

В настоящее время согласно данным нормам приняты следующие этапы проектирования и расчета нежестких дорожных одежд:

- расчет дорожных одежд на прочность (основной расчет по допускаемому упругому прогибу);
- проектирование устройств по осушению дорожных одежд;
- обеспечение морозостойчивости дорожных одежд и земляного полотна.

Учет транспортной нагрузки, ее интенсивности и величины осуществляется на этапе расчета по величине допускаемого упругого прогиба, который напрямую связан с модулем упругости на поверхности дорожной одежды.

В государствах, таких как Украина, Узбекистан, Казахстан, Российская Федерация и др., где правила проектирования нежестких дорожных одежд, как и в Беларуси, основаны на работах проф. Иванова, существенные отличия в их проектировании отсутствуют. Основное отличие заключается в особенностях дорожно-климатического районирования, а также значении коэффициентов, учитывающих распределение транспортных средств по полосам движения  $f_{пол}$ .

#### Список литературы

- 1 Арус, Н. Н. Обзор и анализ методов проектирования нежестких дорожных одежд для оценки их эффективности в современной международной практике [Электронный ресурс] / Н. Н. Арус, М. Г. Горячев // Автомобиль. Дорога. Инфраструктура. – 2021. – № 3 (29). – Режим доступа : <https://www.adi-madi.ru/madi/article/view/1032>. – Дата доступа : 15.09.2023.
- 2 Ковалев, Я. Н. Введение в инженерное образование. Автомобильные дороги : учеб.-метод. пособие / Я. Н. Ковалев. – Минск : Арт Дизайн, 2010. – 239 с.
- 3 Головачев, С. Е. Об устройстве земских дорог и отношении их к железным путям для развития производительности России / С. Е. Головачев. – Киев : Тип. И. и А. Давиденко, 1870. – 200 с.
- 4 Дорожное дело : учеб. руководство для Автомобильно-дорожн. вузов / А. И. Анохин [и др.]. – М., Л. : Гострансиздат, 1933. – 747 с.
- 5 Дубелир, Г. Д. Эксплуатация автогужевых дорог / Г. Д. Дубелир, Г. Ф. Захаров, Б. И. Тиль. – Л. : Гострансиздат, 1934. – 478 с.
- 6 Иванов, Н. Н. К вопросу о выборе и определении толщины дорожных одежд / Н. Н. Иванов // Транспорт и дороги города. – 1936. – № 4. – С. 17–20.
- 7 Выбор конструкций дорожных одежд (Теория прочности и методы расчета) / под ред. Н. Н. Иванова, А. М. Кривиского; НКВД СССР, Гл. упр. шоссежных дорог «ДорНИИ». – М. : Дориздат, 1943. – 68 с.
- 8 Яромко, В. Н. О совершенствовании методов расчета нежестких дорожных одежд / В. Н. Яромко // Строительная наука и техника. – 2007. – № 2. – С. 25–32.
- 9 Яромко, В. Н. Отечественный и зарубежный опыт конструирования и расчета дорожных одежд нежесткого типа : обзор. информ. / В. Н. Яромко. – Минск : БелдорНИИ, 2007. – 65 с.

УДК 625

## СОВРЕМЕННЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ И УЛИЦ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ

*А. В. КОРОНЧИК, Е. М. ЖУКОВСКИЙ*

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск*

Процесс образования дефектов в виде ям на дорожных покрытиях представляет собой сложное взаимодействие между структурными слоями, выполненными из асфальтобетона, и агрессивными условиями в период зимы. Зимний сезон характеризуется высокой активностью атмосферных факторов, которые оказывают существенное воздействие на состояние дорожной инфраструктуры. Образование и развитие ям и трещин на дорогах негативно сказывается на безопасности дорожного движения, так как водители вынуждены выполнять дополнительные маневры, что повышает риск дорожных происшествий.

Исходя из наблюдений, существует непреложная связь между неблагоприятными атмосферными условиями и появлением дефектов на дорожных покрытиях. В случае обнаружения таких дефектов требуется оперативное вмешательство и реакция со стороны дорожных служб с целью обеспечения безопасности движения.

