

DOI: 10.17122/ntj-oil-2018-4-92-102
УДК 625.089.2

И.Р. Шайхуллин, М.М. Фаттахов, А.А. Махмутов, Р.З. Шаяхметов, А.М. Фатыхова (Уфимский государственный нефтяной технический университет, г. Уфа, Российская Федерация), **И.Н. Кручинин** (Уральский государственный лесотехнический университет, г. Екатеринбург, Российская Федерация)

СТАБИЛИЗАЦИЯ ГРУНТОВ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ ПРОМЫШЛЕННОГО ТРАНСПОРТА

Irek R. Shaikhullin, Mukharyam M. Fattakhov, Ayaz A. Makhmutov, Rinat Z. Shayakhmetov, Alfiya M. Fatykhova (Ufa State Petroleum Technological University, Ufa, Russian Federation), **Igor N. Kruchinin** (Ural State Forest Engineering University, Ekaterinburg, Russian Federation)

STABILIZATION OF GROUNDS FOR INDUSTRIAL TRANSPORT ROADS

Введение

Транспортные пути промышленного назначения, являясь вспомогательным элементом структуры по обеспечению бесперебойной работы основного производства, находятся в жестком режиме круглогодичной эксплуатации, испытывают значительные нагрузки от спецтехники и одновременно должны быть надежными и максимально дешевыми при их строительстве, поэтому вопрос поиска путей снижения издержек по их содержанию является достаточно актуальным, требующим изучения и решения с учетом возможностей современного уровня развития дорожного строительства.

Цели и задачи

Рассматривается современный подход усиления грунтов земляного полотна на основе их стабилизации, получивший резкий скачок в развитии и в практике строительства дорог общего пользования, который применим и для строительства вдольтрассовых проездов нефтяной и газовой промышленности.

Background

Transport routes for industrial purposes, being an auxiliary element of the structure to ensure the uninterrupted operation of the main production, are in a rigid mode of year-round operation, experience considerable loads from special equipment and at the same time must be reliable and cheap at their construction, so the question of finding ways reducing the cost of their content is quite relevant, requiring study and solutions, taking into account the capabilities of the current level of development of road construction.

Aims and Objectives

The modern approach to reinforcing roadbed on the basis of their stabilization is considered. It has received a abrupt leap in the public roads development and construction, which is also applicable for the construction of pipeline service driveways of oil and gas industries.

Результаты

Представлены результаты исследования прочностных и деформационных характеристик стабилизированных грунтов на опытных участках дорог. Их анализ показал, что стабилизированные грунты способны обеспечить требуемые транспортно-эксплуатационные показатели дорог промышленного транспорта.

Представлены основные выводы и рекомендации по подбору состава смеси для стабилизации глинистого грунта, а также выводы о необходимости выполнения лабораторных испытаний образцов стабилизованного грунта перед началом производства работ. Технология стабилизации грунтов осуществляется с помощью традиционной дорожной техники. Измельчение и перемешивание местного грунта происходит прямо на месте производства работ с одновременным смешиванием стабилизатора.

Стабилизация грунта снижает издержки по использованию дорогостоящих материалов, таких как щебень, а также повышает долговечность земляного полотна автомобильной дороги.

Results

The study results of the stabilized soils strength and deformation characteristics on experimental roads sections are presented. Their analysis showed that stabilized soils are able to provide the required transport-operational indicators of industrial transport roads.

The main conclusions and recommendations on the selection of the mixture composition for the clay soil stabilization are presented, as well as the conclusions about the necessity of carrying out laboratory tests of stabilized soil samples before the work beginning. The technology of soil stabilization is carried out with the help of traditional road machinery. Grinding and mixing of local soil occurs directly at the work place with simultaneous stabilizer mixing.

Soil stabilization reduces the using expensive materials cost, such as crushed stone, and also increases the roadbed durability.

