

чивающую контроль за его использованием; сеть передачи данных предприятий дорожного хозяйства, создаваемую на основе волоконно-оптической линии связи [2]. На республиканских дорогах в настоящее время функционирует уже порядка 1500 единиц ИТС-оборудования, список которого ежегодно пополняется новыми наименованиями. Только в 2021 году РУП «Белдорсвязь» внедрило на республиканских автомобильных дорогах 57 камер видеонаблюдения, четыре дорожно-измерительные станции, одно табло переменной информации, 85 светофоров, а также построило 188 км волоконно-оптических линий связи, необходимых в том числе для функционирования ИТС-оборудования на дорогах. Разработаны специализированные программные продукты в области удаленной выдачи специальных разрешений на проезд тяжеловесных и (или) крупногабаритных транспортных средств по автомобильным дорогам общего пользования Республики Беларусь, система зимнего содержания автодорог «Метеомагистраль» и др. Постоянно происходит дальнейшее развитие и совершенствование информационно-коммуникационных технологий и автоматизированных систем управления в дорожном хозяйстве.

Наряду с вышеизложенным требуется проведение дальнейшей масштабной работы по интеграции функционирующих подсистем в единую комплексную интеллектуальную систему автомобильного транспорта и дорожного хозяйства. Должна быть разработана интегрированная система хранения, обработки и передачи данных, которая, помимо постоянного автоматизированного сбора информации о текущем транспортно-эксплуатационном состоянии автомобильных дорог, автоматизации обработки и хранения информации о них, поддерживает единство форматов базы данных информационных систем дорожного хозяйства и автомобильного транспорта. Из чего следует целесообразность развития информационной подсистемы автомобильного транспорта, аккумулирующей сведения не только о международных и транзитных перевозках, но и внутриреспубликанских в целом по дорожной сети. Анализ такой информации необходим для экономически обоснованного выбора вариантов развития дорожной сети, в целях оптимизации управления транспортными потоками при обеспечении максимально возможной пропускной способности.

В перспективе развитие единого цифрового пространства автотранспортной отрасли и дорожного хозяйства позволит интегрировать в мировую транспортную систему, обеспечить не только прослеживаемость товаропотоков, но и возможность согласованного решения проблем несоответствия пропускной и провозной способностей автомобильных дорог возрастающим требованиям транспортных потоков.

#### Список литературы

- 1 Царенкова, И. М. Перспективы развития цифровых технологий в дорожном хозяйстве / И. М. Царенкова, А. А. Царенков // Известия Гомельского государственного университета им. Ф. Скорины. Социально-экон. и обществ. науки: педагогика, право, экономика. – 2020. – № 2 (119). – С. 181–185.
- 2 О существующих в государствах – членах Евразийского экономического союза интеллектуальных транспортных системах, используемых в сфере автомобильного транспорта и дорожного хозяйства. – М. : Евразийская экономическая комиссия. – 49 с. – (Аналитический доклад) [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://eec.eaunion.org/upload/medialibrary/fdb/Analiticheskiy-doklad-ITS.pdf>. – Дата доступа : 15.09.2023.
- 3 Открытие центра мониторинга дорожного движения [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://белдорсвязь.бел/2023/01/25/Открытие-центра-мониторинга-дорожно/>. – Дата доступа : 15.09.2023.

УДК 625.731

## ОСОБЕННОСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА ЛЕСОВОЗНЫХ ДОРОГ ИЗ ЦЕМЕНТОГРУНТОВ

*С. А. ЧУДИНОВ, Н. В. ЛАДЕЙЩИКОВ*

*Уральский государственный лесотехнический университет, г. Екатеринбург,  
Российская Федерация*

Лесовозные дороги строятся исключительно для целей освоения лесов, они не могут быть долговременными, так как лес воспроизводится дольше, чем активные процессы освоения. Сеть лесовозных дорог постоянно развивается. В процессе объединения направлений трасс часть лесных и лесовозных дорог прекращают эксплуатировать. Экономически нецелесообразно строить лесные и лесовозные дороги с асфальтобетонным покрытием, срок эксплуатации которого, при своевремен-

ном ремонте, неограничен. Однако экономически приемлемо строить лесные и лесовозные дороги из местного грунта путём его стабилизации и укрепления [1].

