

СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

DOI: 10.12737/article_5a001aaaaee4b3.57860955

Ядыкина В.В., д-р техн. наук, проф.,
Лукаш Е.А., канд. техн. наук, доц.,
Кондрашов Д.С., магистрант

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ВЛИЯНИЕ СТАБИЛИЗИРУЮЩИХ ДОБАВОК НА СВОЙСТВА УКРЕПЛЕННЫХ ПОРТЛАНДЦЕМЕНТОМ ГРУНТОВ*

svh8@yandex.ru

Рассмотрены вопросы улучшения свойств глинистых грунтов, укрепленных портландцементом, за счет использования стабилизирующих добавок «Nanostab» и «Техностаб». Показано, что физико-механические характеристики модифицированных укрепленных грунтов существенно повышаются. На основании полученных результатов определены рациональные составы.

Ключевые слова: грунт, стабилизирующая добавка, прочность, конструкция дорожной одежды.

Введение. Актуальность использования укрепленных грунтов связана с увеличенным объемом строительства автодорог и с непомерно высокой стоимостью каменных минеральных материалов, таких как щебень, гравий, песок. Большая часть территории страны испытывает нехватку таких материалов, доставляемых на нужды дорожного строительства из горнодобывающих районов. Затраты на транспортировку влекут за собой и увеличение общей стоимости строительства дорог. В связи с этим, на территориях с дефицитом каменных материалов и с целью удешевления строительства, целесообразно применять грунты, укрепленные вяжущими веществами.

В России и за рубежом накоплен значительный опыт по укреплению грунтов с использованием различных стабилизаторов для строительства конструктивных слоев дорожных одежд автомобильных дорог. Укреплением грунтов следует называть качественное изменение первоначальных свойств естественных или искусственных грунтов различного состава и генезиса и преобразование их в монолитный, прочный и морозоустойчивый конструктивный слой [1]. Стабилизаторы – это очень широкий класс разных по составу и происхождению веществ, которые в малых дозах положительно влияют на формирование свойств дорожно-строительных материалов, как за счет активизации физико-химических процессов, так и за счет оптимизации технологических процессов. Каждый конкретный стабилизатор имеет свое индивидуальное название, отражающее специфику страны-производителя и особенности применения. К числу наиболее известных можно отнести следующие стабилизаторы глинистых грунтов: ЕН-1 (США), SPP (ЮАР),

Roadbond (США), Nanostab (Германия), RRP-235 Special (Германия), Perma-Zume (США), Terrastone (Германия), Дорзин (Украина), АНТ (РФ), ECOroads (США), М10+50 (США).

Портландцемент является одним из самых используемых и дешевых минеральных вяжущих, применяемых для укрепления грунтов. Портландцемент обладает теми вяжущими свойствами, при которых реализуются и изменяются в корне первичные свойства грунта, с приданием ему новых качеств: постоянной и неизменной прочности. В связи с этим повышение эффективности укрепления грунтов цементом с заданными структурно-механическими свойствами является весьма актуальной задачей [2, 3].

Методология. Для проведения исследований использовались образцы естественного грунта – суглинка легкого пылеватого, укрепленного портландцементом ЦЕМ I 32,5Б, производства ЗАО «Осколцемент», с введением следующих стабилизирующих добавок:

– полимерная эмульсия «Nanostab», которая представляет собой водную дисперсию стирол-бутадиен-полимера;

– ионный стабилизатор «Техностаб» – полимерный продукт, обеспечивающий возможности модификации инженерно-эксплуатационных свойств грунтов переменного гранулометрического, минерального и химического состава.

Применение подобных модификаторов совместно с минеральными вяжущими веществами позволяет создать прочные кристаллизационные и коагуляционные связи и, тем самым, повысить физико-механические характеристики укрепленных глинистых грунтов [4].

Характеристика грунта представлена в таблице 1.

Лабораторные исследования по определению предела прочности при сжатии образцов

укрепленного грунта проводились в соответствии с требованиями ГОСТ 23558-94 [5].