Ключевые слова: транспортные пути, укрепление грунта, стабилизация грунта, эксплуатация дорог, физико-механические характеристики грунта, вдольтрассовые проезды, нефтегазовая отрасль

Key words: transport routes, soil reinforcement, soil stabilization, road maintenance, physical and mechanical characteristics of the soil, pipeline service driveways, oil and gas industry

Транспортные пути промышленного транспорта являются временными дорогами, которые предназначены для подвоза материалов основного производства, проезда специальной техники, используемой на основном производстве, проезда автобусов со сменными бригадами или звеньями и т.п. Например, в нефтегазовой отрасли различают три типа таких временных дорог: вдольтрассовые проезды; подъездные пути; технологические [1]. Несмотря на то, что они называются временными дорогами, они должны обеспечивать круглогодичное надежное

транспортное сообщение между объектами основного производства, но вместе с тем не должны быть дорогостоящими при строительстве и эксплуатации. В этих условиях дорожные строители для снижения стоимости строительства стараются максимально использовать местные материалы и, если их свойства не соответствуют требуемым по условиям эксплуатации дороги, то преобразуют их, доводя до требуемого уровня.

Рассматриваемые транспортные пути, как правило, являются грунтовыми дорогами, и для их строительства часто требуется про-

ведение мероприятий по улучшению физико-механических характеристик грунтов.

Существует два основных способа преобразования свойств грунта как строительного материала: его армирование или воздействие на естественную структуру грунта, которая может выражаться: в механическом воздействии, уплотнении; химическом воздействии посредством каких-либо реагентов; физическом воздействии, с последующим его химическим закреплением, например, обжиг [2].

Повышение прочности грунта путем его армирования, например древесиной, известно еще со времен древнего Рима и применяется по настоящее время - это и слани, и деревогрунтовые временные дроги, и дороги, укрепленные порубочными остатками. Однако в данной статье необходимо кратко описать и современные материалы, и соответствующие методы армирования грунта земляного полотна временных дорог.

Армирование грунта объемными георешетками. Один из наиболее эффективных способов усиления грунтовой конструкции. Объемная георешетка - синтетический материал, представляющий собой структуру трехмерных сот, скрепленных между собой полимерными лентами, в растянутом виде образующих ячеистую, устойчивую конструкцию, которая «работает» на ограничение сдвиговых деформаций, а также на усиление и укрепление оснований. Устойчивый каркас предназначен для фиксации заполнителя в ячейках георешетки (грунт, песок, щебень, бетон). Изготавливается из полиэфира, полипропилена или полиамида, в связи с чем показывают хорошие прочностные характеристики, устойчив к воздействию погодноклиматическим, гидрогеологическим, биологическим факторам. Высота ромбовидной ячейки может варьироваться от 50 до 200 мм.

Армирование грунта плоской сеткой. Менее эффективно, чем армирование грунта объемной георешеткой, но имеет меньшую трудоемкость изготовления грунтовой конструкции и меньшую стоимость. В качестве армирующего материала используется геосетка - это плоская полимерная геосинтетика,

представляющая собой рулонный сетчатый материал, имеющий жесткую структуру с одинаковыми отверстиями размерами от 2,5 до 40 мм. Производится из полипропилена, полиэтилена, что обеспечивает долговечность и устойчивость к гниению, к природноклиматическим и механическим воздействиям.

Отдельно необходимо выделить *грунтовые модули*, которые зачастую являются безальтернативным вариантом строительства земляного полотна временной дороги из полимерных материалов в условиях заболоченной местности. Грунтовые модули - ячеистая конструкция, выполненная из полотна технической ткани, заполняемая местным (пылевато-глинистым, льдистым) грунтом с последующим уплотнением. Высота полотна варьируется от 375 до 1500 мм, а длина диагонали квадрата ячейки от 420 до 2100 мм. Ячейки сшиты между собой полиамидными и полиэфирными нитками. Ширина полотна не более 150 см, а длина полотна в рулоне может достигать до 1,5 м. Продольная и поперечная нагрузки не менее 380 и 390 кгс соответственно. Применяется при строительстве на слабых грунтах (сезонно-подтопляемые, болота, многолетнемерзлые грунты). Также стоит отметить, что заполненные грунтовые модули хорошо справляются с внешними динамическими нагрузками.