Под стабилизацией глинистых грунтов понимается изменение свойств с целью придания слою грунту специальных водно-физических свойств, таких как гидрофобность, пониженная оптимальная влажность, повышенная максимальная плотность и т. д. После уплотнения в грунте не образуется кристаллизационной структуры жесткого каркаса, это тот же естественный материал, но более плотный.

Под укреплением глинистых грунтов понимается введение значительного количества вяжущего (например, 10 % от массы грунта), с ПАВ добавками или без них. При этом образуется новый искусственный материал с кристаллизационной структурой – монолитно затвердевший слой грунтобетона.

В связи с применением современной лесозаготовительной техники, увеличением транспортных нагрузок, традиционные технические решения по укреплению грунтов при строительстве лесных и лесовозных дорог требуют инновационного развития.

В работе [2] отмечены особенности долговечности монолитных укрепленных слоев грунта. Многократные переменные замораживания и оттаивания цементогрунта в водонасыщенном состоянии увеличивают количество внутренних трещин (при накоплении которых монолитная структура цементогрунта разуплотняется и разрыхляется) [3]. Оптимальной толщиной укрепления местного грунта считается толщина 20–30 см, данный объем слоя является критическим по образованию внутренних деформаций, традиционно количество вяжущего (портландцемента марки 400) принято брать не более 10–12% от массы грунта. Монолитные слои грунта, толщина которых составляет 20–30 см, необходимо армировать, соблюдая принцип армирования бетонов.

Бетоны имеют несовершенную структуру, они с большим количеством включений, трещин, разнообразием состава [3]. Это влияет на широкий спектр разрушений бетона, причиной которого является развитие трещин. Трещины в бетоне образуются и благодаря сезонным и климатическим перепадам температуры, когда в бетоне происходят расширения и сжатия. Таким образом, меняется объем бетона, и он меняется неравномерно, так как имеет разную степень нагрева и охлаждения в отдельных участках. Бетонные дорожные одежды в обязательном порядке имеют каркас внутреннего армирования.

Указанные особенности бетонных конструкций относятся и к монолитному грунтобетону. Известно, что многократные переменные замораживания и оттаивания цементогрунта в водонасыщенном состоянии увеличивают количество внутренних трещин, при накоплении которых монолитная структура цементогрунта разуплотняется и разрыхляется [2]. При этом укрепленные грунтовые слои лесовозных дорог подвергаются значительным механическим нагрузкам, в результате которых сначала происходит разрушение покрытия и образование микротрещин в нижних укрепленных слоях основания, а далее при повторных нагрузках приводят к разрушению всей структуры укрепленного основания. Бетонные и грунтобетонные монолитные слои толщиной более 100 мм необходимо армировать.

На монолитный укрепленный грунт, основания дорожной одежды толщиной 20–30 см, выполненный без армирования, неэффективно укладывать асфальтобетонные слои покрытия, так как возникающие и прогрессирующие трещины в монолитном основании сначала спроецируют на покрытие, далее при эксплуатации дороги основание будет разрыхляться, а покрытие продавливаться и разрушаться.

Выполнение стального арматурного каркаса для укрепления грунтов, по принципу бетонных дорог с литым полотном требует значительной перестройки дорожной отрасли, усложнение технологической последовательности работ с применением вакуумоукладчиков грунта, грунтоукладчиков и т. п., нормативной базы и значительного удорожания строительства, которое при строительстве лесных и лесовозных дорог не окупаемо. То же самое касается технологии укатываемого бетона – технологии устройства жестких бетонных покрытий для дорог и открытых площадок без стальных каркасов.

Прочность монолитного укрепленного грунта на сжатие в 10–15 раз выше, чем на растяжение. При эксплуатации дороги в конструктивных слоях основными считаются нагрузки на сжатие, которые в большинстве случаев монолитным основанием выдерживаются, что нельзя сказать про изгибающие напряжения в монолитных слоях, возникающие от колесной нагрузки или теплового расширения земляного полотна. Растягивающие дорожное полотно нагрузки, вследствие изгибов, способствуют начальному и прогрессирующему трещинообразованию в основаниях. При этом важно отметить, что тонкие, но твердые слои имеют повышенную гибкость, в отличие от монолитных слоев толщиной 20–30 см.