Таблица 1

Характеристика грунта, предназначенного для укрепления портландцементом со стабилизирующими добавками

Гранулометрический (зерновой) состав, содержание фракции мм, %										
Вид грунта	Наименование остатков (частные, полные)	1	0,5	0,25	0,1	0,05	Менее 0,005	Плотность сухого грунта, г/см ³	Оптимальная влажность, %	Число пластичности
Суглинок легкий пылеватый	ч.о.	0,2	1,0	8,0	15,2	1,5	74,1	1,72	20,4	7,4
	п.о.	0,2	1,2	9,2	24,4	25,9	100			
	п.п.	99,8	98,8	90,8	75,6	74,1	0			

Основная часть. Процессы, происходящие при укреплении грунтов портландцементом, весьма разнообразны, находятся в тесной взаимосвязи и включают: химические процессы – гидратация цементных зерен, твердение продуктов гидратации и их новообразований, возникающих при взаимодействии с частицами грунта и тонкодисперсной его частью; физико-химические процессы – обменное поглощение отдельных составных частей продуктов гидратации цемента тонкодисперсной частью грунта; физические и механические процессы – тонкое размельчение грунтовых агрегатов, точное дозирование вяжущего, равномерное перемешивание его с грунтом, оптимальное увлажнение смеси и уплотнение ее до максимальной плотности с последующим длительным обеспечением требуемого режима твердения готового слоя укрепленного грунта [3]. В результате указанных взаимодействий укрепленные грунты должны приобретать заданные структурно-механические свойства и сохранять их длительное время в сухом и во влажном состоянии. Использование стабилизирующей добавки при укреплении грунтов портландцементом позволяет формировать комплексную структуру цементогрунтов, характеризуемую не только высокой прочностью, водо- и морозостойкостью, но и пластичностью и трещиностойкостью [6].

Результаты испытаний образцов суглинка легкого пылеватого, укрепленного портландцементом с добавками стабилизаторов «Nanostab» и «Техностаб» в возрасте 7 и 28 суток, приведены на рисунке 1. Принятые дозировки портландцемента – 3, 5, 6 и 7 % от массы грунта, дозировки стабилизаторов – 0,08, 0,12 и 0,16 % от массы грунта.

На основании проведенных экспериментальных исследований установлено, что, изменяя количество портландцемента и стабилизирующей добавки, можно достичь различных прочностных характеристик. При содержании цемента 3 % прочность образцов при сжатии растет пропорционально увеличению количества стабилизаторов «Nanostab» и «Техностаб» (рис. 1, а). При увеличении расхода цемента максимальный прирост прочности образцов наблюдается при содержании добавки 0,12 %. В то же время, чрезмерное увеличение количества стабилизаторов может привести к снижению показателей прочности на сжатие, как это наблюдается при содержании цемента от 5 до 7 % (рис. 1, б, в, г). Понижение этого показателя при увеличении количества добавки, возможно, происходит в результате большой адсорбции стабилизатора, как гидрофобизирующего поверхностно-активного вещества, на силикатных составляющих цементного клинкера, снижающего его гидратацию [7].

Наибольшая прочность наблюдается при использовании портландцемента в количестве 7 % от массы грунта и содержании стабилизатора «Техностаб» 0,12 %. Данные образцы согласно ГОСТ 23558-94 [5] в 7-ми суточном возрасте соответствуют марке по прочности М40 ($R_{сж}=4,06$ МПа), в 28-ми суточном возрасте – М60 ($R_{сж}=6,03$ МПа). Немного меньше были получены прочностные показатели для грунтов со стабилизатором «Nanostab».

В целом, результаты при использовании обеих добавок сопоставимы. Максимальный прирост прочности образцов укрепленного грунта при сжатии в 28-ми суточном возрасте при использовании стабилизаторов «Nanostab» и «Тех-

ностаб» составил примерно 130 %. Такое повышение прочности при модификации стабилизаторами можно объяснить комплексом сложных факторов

физико-химических процессов, положительно влияющих на структурообразование укрепленных грунтов [8].

