

Научная статья
УДК 624.138

ЭФФЕКТИВНОЕ ПРИМЕНЕНИЕ УКРЕПЛЕННЫХ ГРУНТОВ В СЛОЯХ КОНСТРУКЦИЙ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД

Армен Варданович Хачатрян¹, Сергей Александрович Чудинов²,
Алексей Вячеславович Моцный³

¹⁻³ Уральский государственный лесотехнический университет,
Екатеринбург, Россия

¹ armen.khach60@yandex.ru

² chudinovsa@m.usfeu.ru

³ motsnyj31@gmail.com

Аннотация. Добавление катионного полиэлектролита повышает прочностные характеристики укрепленных грунтов, сокращая стоимость строительства. Оптимальная дозировка добавки обеспечивает формирование прочной кристаллизационной структуры и повышает долговечность дорожной одежды.

Ключевые слова: автомобильная дорога, катионный электролит, стабилизирующие добавки, строительство, ресайклер

Для цитирования: Хачатрян А. В., Чудинов С. А., Моцный А. В. Эффективное применение укрепленных грунтов в слоях конструкций дорожных одежд // Научное творчество молодежи – лесному комплексу России = Scientific creativity of youth to the forest complex of Russia : материалы XXII Всероссийской (национальной) научно-технической конференции студентов и аспирантов. Екатеринбург : УГЛТУ, 2026. С. 983–987.

Original article

EFFECTIVE USE OF STRENGTHENED SOILS IN ROAD STRUCTURE LAYERS

Armen V. Khachatryan¹, Sergey A. Chudinov², Alexey V. Motsnyy³

¹⁻³ Ural State Forest Engineering University, Ekaterinburg, Russia

¹ armen.khach60@yandex.ru

² chudinovsa@m.usfeu.ru

³ motsnyj31@gmail.com

Abstract. The addition of a cationic polyelectrolyte improves the strength properties of strengthened soils, reducing construction costs. Optimal dosing of

the additive ensures the formation of a strong crystallization structure and increases the durability of the road pavement.

Keywords: highway, cationic electrolyte, stabilizing additives, construction, recycler

For citation: Khachatryan A. V., Chudinov S. A., Motsnyy A. V. (2026) E`ffektivnoe primeneniye ukreplenny`x gruntov v sloyax konstrukcij dorozhny`x odezhd [Effective use of strengthened soils in road structure layers]. Nauchnoe tvorchestvo molodezhi – lesnomu kompleksu Rossii [Scientific creativity of youth to the forest complex of Russia] : materials of the XXII All-Russian (national) Scientific and Technical Conference of undergraduate and postgraduate students. Ekaterinburg : USFEU, 2026. P. 983–987. (In Russ).

Автомобильная дорога как линейное капитальное сооружение должна обеспечить бесперебойное и безопасное движение транспортных средств. Долговечность автомобильной дороги зависит от качества применяемых материалов в конструкций дорожной одежды. Основными материалами для строительства дорожной одежды является щебень, песок, гравий, асфальто-бетонная смесь и т. д. Но иногда применение традиционных инертных материалов в основании конструкции дорожной одежды повышает стоимость строительства в районах с их незначительным распространением либо полным отсутствием [1].

Дорожная отрасль является одной из крупных капиталоемких отраслей, поэтому важно обеспечить оптимальное соотношение между надежностью сооружений и эффективностью использования денежных средств. Важно отметить, что особое внимание следует уделять разработке эффективных современных ресурсосберегающих технологий. Это позволит не только снизить затраты, но и повысить долговечность дорожных конструкций [2].

Для снижения объема применяемых инертных материалов в дорожном строительстве эффективным является применение технологии укрепления грунтов. Данная технология особенно эффективна в регионах с дефицитом традиционных дорожно-строительных материалов, позволяя существенно снизить стоимость строительства при сохранении высоких эксплуатационных характеристик дорожных конструкций.

Технология укрепления грунтов позволяет эффективно работать с различными типами грунтов, из которых производится возведение земляного полотна автомобильных дорог. Процесс укрепления грунтов представляет собой ряд технологических процессов, где изначально грунт измельчается, затем распределяется вяжущий материал в соответствующей дозировке на поверхность грунта. Затем с помощью ресайклера или дорожной фрезы грунт смешивается с вяжущим материалом и химическими добавками. После этого поверхность с помощью автогрейдера профилируется и окончательно уплотняется дорожными катками. Укрепленный грунт должен

обеспечивать транспортно-эксплуатационные показатели и долговечность автомобильной дороги [3].

В технологии укрепления грунтов наблюдается рост применения разнообразных активных модифицирующих добавок. Для улучшения прочностных характеристик, и повышения стойкости к воздействию влаги и циклам «замораживания – оттаивания» цементогрунтовых слоев, обработанных портландцементом, целесообразно использовать стабилизирующие полифизические добавки (далее – добавки). Одной из наиболее результативных является катионный полиэлектролит, который вводится в грунтово-цементную смесь в растворенном виде. В результате внесения добавки формируются высокомолекулярные полимерные катионы, способные активно вступать во взаимодействие с ацидоидными компонентами глины.

Механизм воздействия данной добавки на глинистую фракцию основан на процессе адсорбции макромолекулярных соединений на поверхности твердых частиц. Полиэлектролит, обладая положительным зарядом, закрепляется на глинистых минералах за счет электростатического притяжения, а также удерживается водородными связями и слабым межмолекулярным взаимодействием, возникающим в силу отрицательного заряда кристаллической решетки. В ходе адсорбции происходит также замещение ионов простых электролитов, присутствующих в приповерхностном слое частиц. Дополнительное усиление межпакетных контактов обеспечивается тем, что макромолекулы полиэлектролита способны проникать в межслоевые промежутки минералов [4].