Традиционный метод аварийного ремонта включает в себя последовательный технологический процесс, в рамках которого специализированные бригады и машины проводят работы по подготовке рабочей зоны в соответствии с предварительно разработанным планом, а затем восстанавливают поврежденное покрытие с использованием специализированных ремонтных материалов. В холодное время года для эффективного ремонта применяются асфальтобетонные смеси специального типа с повы-

шенным содержанием битума и минерального порошка, которые подогреваются до высоких температур, позволяя проводить ремонт даже при низких температурах. Однако такие работы требуют значительных ресурсов в виде специальной техники и являются трудоемкими. В более благоприятные времена года (весной и осенью) предпочтительно использование традиционных горячих асфальтобетонных смесей, идентичных тем, которые применяются в конструктивных слоях дорожных покрытий.

Для решения проблемных участков дорожных покрытий проведен анализ научных исследований и предложений на рынке доступных материалов для проведения ремонтных работ. Использование органоминеральных смесей, смесей типа «patch» и «сделай сам», или смесей с использованием эмульсии [1, 2] не обеспечивает существенных преимуществ при зимних ремонтах и имеет некоторые недостатки, а использование сухих смесей, затворяемых водой [3], невозможно в условиях низких температур окружающей среды.

Авторы предлагают применение специализированных смесей, которые позволяют значительно ускорить процесс устранения дефектов на дорожных покрытиях и восстановить их структурную и техническую целостность. В условиях ограниченного времени и большого объема планируемых работ необходимо достичь высокой эффективности при минимальных затратах, что требует внедрения новых материалов.

При разработке данного материала основное внимание уделялось обеспечению его применимости в разнообразных погодных условиях, исключая необходимость предварительной подготовки места для ремонта, такой как высушивание выбоины, очистка и предварительная обработка. Технология устранения дефектов включает в себя заполнение их ремонтным материалом с избытком для последующего уплотнения. Этот процесс может включать в себя прокатку материала, а окончательное уплотнение достигается под действием движущегося транспорта [4].

Базовыми компонентами данного материала являются минеральные материалы и нефтяной шлам. Для достижения заданных характеристик конечного продукта требуется использование специальных добавок, которые улучшают адгезию и обеспечивают однородность смеси. Полученная смесь готова к применению и не требует предварительного перемешивания. Использование таких смесей имеет важное значение с точки зрения экологической безопасности, так как позволяет решить проблемы утилизации нефтяного шлама.

Следует отметить, что данный материал представляет собой временное решение и не способен выдерживать долгосрочное воздействие высокой транспортной нагрузки, а также многократные циклы замораживания и оттаивания. Следовательно, его использование рекомендуется в экстремальных условиях, когда необходимо обеспечить безопасность движения и предотвратить дальнейшее разрушение дорожного покрытия до его замены горячим асфальтобетоном. Материал, который был использован, может быть повторно использован как добавка при приготовлении новых партий для будущего ремонта.

Важно отметить, что данный материал обладает уникальными свойствами, которые не могут быть сравнены с асфальтобетоном, и, следовательно, технические нормативные и правовые документы, применяемые к асфальтобетону, не могут быть применены к данной смеси.

Основной характерной чертой рассматриваемого материала является его неспособность к работе в условиях сопротивления деформациям на изгиб с сохранением стабильной прочности на сжатие и раскол при широком диапазоне температур. Это свидетельствует о том, что данный материал, в отличие от материалов, связанных вязкими веществами, обладает изотропными свойствами.

На сегодняшний день основным направлением для улучшения качества универсальных композитных материалов является создание нанонаполненных композитов. Эти материалы содержат наполнитель, изготовленный с использованием нанотехнологий. Нанотехнологии применяются для обеспечения равномерного распределения и полного смешивания ультрамелких частиц наполнителя в микрогибридных композитах (наночастицы размером от 0,02 до 0,07 мкм). Эти исследования помогут привести к созданию модифицированных нанонаполнителем микрогибридных композитов.

В заключение авторами рекомендуется применение данного материала с целью обеспечения безопасности дорожного движения, в основном в зимних условиях, так как он является технически доступным и простым в использовании для различных организаций. Материал обладает устойчивостью к условиям хранения, может быть герметично упакован, не слеживается, и, следовательно, имеет преимущества по сравнению с другими аналогичными материалами. Использование этого материала не исключает проведение полноценного ремонта с использованием традиционных асфальтобетонных смесей для восстановления монолитности и целостности покрытия. Таким образом, достигается обеспечение безопасности на дорожных участках за счет предотвращения дальнейшего разрушения существующих выбоин.