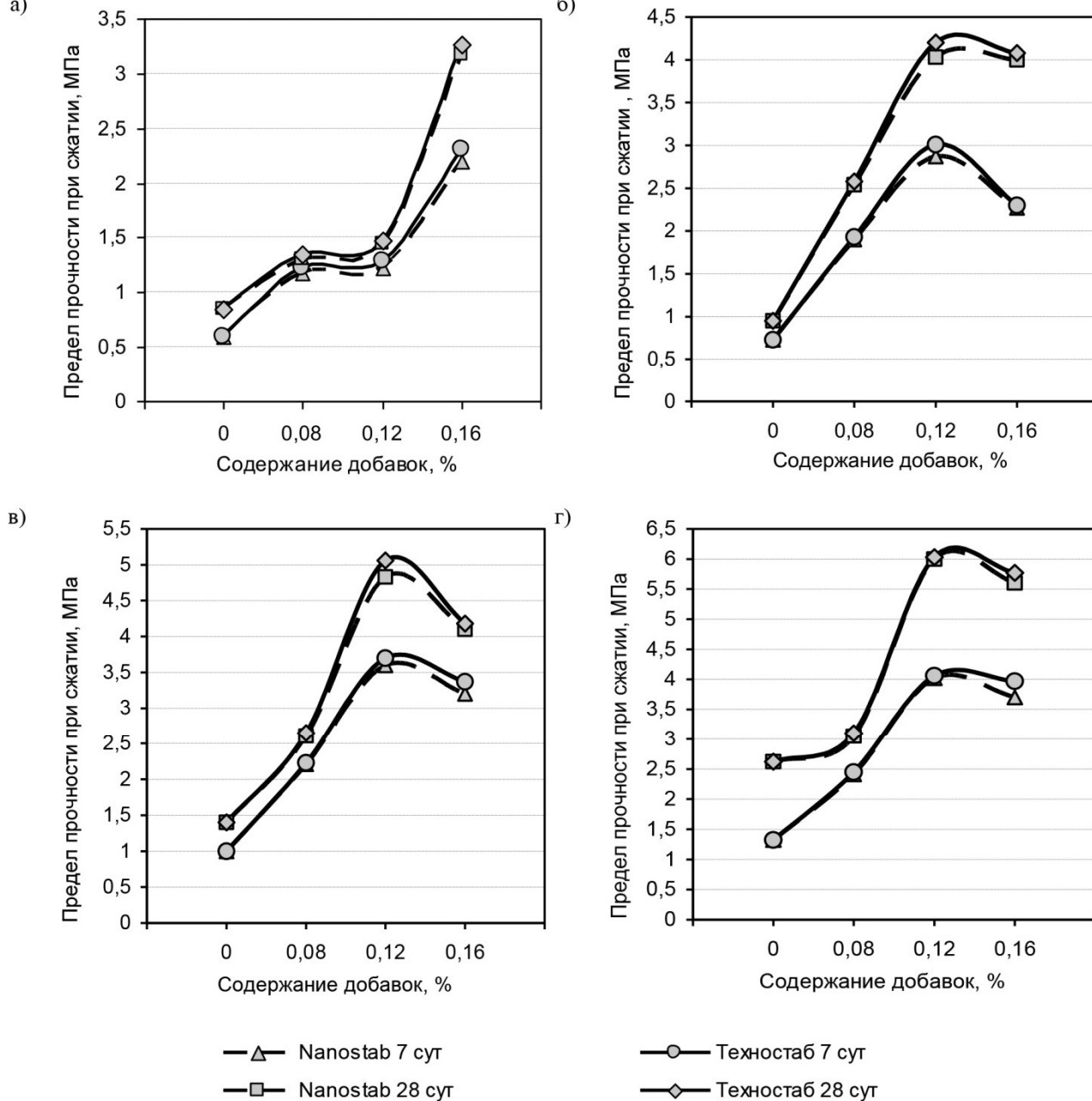


Рис. 1. Зависимость прочности образцов укрепленного грунта от содержания стабилизирующих добавок в возрасте 7 и 28 суток при количестве портландцемента: а – 3 %; б – 5 %; в – 6 %; г – 7 %

Марка укрепленного грунта по морозостойкости для всех составов получена не менее F25 по ГОСТ 23558-94 [5].

