

EDN: VGOYVS

УДК 625.068.2 : 625.731.03

**И. В. ШИЛИН<sup>а</sup>, А. В. ХИМЧЕНКО<sup>б</sup>, Д. О. ГУЛЕВИЧ<sup>а</sup>**

<sup>а</sup> Автомобильно-дорожный институт (филиал) ФГБОУ «Донецкий национальный технический университет», Российская Федерация, Донецкая Народная Республика, г. Горловка; <sup>б</sup> ФГБОУ «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», Российская Федерация, г. Воронеж

## **ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ СЕТИ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ В РЕГИОНЕ**

**Аннотация.** Рассмотрены основные сведения о проблемах дорожной отрасли в регионе. Сформулированы основные повреждения и причины их возникновения на покрытиях автомобильных дорог. Приведены особенности исследования технологии укрепления грунтов при строительстве и ремонте автомобильных дорог общего пользования, а также устройства покрытий из укатываемого цементобетона. Сформулированы достоинства и недостатки рассмотренных технологий выполнения ремонтно-восстановительных работ выявленных в результате анализа лабораторных исследований. Применение технологии устройства покрытий из укатываемого цементобетона позволит относительно быстро восстановить покрытия дорог, как минимум низких технических категорий. Использование местных материалов и минерального вяжущего, отсутствие необходимости применения специализированных механизмов позволяет снизить потребность в привозных высококачественных минеральных заполнителях и органическом вяжущем, что делает эту технологию заманчивой.

**Ключевые слова:** ремонтно-восстановительные работы, укрепление грунта, дорожное покрытие, обочина, основание дорожной одежды, сеть автомобильных дорог.

### **ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ**

По официальным данным на данный момент территория ДНР составляет 8,6 тыс. км<sup>2</sup> (33 % от всей площади Донецкой области – 26,5 тыс. км<sup>2</sup>).

На балансе министерства транспорта ДНР (Постановление от 13 мая 2022 г. № 41-11 «Об утверждении Перечня автомобильных дорог общего пользования Донецкой Народной Республики») сеть автомобильных дорог общего пользования составляет 8 090,8 км, из них 6 227,1 км местного значения (группа О).

По данным Меморандума о пятилетнем плане развития автодорог ДНР между Росавтодором и Министерством транспорта ДНР 85 % сети автомобильных дорог общего пользования требует неотложных ремонтно-восстановительных работ. Также следует иметь ввиду, что улично-дорожная сеть населенных пунктов также в неудовлетворительном техническом состоянии (в рамках меморандума запланировано выполнение ремонтных работ до 2027 г. на 112 участках в семи городах ДНР).

Таким образом для восстановления технического состояния улично-дорожной сети до соответствия требованиям действующих нормативных документов потребуются значительные объемы качественных дорожно-строительных материалов. Это касается в первую очередь сыпучих минеральных заполнителей. Местные сырьевые базы не смогут удовлетворить потребность. Поставка дорожно-строительных материалов исключительно автомобильным транспортом (в отсутствие железнодорожных перевозок) затруднительна, да и себестоимость таких перевозок значительно увеличивает стоимость ремонтно-восстановительных работ.

Поэтому эффективность использования местных природных или восполняемых ресурсов и подбор рациональной технологии выполнения работ является важной задачей для эффективного восстановления транспортной инфраструктуры региона.



## АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Снижение стоимости дорожно-строительных или ремонтно-восстановительных работ, а следовательно повышение эффективности инженерных решений и производства работ в общем случае возможно двумя путями [1–3]:

- повысить производительность работ;
- снизить затраты при выполнении работ.

Повысить производительность производства работ в основном возможно:

- использованием высокопроизводительного оборудования машин и механизмов. Применительно к региональным условиям это довольно затруднительно в связи с недостаточными мощностями сырьевой базы, перерабатывающих и обогатительных предприятий, недостаточным количеством автотранспортных средств и специализированных механизмов в дорожном хозяйстве;

- частичная или полная автоматизация производства работ (применение специализированных комплексов дорожных машин). Эффективный способ, но требует значительных капиталовложений в приобретение специализированного комплекса машин, переобучение машинистов (операторов), бесперебойное обеспечение высококачественными дорожно-строительными материалами или смесями, высокий уровень организации работ и соблюдения трудовой дисциплины;

- применение рациональных методов организации выполнения работ (поточный метод строительных или ремонтно-восстановительных работ, тщательное согласование состава машино-дорожного отряда, оптимизация рабочих схем выполнения работ). В связи с недостаточным уровнем оснащённости предприятий, значительными трудностями в кадровом составе, проблемами с поставками высококачественных дорожно-строительных материалов, отсутствием стратегического и оперативного планирования в дорожной отрасли внедрение перспективных методов организации производства работ имеет значительные трудности.

