

Научная статья  
УДК 624.138.232

## ПРИМЕНЕНИЕ МНОГОКОМПОНЕНТНОЙ ДОБАВКИ ДЛЯ УКРЕПЛЕНИЯ ГРУНТОВ В ДОРОЖНЫХ ОДЕЖДАХ ЛЕСОВОЗНЫХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

Владислав Олегович Порин<sup>1</sup>, Сергей Александрович Чудинов<sup>2</sup>,  
Дмитрий Владимирович Филимошкин<sup>3</sup>

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

<sup>1</sup> vporin2018@mail.ru

<sup>2</sup> chsa12@mail.ru

<sup>3</sup> novo-fil@mail.ru

**Аннотация.** Рассмотрены задачи укрепления грунтов в дорожном строительстве. Представлены особенности технологии укрепления грунтов многокомпонентной добавкой – стабилизатором «СЦ» для строительства дорожных одежд лесовозных автомобильных дорог. Произведена оценка применимости грунтов, укрепленных стабилизатором «СЦ», в конструкциях дорожных одежд.

**Ключевые слова:** лесовозные автомобильные дороги, дорожное строительство, укрепление грунтов, многокомпонентная добавка

Original article

## APPLICATION OF A MULTICOMPONENT ADDITIVE FOR STRENGTHENING SOILS IN ROAD CLOTHES OF LOGGING HIGHWAYS

Vladislav O. Porin<sup>1</sup>, Sergey A. Chudinov<sup>2</sup>, Dmitry V. Filimoshkin<sup>3</sup>

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

<sup>1</sup> vporin2018@mail.ru

<sup>2</sup> chsa12@mail.ru

<sup>3</sup> novo-fil@mail.ru

**Abstract.** The problems of soil strengthening in road construction are considered. The features of the technology of soil strengthening with a multicomponent stabilizer additive «СЦ» for the construction of high-quality and logging roads are presented. The applicability of soils reinforced with the stabilizer “СЦ” in the constructions of road clothes was evaluated.

**Keywords:** logging highways, road construction, strengthening of soils, multicomponent additive

Применение в конструкциях дорожных одежд лесовозных автомобильных дорог материалов из грунтов, укрепленных неорганическими вяжущими, является одной из важнейших ресурсосберегающих технологий. Применение укрепленных местных грунтов позволяет сократить, а порой и полностью исключить применение традиционных каменных материалов, таких как щебень и щебеночно-песчаные смеси, что особенно важно в регионах с недостатком таких материалов, где большая доля сметной стоимости строительства автомобильной дороги заключается в доставке на объект каменных материалов, привозимых из удаленных регионов.

Укрепление грунтов в дорожном строительстве преследует следующие цели:

- повышение транспортно-эксплуатационной надежности конструкции дорожной одежды автомобильных дорог;
- обеспечение работоспособности автомобильных дорог в сложных грунтово-геологических условиях в течение всего эксплуатационного периода.

Укрепление грунтов в дорожном строительстве решает следующие задачи:

- снижение прямых затрат на производство дорожных работ за счет сокращения объемов использования привозных каменных материалов;
- уменьшение трудоемкости устройства конструктивных слоев дорожной одежды;
- устройство трещино-, водо- и морозостойких конструктивных слоев дорожной одежды.

Укрепленные грунты должны удовлетворять всем требованиям, предъявляемым к дорожной одежде, в первую очередь – эксплуатационным, т. е. выдерживать все эксплуатационные нагрузки (статические и динамические) и факторы окружающей среды. Грунты, укрепленные стабилизатором «СЦ», являются отличным примером таких грунтов.

Стабилизатор структурированный «СЦ», применяемый для укрепления грунтов, представляет собой многокомпонентную систему, включающую в своем составе вяжущее вещество (более 2 %) с комплексом химических компонентов.

Указанные химические компоненты в конечном итоге вызывают изменения структуры и свойств обработанных материалов (грунтов) с изменением их физико-механических характеристик в лучшую сторону: предел прочности на сжатие и растяжение при изгибе (в водонасыщенном состоянии), а также марка по морозостойкости. Значения этих итоговых показателей варьируются в зависимости от марки (от М10 до М100) и имеют влияние на надежность итоговой конструкции дорожной одежды в период эксплуатации. При этом на практике можно осуществлять подбор необходимой

марки и, как следствие, физико-механических показателей укрепленного грунта для достижения необходимой (заданной изначально) толщины слоя, и наоборот – отталкиваться от доступной марки и варьировать толщину и материал остальных конструктивных слоев для достижения требуемых показателей дорожной одежды путем ее расчета на прочность.