В настоящее время в районах с проявлением такого геологического процесса как образование карстовых провалов широкое распространение получила *конструкция земляного полотна с использованием грунтовой подушки в «оболочке» из геотекстиля*. Геотекстиль - это связанное или тканое полотно, которое создается методом сплетения нитей из разных полимеров под прямым углом. Материал состоит из синтетических волокон (полипропиленовых, полиэстеровых, полиэфирных или полиамидных). Физические свойства материала остаются постоянными от минус 60 °С до + 110 °С. Разрывная нагрузка до 100 кН/м².

Закрепление грунтов - это искусственное преобразование их строительных свойств в природном состоянии, его выполняют для улучшения прочностных и деформационных

свойств грунта. Увеличение прочности, снижение сжимаемости, уменьшение водопроницаемости грунтов достигаются в результате образования прочных структурных связей за счет смешивания грунта с различными вяжущими материалами. Однако термин «стабилизация грунтов» в современной его постановке требует отдельного разъяснения, его можно отнести к физическому методу преобразования свойств грунта.

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 величины водно-коллоидных связей [3, 4].

В 2003 г. введен нормативный документ [5], в нем по сути говорится об укреплении грунта. И хотя в настоящее время появились двухкомпонентные стабилизаторы: «CONSOLID 444»; «SOLIDRY»; «KINPRO NANO-SYSTEM», то все равно их действие заключается в гидрофобизации и пластификации грунта, что приводит к резкому улучшению прочностных и морозостойких свойств обработанных грунтов. В стабилизированных грунтах не возникают конденсационно-кристаллизационные структуры, а, значит, применять к ним требования нормативных документов по укреплению грунтов органическими и неорганическими вяжущими веществами, формирующими в укрепленном массиве грунта структурные связи, не совсем правильно.

В таблице 1 представлены физико-механические характеристики для стабилизированного грунта - легкого суглинка с числом пластичности $J_p = 11$; оптимальной влажностью $W_{opt} = 14\%$; содержанием глинистых частиц менее 0,005 мм - 4,8 %.

На наш взгляд, после стабилизации грунтовый образец - это искусственный грунтовый материал, полученный посредством обработки его гидрофобизирующей добавкой и уплотнения. Такой искусственный грунтовый материал можно изготовить методом смешения непосредственно в условиях строительной площадки - на дороге, например с использованием агрегата - ресайклера, или в стационарных грунтосмесительных установках. В настоящее время широкое распространение нашли следующие комплексные добавки: порошкообразный «Solid-Z»; жидкий «Z-777»; вода (при необходимости). Также разработана технология «KINPRO NANO-SYSTEM», которая в проектные и промежуточные сроки обеспечивает соответствие свойств полученного материала нормируемым показателям по прочности и морозостойкости.

Результаты многочисленных исследований по стабилизации глинистых грунтов привели к появлению документа [6], в нем определены область применения и нормативные показатели.

В зависимости от марки по прочности на сжатие различают два типа стабилизированного грунта: С1 - с пределом прочности не менее 0,5 МПа и С2 - с пределом прочности не менее 1,0 МПа. А по морозостойкости стабилизированные грунты подразделяют на марки: F5, F10.

Таблица 1. Физико-механические свойства стабилизированного суглинка легкого

Вид добавки	Количество добавки, % по массе	Предел прочности при сжатии в водонасыщенном состоянии, МПа	Водонасыщение, %
После 3 сут. твердения во влажной среде			
Жидкий компонент «Z-777» Порошкообразный компонент «Solid-Z»	0,2 % жидкости, 2 % порошок	0,68	1,89

Следует отметить, что стабилизированные грунты могут быть применены в дорожных одеждах облегченного типа.

