асфальтобетонные смеси;
- холодная складываемая (пакетируемая) органоминеральная смесь.

Холодные асфальтобетонные смеси имеют в своей основе традиционный асфальт, который изготавливается по специально выдержанной технологии с применением модифицируемых добавок или модифицируемого битума (битум составляет от 4,2 до 4,5 % от веса щебня, а добавки от 15 до 25 % от веса битума) [2].

Технология ремонта асфальтобетонных покрытий с применением холодных складуемых органоминеральных смесей позволяет проводить ямочный ремонт в сухую погоду при среднесуточной температуре воздуха до минус 15 °С.

Работы по устранению выбоин на поврежденном участке покрытия выполняются одним из следующих способов: с разделкой покрытия и удалением старого материала; без разделки покрытия.

В ходе проведения работ по ямочному ремонту на асфальтобетонном покрытии с разделкой покрытия и удалением старого материала соблюдают технологическую последовательность, в состав которой входят:

- установка технических средств организации дорожного движения и развертывание потока;
- разметка мест ремонта единичных выбоин и выбоин, объединенных в карту;
- нарезка контуров ремонтируемых выбоин и карт при помощи швонарезчика или навесных или ручных холодных фрез;
- очистка стенок и дна карты газовой горелкой пропан;
- обработка стенок и дна ремонтируемой выбоины органическим вяжущим;
- укладка, разравнивание и уплотнение холодной скандируемой органоминеральной смеси (на глубину до 50 мм и более 50 мм с тщательным уплотнением каждого слоя);
- уход за поверхностью отремонтированного участка покрытия.

Состав работ по ямочному ремонту асфальтобетонных покрытий без вырубки покрытия приведен в [3].

Таким образом, использование холодной складуемой органоминеральной смеси в ходе проведения ямочного ремонта автомобильных дорог на начальной стадии разрушения при отрицательных температурах окружающего воздуха и небольших площадях ремонтируемого покрытия позволяет снизить затраты на проведение ремонтных работ в наиболее неблагоприятные периоды года, уменьшить объемы разрушений на покрытиях и повысить безопасность дорожного движения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 **Костельов, М. П.** Современные методы и средства ямочного ремонта дорожных покрытий / М. П. Костельов // Дорожная техника. – 2001. – № 5. – С. 56–59.

2 **Руденский, А. В.** Холодный асфальтобетон. Возможности продления сезона строительных и ремонтных работ / А. В. Руденский // Новости в дорожном деле : науч.-техн. информ. сб. / Информавтодор. – 2006. – Вып. 1. – С. 11–42.

3 **Козлов, Г. Н.** Холодный асфальтобетон. Теория, практика, перспективы применения / Г. Н. Козлов, Г. Н. Веренко, В. А. Чернега // Федеральный строительный рынок. – 2001. – № 4 (53). – С. 12–19.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ СТРОИТЕЛЬСТВА ДВУХПУТНЫХ ВСТАВОК НА ОДНОПУТНОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГЕ

И. С. ТРУШКО (магистрант)

Научный руководитель – канд. экон. наук, доц. *И. М. ЦАРЕНКОВА*
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Двухпутные вставки (рисунк1) устраиваются с целью организации безостановочного скрещения поездов, что требует вставку значительной длины (больше длины поезда и больше площадки раздельного пункта).

Длина двухпутной вставки зависит от длины поезда, длины тормозного пути, скорости движения при скрещении, от времени установки выходного маршрута и открытия сигнала. Длина вставки будет минимальной, если встречные поезда будут проходить ось безостановочного скрещения поездов (ОБС) одновременно [1].

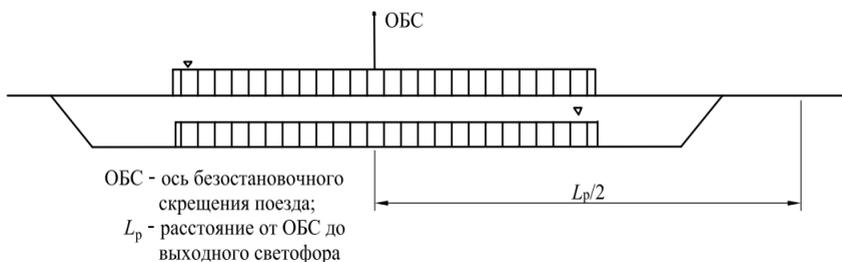


Рисунок 1 – Схема расположения двухпутной вставки

Длина двухпутной вставки определяется расчетом. Если принять время опоздания 2 мин, среднюю скорость движения 50 км/ч, то длина прямой вставки будет около 4 км.

Продольный профиль двухпутных вставок должен обеспечить как трогание поезда с места, так и удержание его тормозными средствами на уклоне в случае остановки [2].

Если в пределах двухпутной вставки такую проектировку выдержать не удается, то вставка удлиняется или производится проектирование продольного профиля заново на этом участке.

При введении безостановочного скрещения поездов на отдельных пунктах первоначально ОБС размещалась так, чтобы площадка отдельного пункта находилась в одном из концов двухпутной вставки [1].

В настоящее время принято размещать оси безостановочного скрещения поездов без относительно площадок отдельных пунктов, обеспечивая пропускную способность 40–70 пар поездов в сутки. При размещении ОБС необходимо выдержать условие идентичности по времени хода между ОБС [1].

Рассмотрим два варианта увеличения провозной способности участка Лунинац – Жабинка: строительство двухпутных вставок и электрификация однопутного участка. Запроектируем на участке длиной 202 км 4 двухпутные вставки общей длиной 20 км [2].

Стоимость строительства двухпутных вставок требует в 3 раза больше капитальных вложений по сравнению с электрификацией однопутной железной дороги и составляет около 1800 тыс. дол. за 1 км против 590 тыс. дол. (32,8 %). Затраты на эксплуатационные расходы также меньше при электрической тяге.

Таким образом, строительство 20 км второго пути (двухпутные вставки) составит 36 000 тыс. дол., а электрификация 200 км – 118 000 тыс. дол., т. е. строительство двухпутных вставок дешевле в 3 раза. Этот вариант может быть принят как промежуточный этап повышения провозной способности участка железной дороги.

С ростом размеров перевозок гранитного щебня и контейнерных перевозок, ориентированных на восточное направление, заслуживает внимания вариант строительства двухпутных вставок [3], позволяющий повысить провозную и пропускную способность при сравнительно небольших капитальных вложениях.

Организация безостановочного скрещения поездов на двухпутных вставках дает возможность улучшить эксплуатационные показатели работы дороги: повысить участковую скорость движения поездов и уменьшить эксплуатационные расходы в связи с ликвидацией остановок на скрещении поездов [1].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Царенкова, И. М. К вопросу увеличения пропускной способности железной дороги / И. М. Царенкова, И. С. Трушко // Проблемы безопасности на транспорте : материалы XIII Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. Году качества : в 2 ч., г. Гомель, 21–22 нояб. 2024 г. / Белорусский государственный университет транспорта. – Гомель, 2024. – Ч. 2. – С. 349–350.
- 2 Турбин, И. В. Изыскания и проектирование железных дорог : учеб. для вузов / И. В. Турбин. – М. : Транспорт, 1989. – 479 с.
- 3 Довгелюк, Н. В. Изыскания и проектирование железных дорог : учеб. пособие / Н. В. Довгелюк, Г. В. Ахраменко, И. М. Царенкова. – Гомель : БелГУТ, 2013. – 333 с.

ИНЖЕНЕРНО-ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ РАБОТЫ СТРОИТЕЛЬСТВА ТРУБОПРОВОДОВ

А. И. ФАСКИЕВА (СВМ-11)

Научный руководитель – ст. преп. *Н. С. СЫРОВА*

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Трубопровод представляет собой инженерно-техническое сооружение, предназначенное для транспортировки газообразных и жидких веществ, пылевидных и разжиженных масс, а также твердого топлива и иных твердых веществ в виде раствора под воздействием разницы давлений в поперечных сечениях трубы. Бывают магистральные, технологические, коммунальные и гибкие трубопроводы. Все они отличаются особенностью конструкции. Например магистральные: предназначены для транспортировки на большие расстояния нефти, газа, воды. Трассу стараются приблизить к уже имеющимся железным и автомобильным дорогам, уклоны проектируют преимущественно параллельно рельефу местности. На полевом этапе уточняют положение трассы в натуре и закрепляют ее основные точки, выбирают места переходов и площадки станций.

Чтобы определить устойчивость основания под трубопроводом и опорами, выполняются: прогноз геологических угроз (оползни, подтопления, мерзлотные процессы и т. д.), расчет глубины заложения и выбор типа прокладки, оценка склонности к коррозии грунтов, сейсмический анализ, геологические исследования.

Трасса должна иметь наиболее выгодный маршрут. Учитывают глубину заложения, диаметр труб, дренажные системы, рельеф, рассчитывают механические напряжения в трубах. Благодаря BIM-технологиям интегрируют данные о геологии, коммуникациях, рельефе в единую модель.

При монтаже и прокладке трубопроводов используют электронные теодолиты, тахеометры, сканеры, GNSS-оборудование, цифровые нивелиры, беспилотные летательные аппараты (БПЛА) и различное программное обеспечение [1].