На рисунке показаны результаты испытаний прочности цементогрунтов с добавкой портландцемента, с учетом влияния стабилизирующих компонентов. На графике видно, что добавки значительно повышают прочность и устойчивость грунта по сравнению с контрольной смесью без добавок.

Эффективное укрепление грунтов цементогрунтовыми смесями напрямую зависит от правильного подбора добавок. Ключевым моментом является оптимальная концентрация модифицирующего компонента, которая обеспечивает минимизацию электрокинетического потенциала глинистых частиц. В результате включения полиэлектролита в структуру глинистого грунта происходит частичная нейтрализация поверхностного заряда, что способствует стабилизации дисперсной системы и улучшению эксплуатационных свойств цементогрунтового материала. При таких условиях формируется прочная и устойчивая структура грунта, способствующая улучшению его механических характеристик [5].

При превышении рекомендуемой дозы добавки наблюдается отрицательный эффект: избыточное накопление вещества на поверхности частиц нарушает их взаимодействие и препятствует полноценному формированию цементной матрицы. В результате прочность и долговечность цементогрунта снижаются, а процессы структурообразования замедляются.

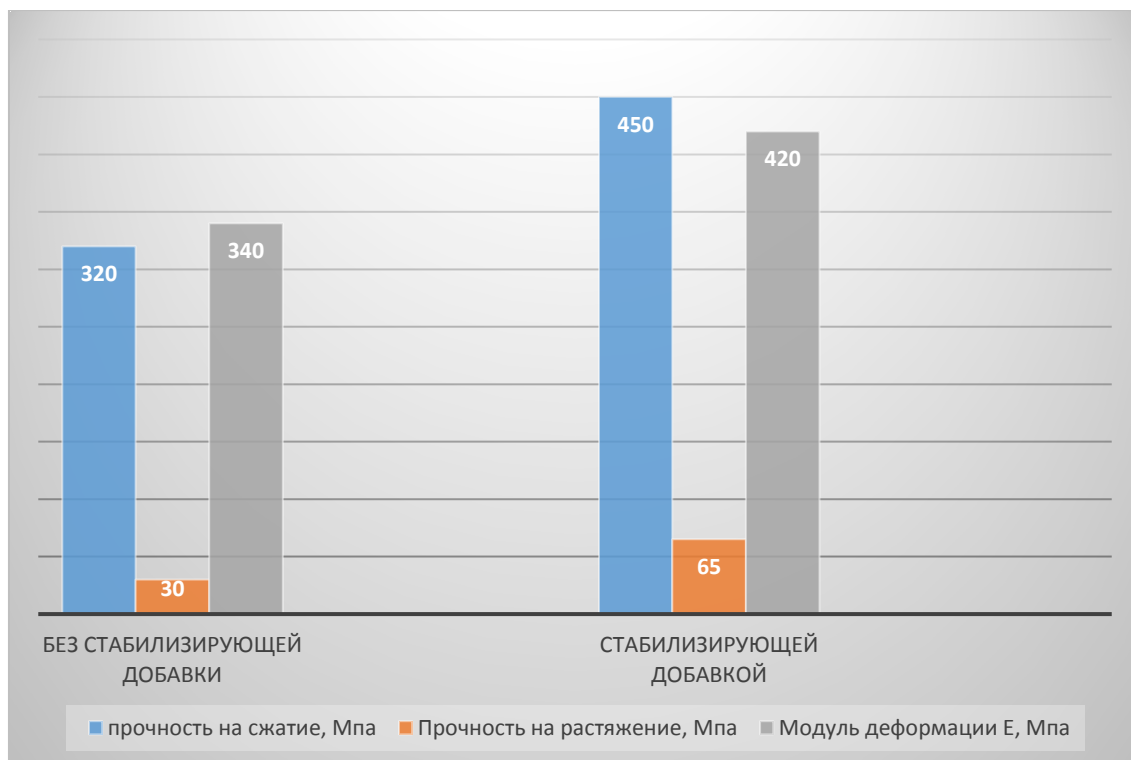


Диаграмма зависимости прочностных показателей цементогрунтов, укрепленных портландцементом, с добавлением стабилизирующих добавок и без них

Для точного определения рациональной дозировки добавок в грунтах, усиленных портландцементом, необходимо проведение целенаправленных лабораторных и экспериментальных исследований. Такие исследования позволяют изучить влияние кристаллизационных процессов и взаимодействия частиц на конечные эксплуатационные свойства цементогрунта.

Правильно подобранная добавка значительно повышает физико-механические характеристики материала, улучшает эксплуатационные показатели дорожных слоев и увеличивает срок службы покрытий. Формирование устойчивой структуры снижает деформации и способствует увеличению межремонтного периода, что обеспечивает долговечность и надежность дорожной конструкции.

Список источников

1. Чудинов С. А. Совершенствование технологии укрепления грунтов в строительстве автомобильных дорог лесного комплекса. Екатеринбург : УГЛТУ, 2022. 164 с.
2. Крылов В. Н. Устройство дорожных одежд из местных грунтом путем их укрепления. М., 1965. 135 с.
3. Чудинов С. А. Укрепленные грунты в строительстве лесовозных автомобильных дорог. Екатеринбург : УГЛТУ, 2020. 174 с.

4. Чудинов С. А., Ладейщиков Н. В. Укрепление грунтов портландцементом с добавлением комплексной добавки, продлевающей строительный период // Инновационный транспорт. 2022. № 4 (46). С. 48–51.

5. Чудинов С. А., Булдаков С. И. Теоретические исследования процессов структурообразования глинистых грунтов, укрепленных портландцементом с добавкой полиэлектролита // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. 2010. № 5. С. 82–88.