В период с 28 сентября по 15 октября 2010 г. в Юргинском районе Тюменской области проводились работы по стабилизации грунтов по технологии «KINPRO NANO-SYSTEM» на объекте «Реконструкция автомобильной дороги Аромашево - Юргинское, участок Северо - Плетнево - гр. Аромашевского района (коррекция) (Юргинский район)» протяженностью 2,0 км, позволившие значительно сократить затраты на сооружение и эксплуатацию дороги.

Стабилизации подвергался местный грунт из карьера «Субботинский».

Грунт суглинистый, со следующим содержанием фракций грунта (размер, 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 $J_p = 12$.

Оптимальная влажность 15 %.

Естественная влажность от 17,9 % до 19,9 %.

pH грунта 5,8.

Содержание гумусовых веществ 1,2 %.

Условия строительства были неблагоприятные. Температура наружного воздуха изменялась от 7 °С до 14 °С, выпадали осадки. Температура грунта во время производства работ изменялась от 8 °С до 4 °С.

Стабилизация грунта выполнялась с использованием следующей дорожно-строительной техники:

- 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 - 1 ед.;

автогудронатор «ДС-39Б» - 1 ед.

Состав работ: планировка основания; измельчение грунтов фрезой (степень измельчения грунтов на сите №10 от 7,5 % до 14,4 %); добавки «Solid-Z» и «Z-777»; укатка разрыхленного и обработанного грунтового материала; профилирование поверхности слоя; полное уплотнение стабилизированного слоя грунта; поверхностная обработка; уход за грунтовым покрытием.

Рабочая скорость стабилизатора «Wirtgen WR 2400» составила от 3 до 5 м/мин. Количество проходов катка «ДУ-84» массой 14 т: 14 и более проходов со скоростью 2,5 км/ч при влажности грунта в пределах от 0,86 до 1,12 от оптимальной. Качество уплотнения оценивалось методом режущего кольца, коэффициент уплотнения находился в пределах от 0,97 до 0,99.

Приемка готовых участков стабилизированного основания велась по величине модуля упругости грунта, которая измерялась посредством прогибомера «ПГ-1Ф» согласно методике ОДН 218.1.052-2002. Результаты представлены в таблице 2.

В соответствии с данными разработанной проектной документации модуль упругости стабилизированного слоя должен был составлять не менее 145 МПа. Также были выполнены замеры по определению динамического модуля упругости с помощью прибора «TERRATEST 3000 GPS» (таблица 2).

Таблица 2. Статический и динамический модули упругости стабилизированного слоя грунта

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

Динамический модуль упругости - функция величины осадки штампа при его ударном нагружении, оценивает степень жесткости всей дорожной конструкции. Этот параметр не является нормативным, однако он позволит качественно оценить способность стабилизированного слоя создавать конструктивные слои дорожных одежд и оперативно управлять уплотняющей техникой.

По результатам наших исследований мы сделали следующий вывод: стабилизированное основание, имеющее динамический модуль упругости E_{vd} менее 58 МПа, требует дальнейшего уплотнения.

В 2011 г. силами предприятий дорожного комплекса Башкортостана построено 5 опытных участков на автомобильной дороге «Кашкалево - Новотазларово» в Бураевском районе общей протяженностью 5 км.

Применены 5 вариантов стабилизаторов.

Результаты лабораторных исследований после 1 года эксплуатации дороги представлены в таблице 3.

Первый участок протяженностью 3 км возведен с использованием двухкомпонентного полифизикатора «Консолид + Солидрай». Это совместная разработка швейцарских и российских ученых, состоит из жидкого концентрата «Консолид» и порошкового «Солидрай».

Второй участок протяженностью 500 м устроен с использованием стабилизатора RP производства компании «Шторм» (Нидерланды). Он представляет собой жидкую добавку, которая оказывает сильное ионизирующее действие на воду, за счет чего частицы грунта притягиваются друг к другу, и вся вода во время трамбования и укатки вытесняется из пор.

Третий участок протяженностью 250 м устроен со стабилизатором RP с добавлени-

ем извести и цемента. Добавление извести повысило водоустойчивость, а цемент позволил сформировать жесткие цементационные связи обработанного слоя грунта.

