

Научная статья  
УДК 625.711

## ПРИМЕНЕНИЕ В ДОРОЖНЫХ ПОКРЫТИЯХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ УКРЕПЛЕННЫХ ГРУНТОВ

**Максим Владимирович Бормотов<sup>1</sup>, Андрей Сергеевич Дернов<sup>2</sup>, Сергей Иванович Булдаков<sup>3</sup>**

<sup>1,2,3</sup> Уральский государственный лесотехнический университет, Екатеринбург, Россия

<sup>1</sup> bmvmax@me.com

<sup>2</sup> teploplus-ekb@mail.ru

<sup>3</sup> buldakovsi@m.usfeu.ru

**Аннотация.** Применение в дорожном покрытии укрепленных грунтов – актуальная тема на сегодняшний день. В дорожной отрасли многих стран динамично развиваются различные направления применения технологий и материалов по укреплению грунтов. В нашей стране протяженность дорог и расстояния между населенными пунктами не просто большие, а огромные, встает вопрос о дальнейшем развитии технологий и материалов в этой области.

**Ключевые слова:** укрепление грунтов, цементогрунт, портландцемент, шлак, промышленные отходы

Scientific article

## THE USE OF REINFORCED SOILS IN ROAD SURFACES OF HIGHWAYS

**Maxim V. Bormotov<sup>1</sup>, Andrey S. Dernov<sup>2</sup>, Sergey I. Buldakov<sup>3</sup>**

<sup>1,2,3</sup> Ural State Forest Engineering University, Yekaterinburg, Russia

<sup>1</sup> bmvmax@me.com

<sup>2</sup> teploplus-ekb@mail.ru

<sup>3</sup> buldakovsi@m.usfeu.ru

**Abstract.** The use of reinforced soils in the road surface is an actual topic for this day. In the road industry of many countries, various areas of application of technologies and materials for strengthening soils are dynamically developing. The length of roads and the distances between settlements in the Russian Federation are not just large, but huge, the question arises in the further development of technologies and materials in this area.

**Keywords:** strengthening of soils, cement soil, Portland cement, slag, industrial waste

Протяжённость дорог и расстояния между населёнными пунктами в Российской Федерации не просто большие, а огромные. Необходимая в этих условиях транспортировка каменного материала, применяемого для качественного устройства дорожной одежды, увеличивает его удельную стоимость от трех до пяти раз и считается основополагающим фактором увеличения финансово-экономических затрат в общей стоимости продукции в строительстве, реконструкции, капитальном и текущем ремонте автомобильных дорог.

Соответственно, это основные причины для дальнейшего изучения и развития технологий в этой области. Это повлечет за собой более высокое качество внедряемых и в дальнейшем применяемых методов укрепления грунтов во всех слоях дорожной одежды в зависимости от заданных характеристик автомобильной дороги, позволит снизить затраты и сохранить материальные ресурсы, используемые при строительстве, ремонте и обслуживании дорог всех категорий и типов. Поэтому для улучшения технико-экономических показателей во всех видах строительства и ремонта в дорожной отрасли замечается увеличение интереса к применению этих технологий.

Одной из более эффективных и перспективных методик снижения стоимости строительства и ремонта автомобильных дорог с малой интенсивностью движения по праву можно считать использование в дорожных покрытиях укрепленных грунтов. Техничко-экономические показатели фактических производственных затрат показывают, что их использование взамен аналогичных по характеристикам традиционных привозных каменных материалов приводит к снижению стоимости дорожного покрытия от 20 до 60 %.

Дальнейшее развитие использования технологии укрепления грунтов идёт по пути развития уже применяющихся методов и постоянного изучения этого вопроса в области разработки современных методик комплексного укрепления грунтов с использованием вяжущих, а также вторичных, особенно местных, ресурсов.

