Электронный архив УГЛТУ

Научная статья
УДК 630.233

ОСОБЕННОСТИ УКРЕПЛЕНИЯ ГРУНТОВ В УСЛОВИЯХ ВЫСОКОЙ ВЛАЖНОСТИ

Анна Владимировна Жернова[1], Максим Игоревич Мамедов[2], Сергей Александрович Чудинов[3]
[1–3] Уральский государственный лесотехнический университет, Екатеринбург, Россия
[1] zhernovaav@gmail.com
[2] mamedov_m18@mail.ru
[3] chudinovsa@m.usfeu.ru

Аннотация. Укрепление грунтов является одной из важнейших задач строительства автомобильных дорог. В данной статье рассмотрены технологии и материалы, способствующие усилению устойчивости и несущих свойств, повышению прочностных характеристик слабых грунтов.

Ключевые слова: грунты, укрепление, высокая влажность, технологические операции

Для цитирования: Жернова А. В., Мамедов М. И., Чудинов С. А. Особенности укрепления грунтов в условиях высокой влажности // Научное творчество молодежи – лесному комплексу России = Scientific creativity of youth to the forest complex of Russia : материалы XXI Всероссийской (национальной) научно-технической конференции студентов и аспирантов. Екатеринбург : УГЛТУ, 2025. С. 734−738.

Original article

FEATURES OF SOIL STRENGTHENING IN CONDITIONS OF HIGH HUMIDITY

Anna V. Zhernova[1], Maxim I. Mamedov[2], Sergey A. Chudinov[3]
[1–3] Ural State Forest Engineering University, Ekaterinburg, Russia
[1] zhernovaav@gmail.com
[2] mamedov_m18@mail.ru
[3] chudinovsa@m.usfeu.ru

Abstract. Soil strengthening is one of the most important tasks of highway construction. This article discusses technologies and materials that enhance stability and load-bearing properties, increase the strength characteristics of weak soils.

© Жернова А. В., Мамедов М. И., Чудинов С. А., 2025

Электронный архив УГЛТУ

Keywords: soils, strengthening, high humidity, technological operations
For citation: Zhernova A. V., Mamedov M. I. Chudinov S. A. (2025) Osobennosti ukrepleniya gruntov v usloviyah vysokoj vlazhnosti [Features of soil strengthening in conditions of high humidity]. Nauchnoe tvorchestvo molodezhi – lesnomu kompleksu Rossii [Scientific creativity of youth to the forest complex of Russia] : proceedings of the XXI All-Russian (national) Scientific and Technical Conference of undergraduate and postgraduate students. Ekaterinburg : USFEU, 2025. Pp. 734–738. (In Russ).

В наше время строительству автомобильных дорог уделяется много внимания, так как это неотъемлемая и очень важная часть нашей жизнедеятельности, ведь она позволяет связывать между собой населенные пункты для свободного передвижения на автотранспортных средствах, а также способствует развитию логистики не только между городами и регионами, но и странами.

Строительство безопасных и качественных дорог начинается с изучения геологических данных местности. К примеру, в лесной зоне естественные грунты имеют повышенную влажность, а следовательно, необходимо производить укрепление грунтов. Укрепление грунтов производится в соответствии в ГОСТ 70452–2022.

Перед началом технологических операций по укреплению грунта должны быть удовлетворены следующие требования.

1. Грунты, укрепленные неорганическими вяжущими, делятся на марки в зависимости от прочности на сжатие и прочности на растяжение при раскалывании в проектный срок набора прочности (таблица).

Зависимость марки грунта от прочности на сжатие и прочности на растяжение при раскалывании

Марка	Прочность на сжатие, МПа, не менее	Прочность на растяжение при раскалывании, МПа, не менее
М10А	1,0	0,15
М10Б		0,10
М20А	2,0	0,30
М20Б		0,20
М40А	4,0	0,60
М40Б		0,40
М60А	6,0	0,9
М60Б		0,6
М70А	7,0	1,0
М70Б		0,7
М80А	8,0	1,2
М80Б		0,8
М100А	10,0	1,5
М100Б		1,0

Электронный архив УГЛТУ

2. Коэффициент морозостойкости укрепленных грунтов должен быть не менее 0,80.

3. Возможно определение несущей способности укрепленных грунтов.

4. Технологические операции по уплотнению грунтов должны проводиться при оптимальной влажности грунта в соответствии с ГОСТ Р 70456–2022.

ГОСТ Р 70456–2022 содержит в себе лабораторный метод определения оптимальной влажности грунта по методу Проктора, который заключается в уплотнении грунта с известным значением влагосодержания (рис. 1).

Некоторое количество одинаковых слоев утрамбовывается несколькими ударами утяжеленного молотка при заданной высоте. Процесс повторяется для получения нескольких значений влажности, а затем строится графическая зависимость плотности грунта в сухом состоянии от содержания влаги (рис. 2).