Снижение затрат при выполнении строительно-монтажных работ возможно сгруппировать по видам ресурсов [4]:

- трудовые;
- материальные (дорожно-строительные материалы, оборудование, машины и механизмы);
- энергетические (водные, электрические, топливные ресурсы).

**Целью работы является** выявление эффективных технологий ремонтно-восстановительных работ на автомобильных дорогах на основе анализа публикаций и данных лабораторных исследований.

## ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА

Наиболее простым и экономически оправданными мероприятиями являются те, что направлены на использование местной сырьевой базы (без снижения действующих нормативных требований к качеству материалов в соответствии с их применением).

Анализ публикаций позволяет сделать следующие выводы по местной сырьевой базе для дорожной отрасли:

- полное отсутствие органических нефтяных вяжущих местного производства (отсутствие нефтеперерабатывающих предприятий, отсутствие битумно-эмульсионных баз, и т. д.);

- наличие сырья для производства каменноугольных дегтей марок Д-5, Д-6, но в связи с ограничением в применении данного вида вяжущего его производство в регионе практически не производится;

- наличие сырья и производство неорганического (минерального) вяжущего в регионе;

- наличие природных минеральных заполнителей изверженных каменных материалов для производства минеральных заполнителей. Месторождения в настоящее время не имеет достаточных мощностей и переработка каменного материала в щебень не совсем отвечает нормативным требованиям;

- наличие значительных запасов минеральных материалов в отвалах горнорудных и металлургических предприятий. Химико-минералогический состав этих запасов допускает их использование в дорожной отрасли, но недостатки в их переработке на данном этапе не допускает применение их при производстве смесей для дорожного строительства;

- наличие песчаных карьеров на территории региона. Но качество низкое из-за большого содержания примесей. Применение его в производстве смесей требует очистку (промывку) и обогащение.

В соответствии с действующими нормативными документами требования к физико-механическим свойствам дорожно-строительным материалам значительно отличаются в зависимости от назначения и места применения, что дает возможность применения местных материалов для восстановления

автомобильных дорог и улиц населенных пунктов с низкой интенсивностью движения. Это позволит значительно снизить потребность в привозных высококачественных дорожно-строительных материалах.

При планировании ремонтно-восстановительных работ следует учитывать низкую несущую способность существующих дорожных одежд. Анализ публикаций и натурных наблюдений показывает, что значительная площадь покрытий в дорожной сети региона имеет густую сетку трещин. Кроме того, многие трещины имеют значение раскрытия более допустимых и глубину практически на всю толщину связанных конструктивных слоев дорожной одежды. Данные дефекты образовались в связи с значительными объемами недоремонтов на протяжении длительного срока. Сплошное фрезерование покрытий на всю ширину покрытия дороги значительно улучшает ровность поверхности, но ни в коем случае не обеспечивает сплошность ремонтируемых слоев. Поэтому целесообразно применять сплошное армирование при ремонте покрытий дорог, особенно на высоких технических категориях автомобильных дорог.

При выборе материалов и технологий восстановления покрытий автомобильных дорог общего пользования (особенно для дорог с низкой интенсивностью движения) приоритет следует отдавать таким, которые максимально раскроют преимущества местных материалов. Особое внимание заслуживают технологии укрепления грунтов и устройство покрытий из укатываемого цементного бетона.

Современные технологии укрепления грунтов позволяют существенно повысить технико-эксплуатационные свойства грунтов, что позволяет применять данную технологию для устройства конструктивных слоев дорожной одежды, включая слои покрытия. Анализ публикаций и патентный поиск выявил несколько технологий укрепления грунтов на импортных и отечественных материалах.

В лаборатории Автомобильно-дорожного института (г. Горловка) выполнены комплекс исследований технологий укрепления грунтов:

- с использованием концентрата фермента Perma-Zyme (США);
- с использованием ферментного стабилизатора «Дорзин» (РФ).

Достоинствами технологии использования концентрата фермента Perma-Zyme является:

- относительная дешевизна и простота технологии;
- возможность использования суглинистых, супесчаных и глинистых грунтов;
- нет необходимости в использовании специализированного машино-дорожного отряда;
- незначительное время стабилизации слоя;
- при использовании в «чистом» виде (без совместного применения минеральных или органических вяжущих) значительно возрастает коэффициент уплотнения, снижается потребность в воде;

Основным недостатком является необходимость поставок импортного фермента и отсутствие отечественных нормативных и методических документов по применению данной технологии (при исследовании были использованы методические рекомендации производителя).