Снижения рисков при строительстве трубопроводов можно добиться проведением геодезической съемки, а также мониторингом работ. Проверяют плотность грунта, положение труб, уклонов, стыков, фиксацию координат швов. Широкое применение для выбора наилучшего варианта получила аэрофотосъемка. В исполнительном продольном профиле показывают фактические отметки верха насыпи и верха трубопровода, отметки дна

траншеи, диаметры уложенных труб, на плане отмечают отклонения от проекта, допущенные в процессе.

Строительство трубопроводов может быть опасно, если не соблюдать определенные нормы и регламенты [2]. При утечках возможны выбросы парниковых газов, опасных веществ, чтобы этого не допустить на предварительном этапе строительства проводится экологическая экспертиза (оценка влияния на окружающую среду). Иногда для упрощения поиска утечек используют трубы с системами их автоматического обнаружения. Важным условием для экологической безопасности является утилизация мусора при строительстве, дабы избежать загрязнение почвы и воды.

Геодезические работы на строительных и монтажных площадках выполняются по специально разработанному проекту производства геодезических работ (ППГР). Проведение завершающего этапа возможно с помощью GPS-оборудования, определяют точные координаты и высотные отметки трубопровода, проверяют соответствие проекта, оформляют геодезический паспорт объекта [3].

Организация техники безопасности инженерно-геодезических работ выполняется с соблюдением специальных правил и инструкций. При сварочных и других работах, когда возможно возгорание, в зоне строительства в обязательном порядке должны быть в наличии огнетушители, песок, противопожарный инвентарь.

Строительство трубопроводов всегда выполняют высококвалифицированные специалисты в спецодежде и необходимым геодезическим оборудованием. Проведение регулярных инструктажей по технике безопасности и поведению в случае чрезвычайных ситуаций помогут снизить вероятность травм и аварий. Благодаря инженерно-геодезическим работам на всех этапах строительства с соблюдением точности, безопасности и соответствия проекту возможен ввод трубопровода в эксплуатацию.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 **Атрошко, Е. К.** Прикладная геодезия и современные инженерно-геодезические технологии : учеб.-метод. пособие / Е. К. Атрошко, И. П. Дралова, Н. С. Сырова. – Гомель : БелГУТ, 2023. – 97 с.

2 **СН 1.02.01-2019.** Инженерные изыскания для строительства = Інжынерныя вышуканні для будаўніцтва : строительные нормы Республики Беларусь : утв. М-вом архитектуры и стр-ва Респ. Беларусь 26.12.19 № 74; введ. с отменой СНБ 1.02.01-96.- Минск : Минстройархитектуры, 2020. – IV, 113 с.

3 Основы геоинформатики: в 2 кн. Кн. 1: учеб. пособие для студ. вузов / Е. Г. Капралов, А. В. Кошкарёв, В. С. Тикунёв [и др.]; под ред. В. С. Тикунёва. – М. : Академия, 2004. – 352 с.

ПОВЫШЕНИЕ ДОЛГОВЕЧНОСТИ ДОРОЖНОЙ ОДЕЖДЫ В УСЛОВИЯХ РАЗВИТИЯ ЭКОНОМИКИ ЗАМКНУТОГО ЦИКЛА

Т. М. ФРОЛОВА (магистрант)

Научный руководитель – канд. экон. наук, доц. *И. М. ЦАРЕНКОВА*
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Проблемы долговечности дорожной одежды являются одной из ключевых тем в сфере дорожного строительства и эксплуатации.

Одной из основных причин ухудшения состояний покрытия является влияние погодноклиматических факторов [1]. Перепады температур, осадки приводят к разрушению материалов. Например, в регионах с холодным климатом чаще наблюдаются трещины и деформации, вызванные замерзанием и оттаиванием влаги в слоях покрытия. Кроме того, значительное влияние оказывают нагрузки от транспортных средств, а также рост интенсивности движения. Они приводят к быстрому износу покрытия. Неправильный выбор материалов и технологий укладки также может стать причиной преждевременного разрушения дорожной одежды.

Не менее важной проблемой является нехватка средств на своевременное обслуживание и ремонт дорожной инфраструктуры. В условиях ограниченного финансирования многие регионы не могут проводить регулярные обследования и профилактические работы, что в долгосрочной перспективе приводит к значительным затратам на восстановление дорожного покрытия [2].

Таким образом, для повышения долговечности дорожной одежды необходимо комплексное решение, включающее выбор качественных материалов, применение современных технологий строительства, а также разработку стратегии по регулярному обслуживанию и мониторингу состояния дорожной инфраструктуры. Важно также учитывать принципы экономики замкнутого цикла, что позволит не только продлить срок службы дорожной одежды, но и минимизировать негативное воздействие на окружающую среду.

Экономика замкнутого цикла направлена на обеспечение экономического роста за счет перехода от истощающего к регенеративному использованию природных ресурсов, а также модернизации производств и внедрения инновационных технологий, оптимизации использования существующих активов, фондов, запасов и материалов [3].

Основные принципы экономики замкнутого цикла включают:

- сокращение отходов (достигается путем оптимизации процессов производства, использования и утилизации);
- повторное использование материалов, конструкций и изделий;
- экологичность (при разработке продуктов и технологий необходимо учитывать их воздействие на окружающую среду);

- переработку (возвращает материалы в производственный цикл, что снижает потребность в первичных ресурсах и уменьшает негативное воздействие на окружающую среду);
- долговечность;
- системный подход (взаимодействие всех участников цепочки поставок – от производителей до потребителей);
- инновации (внедрение новых технологий и методов, которые способствуют более эффективному использованию ресурсов и снижению отходов);
- образование и осведомленность (повышение осведомленности и обучение всех участников процесса – от производителей до потребителей) [3].

Необходимым шагом к интеграции принципов экономики замкнутого цикла в дорожное строительство является использование переработанных материалов. Например, асфальт можно повторно использовать в процессе укладки дорожного покрытия. Важно также внедрение технологий, позволяющих повышать качество и долговечность асфальтобетонных смесей, что, в свою очередь, уменьшает необходимость в ремонтах и реконструкции дорожных объектов.

Долговечность асфальтобетона в составе дорожной одежды характеризует его способность обеспечивать требуемые нормативно-техническими документами эксплуатационные характеристики покрытия в течение заданного срока службы [4]. Долговечность находится в зависимости от ряда факторов, но наибольшее влияние на нее оказывают качество самого материала, режим воздействия транспортных нагрузок и природно-климатические условия [5]. Важным направлением является создание замкнутых циклов в управлении эксплуатацией дорог. Внедрение систем мониторинга состояния дорожных покрытий позволит оперативно выявлять необходимость в ремонте и проводить его в максимально короткие сроки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 **Веренько, В. А.** Деформации и разрушения дорожных покрытий. Причины и пути устранения : монография / В. А. Веренько. – Минск : Беларуская Энцыклапедыя імя Петруся Броўкі, 2008. – 304 с.

2 **Евсеев, Е. Ю.** Обоснование технологических режимов при ремонте выбоин на покрытиях нежесткого типа с применением горячих асфальтобетонных смесей : дис. ... канд. техн. наук : 05.23.11 / Евсеев Евгений Юрьевич ; Воронеж. гос. архитектурно-строительный университет. – Воронеж, 2013. – 194 с.

3 О Национальной стратегии развития экономики замкнутого цикла (циркулярной экономики) Республики Беларусь на период до 2025 года : постановление Совета Министров Респ. Беларусь № 393 от 29.05.2024 г. // Нац. Реестр правовых актов РБ, 30.05.2024 г. № 5/53522.

4 **Машукова, Б. С.** Основные принципы циклической экономики (экономика замкнутого цикла) / Б. С. Машукова // European science. – 2016. – № 7 (17). – С. 14–16.

5 Усталостная долговечность дорожных асфальтобетонов: проблемы и пути решения / С. Е. Кравченко, Е. М. Жуковский, А. В. Ладышев [и др.]. – Минск : БНТУ, 2023. – 186 с.

ПРОФИЛЬНАЯ ОБРАБОТКА РЕЛЬСОШЛИФОВАЛЬНЫМИ ПОЕЗДАМИ С АКТИВНЫМИ РАБОЧИМИ ОРГАНАМИ

К. С. ХОМИЧ (магистрант)

Научный руководитель – канд. техн. наук, доц. *В. И. ИНЮТИН*
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Как известно, к изломам, возникающим в рельсах сетей железных дорог, ведут внутренние дефекты поперечного сечения и дефекты поверхности металла головки рельса. В природе их происхождения заложен контактно-усталостный характер, который посредством постоянных процессов износа и смятия поверхности катания колесами подвижного состава является первой причиной возникновения угрозы нарушения целостности рельсовой колени.

Данные процессы обуславливают весомое снижение эксплуатационных характеристик рельсов, при этом наличие хотя бы одного локального дефекта протяженностью в разы меньше, чем длина рельса, лимитирует его дальнейшую эксплуатацию. При отсутствии технологий, обеспечивающих сдерживание процессов ухудшения свойств, рельсы изымаются из пути с большим недоиспользованием металла головки.