На примере существующих проблем при устройстве тонкослойных покрытий из асфальтобетона на основании из цементогрунта, когда низкая сдвигоустойчивость на границе раздела слоёв (между асфальтом и укрепленным грунтом) приводит сначала к разрушению покрытия, а следом – основания [3]. Низкая сдвигоустойчивость связана с отсутствием достаточных сил сцепления между разнородными материалами, поскольку битумные вяжущие по физико-химическим свойствам разнородны с минеральными веществами, применяемыми для укрепления грунтов, а сами грунты являются многокомпонентной системой, которая плохо адсорбирует битум [4]. Из этого можно сделать вывод, что слои основания и слои покрытия необходимо выполнять из однородных и близких по свойствам материалов, что будет способствовать увеличению сил трения на границе раздела, за счёт двух типов связей – кристаллизационного и коагуляционного молекулярного.

Основание дорожной одежды целесообразно выполнять толщиной 20–30 см из местного грунта путём его стабилизации, применяя количество портландцемента марки 400 не более 2 % от массы грунта. Покрытие также необходимо выполнить из местного грунта, но толщиной не более 10 см путём укрепления портландцементом марки 400, в количестве не менее 20 % от массы грунта. При этом общее количество цемента, в сравнении с традиционной технологией, уменьшится. С введением такого количества портландцемента прочность и гидрофобность верхнего слоя значительно увеличится, а при толщине не более 10 см покрытие будет более гибким, при этом его не надо армировать. С введением в смесь покрытия, пластификатора ЛСТ (лигносульфонат технический) в сухом состоянии до 1 % от массы грунта, ещё снизится водонасыщение готового покрытия с 0,8 до 0,3 % по массе грунта. Предложенная дорожная одежда лесовозной дороги с 2-скатным поперечным профилем и уклонами не менее 20 % оптимальна для целей транспортировки древесины.

#### Список литературы

1 Чудинов, С. А. Укрепление грунтов портландцементом с добавлением комплексной добавки, продлевающей строительный период / С. А. Чудинов, Н. В. Ладейщиков // Инновационный транспорт. – 2022. – № 4 (46). – С. 48–51. – DOI : org/10.20291/2311-164X-2022-4-48-51.

2 Вдовин, Е. А. Исследование долговечности модифицированного цементогрунта дорожного назначения / Е. А. Вдовин, Л. Ф. Мавлиев // Промышленное и гражданское строительство [Электронный ресурс]. – 2014. – № 11. – С. 76–79. – Режим доступа : <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=22657495>. – Дата доступа : 30.09.2022.

3 Шубин, А. А. Влияние структуры армирования бетона на напряженно-деформированное состояние конструкций / А. А. Шубин // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2002. – № 8. – С. 232–234.

4 Строительство дорожных одежд низкой стоимости с основаниями из укрепленных грунтов и тонкослойными покрытиями. Обзорная информация [Электронный ресурс]. – Вып. 1. – 2003. – Режим доступа : <https://rags.ru/stroyka/text/56232/?ysclid=lm2vbt71f5854681598>. – Дата доступа : 03.09.2023.

УДК 625.04

## ОСОБЕННОСТИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЭЛЕМЕНТОВ СИСТЕМЫ КОЛЕСО – РЕЛЬС В КРИВОЛИНЕЙНЫХ УЧАСТКАХ ПУТИ

*Д. С. ШАБАН*

*Белорусская железная дорога, г. Барановичи*

*М. Ю. НИКИТЕНКО*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Приоритетным направлением путевого хозяйства является обеспечение безопасного и бесперебойного движения поездов с установленными скоростями и нагрузками от колесной пары на рельсы, а также эффективность использования подвижного состава. Насущным требованием в настоящее время является сокращение продолжительности поездок пассажиров и доставки грузов, во многом определяющей качество транспортного обслуживания. Износ колес и рельсов, поверхностные и внутренние дефекты контактно-усталостного происхождения и сходы подвижного состава – все это влияет на качество перевозок.