Как можно было заметить, пределы прочности на сжатие и растяжение при изгибе измеряются при водонасыщении испытуемых образцов укрепленных грунтов. Приведение к водонасыщенному состоянию позволяет симитировать наихудшие условия работы дорожной одежды во время эксплуатации и испытать образцы в таких условиях. В случае, если грунты планируется применить в районе со средней температурой наиболее холодного месяца – минус 10 °С и ниже, то образцы таких укрепленных грунтов подвергают полному водонасыщению на протяжении 48 ч. Если температура выше указанной, то процедуру полного водонасыщения выполняют на протяжении 72 ч.

В состав работ, выполнение которых необходимо для устройства укрепленных грунтов, входят:

- планировка и прикатка земляного полотна;
- подвозка и распределение грунта;
- прикатка грунта;
- размельчение грунта;
- внесение стабилизатора «СЦ»;
- перемешивание укрепленного грунта до оптимальной влажности;
- разравнивание и профилирование слоя;
- уплотнение слоя катком.

До начала работ по устройству основания должны быть выполнены все предшествующие работы по устройству земляного полотна, устроены временные съезды и временные дороги. Начальный этап производства работ заключается в планировке поверхности рабочего слоя земляного полотна с достижением его проектных отметок. Планировку выполняют автогрейдером за три прохода по следу. Перекрытие смежных следов принимается 0,5 м. Ввиду того, что приповерхностная зона рабочего слоя (на глубине 0,05–0,10 м) обычно имеет меньшее значение коэффициента уплотнения ( $K_{упл}$ ), чем требуемое  $K_{упл} = 0,98$ , за счет ее горизонтального сдвига вальцом катка во время уплотнения рабочего слоя, необходимо при подготовке к устройству слоя основания производить доуплотнение этой зоны пневмоколесным катком за четыре прохода по одному следу с рабочей скоростью 5–6 км/ч.

По зерновому составу грунты, используемые для устройства основания, должны соответствовать требованиям СТО 77150282–0012017 [1]. При определении необходимого количества привозного грунта [2] коэффициент

разрыхления грунта принимают ориентировочно 1,15, а коэффициент потерь – 1,03.

Привезенный грунт разравнивают за 2–3 прохода по одному следу автогрейдером, затем уплотняют катками на пневмошинах до 0,8–0,9 от максимальной плотности за 2–3 прохода по одному следу [3]. Уплотнение производят от бровки к оси. При необходимости производят размельчение грунта проходом ресайклера. В пробе грунта доля частиц более 5 мм не должна составлять более четверти от веса пробы, а доля частиц более 10 мм не должна превышать 10 %. В случае, если анализ пробы грунта неудовлетворителен, производят повторное размельчение [4].

Когда поверхность земляного полотна будет готова, производят распределение стабилизатора «СЦ» с помощью распределителя сухих смесей [5]. Перемешивание грунта после внесения стабилизатора необходимо выполнять ресайклером за два прохода при скорости 0,4–0,5 км/ч. После первого устанавливают влажность грунта прибором Ковалева и определяют количество воды, необходимое для увлажнения [6]. Полив воды производят при помощи поливочной машины. Затем поверхность вновь планируют (разравнивают) автогрейдером.

Уплотнение производят катками на колесах с пневматическими шинами в течение нескольких часов после разравнивания – во избежание потерь необходимой влажности смеси. Рекомендуемое количество проходов – 10–20 по одному следу; итоговое количество проходов определяется после определения относительной плотности представителем лаборатории с составлением соответствующего акта. Визуальным признаком окончания уплотнения является полное отсутствие на поверхности земляного полотна следа шин катка.

Примечательно, что движение транспорта по готовому слою может быть разрешено либо сразу (при марке М75 и более), либо через сутки. Устройство покрытия допускается спустя 12 ч [7].