На основании всесторонних исследований работы рельсошлифовального поезда РШП-48 были разработаны наиболее эффективные технологии использования рельсошлифовальных поездов (РШП) с активными рабочими органами, составлены и утверждены инструктивные указания по профильной шлифовке рельсов, разработана аппаратура по оценке состояния рельсов до и после обработки их РШП.

В процессе проведения этого комплекса исследований были разработаны ремонтные профили рельсов оптимального проектного очертания их головок, которые следует получать в результате профильной шлифовки для различных условий эксплуатации:

- прямые участки пути;
- кривые различных радиусов (отдельно наружная и внутренняя рельсовая нить).

При этом участки подразделяются в зависимости от наработки тоннажа. Также разработаны ремонтные профили для участков пути, где рельсы перекладываются со сменой рабочего канта.

Для реализации заданного ремонтного профиля необходимо:

- иметь очертание поперечного профиля рельса до начала шлифовки;
- установить потребную величину съема металла в разных сечениях;

- рассчитать углы наклона рельсошлифовальных головок в каждом рабочем вагоне рельсошлифовального поезда;
- определить требуемое количество рабочих проходов РШП по участку пути для образования заданного ремонтного профиля.

При использовании РШП с активными органами головки рельсов могут быть приведены в очертание, соответствующее ремонтному профилю. Данное мероприятие может быть выполнено следующими действиями:

- удаление или существенное уменьшение волнообразного износа или заводских неровностей поверхности головки выравниванием поверхности головки по длине;
- удаление других поверхностных дефектов приведением поперечного очертания головки рельса к кривой, обеспечивающей оптимальные характеристики контакта с подвижным составом.

Учитывая такие показатели, как эффективность шлифования, особенности поверхности и скорость проведения работ на станционных путях и путях перегона, наиболее оптимальными являются круги диаметрами 250–300 мм, а при производстве работ на переездах, стрелочных переводах и участках приямки к ним диаметр шлифовального круга должен составлять 130 мм.

Положение рельсошлифовальных кругов устанавливается в «нулевое». Это значит, что для формирования рабочей поверхности рельса оси вращения кругов имеют нулевое отклонение относительно выставленного уровня, соответствующего высоте волнообразной зоны металла, подвергаемой удалению.

Очертание самого рельса также играет очень важную роль. От правильной геометрии поперечного сечения зависит то, как будут восприниматься рельсами воздействия от подвижного состава. Поперечное очертание рельса средствами РШП может быть приведено в эталонное очертание. Это может быть осуществлено с использованием двух групп подвагонных тележек. Одна группа предназначена для шлифования поверхности рельса и некоторых нерабочих участков, представленных выкружками, другая – для обработки рабочих поверхностей рельса.

Как правило, очертание поперечного сечения прямо влияет на значения напряжений, возникающих в рельсах, и динамических сил подвижного состава, действующих на железнодорожный путь. Снижая уровень влияния данных факторов за счет ликвидации поверхностных дефектов продлевается срок службы как рельсов, так и ходовых частей подвижного состава. Это непосредственно влияет на уровень финансовых средств, требуемых для осуществления ремонта пути, а также ходовых частей вагонов, локомотивов, электропоездов и т. д. Благодаря удалению «волн» на поверхности катания снижаются шум и вибрация, а также уменьшается количество выправок в плане и профиле, требующихся в цикле текущего содержания железнодорожного пути.

РЕПРОФИЛИРОВАНИЕ СТАРОГОДНЫХ РЕЛЬСОВ

К. С. ХОМИЧ (магистрант)

Научный руководитель – канд. техн. наук, доц. *В. И. ИНЮТИН*
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Одним из перспективных направлений ведения рельсового хозяйства является использование старогодных рельсов. Применение старогодных рельсов должно удовлетворять условиям, представленным далее.

Первое условие – использование старогодных рельсов. Суммарный тоннаж, пропущенный за оба срока службы, должен быть максимально возможным. Для отремонтированных без профильной обработки головки – 1000–1050 млн т груза, а с профильной обработкой головки 1200–1500 млн т груза. Исходя из этого, повторная укладка в первую очередь зависит от обработки и условий эксплуатации на участке первой укладки.

Второе условие – сокращение до минимально потребного и достаточного объема работ и затрат во всем комплексе мер по повторному использованию старогодных рельсов. Для этого надо сохранить снимаемые рельсовые плети бесстыкового пути. Тогда можно уменьшить объемы сварки плетей из старогодных рельсов в запланированном объеме укладки таких плетей. Однако необходимо помнить, что сохраненные плети можно отремонтировать только шлифовкой с использованием рельсошлифовального поезда. Безусловно, качество такого ремонта ниже, чем с профильной обработкой головки. Поэтому сфера применения сохраненных рельсовых плетей хуже, чем сваренных в рельсосварочном поезде (РСП) из рельсов, отремонтированных с профильной обработкой головки.

Третье условие – оптимальное соотношение объемов ремонта рельсов с профильной обработкой головки рельса на станках, при помощи рельсошлифовального поезда и без профильной обработки головки. Профильная обработка на станках увеличивает срок службы рельсов примерно на 200 млн т груза, с применением рельсошлифовального поезда – на 50–100 млн т по сравнению с отремонтированными без профильной обработки.

Для восстановления геометрии и продольного профиля рельсов используется два метода репрофилирования рельсов:

- фрезерование в стационарных условиях на специализированном оборудовании;
- фрезерование непосредственно в пути с использованием рельсофрезерных поездов.

Репрофилирование старогодных рельсов в стационарных условиях является непрерывным профильным фрезерованием на специальных рельсофрезерных станках. Обработка резанием производится комплектом из двух специальных фасонных фрез, расположенных последовательно по направлению подачи рельса (первая фреза – угловая, вторая фреза – профилирующая). Данные станки имеют возможность обработки одиночных рельсов (длиной от 6 до 25 м), удлиненных рельсов (до 125 м) и сваренных рельсовых плетей (до 800 м). Скорость подачи рельса 1400–1500 мм/мин (до 200 м/ч), при максимальной глубине фрезерования до 3 мм [1].

Фрезеруют нерабочую грань рельса, которая при повторной укладке становится рабочей. На обработанной поверхности не должно быть трещин, задигов и сколов металла, видимых продольных и поперечных рисок, острых кромок, чередований отфрезерованных участков с необработанными.

Отфрезерованные рельсы длиной 7 м и более, прошедшие предварительную приемку контрольным мастером, направляют на сварку. Подготовленные к отправке отремонтированные рельсы длиной 25 м или плети дополнительно маркируют с указанием новой рабочей грани на шейке рельса буквами «РГ».

Полную автоматизацию проведения измерений геометрии профиля по координатам позволяет на сегодняшний день произвести программное обеспечение, которым снабжены современные рельсофрезерные поезда. При этом многофункциональность и интеграция технологических модулей, которыми укомплектован поезд, позволяют производить измерение до и после проведения процедуры фрезерования. Также высокая технологичность позволяет проводить мониторинг дефектов на поверхностях катания рельсов. Величина припуска на фрезерование изменяется в автоматическом режиме под требуемые размеры поперечного сечения обрабатываемого рельса.

Достижение критерия оптимальности использования рельсофрезерных поездов достигается обеспечением скорости прохода 0,5–1,5 км/ч, при удалении слоя 0,3–1,5 мм. Данная скорость позволяет удалять поверхностные дефекты на протяжении одного прохода.

Поверхность рельсов, имеющая микротрещины, более склонна к повышенной дефектности, однако эксплуатация рельсов после проведения процедуры репрофилирования показывает, что снятие верхнего слоя металла с микротрещинами снижает количество случаев зарождения и развития дефектов рельсов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Репрофилирование железнодорожных рельсов на рельсофрезерных станках / В. Е. Иноземцев, А. Ю. Попов, А. А. Кульков, А. Ю. Корытов // Транспортное машиностроение. – 2022. – № 11 (11). – С. 39–51.

ПРЕИМУЩЕСТВА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ ДЛЯ УСТАНОВЛЕНИЯ ПРИЧИН ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНЫХ ПРОИСШЕСТВИЙ

А. А. ЦАРЕНКОВ (магистрант)

Научный руководитель – исслед. в области техн. наук, ст. преп. *И. П. ДРАЛОВА*
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Дорожно-транспортные происшествия (ДТП) являются серьезной проблемой при организации дорожного движения. Установление причин ДТП требует точной и быстрой оценки места происшествия, чтобы выяснить обстоятельства аварии. Аварийные ситуации имеют серьезное влияние на пропускную и провозную способность дорог и могут привести к значительным задержкам в движении транспорта. Это является серьезной проблемой для городов и стран в целом, поскольку ведет к увеличению времени в пути, сбою в логистической маршрутизации и финансовым потерям.

Одним из основных последствий ДТП является образование пробок. Даже небольшое столкновение или авария может вызвать приостановку движения, которая распространяется на многие километры. Кроме того, сложные ДТП могут привести к полному блокированию дороги, что еще более сильно влияет на пропускную способность и создает серьезные проблемы для всех участников движения.

