

УДК 691.168-037.51

**СТРОИТЕЛЬСТВО ЛЕСОВОЗНЫХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ С
ПРИМЕНЕНИЕМ УЛУЧШЕННЫХ ГРУНТОВ**

Ханин А.А.

Кручинина Е.И.

Уральский государственный лесотехнический университет, Екатеринбург

Уральский федеральный университет, г.Екатеринбург

Научный руководитель: Кручинин И.Н., к.т.н., доцент, Уральский государственный
лесотехнический университет, Екатеринбург

Аннотация: Представленная работа предназначена для проведения анализа применения местных грунтов, с улучшенными физико-механическими характеристиками при строительстве лесовозных автомобильных дорог. Рассмотрены пути улучшения физико-механических характеристик стабилизированных грунтов с применением комплексной двухкомпонентной добавки (с гидрофобным жидким и порошкообразным компонентами). Отмечено, что в стабилизированных грунтах не возникают жесткие конденсационно-кристаллизационные связи, что приводит к более гибким технологиям их создания. Проанализированы действующие нормативно-технические документы. Обоснована технология строительства лесовозной автомобильной дороги с применением стабилизированных грунтов. Приведены данные по оценке прочности стабилизированного слоя земляного полотна лесовозной автомобильной дороги и данные по технологическому контролю. Даны рекомендации по оценке прочности конструктивных слоев с применением статических и динамических методов измерения модуля упругости и коэффициента уплотнения земляного полотна лесовозных автомобильных дорог.

Ключевые слова: лесовозная автомобильная дорога, стабилизированный грунт, модуль упругости.

UDC 691.168-037.51

FORESTRY CONSTRUCTION HIGHWAY OF IMPROVED SOIL

Hanin A.A.

Kruchinina E.I.

Ural State Forestry University, Yekaterinburg

Ural Federal University, Yekaterinburg

Supervisor: Kruchinin I.N., Ph.D., Associate Professor, Ural State Forestry University,
Yekaterinburg

Abstract: This work is intended to analyze the application of local soils, with improved physical and mechanical properties during the construction of logging roads. The ways of improving the physical and mechanical characteristics of stabilized soils with integrated two-component additive (hydrophobic liquid and powdered components). It is noted that there are no rigid connection condensation-crystallization in stabilized soil, which leads to more flexible technology to create them. We analyze the effect of regulatory and technical documents. Sound technologies construction timber-carrying road using stabilized soil. The data on the assessment of strength of stabilized subgrade layer timber-carrying road and data on grid control. Recommendations for the assessment of

strength of the structural layers using static and dynamic methods of measurement of modulus of elasticity and the coefficient of subgrade compaction of forest roads.

Keywords: Logging road, stabilized soil, the modulus of elasticity.

Улучшение физико-механических характеристик грунтов при строительстве лесовозных автомобильных дорог, в настоящее время, может производиться по двум направлениям: укрепление, или повышение механической прочности дисперсных грунтов с искусственным изменением их структурных связей, или придание стабильных эксплуатационных характеристик грунтовым материалам;

Если с первым направлением достаточно все ясно и опыт их применения насчитывает многие десятилетия, то понятие стабилизированных грунтов нуждается в некоем разъяснении [1,2].

В мировой практике дорожного строительства под стабилизаторами стали понимать гидрофобные добавки, принцип воздействия которых основан на замещении ионов в гидратированной оболочке на поверхности мелкодисперсных частиц грунта. В результате получается грунтовый материал с более высокими значениями плотности за счет возрастания величин водно-коллоидных связей.

В 2003 году принимаются действуют Методические рекомендации по укреплению обочин земляного полотна с применением стабилизаторов грунтов [3], но в нем все равно говорится об укреплении грунтов.

И хотя в настоящее время появились двухкомпонентные стабилизаторы (CONSOLID 444, SOLIDRY, KINPRO NANO SISTEM) их действие заключается только в гидрофобизирующем и пластифицирующем влиянии на грунт, которое приводит к резкому улучшению прочностных и морозостойких свойств обработанных грунтов.

