

Научная статья  
УДК 624.138

## ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ УКРЕПЛЕННЫХ ГРУНТОВ С ДОБАВКАМИ ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ЛЕСОВОЗНЫХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

Никита Юрьевич Мокрушин<sup>1</sup>, Сергей Александрович Чудинов<sup>2</sup>

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

<sup>1</sup> mokrushinnikita621@mail.ru

<sup>2</sup> chudinovsa@m.usfeu.ru

**Аннотация.** Строительство дорожных одежд в лесных зонах, характеризующихся наличием увлажненных глинистых, кислых местных грунтов, предполагает использование специализированной технологии укрепления грунтов. В лесных зонах при строительстве дорожных одежд, чтобы обеспечить максимальную эффективность в формировании цементно-грунтовой структуры, применяются активные добавки.

**Ключевые слова:** автомобильная дорога, укрепление грунта, цементно-грунт, дорожная одежда

Original article

## FEATURES OF THE USE OF REINFORCED SOILS WITH ADDITIVES OF SURFACTANTS FOR THE CONSTRUCTION OF LOGGING ROADS

Nikita Yu. Mokrushin<sup>1</sup>, Sergey A. Chudinov<sup>2</sup>

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

<sup>1</sup> mokrushinnikita621@mail.ru

<sup>2</sup> chudinovsa@m.usfeu.ru

**Abstract.** The construction of road pavements in forest areas, characterized by the presence of moist clayey, acidic local soils, involves the use of specialized soil strengthening technology. In forest areas, during the construction of road pavements, in order to ensure maximum efficiency in the formation of a cement-soil structure, active additives are used.

**Keywords:** automobile road, soil reinforcement, cement grunt, road clothes

Укрепление грунтов является действенным методом строительства дорожных покрытий лесовозных дорог. Одним из основных аспектов комплексных методов укрепления грунтов является активное воздействие на грунт и изменение его свойств за счет введения двух различных типов вяжущих материалов. Эти материалы обладают разнообразными структурно-механическими характеристиками, что позволяет достичь оптимального синтеза и укрепления грунтов.

В процессе усиления грунтов применяются различные стратегии, основанные на научных исследованиях. Связующие вещества (битум, портландцемент, известь и синтетические смолы) являются ключевыми элементами в таком подходе [1].

Укрепленные грунты обладают превосходной способностью к равномерному распределению, что позволяет создавать более гладкую поверхность, чем при использовании щебня или гравия в качестве основания. Исследования показали, что использование дорожных покрытий с укрепленным грунтом и материалами в районах с неблагоприятными природными и гидрогеологическими условиями имеет ощутимые преимущества по сравнению с обычными дорожными покрытиями из зернистых материалов. Преимущества такого решения проявляются в продолжительном сохранении идеально ровного покрытия, особенно в суровых зимних условиях, когда грунты под дорожным покрытием подвергаются сильному морозному воздействию. Ровность покрытия оказывает существенное влияние на себестоимость перевозок: на дорогах с удовлетворительной ровностью покрытия количество ДТП в 1,5–2 раза больше, чем на дорогах с хорошей ровностью, а себестоимость перевозок в 1,3–1,5 раза выше.

Преимущество укрепленных грунтов заключается в значительном улучшении водно-теплового режима земляного полотна. Укрепленные грунты обладают лучшими свойствами прочности в сравнении с материалами, состоящими из зерен, что способствует сокращению толщины дорожного покрытия на 20–25 %. Благодаря этому варианту можно снизить использование дорогостоящих кондиционных минеральных материалов, таких как щебень и песок, на 15–45 %. Также данный подход позволит уменьшить необходимость в использовании дорожно-строительной техники в 1,5–3 раза и сократить затраты труда в 1,2–2 раза. В итоге стоимость строительства дорожной одежды сокращается.

Применение укрепленных слоев, особенно рабочего слоя грунта и морозозащитного слоя, предотвращает смешение материалов различных слоев, улучшает условия уплотнения и обеспечивает высокую ровность поверхности. Укрепленный слой может использоваться временно для проезда автомобилей.

Весенний сезон характеризуется более высоким модулем упругости укрепленных слоев по сравнению с зернистыми материалами, что ведет к значительно меньшим прогибам. При применении укрепленных грунтов

давление на грунт под земляным полотном уменьшается почти втрое по сравнению с использованием зернистых материалов. Таким образом, уменьшается возможность возникновения локальных пластических деформаций, и продлевается срок службы поверхности дороги [2, 3].

В современной эпохе использование укрепленных грунтов приобретает небывалую актуальность в свете постоянного увеличения объемов строительства автомобильных дорог. Однако существует одна проблема – недостаток каменных материалов, которые, в свою очередь, обладают высокой стоимостью. С целью оптимизации расходов особенно целесообразно применять местные материалы, укрепленные различными связующими веществами, в качестве покрытия автодорог в таких регионах. Изучение и получение поверхностно-активных веществ (ПАВ) открыло новую эпоху в развитии технологий, посвященных укреплению грунтов.