Строительство автомобильных дорог с применением обработанных неорганическими вяжущими грунтов в качестве оснований капитальных и облегченных типов дорожных одежд возможно при использовании материалов, соответствующих марке по прочности на сжатие не ниже M40 и марке по морозостойкости не менее F25 [5]. Анализ полученных результатов показал, что таким требованиям соответствуют грунты с содержанием цемента выше 5 % совместно с 0,12 % и

0,16 % стабилизаторов «Nanostab» и «Техностаб». При этом, единственным вариантом рецепта (содержания, количества добавок), обеспечивающим марку по прочности M40 ($R_{сж} > 4,00$ МПа) в 7-ми суточном возрасте, является вариант с использованием 7% портландцемента и 0,12% исследуемых стабилизаторов. Это важно с точки зрения технологии производства работ, поскольку позволяет продолжить устройство вышележащих слоев дорожной одежды, не дожидаясь набора укрепленным грунтом марочной прочности (28 суток).

Следующим этапом была разработка конструкций дорожных одежд облегченного типа для автомобильных дорог IV категории с исполь-

зованием в качестве материала основания, модифицированного стабилизаторами цементагрунта марки М60 (рис. 2).

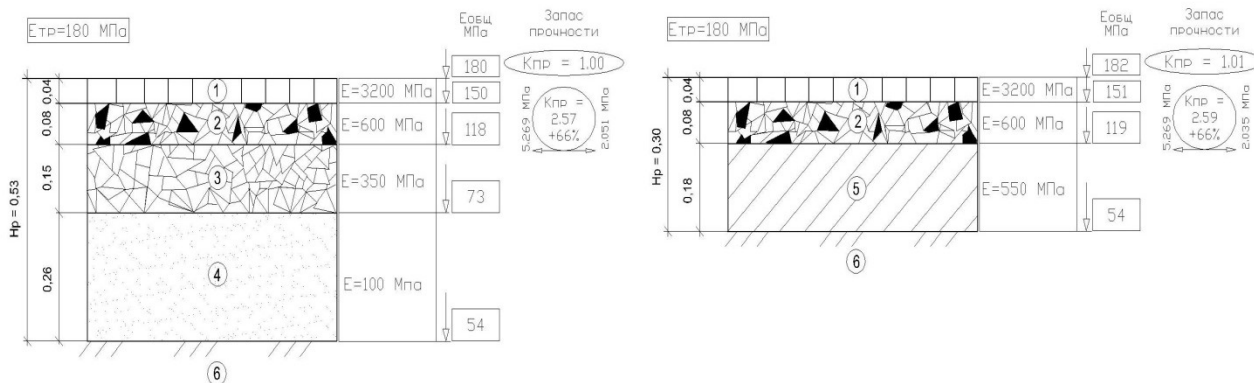


Рис. 2. Конструкции дорожных одежд облегченного типа автомобильных дорог IV категории

- 1 – асфальтобетон плотный горячий на битуме БНД марки 60/90, Тип А, Марка I;
- 2 – черный щебень, уложенный по способу заклинки;
- 3 – щебень трудноуплотняемый фракции 40-80 мм с заклинкой фракционированным мелким щебнем;
- 4 – песок мелкий с содержанием пылевато-глинистой фракции 5 %;
- 5 – модифицированный стабилизаторами цементагрунт марки М60;
- 6 – грунт земляного полотна (суглинок легкий пылеватый)

Расчет конструкций дорожных одежд выполнялся с использованием программного продукта «CREDO-RADON» в соответствии с ОДН 218.046-01 [9]. Обе конструкции являлись равнопрочными с требуемым модулем упругости 180 МПа.

Из представленных результатов видно, что основание из укрепленного грунта толщиной 18 см полностью эквивалентно двухслойной конструкции, состоящей из песчаного подстилающего слоя ($h=26$ см) и нижнего слоя щебеночного основания ($h=15$ см), общей толщиной 41 см. Это позволяет существенно сократить расходы при строительстве автомобильных дорог, заменив дорогостоящие привозные минеральные материалы местными укрепленными грунтами. При этом, использование стабилизатора «Техностаб» наиболее выгодно, поскольку он является конкурентоспособным товаром отечественного производства.