Таким образом следует констатировать, что в стабилизированных грунтах не возникают конденсационно-кристаллизационные структуры, т.е. применять к ним нормативные требования, полученные в результате укрепления грунтов органическими и неорганическими вяжущими веществами не правомерно.

В таблице 1 приведены физико-механические показатели для стабилизированных грунтов для суглинка легкого с числом пластичности $I_p = 11$, влажностью оптимальной $W_{\text{опт}} = 14\%$ и содержанием глинистых частиц менее $0,005\text{ мм} - 4,8\%$.

На наш взгляд стабилизированный грунт это искусственный грунтовый материал, полученный после уплотнения обработанного грунта. Обработанный грунт изготавливается методом смешения непосредственно на дороге (с использованием ресайклера) или в стационарных грунтосмесительных установках с комплексными добавками: порошкообразной «Solid-Z», жидкой «Z-777» и водой (при необходимости) по технологии

KINPRO NANO SYSTEM и отвечающий в проектные и промежуточные сроки нормируемым показателям по прочности и морозостойкости.

Таблица 1 – Физико-механические свойства стабилизированных грунтов

№ п/п	Вид добавки	Количество добавки, % по массе	Предел прочности при сжатии в водонасыщенном состоянии, МПа	Водонасыщение, %
После 3 суток твердения во влажной среде				
	Жидкий компонент: Z – 777 Порошкообразный компонент: Solid-Z	0,2 % жидкости, 2% порошок	0,68	1,89

Комплекс проведенных исследований по стабилизации глинистых грунтов привел к появлению документа [4], в котором оговорена область применения и нормируемые показатели. При этом в зависимости от марки по прочности на сжатие различают два типа стабилизированного грунта: С1 – с пределом прочности на менее 0,5 МПа; и С2 – с пределом прочности не менее 1,0 МПа. А по морозостойкости стабилизированные грунты подразделяют на марки: F5, F10.

Стабилизированные грунты могут быть применены и в дорожных одеждах облегченного типа. Работы по стабилизации грунтов по технологии KINPRO-NANO SISTEM, позволяют значительно сократить затраты на сооружение и эксплуатацию территориальных автомобильных дорог.

Рассмотрим пример повышения транспортно-эксплуатационных характеристик лесовозной дороги в условиях Тюменской области. Для стабилизации использовался местный грунт из карьера. Грунт суглинистый, имеет следующие характеристики: Содержание фракций грунта, размерами в мм: более 10 - 5,8 %; от 10 до 5 – 3,6%; от 5 до 2 – 5,2%; от 2 до 1 – 6,8%; от 1 до 0,5 – 7,1%; от 0,5 до 0,25 – 7,9%; от 0,25 до 0,1 – 9,7%; от 0,1 до 0,05 – 9,3%; от 0,05 до 0,01 – 13,2%; от 0,01 до 0,005 - 20,7%; менее 0,005 – 11,3%. Максимальная плотность скелета грунта $\rho_{ск} = 1,878 \text{ кг/м}^3$. Число пластичности $I_p = 12$. Оптимальная влажность 15 %. Естественная влажность от 17,9 до 19,9 %. рН грунта 5,8. Содержание гумусовых веществ 1,2 %.

Погодные условия неблагоприятные. Температура окружающей среды изменялась от +7 до +14 °С с выпадением осадков. Температура грунта в период производства работ изменялась от +8 до +4 °С.

Состав дорожно-строительного отряда: универсальная машина КО-806-06 -2 ед.; автосамосвал КамАЗ-55111-1 ед.; автогрейдер ДЗ-98 – 1 ед.; самоходный вибрационный каток ДУ-93 – 1 ед.; стабилизатор WR-2400 -1 ед.; самоходный вибрационный каток ДУ-84 -1 ед.; распределитель вяжущих Ster с системой обеспыливания – 1ед.; автогудронатор ДС-39Б -1 ед.