Другим важным аспектом влияния ДТП на пропускную способность дороги является необходимость проведения аварийной разблокировки и расследования происшествия. Это занимает время и ресурсы, которые могли бы быть использованы для обеспечения более эффективного движения транспорта. При этом чем дольше дорога остается заблокированной, тем больше накапливаются задержки и тем сложнее восстановить нормальное движение. Для уменьшения влияния необходимо принимать ряд мер. Важно улучшить системы контроля и управления движением, чтобы оперативно реагировать на происшествия и минимизировать их влияние [1].

Использование беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) для аэрофотосъемки стало инструментом для проведения расследований ДТП. В последние годы использование дронов для расследования ДТП стало все более популярным, что предоставляет новые возможности для специалистов и правоохранительных органов.

Одним из основных преимуществ такого использования является возможность получения высококачественных изображений и видеозаписей с воз-

душной перспективы. Дроны могут быстро и эффективно оценить масштабы происшествия, фиксировать следы на дороге, повреждения автомобилей и другие важные детали, которые могут помочь в установлении причин аварии. Это позволяет экспертам более точно воссоздать хронологию событий и выявить возможные нарушения правил дорожного движения. Кроме того, могут использоваться для быстрой оценки обстановки на месте ДТП без необходимости блокирования дороги. Это способствует улучшению безопасности на дорогах и сокращению времени для проведения расследования [2, 3].

БПЛА также могут быть оснащены тепловизионными камерами, что позволяет обнаруживать скрытые повреждения и следы, которые могли бы быть упущены при обычном осмотре. Важно отметить, что использование таких технологий требует квалифицированных специалистов, обученных работе с этими устройствами. Кроме того, важно учитывать конфиденциальность и защиту данных, собранных с помощью аэрофотосъемки, чтобы предотвратить их неправомерное использование.

Аэрофотосъемка с помощью БПЛА предоставляет исследователям уникальную возможность получить детальные и объективные данные о месте ДТП. Они могут летать на низкой высоте и снимать изображения с высоким разрешением. Эти данные могут быть использованы для определения скорости движения транспортных средств и других важных аспектов расследования.

Одним из основных преимуществ использования аэрофотосъемки БПЛА для расследования ДТП является скорость получения данных. Вместо того чтобы блокировать дорогу на длительное время для проведения обследования места происшествия, можно быстро отправить БПЛА на место аварии и получить необходимые данные в кратчайшие сроки. Кроме того, БПЛА обеспечивает безопасность для правоохранительных органов. Это особенно важно в случаях, когда место аварии находится на оживленной дороге или в опасной зоне. Использование аэрофотосъемки для расследования ДТП представляет собой эффективный и инновационный подход к сбору точных данных.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 **Ахраменко, Г. В.** Переустройство участка автомобильной дороги с целью повышения пропускной способности : учеб.-метод. пособие / Г. В. Ахраменко. – Гомель : БелГУТ, 2020. – 103 с.

2 **Куновская, Г. М.** Геодезия и фотограмметрия : учеб.-метод. пособие для студ. спец. «Организация дорожного движения» / Г. М. Куновская, И. П. Дралова. – Гомель : БелГУТ, 2011. – 43 с.

3 **Куновская, Г. М.** Геодезия и фотограмметрия : учеб.-метод. пособие по выполнению лабораторных работ / Г. М. Куновская, О. И. Яковцева. – Гомель : БелГУТ, 2015. – 39 с.

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ТРАНСПОРТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АЭРОФОТОСЪЕМКИ И КОСМИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ

А. А. ЦАРЕНКОВ (магистрант)

Научный руководитель – исслед. в области техн. наук, ст. преп. *И. П. ДРАЛОВА*
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Аэрофотосъемка позволяет получить высококачественные изображения территорий, что способствует более детальному анализу существующей инфраструктуры. Спутниковые измерения, в свою очередь, предоставляют данные о глобальных изменениях, метеорологических условиях и состоянии транспортных сетей в реальном времени. Объединив эти два источника информации, мы можем создать комплексную картину, необходимую для принятия обоснованных решений.

Комбинирование аэрофотосъемки и спутниковых измерений в транспортной отрасли представляет собой революционный подход к исследованию и управлению транспортными системами. В условиях быстро меняющегося мира, где эффективность и безопасность перемещения людей и грузов становятся приоритетными задачами, интеграция этих технологий открывает новые горизонты. Такой подход позволяет выявлять проблемные участки, прогнозировать нагрузки и оптимизировать маршруты. Внедрение современных аналитических инструментов на основе полученных данных способствует более рациональному распределению ресурсов, улучшению логистических процессов и повышению общей эффективности транспортных систем. Таким образом, комбинирование аэрофотосъемки и спутниковых измерений играет ключевую роль в решении задач современного транспорта, обеспечивая устойчивое развитие и высокий уровень обслуживания [1].

Существует множество программных решений, которые облегчают работу с данными, полученными с помощью БПЛА. Одним из наиболее распространенных программ является Pix4D, которая позволяет создавать 3D-модели и ортофотопланы на основе изображений, снятых дроном. Эта программа отличается высокой точностью и предоставляет пользователю широкий набор инструментов для анализа и визуализации данных. Еще одной популярной платформой является DroneDeploy, предлагающая облачные решения для обработки данных и автоматизации рабочего процесса. Интуитивно понятный интерфейс делает ее доступной для пользователей с различным уровнем подготовки. Также стоит отметить Agisoft Metashape, которая популярна среди профессионалов благодаря своим мощным алгоритмам обработки изображений. Программа поддерживает различные фор-

маты данных и предоставляет широкий набор функций для детального анализа. С помощью специализированных программ, разработанных для работы с аэрофотоснимками, исследователи могут интегрировать данные о дорожных условиях, погоде и других факторах, что ведет к более тщательному анализу обстоятельств ДТП. Эти данные могут быть особенно полезны для страховых компаний, которые стремятся сократить время рассмотрения Claims и повысить уровень обслуживания клиентов. Таким образом, выбор программы зависит от специфики задач, которые ставятся перед пользователем, и уровнем обработки полученных данных.

Программные пакеты камеральной обработки результатов аэрофото съемки позволяют значительно повысить эффективность анализа инцидентов. Эти программные решения интегрируют данные, полученные с БПЛА, с основными элементами дорожной инфраструктуры, обрабатывая информацию о месте ДТП и условиях окружающей среды.

Современные технологии, такие как обработка изображений и 3D-моделирование, позволяют исследователям создавать детализированные визуализации, что способствует более глубокому пониманию причин аварий. Используя программное обеспечение, специалисты могут быстро генерировать отчеты, которые содержат не только фотографии, снятые с высоты, но и трехмерные модели сцены происшествия. Это значительно сокращает время на анализ и позволяет более точно оценить ситуацию. Внедрение таких технологий в процедуру расследования ДТП открывает новые горизонты для правопорядка и судебной экспертизы, улучшая качество принятых решений и повышая общую безопасность дорожного движения.

Использование БПЛА в расследовании ДТП не только ускоряет процесс сбора информации, но и повышает точность получаемых данных. Дрон способен записывать видео и делать фотографии в различных режимах, что дает возможность зафиксировать детали, которые могут быть упущены при традиционном исследовании места происшествия. К тому же применение БПЛА в расследовании ДТП становится важным элементом обучения и подготовки специалистов. Будущие работники правоохранительных органов и эксперты учатся эффективнее использовать современные технологии, что позволяет им быть более подготовленными к решению сложных задач в своей практике. Таким образом, интеграция БПЛА в процесс расследования ДТП не только улучшает сбор данных, но и способствует профессиональному развитию кадров.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 **Куновская, Г. М.** Геодезия и фотограмметрия : учеб.-метод. пособие для студ. спец. «Организация дорожного движения» / Г. М. Куновская, И. П. Дралова. – Гомель : БелГУТ, 2011. – 43 с.

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВАРИАНТОВ КОНСТРУКЦИИ ДОРОЖНОЙ ОДЕЖДЫ

А. А. ЦАРЕНКОВ (магистрант)

Научный руководитель – канд. техн. наук, доц. *Г. В. АХРАМЕНКО*
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Проектирование автомобильных дорог – задача многогранная, задающая множество условий и ограничений. Каждый проект автомобильной дороги индивидуален и разрабатывается как с соблюдением всех нормативных требований, так и с учетом специфики дальнейшей эксплуатации, наличия конкретных технических, материальных ресурсов и многих других факторов. Важнейшим элементом автомобильных дорог является дорожная одежда. Она воспринимает транспортные нагрузки и климатические воздействия, напрямую взаимодействует с движущимися автомобилями. Наличие дефектов покрытия значительно влияет на безопасность движения. В процессе проектирования можно выбрать тип дорожной одежды, заложить в конструкцию различные материалы, т. е. проработать множество возможных вариантов. При необходимости с соблюдением норм проектирования разрабатывается несколько альтернативных конструкций, каждая из которых будет удовлетворять допустимым параметрам. При эксплуатации такие конструкции в дальнейшем могут быть более или менее долговечными. Их сметная стоимость также будет различна. В таких условиях технико-экономическая оценка вариантов конструкции дорожной одежды не теряет своей актуальности и в каждом конкретном случае является единственно необходимым условием выбора рационального проектного решения.