## Список литературы

- 1 **Альаддесс, М. Х.** Инновационные технологии ямочного ремонта с применением холодной асфальтобетонной смеси и эмульсий / М. Х. Альаддесс // Научный журнал. Инженерные системы и сооружения. – 2014. – № 3 (16). – С. 38–43. – EDN TDXEЕВ.
- 2 **Баландина, Т. В.** Современные способы ямочного ремонта автомобильных дорог и городских улиц с асфальтобетонным покрытием / Т. В. Баландина, А. В. Рудых // Молодежный вестник ИрГТУ. – 2016. – № 2. – С. 2. – EDN WALQAZ.
- 3 **Шевченко, В. А.** Составы и свойства сухой строительной смеси для ремонта автодорог с органической добавкой «эмульбит» / В. А. Шевченко, Л. А. Иванова, И. Я. Богданов // Журнал Сибирского федерального университета. Сер.: Техника и технологии. – 2010. – Т. 3, № 2. – С. 243–248. – EDN MЕНGKZ.
- 4 Современный ремонтный материал для устранения ямочности на дорожных покрытиях / Е. М. Жуковский [и др.] // Минск – Шанхай – Чанчунь: стратегия прорывного сотрудничества : сб. материалов науч.-практ. конф. (Минск, 21 апреля 2022 г.) / Белорусский национальный технический университет. – Минск : БНТУ, 2022. – С. 122–124.

УДК 625.042.3

## ПРИМЕНЕНИЕ ПРОГРАММНЫХ КОМПЛЕКСОВ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ЗИМНИХ ЛЕСОВОЗНЫХ ДОРОГ С ДЛИТЕЛЬНЫМ СРОКОМ ЭКСПЛУАТАЦИИ

*К. В. ЛАДЕЙЩИКОВ, С. А. ЧУДИНОВ*

*Уральский государственный лесотехнический университет, г. Екатеринбург*

Недостаточная плотность лесных дорог для колёсного транспорта сдерживает развитие лесной отрасли как в Российской Федерации, так и в Республике Беларусь. Плотность и протяжённость лесных дорог, включая лесовозные, необходимо увеличивать, сроки вывозки древесины из леса надо продлевать и приближать к круглогодичным.

Лесные дороги – это целый комплекс инженерных и технических сооружений, который включает в себя дорожное полотно, водопропускные сооружения, производственные инфраструктуры для ремонта и содержания дорог. Лес образован совокупностью живых организмов (биотой) и неживой (абиотической) средой их обитания. Почва является важной средой жизни на Земле, она сформировалась последней (после воды и воздуха), так как для ее формирования необходимо было наличие первых двух сред, а также воздействие живого. Почва включает три физические фазы: твердое вещество, жидкость и воздух или газ.

В определённые времена года (весна, лето, осень) лесная почва находится в естественном «жизненном» цикле, на определённой глубине (до 0,5 м от поверхности) имеет низкую плотность и является не проходимой для колёсной техники.

Поэтому заготовку и интенсивный вывоз древесины из леса производят зимой по промёрзшей почве.

Промёрзший существующий грунт служит основанием зимней дороги. В качестве покрытия используется снег, который уплотняется под утепляющим влиянием окружающего воздуха и транспортных средств (снежно-ледяное покрытие). Лучшим покрытием зимней лесовозной дороги является лёд.

Сегодня актуальной является задача продления срока эксплуатации зимней лесовозной дороги. Эта задача усложняется тем, что в конце зимы, начале весны естественный источник тепла на нашей планете (Солнце) начинает поднимается к зениту и максимально воздействовать на поверхность Земли, включая трассы лесных дорог.

Естественное «сооружение» в лесу, которое может заблокировать влияние прямых солнечных лучей и отсрочить прогрев поверхности зимней дороги, увеличивая срок её эксплуатации – это сами растущие деревья, которые в ясную солнечную погоду образуют на поверхности дороги тени [1].

Тень – это пространственное оптическое дневное явление в безоблачную погоду в виде спроецированной на поверхность тёмной области от какого-либо предмета, в нашем случае от деревьев. Хвойные деревья способны образовывать большие теневые пятна. Солнечные лучи от Солнца «перехватываются» частями деревьев: кроны, ствола и т. д. [2].

Учитывая изложенное, при планировании лесовозной дороги зимнего действия на карте определяются лесной массив, где будут вестись заготовительные работы, существующие сети автомобильных дорог, включая лесовозные, и оптимальные направления транспортировки лесоматериала.