В состав работ по стабилизации грунтов входят: планировка основания; измельчение фрезерным барабаном грунтов; введение двухкомпонентной стабилизирующей добавки; подкатка разрыхленного и обработанного грунтового материала; профилирование поверхности; окончательное уплотнение стабилизированного слоя основания; поверхностная обработка; уход за грунтовым покрытием.

Степень измельчения грунтов оценивалась по остатку на сите №10 и составляла от 7,5 до 14,4 %. Рабочие скорости стабилизатора Wirtgen WR 2400 составляли от 3 до 5 м/мин, в зависимости от грунтовых условий. Количество проходов катка ДУ-84 массой 14 тонн составляла не менее 14 проходов со скоростью 2,5 км/ч при влажности в пределах от 0,86 до 1,12 от оптимальной. Уплотнение оценивалось методом режущего кольца и коэффициент уплотнения находился в диапазоне от 0,97 до 0,99.

Готовые участки стабилизированного основания принимались по модулю упругости с помощью прогибомера короткобазового ПГ-1Ф по методике испытаний ОДН 218.1.052-2002. Результаты приведены в таблице 2 [5]. Согласно проектно-сметной документации модуль упругости стабилизированного слоя должен составлять не менее 145 МПа, что значительно превышает заявленные значения. Кроме стандартного определения модуля упругости при помощи прогибомера использовались показания динамического модуля упругости, полученного с помощью прибора TERRATEST 3000 GPS.

Таблица 2 – Статический и динамический модуль упругости стабилизированного слоя

Номер участка	Фактический расчетный модуль упругости $E_{оф.р.}$, МПа	Динамический модуль упругости E_{vd} , МПа
1	2	3
1 (ПК19+00 –ПК 21+50) лево	177	84,2

Динамический модуль упругости является функцией величины осадки штампа при его ударном нагружении и фактически оценивает степень жесткости всей дорожной конструкции. И хотя этот параметр не является нормативным и имеет лишь статистическую связь с модулем упругости, он позволяет качественно оценить способность стабилизированного слоя создавать конструктивные слои дорожных одежд и оперативно

управлять уплотняющей техникой. По нашим оценкам стабилизированное основание, имеющее динамический модуль упругости E_{vd} менее 58 МПа требует дальнейшего уплотнения.

Основные выводы и рекомендации.

1. Стабилизированные грунты это новый материал и применять к нему требования по укрепленным грунтам не правомочно.

2. Применение стабилизированных грунтов для дорожных конструкций требует строгого проектного обоснования.

3. Технология строительства лесовозных дорог с применением стабилизированных грунтов в отличии от цементогрунтов, не критичны к срокам уплотнения готовых покрытий, после введения в них добавок.

4. Экономия минеральных вяжущих может достигать от 4 до 8 % по массе грунта.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 30491-97. Смеси органоминеральные и грунты, укрепленные органическими вяжущими, для дорожного и аэродромного строительства. Технические условия [Электронный ресурс]. Введ. 1997-09-01. М.: Госстандарт России, 2007 г.

2. ГОСТ 23558-94 Смеси щебеночно-гравийно-песчаные и грунты, обработанные неорганическими вяжущими материалами, для дорожного и аэродромного строительства. Технические условия. [Электронный ресурс]. Введ. 1994-01-01. М.: Госстандарт России, 2007 г.

3. Методические рекомендации по укреплению обочин земляного полотна с применением стабилизаторов грунтов. Принят и введен в действие распоряжением Министерства транспорта Российской Федерации от 23.05.03 № ОС-457-р [Электронный ресурс]. Введ. 2003-05-23. М.: Госстандарт России, 2007 г.

4. Технологический регламент на выполнение работ по устройству оснований автомобильных дорог по технологии «KINPRO NANO SYSTEM» [Текст]. Введ. 2010-03-29. Екатеринбург. 2010.-36с.

5. Кручинин, И.Н. Улучшение физико-механических характеристик грунтовых материалов при строительстве лесовозных автомобильных дорог [Текст] / И.Н. Кручинин // Модернизация и научные исследования в транспортном комплексе: Материалы международной научно-практической конференции. – Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2015.-С.410-412.