Варьирование вариантов конструкции дорожной одежды достигается за счет выбора ее типа, вида покрытия, изменения толщины слоев, подбора различного сочетания материалов в их составе. Необходимо обеспечить сопоставимость вариантов, т. е. они должны удовлетворять требованиям прочности и других параметров, в районе строительства должны присутствовать материалы для их устройства [1].

Исходными данными для подбора составов являются тип и марка асфальтобетонной смеси, толщина слоя. Исходя из вида смеси, категории дороги и нагрузки, действующей на покрытие, назначается битум определенной марки, а также другие компоненты [2].

Расчет сметной стоимости устройства дорожной одежды выполняется с составлением необходимых сметных документов: калькуляции транспортных расходов, калькуляции стоимости материалов, конструкций и изделий,

ресурсно-сметных расчетов и локальных смет по каждому из вариантов. Сметная стоимость распределяется по следующим статьям затрат: основная заработная плата рабочих; стоимость эксплуатации строительных машин и механизмов, в составе которой выделяется заработная плата машинистов; стоимость материалов, изделий и конструкций; транспортные расходы по их доставке; стоимость оборудования, мебели, инвентаря; общепроизводственные и общехозяйственные расходы и плановая прибыль. В целях выбора экономически эффективного варианта конструкции дорожной одежды требуется проведение дальнейших экономических расчетов с учетом расчетных сроков службы сравниваемых конструкций.

Критерием экономической эффективности служит минимальная величина суммарных дисконтированных затрат, рассчитываемых по формуле

$$Z_{npи\epsilon} = K_{ti} + \sum_{t=1}^{T_p} C_{ti} \eta_t,$$

где K_{ti} – инвестиционные вложения в строительство i -го варианта дорожной одежды; C_{ti} – стоимость ремонтов и ежегодного содержания i -го варианта дорожной одежды в t -м году расчетного периода; T_p – расчетный период сравнения вариантов, определяемый межремонтным сроком службы до капитального ремонта по наиболее долговечному варианту.

В качестве показателя, определяющего технико-экономическую эффективность конструкции дорожной одежды, может использоваться величина общего уровня надежности – вероятность безотказной работы конструкции в течение расчетного срока службы [1]. В наибольшей степени уровень надежности «чувствителен» к коэффициенту запаса прочности по критерию коррозионной стойкости и в меньшей степени – к коэффициенту запаса прочности по критерию сдвигоустойчивости. Увеличение показателей физико-механических свойств асфальтобетона, направленных на повышение коррозионной стойкости, наиболее заметно проявляется с точки зрения повышения долговечности в эксплуатации [2].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Царенкова, И. М. Экономическая оценка инвестиционных проектов в дорожном хозяйстве : учеб.-метод. пособие / И. М. Царенкова, Р. Б. Ивуть. – Гомель : БелГУТ, 2015. – 130 с.

2 Веренько, В. А. Как получить экономически эффективные асфальтобетонные смеси для устройства конструктивных одежд автомобильных дорог и улиц / В. А. Веренько, В. В. Занкович // Вестник Белорусского национального технического университета. – 2009. – № 3. – С. 23–29.

РАЗВИТИЕ РЕГИОНАЛЬНЫХ АВИАПЕРЕВОЗОК В БЕЛАРУСИ

П. А. ЧЕРНУХО, А. А. ВОЙТКУН (101042-22)

Научный руководитель – канд. техн. наук, доц. *Т. В. ПИЛЬГУН*
Белорусский национальный технический университет, г. Минск

Началом становления белорусской авиации считаются 1933–1935 годы, когда сначала выполнялись местные перевозки пассажиров и грузов, затем, начиная с 1955 года международные полеты. В 1960–1990 годы региональная гражданская авиация была достаточно развита: в некоторые труднодоступные места, из-за отсутствия дорог, можно было добраться только самолётом.

Рост объема перевозок стимулировал модернизацию аэропортов Беларуси и обновление авиапарка. Максимальное количество перевезенных пассажиров было достигнуто в 1990 году и составило 2,2 млн человек.

Рынок авиаперевозок остро реагирует на экономические и политические факторы. Распад СССР и последовавший кризис резко сократили объемы перевозок. Самый низкий показатель пассажирских перевозок отмечен в 2000 году – 400 тыс. человек из аэропорта Минск, а региональные перевозки к этому году исчезли совсем [1]. Начиная с 2003 года, авиаперевозки возрастают, и за 2019 год через минский аэропорт было перевезено 5,1 млн человек [1].

В настоящее время на территории Беларуси функционируют четыре международных аэропорта: Национальный аэропорт Минск (MSQ), аэропорт Гомель (GME), аэропорт Брест (BQT), аэропорт Могилев (MVQ). В столице Беларуси функционируют два аэропорта: Национальный аэропорт Минск и аэропорт бизнес-авиации FBO Minsk.

Согласно статистическим данным, в период с января по сентябрь 2024 года пассажирооборот воздушного транспорта увеличился на 5,2 %. Отмечается также рост объема перевезенных грузов белорусскими авиакомпаниями на 12,6 % и грузооборота на 10,3 % [2]. Приоритетное внимание уделяется увеличению загрузки региональных аэропортов. По отчетным данным за декабрь 2024 года, авиакомпанией «Белавиа» из аэропортов Гомеля и Бреста перевезено 64,5 тысячи пассажиров. В частности, в летний период загрузка направления Гомель – Санкт-Петербург достигала 90 % [3].

В 2023 году авиакомпания «Белавиа» возобновила выполнение рейсов из Гомеля в Москву. Устойчивый рост пассажиропотока в этом направлении требует модернизации аэропорта для повышения пропускной способности. Аэропорт Витебск в настоящее время не осуществляет регулярные рейсы,

однако принимает чартерные рейсы на популярные курортные направления. Проводится масштабная модернизация аэровокзального комплекса. В апреле 2024 года возобновлена регулярная полетная программа, включающая аэропорт Шереметьево. Московское направление демонстрирует высокий потенциал: загрузка самолётов (76 мест) в первые месяцы эксплуатации превысила 90 % [3].

На данный момент регулярное авиасообщение из Гродно отсутствует, но ожидается открытие прямого рейса в Россию. Возобновление первого регулярного направления из Могилева в аэропорт Шереметьево запланировано на 28 апреля с частотой выполнения полетов два раза в неделю. Также возобновляется чартерная программа Могилев – Анталья.

Региональная авиация Беларуси обладает потенциалом для развития, однако её рост сдерживается конкуренцией с железнодорожным транспортом. Пассажиры выбирают поезда из-за более низкой стоимости билетов, несмотря на увеличение времени перемещения. Для стимулирования спроса на авиаперелёты необходимы дополнительные меры.

Снижение тарифов на авиабилеты могло бы повысить конкурентоспособность региональной авиации. Однако снижение цен может быть затруднено из-за высоких операционных расходов авиакомпаний, поэтому государственное субсидирование региональных авиаперевозок рассматривается как потенциальное решение.

Таким образом, увеличение пассажиропотока и грузооборота в 2023 году на фоне восстановления регулярных рейсов из областных аэропортов говорит о положительной динамике в авиасообщении страны. Инфраструктура аэропортов адаптируется к растущему спросу, что подтверждается планами по реконструкции объектов, таких как аэропорт Гомель. В целом белорусская авиационная инфраструктура демонстрирует стремление к развитию, создавая условия для роста и улучшения качества авиаперевозок.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Белавиа // Википедия. – URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%91%D0%B5%D0%BB> (дата обращения: 22.02.2025).

2 Больше пассажиров, новые направления. Как развивалась авиация в Беларуси в 2024 году // Белта. – URL: <https://belta.by/com-ments/view/bolshe-passazhirov-novyeh-napravlenija-kak-razvivalas-aviatsija-v-belarusi-v-2024-godu-9461/> (дата обращения: 22.02.2025).

3 В Беларуси развивают полетную программу из областных аэропортов // SB BY. – URL: <https://www.sb.by/articles/stanovyatsya-na-krylo.html> (дата обращения: 22.02.2025).

WMS-СИСТЕМЫ КАК РЕШЕНИЕ В СКЛАДСКОЙ ЛОГИСТИКЕ НА ПРИМЕРЕ MANHATTAN WMS

А. Д. ШАЛЯПИН, П. В. ЕВЩИК (101042-23), И. А. ГРИЦУК (101041-23)
Научный руководитель – магистр экон. наук, ст. преп. *Ю. А. ОСИПОВА*
Белорусский национальный технический университет, г. Минск

Складская логистика выполняет ключевую функцию в обеспечении эффективности цепочки поставок, выступая связующим звеном между поставкой, производством, распределением и розничной продажей. Правильная ее организация обеспечивает минимизацию затрат на логистику и сокращение времени на работу с грузом. Благодаря развитию современных складских комплексов и внедрению цифровых технологий, таких как системы управления складом (WMS), и автоматизации процессов, достигается высокая гибкость и устойчивость цепочки поставок.

Инновационные подходы в складской логистике представляют собой комплекс современных технологий и методов, направленных на повышение эффективности, точности и скорости выполнения операций.