Рассмотрим механизм взаимодействия грунтов с ПАВ на примере добавки “*STABILAT*”. Модифицирующая добавка “*STABILAT*” – это модифицирующая добавка, основанная на водной дисперсии модифицированного стирол-акрилового сополимера в мицеллярном растворе полимеров, стабилизированная биоразлагаемыми поверхностно-активными веществами (ПАВ) [4].

Принцип работы модифицирующей добавки “*STABILAT*” заключается в связи ПАВ с поверхностью тел. Молекула поверхностно-активного вещества состоит из двух частей: первая часть хорошо растворима в воде – состоит из гидрофильной группы (ОН, СОН, СООН, NH<sub>2</sub>), вторая часть плохо растворима в воде – состоит из одной или нескольких длинных углеродных цепей. Углеродная цепочка прикрепляется к молекулам вяжущего (цемента, битума), в свою очередь, растворимая часть молекулы прикрепляется к влагопоглощающей поверхности [5].

Модифицирующая добавка “*STABILAT*” имеет ряд особенностей по применению:

1. Добавка идеально подходит для создания прочных и высококачественных грунто-минерально-полимерных смесей, которые могут использоваться как в основаниях и покрытиях для автомобильных дорог, так и для аэродромов. Уникальность заключается в возможности его смешивания непосредственно на дороге или в специализированной установке, что обеспечивает удобство и эффективность процесса;

2. Возможно использовать верхний слой грунта в качестве модификатора земляного полотна для улучшения несущей способности и снижения пучинистость и предотвращения поднятия грунтовых вод капиллярным путем.

3. Модифицирующая добавка применима в любых климатических зонах Российской Федерации в соответствии с требованиями СП 131.13330.2012 («Актуализированная редакция СНиП 23-01-99»).

4. С использованием данной добавки можно эффективно сократить количество минерального вяжущего (цемента) в составе. При этом содержание минерального вяжущего не превышает 6 %.

5. Приготовление смесей требует оптимальной дозировки модифицирующей добавки в количестве 1–4 % от массы минерального вяжущего.

6. Добавка является экологически чистой.

Таким образом, применение укрепленных грунтов в основаниях и покрытиях дорожных одежд лесовозных автомобильных дорог представляет собой действенную стратегию для снижения затрат на строительные работы и ресурсы [6, 7].

Положительное действие добавок на основе поверхностно-активных веществ на укрепление грунта заключается в следующем:

1. Внесение цемента и модифицирующей добавки разной природы в грунты обеспечивает улучшение их физико-механических свойств. Это включает повышение предела прочности при сжатии и изгибе, улучшение водонасыщения и морозостойкости. В результате, эксплуатационные характеристики таких грунтов значительно улучшаются.

2. Агрегация небольших частиц грунта, происходящая при добавлении поверхностно-активных добавок, имеет потенциал изменять гранулометрический состав, что заметно повышает качество свойств этого материала.

3. При использовании добавок на основе поверхностно-активных веществ теплопроводность и пучинистость грунтов снижаются, что способствует увеличению долговечности, так как грунты земляного полотна не разуплотняются под воздействием изменений водно-теплового режима и вибраций от движения автомобилей. Это позволяет продлить межремонтные сроки службы дорожного покрытия. Добавки положительно влияют на технологические характеристики процесса: они упрощают укладывание и повышают уплотняемость благодаря снижению внутреннего трения до завершения гидратации цемента.

4. Повышенная несущая способность дорожного покрытия обеспечивается благодаря увеличению прочности укрепленного грунта, кроме того, дальнейшее накопление прочности грунта в активной зоне рабочего слоя земляного полотна способно справляться с увеличивающимся потоком движения.

## *Список литературы*

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

2. Ребингер П. А. Проблемы образования дисперсных систем и структур в этих системах; физико-химическая механика дисперсных структур и твердых тел. М. : МГУ, 1968. 231 с.

3. Чудинов С. А., Ладейщиков Н. В. К вопросу об организации подготовительных работ строительства транспортно-логистических путей освоения лесосырьевых баз // Логистические системы в глобальной экономике. 2023. № 13. С. 149–154.

4. STABILAT модифицирующая добавка // ГеоСинт : [сайт]. URL: <http://geosynt.ru/stabilat-modifying-additive/> (дата обращения: 09.10.2023).

5. Вдовин Е. А., Мавлиев Л. Ф. Повышение качества укрепленных грунтов введением гидрофобизирующих добавок // Известия КГАСУ. 2012. № 2 (14). С. 373–377.

6. Чудинов С. А. Укрепленные грунты в строительстве лесовозных автомобильных дорог : монография. Екатеринбург : УГЛТУ, 2020. 174 с.

7. Чудинов С. А. Совершенствование технологии укрепления грунтов в строительстве автомобильных дорог лесного комплекса : монография. Екатеринбург : УГЛТУ, 2022. 164 с.