Уже сейчас разработаны и используются высокоэффективные грунто-смесительные машины и прицепные механизмы, исследуется возможность эксплуатировать технику двойного применения, что позволит снизить затраты на содержание автомобильного парка. Постоянно проводятся исследования и внедряются на их основе разработки в области методов неразрушающего экспресс-контроля за плотностью основания и динамикой набора прочности верхних слоев и покрытий дорожной одежды.

Укрепление грунтов с целью улучшения технических характеристик приводит к увеличению показателей по прочности, упругости, морозо-

стойкости и удобоукладываемости, в основной своей массе зависит от основных материалов, таких как портландцементный клинкер, содержащий различные извести, зольные пыли, шлаки, грунтоминеральную массу битумной эмульсии, в которую входят битумы и различные добавки, улучшающие свойства битума. От совокупности этих составов и зависят технические свойства будущего покрытия. Цементогрунт широко применяют в качестве основания на дорогах всех категорий, а также как покрытие с устройством защитного слоя на дорогах четвертой и пятой категорий, лесовозных автомобильных дорогах, районных аэродромах и при строительстве подъездных путей к сельскохозяйственным, лесозаготовительным предприятиям [1].

Анализ работы дорожных систем с основаниями и покрытиями из цементогрунта говорит о существенном их превосходстве при сопоставлении с классическими основаниями из каменных материалов.

Цементогрунтовые слои в дорожной одежде гарантируют соответствующий нормативам водно-тепловой режим всей дорожной одежды, пониженное водонасыщение при устройстве земполотна, хорошую ровность покрытия, снижение колееобразования во всех слоях дорожной одежды и предотвращение появления усталостных трещин в дорожном покрытии [2].

В Уральском федеральном округе остро стоит вопрос об утилизации и вторичном использовании отходов различных производств.

Например, в Свердловской области, в городе Сухой Лог на заводе «СУХОЛОЖСКЦЕМЕНТ» выпустили линейку портландцементов со шлаком, обладающих уникальными характеристиками. Использование в качестве наполнителя шлаков металлургического производства придает такие свойства, как удобоукладываемость, упругость, эластичность бетонной смеси и позволяет, в свою очередь, снизить негативное влияние завода на экологическую среду региона за счет уменьшения выбросов  $\text{CO}_2$  и использования в составе клинкера шламов металлургического производства, по сути, обезвреживая и утилизируя эти отходы.

При укреплении грунтов с применением портландцементов, содержащих промышленные отходы, следует обязательно учитывать и использовать дополнительные качества, заложенные в общей массе клинкера и применяемого грунтового состава. При прямом взаимодействии вяжущего и массы грунта протекают различные реакции. Во многих случаях промышленные отходы металлургических заводов и используются в целях торможения или интенсификации (ускорения во времени) процессов и набора прочности обычно тощих бетонов и класса укрепляемых грунтов. Химические вещества, входящие в состав клинкера, оказывают различное влияние и на другие механические и химические процессы, такие как измельчение, уплотнение смеси, адгезию вяжущих и др. [3].

Вертикально направленное давление от осевой нагрузки автотранспортных средств вызывает различные изгибающие напряжения во всех

слоях дорожной одежды автомобильных дорог. Конечно, самое высокое воздействие изгибающего напряжения приходится по оси давления нагрузки на границах основания и покрытия. Соответственно, величина данных напряжений находится в зависимости от толщины слоя покрытия и отношения его модуля упругости к совокупному модулю упругости всех нижележащих слоёв.

Межсезонье – это время, когда покрытие и другие слои дорожной одежды подвергаются наиболее высоким по интенсивности и прикладываемым в моменте нагрузкам на изгиб. Покрытие из цементогрунтов в силу повышенной распределяющей способности наиболее существенно гасит эти напряжения по сравнению с основаниями из дискретных (уплотнение, расклинка), т. е. традиционных, материалов. Горизонтальные напряжения в верхних слоях дорожной одежды возникают при торможении автомобилей, в моментах изменения скорости движения автомобильного транспорта, а также на различного рода склонах и поворотах [4].