Использование ферментного стабилизатора «Дорзин» исследовано при укреплении глинистых грунтов (в чистом виде и в смеси глины с гранитным отсевом) совместно с применением портландцемента марки М-400 регионального производства (ПИК-центр, г. Амвросиевка).

К достоинствам применения данной технологии можно отнести:

- использование региональных (грунт и портландцемент) и отечественных (концентрат) материалов;
- повышение коэффициента уплотнения;
- после процесса структурообразования слоя прочность при сжатии образцов с «чистым» грунтом и образцов из смеси грунта с отсевом существенно возросли, что позволяет использовать их даже для покрытий автомобильных дорог с низкой интенсивностью движения (хотя в общем доступе есть не единичные положительные данные о применении таких технологий для строительства покрытий промышленных дорог (подъездные дороги к карьерам, покрытия дорог на дамбах и плотинах, дороги в переувлажненных условиях);
- значительная эффективность технологии – при незначительном удорожании значительное увеличение прочности;
- соответствие значений водонасыщения и прочности в водонасыщенном состоянии нормативным требованиям;
- наличие действующих нормативных документов регламентирующих применение данной технологии на территории СНГ.

К основным недостаткам следует отнести необходимость использования грунтовой фрезы (ремиксера) и достаточно длительный период структурообразования слоя.

Данные о применении технологии устройства покрытий из укатываемого цементобетона во многих странах мира известны уже на протяжении примерно около 20 лет. Таким образом уже наработана определенная статистика, которая позволяет судить об ее эффективности. Сомнения могут быть только в использовании в региональных условиях на местных материалах.

В лаборатории института были изготовлены плиты размерами 10×50×100 см из которых были вырезаны стандартные кубики, которые и были исследованы. К достоинствам данной технологии можно отнести:

- использование практически аналогичного машино-дорожного отряда по устройству асфальтобетонных покрытий;
- незначительное отклонение технологии приготовления цементобетонной смеси по отношению к производству «классической» тяжелой цементобетонной смеси;
- по данным зарубежных исследований эксплуатация укатанного слоя может осуществляться практически после завершения работ (в некоторых странах период колеблется даже от 4 часов до 32 часов). Так как нормативная методика по испытанию свежескатанного бетона отсутствует образцы были испытаны в 3, 14 и 28 суточном возрасте. Полученные значения прочности кубиков на сжатие, прочности балочек на изгиб, прочности при водонасыщении и морозоустойчивость соответствует нормативным требованиям, предъявляемым к дорожным цементобетонным покрытиям.

К недостаткам можно отнести:

- отсутствие данных об использовании технологии в регионе (данных фактического производственного применения);
- на данный момент несовершенная нормативная база применительно к данной технологии.

## ВЫВОДЫ

Анализ результатов исследований позволяет выявить эффективные технологии ремонтно-восстановительных и дорожно-строительных работ на автомобильных дорогах общего пользования и улицах населенных пунктов в регионе.

Применение технологий укрепления грунтов позволит существенно повысить несущую способность оснований дорожных одежд, увеличить прочность укрепления обочин, а также устроить покрытие на дорогах общего пользования с низкой интенсивностью движения.

Применение технологии устройства покрытий из укатываемого цементобетона позволит относительно быстро восстановить покрытия дорог, как минимум низких технических категорий. Использование местных материалов и минерального вяжущего, отсутствие необходимости применения специализированных механизмов позволяет снизить потребность в привозных высококачественных минеральных заполнителях и органическом вяжущем, что делает эту технологию заманчивой.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СП 78.13330.2012. Автомобильные дороги : издание официальное : утвержден приказом Министерства регионального развития Российской Федерации (Минрегион России) от 30 июня 2012 г. № 272 и введен в действие с 1 июля 2013 г. : актуализированная редакция СНиП 3.06.03-85\* : дата введения 2013-07-01 / исполнитель ЗАО «Союздорнии». – Москва : Издательство стандартов, – 2013. – 111 с. – Текст : непосредственный.
2. Ушакова, В. В. Строительство автомобильных дорог / В. В. Ушакова, В. М. Ольховикова. – Москва : Кнорус, 2013. – 576 с. – Текст : непосредственный.
3. Шилин, И. В. Современные аспекты повышения эффективности ремонтно-восстановительных работ в региональных условиях / И. В. Шилин, В. Ю. Бурлай, В. В. Ушивцев. – Текст : непосредственный // «Научно-технические аспекты развития автотранспортного комплекса» в рамках четвертого Международного научного форума Донецкой Народной Республики «Инновационные перспективы Донбасса: Инфраструктурное и социально-экономическое развитие» : материалы VI Международной научно-практической конференции, Горловка, 27–28 мая 2020 г. – Горловка : АДИ ГОУ ВПО «ДОННТУ», 2020. – С. 173–177.
4. Шилин, И. В. Перспективы восстановления сети автомобильных дорог в Донецкой области / И.В. Шилин, А. В. Химченко, Н. А. Смирнов. – Текст : непосредственный // Научно-технические аспекты развития автотранспортного комплекса 2023 : материалы IX Международной научно-практической конференции в рамках 9-го Международного научного форума Донецкой Народной Республики «Инновационные перспективы Донбасса: инфраструктурное и социально-экономическое развитие», Горловка, 25 мая 2023 г. / редколлегия : Д. Н. Самисько [и др.]. – Горловка : Автомобильно-дорожный институт (филиал) «Донецкий национальный технический университет» в г. Горловка, 2023. – С. 170–175.