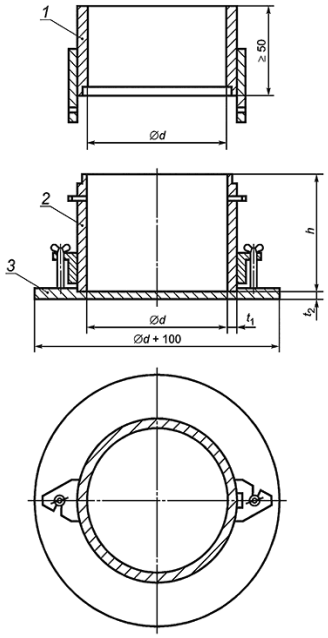

Рис. 1. Типовая конструкция формы

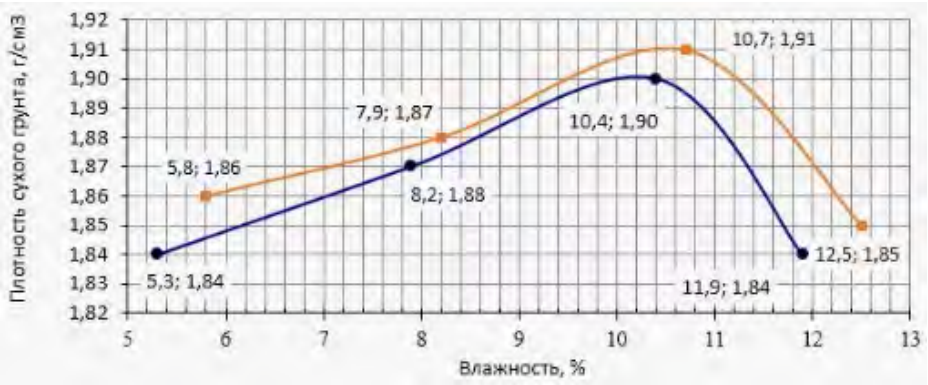

Рис. 2. График зависимости плотности грунта от влажности

Электронный архив УГЛТУ

Самым распространенным неорганическим вяжущим при укреплении грунта является портландцемент. Он обладает такими преимуществами, которые очень важны при строительстве автомобильных дорог. К ним относятся высокие показатели прочности и долговечности, устойчивость к температурным перепадам, а также водонепроницаемость [1, 2].

Чтобы проводить уплотнение грунта, влажность нужно довести до оптимального значения для повышения показателя несущей способности породы и ее устойчивости к будущим нагрузкам [3].

Выделяют несколько технологий по подсушке грунта.

1. «Естественная» подсушка грунта. Измельченный грунт оставляют под солнечными лучами подсушиваться в течение суток и периодически производят его рыхление. К преимуществу относится то, что данная технология снижает естественное значение влажности грунта, но есть и минус в виде трудовых и временных затрат. Этот способ требует много усилий, так как грунт придется часто распахивать и рыхлить с целью достижения равномерной его просушки. А также этот процесс более продолжительный по времени.

2. Добавление дополнительных вяжущих агентов. Например, негашеная известь, которая обладает свойствами изменения pH уровня грунта и превращает его из кислотного вида в щелочной. В таком случае портландцемент максимально эффективно работает на формирование кристаллической структуры. К преимуществам можно отнести то, что грунт наберет большую прочность при меньших затратах цемента. Еще одним немаловажным плюсом является быстрая химическая реакция негашеной извести с грунтом, и результат можно будет заметить спустя один час.

Также можно рассмотреть использование золы уноса для подсушивания влажных грунтов. Так как зола уноса является продуктом переработки минеральных частей угля под высокой температурой, то это вяжущее обладает как неорганическими, так и органическими вяжущими. Золы делятся на виды:

- антрацитовые;
- каменноугольные;
- буроугольные.

И в зависимости от химического состава делятся на типы:

- кислые;
- основные.

Для грунтов переувлажненных подходит зола уноса основного типа, чтобы нейтрализовать кислую среду грунта. К преимуществу этого вяжущего относится достижение необходимых физико-механических свойств грунта. Но есть и отрицательные стороны при применении этого материала. Таковыми являются неоднородность состава, способность приводить к активному водопоглощению и морозному пучению и нахождение непереработанных частиц топлива.

Электронный архив УГЛТУ

3. Метод глубинной стабилизации. Представляет собой укрепление слабых грунтов с помощью добавления сухих или влажных (в нашем случае сухих) вяжущих материалов, способствующих связыванию грунта и образованию прочных камнеподобных массивов, которые позволят ослабить усадки и усилить устойчивость насыпей автомобильных дорог. Такими материалами могут быть золы уноса, высокоактивные и активные молотые гранулированные шлаки и другие инновационные добавки, например полимерные эмульсии, битумно-полимерные композиции.

Таким образом, для условий высокой влажности природных грунтов, в особенности распространенных в лесной зоне, существует ряд эффективных способов ее снижения до оптимальных значений, что способствует достижению высокого качества работ по укреплению грунтов в конструкциях дорожных одежд автомобильных дорог.

Список источников

1. Исследование деформационных характеристик фиброцементогрунтовых конструкций лесовозных автомобильных дорог / С. А. Чудинов, Е. Г. Васильев, Н. В. Ладейщиков, К. В. Ладейщиков // Resources and Technology. 2024. Т. 21, № 3. С. 1–16. DOI: 10.15393/j2.art.2024.7703

2. Чудинов С. А. Исследование прочностных показателей фиброцементогрунта для устройства конструктивных слоев лесовозных автомобильных дорог // Системы. Методы. Технологии. 2024. № 2 (62). С. 138–144. DOI: 10.18324/2077-5415-2024-2-138-144

3. Чудинов С. А. Структурные прочностные характеристики фиброцементогрунта в дорожной одежде лесовозных автомобильных дорог Свердловской области // Лесотехнический журнал. 2023. Т. 14. № 1 (53). С. 116–133. DOI: 10.34220/issn.2222-7962/2024.1/7