Одним из ключевых элементов является внедрение систем управления складом (WMS – Warehouse Management System). WMS обеспечивает оптимизацию использования складского пространства за счёт рационального распределения товаров по зонам хранения, автоматизирует процессы приёмки, хранения, отгрузки и учёта запасов, а также минимизирует ошибки, связанные с человеческим фактором. Такие системы предоставляют аналитику в реальном времени, основанную на применении искусственного интеллекта (AI), что позволяет не только делать прогнозы оперативно принимать управленческие решения, но и рационально перемещать запасы внутри склада. AI-алгоритмы анализируют большие объёмы данных, включая исторические продажи, сезонные колебания, рыночные тренды и внешние факторы, что позволяет более точно предугадать спрос. Это помогает избежать как избыточного складирования, так и дефицита товаров.

Одним из примеров успешных проектов WMS-систем является Manhattan Active Warehouse Management, чья выручка за 2025 год составила 1,042 млрд дол. США [1].

Manhattan Active Warehouse Management – это облачное микросервисное программное решение, использующее передовые технологии, такие как AI и машинное обучение, для оптимизации управления запасами, выполнения заказов и повышения общей эффективности цепочки поставок. Ключевые приложения включают отслеживание запасов в реальном времени, автома-

тизацию процессов поиска и упаковки, а также расширенную аналитику для прогнозирования спроса за счет использования облачных технологий. Manhattan обеспечивает рациональное управление рабочей силой, улучшенное использование пространства и обслуживание клиентов за счет более быстрой доставки.

Особенностями системы являются мобильные приложения для складских операций, передовые технологии автоматизации, такие как робототехника и устройства IoT (Интернет вещей), машинное обучение для оптимизации запасов, и интегрированные решения для цепочек поставок. Система предлагает удобные интерфейсы, повышая производительность труда и принятие решений. Ее модульная архитектура обеспечивает бесшовную интеграцию с различными системами планирования ресурсов предприятия (ERP) и другими инструментами управления цепочками поставок, обеспечивая масштабируемость и адаптивность к меняющимся потребностям бизнеса. Преимущества активного управления складом Manhattan включают видимость и отслеживание в реальном времени, что повышает эффективность, а также автоматизацию и аналитику на основе AI, которые улучшают принятие решений.

Manhattan Active Warehouse Management является единственным лидером во всех четырех направлениях: WMS, TMS (Transportation Management System – система управления транспортом), OMS (Order Management System – система управления заказами) и POS (Point of Sale – система управления точками продаж). Это означает, что платформа предлагает комплексное решение, охватывающее ключевые аспекты логистики и розничной торговли, что делает ее уникальной на рынке.

Однако существуют и минусы: высокие затраты на внедрение могут быть непосильными для малого бизнеса, наполненный интерфейс и регулярные обновления могут потребовать длительного обучения, зависимость от технологий может привести к сбоям при возникновении проблем.

Система Manhattan Active Warehouse Management широко распространена по всему миру. Внедрением продукта в нашей стране занимается Кроус Консалтинг. Клиентами Manhattan WMS является множество не только зарубежных компаний, таких как Cotscow Wholesale, General Motors, но и отечественных, как АЛИДИ Логистик, сеть магазинов «Магнит», «Глория Джинс» и др.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Manhattan Associates Joins The Billion Dollar Club // Forbes. – URL: <https://www.forbes.com/sites/stevebanker/2025/01/29/manhattan-associates-joins-the-billion-dollar-club/> (дата обращения: 09.03.2025).

ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

Д. Е. ШПАКЕВИЧ, И. А. КРУГЛИК (101042-24)

Научный руководитель – магистр экон. наук, ст. преп. *Ю. А. ОСИПОВА*
Белорусский национальный технический университет, г. Минск

Транспортная инфраструктура является неотъемлемой частью транспортно-логистической системы и напрямую влияет на скорость и условия перевозки пассажиров и грузов. Автомобильные дороги – один из важнейших составных элементов транспортной инфраструктуры.

Общая протяженность автомобильных дорог Беларуси составляет более 86 тысяч километров (около 15 700 км составляют дороги республиканского значения, около 70 900 км – местного значения). Из них 87 % – это дороги с твердым покрытием. Плотность автодорог в Республике Беларусь – 364 километра на тысячу квадратных километров площади. Этот показатель находится на европейском уровне и является самым высоким среди всех стран постсоветского пространства [1].

В связи с тем, что наша страна является важным транспортным коридором, через который проходит множество транзитных путей, теме поддержания технического состояния дорог уделяется должное внимание. В 2023 г. дорожные строители привели в надлежащее состояние около 3000 км дорог, в 2024 г. – почти 5000 км. При этом на проведение всех видов дорожных работ в 2024 г. было выделено 2,2 млрд руб., в 2025 г. планируется потратить 2,3 млрд руб.

Следует отметить, что дорожное строительство и содержание уже функционирующих дорог в надлежащем состоянии требуют огромных капиталовложений. Поэтому финансирование по большей части происходит из республиканского бюджета. На данный момент стоимость ремонта 1 км автодороги, при котором следует срезать устаревшее покрытие и положить новый асфальт, составляет около 350 тыс. руб. Капитальный ремонт увеличивает стоимость работ до 2 млн руб., полная реконструкция дороги доводит расходы до 10 млн руб. за 1 км.

Главными направлениями дорожных работ в ближайшее время станут: магистраль М3, соединяющая Минск с Витебском, так как она является основным путём на северо-восточный выезд из страны, по направлению в Санкт-Петербург. Еще одним приоритетом станут дорожные работы на трассе Р122. Это направление, связывающее Могилев с Чаусами, рассматривается как важный элемент пути, ведущего в сторону Российской Феде-

рации. Также дорожные работы будут активно проводиться по линии Жодино – Борисов.

Важной тенденцией в работе белорусских дорожников станет приведение в надлежащее состояние дорог, связывающих районные центры с агрогородками. Задача по замене гравийного покрытия покрытием из бетона либо асфальта коснется 1,4 тыс. агрогородков.

В последнее время одной из наболевших тем стало приведение в надлежащее состояние мостов на белорусских дорогах, поэтому важным направлением работы в 2025 г. станет недопущение критических дефектов мостовых сооружений. В 2024-м было отремонтировано 117 мостовых сооружений, в текущем году планируется подвергнуть различным видам ремонта не менее 100 мостов.

На данный момент реконструкция успешно проведена в отношении дорог, ведущих к областным центрам: все они, за исключением Витебска, имеют автомобильные дороги первой категории. Поэтому большое внимание будет уделяться капитальному ремонту. Это делается для того, чтобы повысить транспортные нагрузки на ось транспортных средств и, таким образом, облегчить работу градообразующих предприятий-экспортеров, которые смогут уменьшить стоимость логистики [2].

Платные дороги, в свою очередь, приносят в государственный бюджет немалое количество денежных средств, компенсирующих часть потенциальных затрат на дорожные работы. По этой причине планируется увеличить протяжённость платных участков дорог до 1957 км.

Таким образом, дальнейшее развитие автомобильной транспортной сети Республики Беларусь предопределено: приоритетным направлением продолжает оставаться проведение ремонтных и модернизационных работ с учётом особенностей рельефа и загруженности определённых участков дорог; особое внимание также уделяется расширению сети платных дорог в стране, усовершенствованию эксплуатации транзитных путей и транспортных коридоров.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Государственная программа «Дороги Беларуси» на 2021–2025 годы : утв. постановлением Совета Министров Респ. Беларусь 9 апреля 2021 года № 212 // Национальный центр правовой информации Республики Беларусь, 2021. – С. 12–23. – URL: [Государственная_программа_Дороги_Беларуси_на_2021-2025_годы_2.pdf](#) (дата обращения: 08.03.2025).

2 Автодороги Беларуси // Экономическая газета. – URL: <https://neg.by/novosti/otkrytj/avtodorogi-belarusi-kuda-budut-napravleny-usiliya-v-2025-godu/> (дата обращения: 25.02.2025).

ПРИКЛАДНАЯ ЭКОНОМИКА НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ

С. А. ЮЛДАШЕВА, канд. экон. наук, доц.

З. Ш. БОБОЖОНОВА, д-р философии PhD

*Ташкентский государственный транспортный университет,
Республика Узбекистан*

Сегодня железнодорожный транспорт играет ключевую роль в экономическом развитии многих стран, обеспечивая эффективные перевозки грузов и пассажиров, ускоряя логистические процессы и укрепляя региональные связи. В этом контексте значимость прикладной экономики трудно переоценить, так как она позволяет находить практические решения для реальных экономических проблем. Благодаря инструментам прикладной экономики – таким как экономическое моделирование, статистический анализ и оценка эффективности инвестиций – становится возможным более рационально использовать ресурсы, сокращать издержки и увеличивать доходы в железнодорожной отрасли. Прикладная экономика помогает не только выявлять узкие места в логистических цепочках, но и разрабатывать стратегии их устранения, что делает её незаменимой в современных условиях.