5. Конструкции жестких дорожных одежд с цементобетонным покрытием для автомобильных дорог общего пользования в условиях Донбасса / Е. П. Житников, Д. И. Степанов, М. И. Пономарев [и др.]. – Текст : электронный // Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. – 2020. – Выпуск 2020-1(141) Современные строительные материалы. – С. 133–139. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=43152557> (дата обращения: 20.12.2023). – EDN: ODDGFF.

Получена 29.12.2023

Принята 26.01.2024

IGOR SHILIN <sup>a</sup>, ARKADII KHMICHENKO <sup>b</sup>, DANILO GULEVICH <sup>a</sup>  
INCREASE OF EFFICIENCY OF RESTORATION OF TECHNICAL CONDITION  
OF CONDITION OF THE HIGHWAY NETWORK IN THE REGION

<sup>a</sup> Automobile and Highway Institute (branch) of the FSBEI HE «Donetsk National Technical University», Russian Federation, Donetsk People's Republic, Gorlovka; <sup>b</sup> FSBEI HE «Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter I», Russian Federation, Voronezh

**Abstract.** The basic information about the problems of the road sector in the region. The main damages and causes of their occurrence on the pavements of highways. The peculiarities of research of soil reinforcement technology during construction and repair of public highways, as well as the device of pavements made of rolled cement concrete. rolled cement concrete pavements. The advantages and disadvantages advantages and disadvantages of the considered technologies of repair and rehabilitation works revealed as a result of analyzing laboratory tests. as a result of analyzing laboratory tests. The use of coating technology from rolled cement concrete will allow relatively fast restoration of road surfaces, at least of low technical categories. The use of local materials and mineral binders, the absence of the need for specialized mechanisms, reduces the need for imported high-quality mineral fillers and organic binders, which makes this technology attractive.

**Keywords:** repair-rehabilitation works, soil reinforcement, pavement, pavement, paving, walling soil, road surface, road shoulder, road base, road network. automobile roads.

**Шилин Игорь Владимирович** – кандидат технических наук, доцент кафедры транспортных технологий автомобильно-дорожного института (филиала) ФГБОУ ВО «Донецкий национальный технический университет». Научные интересы: техническое обследование и осмотр инженерных сооружений, организация строительства автомобильных дорог, производственная база дорожного строительства.

**Химченко Аркадий Васильевич** – кандидат технических наук, доцент кафедры сельскохозяйственных машин, тракторов и автомобилей ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра 1». Научные интересы: автомобильный транспорт, автомобили, двигатели внутреннего сгорания, эксплуатация и диагностика технических средств автомобильного транспорта, имитационное моделирование сложных технических систем, применение искусственных нейронных сетей.

**Гулевич Данило Олегович** – магистрант кафедры транспортных технологий автомобильно-дорожного института (филиала) ФГБОУ ВО «Донецкий национальный технический университет». Научные интересы: производство дорожно-строительных материалов, текущий ремонт покрытий.

**Shilin Igor** – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Transport Technologies Department, Automobile and Highway Institute (branch) of the FSBEI HE «Donetsk National Technical University». Scientific interests: technical inspection and inspection of engineering structures, organization of highway construction, production base of road construction

**Khimchenko Arkadii** – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Agricultural Machines, Tractors and Automobiles Department, FSBEI HE «Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter I». Scientific interests: road transport, cars, internal combustion engines, operation and diagnostics of technical means of road transport, simulation modeling of complex technical systems, use of artificial neural networks

**Gulevich Danilo** – master's student, Transport Technologies Department, Automobile and Highway Institute (branch) of the FSBEI HE «Donetsk National Technical University». Scientific interests: production of road building materials, current repair of coatings.