Выводы. В ходе проведенных исследований установлено, что показатели физико-механических свойств, укрепленных портландцементом глинистых грунтов с использованием стабилизирующих добавок «Nanostab» и «Техностаб» отвечают требованиям ГОСТ 23558-94 [5]. Введение стабилизаторов существенно (до 130 %) повышает прочность на сжатие укрепленных грунтов.

По морозостойкости укрепленные грунты, модифицированные стабилизаторами «Nanostab» и «Техностаб», соответствуют марке не менее F25. Полученный модифицированный укрепленный грунт пригоден для устройства оснований

дорожных одежд облегченного типа на автомобильных дорогах III-IV категорий.

**Работа выполнена в рамках Программы развития опорного университета на базе БГТУ им. В.Г. Шухова.*

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ОДМ 218.1.004-2011. Классификация стабилизаторов грунтов в дорожном строительстве. Введ. 01.05.2006. М.: Изд-во стандартов, 2012. 15 с.
2. Безрук В.М. Укрепленные грунты. М.: Транспорт, 1982. 231 с.
3. Чудинов С.А. Теоретические исследования укрепления грунтов // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. 2010. № 5. С. 82–88.
4. Фурсов С.Г. Особенности стабилизации и укрепления глинистых грунтов // Дороги России. 2013. № 3. С. 98–105.
5. ГОСТ 23558-94. Смеси щебеночно-гравийно-песчаные и грунты, обработанные неорганическими вяжущими материалами, для дорожного и аэродромного строительства. Технические условия. Введ. 01.01.1995. М.: Изд-во стандартов, 1995. 21 с.
6. Чудинов С.А. Повышение эффективности укрепления глинистых грунтов портландцементом с добавкой полиэлектролита // Актуальные вопросы проектирования автомобильных дорог: сб. науч. тр. 2013. № 4. С. 121–129.
7. Баженов Ю.М. Технология бетона. М.: Изд-во АСВ, 2011. 528 с.

8. Матуа В.П., Сизонец С.В., Матуа Р.В. Влияние добавок «АНТ» и «папоСТАВ» на усадочные деформации щебеночно-песчаных смесей // Наука и техника в дорожной отрасли. 2013. № 1. С. 13–16.

9. ОДН 218.046-01. Проектирование нежестких дорожных одежд. Введ. 01.01.2001. М.: Изд-во стандартов, 2001. 86 с.

Информация об авторах

Ядыкина Валентина Васильевна, доктор технических наук, профессор кафедры автомобильных и железных дорог.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

E-mail: vvya@intbel.ru

Лукаш Евгений Алексеевич, кандидат технических наук, доцент кафедры автомобильных и железных дорог.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

E-mail: svh8@yandex.ru

Кондрашов Дмитрий Сергеевич, магистрант кафедры автомобильных и железных дорог.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

E-mail: nikon_182@mail.ru

Поступила в сентябре 2017 г.

© Ядыкина В.В., Лукаш Е.А., Кондрашов Д.С., 2017

Yadykina V.V., Lukash E.A., Kondrashov D.S.

THE INFLUENCE OF STABILIZING ADDITIVES ON THE PROPERTIES OF THE GROUND STRENGTHENED BY CEMENT

The problems of improving the properties of clay ground reinforced with cement, using the stabilizing additives "Nanostab" and "Technostab" are considered. It is shown that the physico-mechanical characteristics of the modified fortified ground are significantly increased. Received rational formulas of composition based on the results obtained.

Keywords: *ground, stabilizing additive, strength, pavement construction*

Information about the authors

Yadykina Valentina Vasilevna, Ph.D., Professor.

E-mail: vvya@intbel.ru.

Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov.

Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Lukash Evgeny Alexeevich, Ph.D., Assistant professor.

E-mail: svh8@yandex.ru.

Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov.

Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Kondrashov Dmitry Sergeevich, Master student.

E-mail: nikon_182@mail.ru.

Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov.

Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Received in September 2017

© Yadykina V.V., Lukash E.A., Kondrashov D.S., 2017