Конструктивно грунты, укрепленные стабилизатором «СЦ», могут служить материалом нижнего (или дополнительного) слоя основания, верхнего слоя основания, а также покрытия – в случае с переходным типом дорожных одежд. Более того, такие грунты применимы в конструкциях жестких дорожных одежд благодаря их высокой трещиностойкости, водо- и морозостойкости [8]. При этом толщину во всех перечисленных случаях следует определять расчетом по установленным проектом методикам.

Расход стабилизирующей добавки следует принимать:

- 1) 4–6 % (60–90 кг/м<sup>3</sup>) – при укреплении песка мелкого пылеватого, супеси легкой;
- 2) 4–6 % (55–85 кг/м<sup>3</sup>) – при укреплении песка гравелистого, крупного, средней крупности;
- 3) 6–8 % (100–130 кг/м<sup>3</sup>) – при укреплении супеси тяжелой пылеватой, суглинка легкого пылеватого;

4) 8–10 % (140–180 кг/м<sup>3</sup>) – при укреплении глины песчанистой и пылеватой.

Для оценки экономической эффективности применения грунтов, укрепленных стабилизатором «СЦ», необходимо на стадии проектных работ разработать несколько вариантов конструкций дорожной одежды – с применением стабилизатора и без него. Все варианты конструкций должны удовлетворять расчетам дорожных одежд на прочность по принятым в проекте методикам расчета. Затем на основании сметного расчета стоимости устройства дорожной одежды (по вариантам) произвести экономическую оценку эффективности применения, а итоговый вариант конструкции согласовать с заказчиком для окончательного принятия в проекте.

Модуль упругости, который можно получить при укреплении супеси легкой стабилизатором СЦ, выше, чем модуль упругости щебня фракций 40–80 мм либо 31,5–63 мм, уложенного по способу заклинки мелкими фракциями. Благодаря этому в конструкции дорожной одежды можно сократить толщину основания, необходимую для надежной работы дорожной одежды во время эксплуатации автомобильной дороги в течение всего заданного срока эксплуатации.

Применение грунтов, укрепленных рассматриваемым стабилизатором, позволяет достичь экономической эффективности в сравнении с применением в конструкции дорожной одежды привычного щебня, уложенного по способу заклинки, благодаря уменьшению затрат на инертные материалы. Величина эффективности напрямую зависит от вида укрепляемого грунта и его физико-механических свойств, требуемого расхода стабилизатора, а также удаленности поставщиков дорожно-строительных материалов (карьеров и т. п.) от объекта строительства. Поэтому экономическую эффективность применения грунтов, укрепленных стабилизатором СЦ, целесообразно рассчитывать для конкретных условий проектирования и строительства [9]. Тем не менее, в некоторых случаях она может достигать нескольких миллионов рублей за один километр автомобильной дороги, или 10–20 % от общей стоимости строительных работ.

### *Список источников*

1. СТО 77150282–00–2017. Стабилизатор структурированный «СЦ». Технические условия // Консорциум Кодекс : [сайт]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/550968867> (дата обращения: 19.09.2023).

2. ГОСТ 25100–2011. Грунты. Классификация (с Поправками) // Консорциум Кодекс : [сайт]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200095052> (дата обращения: 22.09.2023).

3. Методические рекомендации по проектированию жестких дорожных одежд. Введ. 03.12.2003 распоряжением Минтранса России. № ОС-1066-р //

Консорциум Кодекс : [сайт]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200036162> (дата обращения: 23.09.2023).

4. ПНСТ 322–2019. Дороги автомобильные общего пользования. Грунты стабилизированные и укрепленные неорганическими вяжущими. Технические условия // Консорциум Кодекс : [сайт]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200164378> (дата обращения: 26.09.2023).

5. СП 48.13330.2019. Организация строительства // Консорциум Кодекс : [сайт]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/564542209> (дата обращения: 28.09.2023).

6. ГОСТ 5180–2015. Грунты. Методы лабораторного определения физических характеристик // Консорциум Кодекс : [сайт]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200126371> (дата обращения: 13.09.2023).

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

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

9. Чудинов С. А. Повышение эффективности укрепления грунтов портландцементом со стабилизирующей добавкой // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 5. URL: <http://www.science-education.ru/119-14565> (дата обращения: 17.09.2023).