Кроме того, развитие цифровых технологий и автоматизированных систем управления на железнодорожном транспорте поднимает значимость прикладной экономики на новый уровень. Опыт европейских и азиатских стран показывает, что грамотное применение экономических методов позволяет существенно сократить затраты на перевозки и повысить транзитный потенциал. Инновационные подходы, такие как анализ затрат и выгоды, оптимизация логистики и оценка эффективности инвестиций, становятся важными инструментами для устойчивого развития железнодорожной отрасли. Именно поэтому сегодня как никогда актуально глубокое изучение теоретических и прикладных достижений в области прикладной экономики и их внедрение в практику управления железнодорожным транспортом.

В своей работе Уотерс исследует историческую эволюцию экономики железных дорог, «подчеркивая связь между железными дорогами и более широким экономическим развитием. Он утверждает, что растущая отдача от железнодорожных операций оправдывает государственное вмешательство посредством регулирования или государственной собственности». Этот подход заложил основу для современных теорий ценообразования на основе многопродуктов, при этом железные дороги предоставляют ключевые данные для оценки функции затрат.

Железнодорожный транспорт Узбекистана является важной составляющей национальной экономики, обеспечивая перевозку грузов и пассажиров. На основе модели многопродуктовой функции затрат Уотерса проанализирована экономическая эффективность этой отрасли, выявлены резервы для повышения продуктивности использования ресурсов и улучшено качество услуг. Такая методология позволяет учитывать влияние различных видов услуг на общие затраты и оптимизировать их распределение.

Модель многопродуктовой функции затрат Уотерса позволяет анализировать влияние различных видов услуг (например, грузовых и пассажирских перевозок) на общие затраты компании. Эта модель принимает следующий вид:

$$C = f(Q_{\text{груз}}, Q_{\text{пасс}}) + F,$$

где: C – общие затраты; $Q_{\text{груз}}$ – объём грузоперевозок; $Q_{\text{пасс}}$ – объём пассажироперевозок; F – постоянные затраты.

Использование этой модели позволяет определить, как изменения в объёме различных видов перевозок влияют на общие затраты, а также выявить резервы для повышения экономической эффективности. На основе модели многопродуктовой функции затрат были рассчитаны скорректированные показатели с учётом диверсификации услуг и модернизации инфраструктуры.

Таблица 1 – Показатели услуг ж/д транспорта Узбекистана (2021–2023 гг.)

Показатель	2021	2022	2023
Перевезено грузов, млн т	68,4	70,0	75,0
Грузооборот, млрд т·км	22,9	23,5	25,0
Перевезено пассажиров, млн чел.	22,1	23,0	25,0
Пассажирооборот, млрд пас·км	4,3	4,5	5,0

Эти данные демонстрируют потенциал для роста объёмов перевозок при условии эффективного распределения ресурсов и оптимизации затрат. Диверсификация услуг и модернизация инфраструктуры позволяют значительно снизить удельные затраты и повысить общую рентабельность железнодорожного транспорта.

Анализ на основе модели многопродуктовой функции затрат Уотерса показал, что для повышения экономической эффективности железнодорожного транспорта Узбекистана необходимо проводить диверсификацию услуг и модернизацию инфраструктуры. Это позволит не только снизить затраты на единицу перевозки, но и повысить качество предоставляемых услуг, укрепляя конкурентоспособность отрасли. Внедрение этой методологии способствует оптимизации тарифной политики, улучшению управления ресурсами и достижению устойчивого роста железнодорожного транспорта в долгосрочной перспективе.

ОБЪЕКТЫ ПРИДОРОЖНОГО СЕРВИСА И ИХ РОЛЬ В ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЕ

Д. С. ЯКУБУК, О. В. МОЛОЧЕВ (СА-41), Е. Д. СТРОЕВ (САМ-21)

Научный руководитель – магистр техн. наук, ассистент *М. Ю. НИКИТЕНКО*
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Придорожный сервис является неотъемлемой частью современной транспортной инфраструктуры. Он обеспечивает водителей и пассажиров необходимыми удобствами, позволяя сделать длительные поездки более комфортными и безопасными. Отправляясь в путь, люди рассчитывают на доступ к заправочным станциям, местам для отдыха, кафе и мотелям, которые помогают восполнить силы и подготовиться к следующему этапу путешествия. В условиях роста автомобилизации и развития транспортных коридоров в Республике Беларусь анализ и оптимизация придорожного сервиса приобретают особую актуальность.

Автозаправочные станции (АЗС) являются одними из самых важных объектов придорожного сервиса. Их основная функция – обеспечение транспортных средств топливом, необходимым для продолжения пути. Вдоль магистралей расположены станции, которые предлагают не только заправку различных типов топлива (бензин, дизель, газ и электроэнергия для электромобилей), но и дополнительные услуги, такие как магазины с товарами первой необходимости, кафе, зоны отдыха. В последние годы внедрение автоматизированных заправок и систем цифровых платежей ускоряет процесс обслуживания, что снижает время ожидания.

Станции технического обслуживания (СТО) играют ключевую роль в поддержании транспортных средств в исправном состоянии. Круглосуточные СТО особенно важны для дальнобойщиков, так как они обеспечивают доступность услуг в любое время суток. Некоторые СТО комбинируют функции заправочных станций, предоставляя широкий спектр услуг для удобства водителей.

Придорожные кафе и рестораны являются важными объектами сервиса для обеспечения питания путешественников. Они предлагают удобное место для отдыха и восстановления сил, что особенно важно для водителей и пассажиров на длинных маршрутах.

Придорожные мотели и гостиницы обеспечивают возможность отдохнуть и переночевать пассажирам и водителям в пути. Мотели, как правило, предоставляют более экономичные варианты ночлега, с базовыми удобствами, тогда как гостиницы могут предложить более комфортные условия, такие как рестораны, тренажерные залы и бассейны.

Придорожные торговые точки вдоль дорог предлагают пассажирам и водителям товары первой необходимости, такие как еда, напитки, автомобильные аксессуары и бытовые мелочи. Эти объекты часто работают круглосуточно, что особенно важно для путешественников, совершающих ночные поездки.

Санитарные зоны являются важнейшим элементом придорожного сервиса, обеспечивающим путешественников комфортными условиями для соблюдения личной гигиены и отдыха. Они создают базовые удобства, которые необходимы во время длительных поездок.

Парковки и места отдыха обеспечивают возможность сделать безопасную остановку и отдохнуть перед продолжением пути. Они особенно актуальны для длительных маршрутов, где отдых играет ключевую роль в поддержании безопасности на дорогах.

Востребованность и эффективность объектов придорожного сервиса зависит от ряда факторов. К ним можно отнести:

- географическое расположение (близость к транспортным маршрутам, удаленность от населенных пунктов);
- качество инфраструктуры (современность и функциональность, поддержка чистоты и порядка);
- уровень предоставляемых услуг (ассортимент и разнообразие, доступность и скорость обслуживания);
- соответствие современным стандартам (цифровизация, экологичность);
- экономическая доступность;
- маркетинг и привлечение клиентов (хорошая реклама и отзывы, уникальность предложения);
- культурно-региональные особенности.

Рост автомобилизации населения, увеличение транзитных грузоперевозок и активное развитие туризма в Республике Беларусь формируют объективную потребность в модернизации придорожной инфраструктуры. В данных условиях ключевым приоритетом становится соответствие объектов сервиса повышенным стандартам, включающим безопасность, качество предоставляемых услуг и создание комфортных условий для отдыха участников дорожного движения.

Придорожный сервис играет ключевую роль в транспортной инфраструктуре, обеспечивая комфорт и безопасность на дорогах. Развитие этой сферы способствует повышению качества обслуживания, улучшению условий для водителей и пассажиров, а также поддерживает экономику регионов через создание рабочих мест и развитие туризма. Внедрение новых технологий, улучшение качества обслуживания и развитие инфраструктуры создают благоприятные условия для дальнейшего роста и повышения конкурентоспособности объектов придорожного сервиса.