При проведении совместных практических исследований за последние семь лет в этой области в таких странах, как Финляндия, Канада и США, в состав респондентов вошли Федеральное управление автомобильных дорог, Министерство обороны Соединенных Штатов, Бюро по управлению земельными ресурсами, Служба охраны рыбных ресурсов и дикой природы Соединенных Штатов, Лесная служба Соединенных Штатов, Служба Национальных парков, окружные и дорожные агентства, муниципальные (сельские, городские, поселковые или городские) агентства, государственные, провинциальные, федеральные земельные агентства, национальная ассоциация местных программ технической помощи Соединенных Штатов и Пуэрто-Рико, университеты и канадские провинции Квебек, Альберта и Онтарио. Проводились консультации с инженерами коммерческих организаций по исследованиям и разработкам в области контроля пыли и стабилизации дорог.

По результатам исследований Американская ассоциация государственных служащих автомобильных дорог и транспорта в сотрудничестве с Федеральным управлением автомобильных дорог по поручению совета по транспортным исследованиям на базе Национальной академии наук выявили, что в области устройства укрепленных грунтов наилучшие показатели сцепления покрытия с основанием достигаются при применении для укрепления грунта таких вяжущих материалов, которые обеспечивают высокую адгезию грунтоминерального покрытия, водостойкость и морозостойкость, при совокупности всех этих факторов нельзя забывать и про удобоукладываемость полученной смеси. При достижении всех этих условий покрытие приобретает такое свойство, что с уменьшением влажности верхнего слоя укрепленного грунта сцепление с ним материалов покрытия и автомобильных шин возрастает. При укреплении грунтов необходимо рационально и эффективно использовать различные химические добавки,

техногенные грунты, отходы промышленности и побочные продукты производства. Это приведет к необходимости изучения, развития и применения целого ряда комплексных методов укрепления грунтов [5].

В совокупности всего вышеперечисленного можно сделать вывод, что данный вопрос очень актуален во многих странах мира. В нашей стране, согласно данным сайта Министерства транспорта Российской Федерации «Сведения о категориях автомобильных дорог общего пользования федерального, регионального или межмуниципального значения», протяжённость автомобильных дорог с малой интенсивностью движения составляет:

- четвертая категория – 74 221,43 км;
- пятая категория – 299 401,80 км.

Соответственно, данная тенденция очень актуальна для нашей страны и в будущем будет активно развиваться ее изучение и внедрение, так как это экономически и финансово выгодный метод. Также он может принести достаточно хорошие результаты как для дорожной отрасли, так и в целом для народного хозяйства Российской Федерации.

### *Список источников*

1. Булдаков С. И., Силуков Ю. Д., Малиновских М. Д. Содержание и ремонт автомобильных дорог : моногр. Екатеринбург, 2017. 198 с.
2. Волостнов Д. М., Булдаков С. И., Бормотов М. В. Строительство грунтовых дорог с использованием стабилизаторов грунта // Научное творчество молодежи – лесному комплексу России : матер. конф. Екатеринбург, 2019. С. 174–176
3. Применение технологии стабилизации грунтов при строительстве автодорог в северном районе Свердловской области / М. С. Орлов, М. В. Бормотов, А. В. Сирота, С. И. Булдаков // Научное творчество молодежи – лесному комплексу России : матер. конф. Екатеринбург, 2021. С. 129–131.
4. Влияние технологических факторов на прочность цементогрунтов в дорожном строительстве / А. В. Сирота, М. В. Бормотов, А. Д. Дроздов [и др.] // Научное творчество молодежи – лесному комплексу России : матер. конф. Екатеринбург, 2021. С. 426–430.
5. National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. 2015. Converting Paved Roads to Unpaved. Washington, DC: The National Academies Press. URL:<https://doi.org/10.17226/21935> (дата обращения: 18.10.2020).