СОДЕРЖАНИЕ

<i>Абраштов А. А.</i> Вопросы миграции суфляжного камня в щебеночный балласт.....	3
<i>Багаев Е. С.</i> Инновационные материалы и технологии дорожных покрытий	5
<i>Бараболкин П. Н.</i> Выбор средств технического оснащения железной дороги при электрификации на основе графика этапного наращивания её мощности	7
<i>Биндюк С. А.</i> Внедрение искусственного интеллекта для совершенствования и оптимизации путевого хозяйства	9
<i>Биндюк С. А.</i> Проблемы и способы их решения при реконструкции путей необщего пользования	11
<i>Бобожонова З. Ш.</i> Научно-теоретические основы сингулярной экономики в условиях цифровизации	13
<i>Бреус Р. А.</i> Анализ требований к средствам технической разведки объектов и участков транспортной инфраструктуры	15
<i>Букас В. В.</i> Анализ способов укрепления откосов высоких насыпей автомобильных дорог на подходах к мостам	17
<i>Букас В. В., Яхнин Н. В.</i> Анализ способов повышения пропускной способности на автомобильных дорогах	19
<i>Габец П. Д.</i> Производство асфальтобетонных плит для роботизированной заделки выбоин.....	21
<i>Габец П. Д.</i> О форме карты ямочного ремонта при роботизированном производстве работ по содержанию асфальтобетонных покрытий	23
<i>Гарелик К. А.</i> Применение рельсов повышенной износостойкости и контактной выносливости в условиях Белорусской железной дороги.....	25
<i>Григорьев К. Д.</i> Термоиндикаторы – элемент системы обеспечения безопасности дорожного движения.....	27
<i>Гулевич Е. А.</i> Исследование зависимости коэффициента сцепления от типа и состояния покрытия на автомобильных дорогах	29
<i>Густинович Р. Ю., Мицковский Н. С.</i> Взаимосвязь дорожного строительства и возобновляемой энергетики	31
<i>Доломонюк Р. Ю., Петрусевич В. В.</i> Современные конструкции, используемые для маскировки при перемещении техники по объектам транспортной инфраструктуры	33
<i>Дорош Р. И.</i> Применение чисел Фибоначчи для оценки и выбора оптимального направления трассы автомобильной дороги в условиях Припятского Полесья.....	35
<i>Дорош Р. И.</i> Применение программного продукта Avenue 2.0 для моделирования перекрёстков в рамках концепции «Рабочее пространство как сервис»	37
<i>Дробов С. Г., Шамова М. А.</i> Экологические аспекты прокладки коммуникаций методом горизонтально-направленного бурения.....	39
<i>Дробышевский К. В.</i> Инновационные подходы в области строительства транспортной инфраструктуры	41
<i>Егорова П. С.</i> Искусственный интеллект в области дорожного движения	43
<i>Егорова П. С.</i> Криптография в облачных вычислениях	45
<i>Еремейчук М. В.</i> Анализ методов диагностирования дизельных двигателей.....	47
<i>Жиромский С. В.</i> Инженерно-экономическая аналитика перспектив развития транспортной логистики Республики Беларусь	49
<i>Жуков А. И.</i> Технологии ремонта и содержания малых и средних мостовых сооружений в мировой практике	51

<i>Жучкова С. В.</i> Требования к кадрам, желающим работать в сфере транспортной логистики.....	53
<i>Зайцев А. А.</i> Обновление железнодорожного пути на участке инфраструктуры железной дороги в Северном районе	55
<i>Кова Е. В., Мацко В. А.</i> Автоматизация логистики строительных материалов: ИОТ и блокчейн в цепочках поставок.....	57
<i>Кононович Л. П.</i> Анализ причин ограничения скорости движения поездов на участке Витебск – Езерище	59
<i>Кононович Л. П.</i> Обоснование строительства второго пути на участке Орша – Витебск (км 19 – км 26)	61
<i>Корнеево А. О.</i> Разработка системы оптимизации и координирования маршрутов в реальном времени.....	63
<i>Кошелева К. Д.</i> Спектр применения геосинтетических материалов в дорожном строительстве	65
<i>Купреева Д. А.</i> Моделирование деформирования дорожного покрытия с учетом зависимости механических характеристик слоев от температуры	67
<i>Курман Е. А., Мирончук Н. В.</i> Развитие зелёной логистики в Республике Беларусь	69
<i>Курман Е. А., Мирончук Н. В.</i> Применение искусственного интеллекта в транспортной логистике в Республике Беларусь.....	71
<i>Лапушкин А. С.</i> О совершенствовании методов определения остаточных поперечных перемещений головки и подошвы рельса при проведении стендовых испытаний промежуточных рельсовых скреплений	73
<i>Леонова А. С., Емельяничкова В. В.</i> Атаки на криптографические системы	75
<i>Леонова А. С., Емельяничкова В. В.</i> Искусственный интеллект и кибербезопасность.....	77
<i>Леонова А. С., Емельяничкова В. В.</i> Перспективы использования беспилотных технологий на Белорусской железной дороге	79
<i>Лобач М. Г., Довнар Л. А.</i> V2X: будущее транспортной логистики	81
<i>Мазур Д. Н.</i> Институциональный подход к ресурсосбережению в дорожном хозяйстве.....	83
<i>Мицковский Н. С., Густинович Р. Ю.</i> Анализ современных методов ремонта и восстановления асфальтобетонных покрытий дорог	85
<i>Мочалов Н. А.</i> Сплошной контроль пути на высокоскоростных железнодорожных магистралях	87
<i>Мухина А. Г., Корнеево А. О.</i> Предпосылки создания информационной системы мониторинга рабочего состояния оперативного работника железной дороги	89
<i>Мучинский В. Л., Мучинский Л. Г.</i> Теоретико-методологический инструментарий цифровизации транспортно-логистических процессов дорожно-строительной организации	91
<i>Никитенко М. Ю.</i> Особенности проектирования земляного полотна автомобильных дорог на слабых грунтах в условиях Припятского Полесья.....	93
<i>Никитенко М. Ю.</i> Перспективы строительства высокоскоростной железнодорожной магистрали Минск – Москва: анализ возможностей и вызовов.....	95
<i>Николаевич Р. М., Дмитриченко А. А.</i> Транспортная инфраструктура логистических терминалов: проблемы и перспективы развития	97
<i>Павченец В. Н.</i> Геодезические работы в инженерных войсках при строительстве мостов.....	99
<i>Петрусевич В. В.</i> Подбор оптимальной нормы расхода СГП для проведения исследований влияния профилактической обработки на коэффициент сцепления асфальтобетонного покрытия	101

<i>Печенев Е. В., Кацубо П. А.</i> Основные тенденции в направлении развития сборно-разборных мостовых конструкций	103
<i>Савельева Э. А.</i> Управление техническим состоянием пути в современных эксплуатационных условиях	105
<i>Сакович М. В.</i> Геодезические работы для строительства дорог в инженерных войсках	107
<i>Сакула А. Ю.</i> Анализ способов сооружения земляного полотна при реконструкции автомобильной дороги М-10 на участках пересечения болот	109
<i>Сандул Е. В.</i> Анализ современного использования искусственного интеллекта для прогнозирования ДТП	111
<i>Сандул Е. В.</i> Анализ правового регулирования криптографии в транспортном секторе	113
<i>Смирнов Н. Р.</i> Изменение климатических характеристик и их влияние на дорожную деятельность в Республике Беларусь	115
<i>Смирнов Н. Р.</i> Асфальтобетоны на органигидравлических вяжущих и твердых битумах для автомобильных дорог Беларуси	117
<i>Стракович Е. А.</i> Геодезическое сопровождение при бурении скважин	119
<i>Строев Е. Д.</i> Влияние элементов плана и продольного профиля автомобильных дорог на коэффициент сцепления	121
<i>Титушкин Д. М., Паладьев Р. Д.</i> Особенности определения величины защитного слоя бетона мостовых конструкций с использованием приборов неразрушающего контроля	123
<i>Томашов В. В.</i> Технология ямочного ремонта при использовании холодных асфальтобетонных смесей в условиях отрицательных температур	125
<i>Трушко И. С.</i> Эффективность строительства двухпутных вставок на однопутной железной дороге	127
<i>Фаскиева А. И.</i> Инженерно-геодезические работы строительства трубопроводов	129
<i>Фролова Т. М.</i> Повышение долговечности дорожной одежды в условиях развития экономики замкнутого цикла	131
<i>Хомич К. С.</i> Профильная обработка рельсошлифовальными поездами с активными рабочими органами	133
<i>Хомич К. С.</i> Репрофилирование старогонных рельсов	135
<i>Царенков А. А.</i> Преимущества использования беспилотных летательных аппаратов для установления причин дорожно-транспортных происшествий	137
<i>Царенков А. А.</i> Повышение эффективности работы транспорта с использованием аэрофотосъемки и космических измерений	139
<i>Царенков А. А.</i> Техничко-экономическая оценка вариантов конструкции дорожной одежды	141
<i>Чернухо П. А., Войткун А. А.</i> Развитие региональных авиаперевозок в Беларуси	143
<i>Шалютин А. Д., Евицк П. В., Грицук И. А.</i> WMS-системы как решение в складской логистике на примере Manhattan WMS	145
<i>Шпакевич Д. Е., Крузлик И. А.</i> Проблемы и перспективы развития автомобильных дорог в Республике Беларусь	147
<i>Юлодшева С. А., Бобожонова З. Ш.</i> Прикладная экономика на железнодорожном транспорте	149
<i>Якубук Д. С., Молочев О. В., Строев Е. Д.</i> Объекты придорожного сервиса и их роль в транспортной инфраструктуре	151

Научно-практическое издание

НАУКА – ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЕ

Материалы III Международной научно-практической конференции
молодых ученых, студентов и учащихся колледжей
(Гомель, 21 марта 2025 г.)

Издается в авторской редакции

Технический редактор *В. Н. Кучерова*
Корректор *Т. Л. Федькова*

Подписано в печать 06.08.2025 г. Формат бумаги 60×84¹/₁₆.
Бумага офсетная. Гарнитура Times New Roman. Печать на ризографе.
Усл. печ. л. 9,07. Уч.-изд. л. 9,97. Тираж 40 экз.
Зак. № 1445. Изд. № 27.

Издатель и полиграфическое исполнение:
Белорусский государственный университет транспорта:
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий
№ 1/361 от 13.06.2014
№ 2/104 от 01.04.2014
№ 3/1583 от 14.01.2017
Ул. Кирова, 34, 246653, Гомель