Грунт *четвертого участка* протяженностью 750 м был обработан дорожным цементом ДЦ-1. Это эффективный способ для стабилизации практически любых видов грунта, однако требуется большая производственная база для производства и хранения цемента.

Пятый участок - 500 м. Применялся стабилизатор «Альфасоил» немецких разработчиков с добавлением фракционированного щебня, который «работает» как поверхностно-активное вещество, растворяя пленку воды вокруг частиц грунта, способствуя тем самым необратимой агломерации грунта.

Технология выполнения работ по строительству опытных участков выполнялась по следующей схеме:

- планировка дороги;
- рыхление верхнего слоя грунта или завоз нового;
- смешивание со стабилизатором;
- уплотнение;
- окончательное профилирование.

В ходе работ осуществлялись постоянный лабораторный контроль и сравнение результатов испытаний образцов со всех опытных участков.

На подъезде к селу Вострецово Бураевского района РБ были проведены испытания по определению модуля упругости грунта укрепленными добавками «КОНСОЛИД 444» вместе с «СОЛИДРАЙ» приборами «ZFG 3000» и «ДПГ - 1.1».

Геометрические параметры участка: протяженность - 1900 м; ширина дороги - 7,2 м.

Результаты измерения модуля упругости стабилизированного грунта на подъезде к селу Вострецово представлены в таблице 4.

Таблица 3. Результаты измерения прочности нежестких дорожных одежд. Автомобильная дорога «Кашкалево - Новотазларово» в Бураевском районе Республики Башкортостан

Местоположение, ПК	Прогиб, мм	Значение прочности, МПа	Требуемая прочность, МПа
<i>Привозной грунт + полифилизатор «Консолид» + полифилизатор «Солидрай» (ПК0+00-30+00)</i>			
0+00	0,65	278	200
1+00	0,51	355	200
2+00	0,41	439	200
3+00	0,78	230	200
4+00	1,17	153	200
5+00	0,59	303	200
6+00	0,71	253	200
7+00	0,99	181	200
8+00	0,57	315	200
9+00	0,82	219	200
10+00	0,92	195	200
11+00	0,82	220	200
12+00	0,84	213	200
13+00	0,59	303	200
14+00	0,76	237	200
15+00	0,74	244	200
16+00	0,81	221	200
17+00	0,87	207	200
18+00	0,77	234	200
19+00	0,91	197	200
20+00	0,65	275	200
21+00	0,68	266	200
22+00	0,74	244	200
23+00	0,68	264	200
24+00	0,88	205	200
25+00	0,64	279	200
26+00	0,80	225	200
27+00	0,88	205	200
28+00	0,96	188	200
29+00	0,72	250	200
30+00	0,45	400	200
<i>Привозной грунт + RP + Цемент + Известь (ПК 30+00 - ПК 35+00)</i>			
31+00	0,56	321	200
32+00	0,44	406	200
33+00	0,34	534	200
34+00	0,42	425	200
35+00	0,45	400	200
<i>Привозной грунт + ДорЦем-1 + цемент (ПК 35+00 - ПК 37+50)</i>			
36+00	0,92	195	200
37+00	0,57	315	200
<i>Грунт существующего земляного полотна + ДорЦем-1 + цемент (ПК 37+50 - ПК 45+00)</i>			
38+00	0,63	285	200
39+00	0,54	336	200
40+00	1,21	149	200
41+00	0,58	310	200
42+00	0,80	226	200
43+00	0,69	260	200
44+00	0,86	210	200
45+00	0,63	287	200
<i>Привозной грунт + фракционированный щебень + Alphasoil 06 (ПК 45+00 - ПК 50+00)</i>			
46+00	0,88	204	200
47+00	0,80	225	200
48+00	0,98	184	200
49+00	0,47	371	200
50+00	0,41	439	200

Таблица 4. Результаты измерения модуля упругости стабилизированного грунта на подъезде к селу Вострецово

№№	Местоположение контрольной точки	Значения модуля упругости, МПа				Требуемый по расчетам конструкции дорожной одежды
		Прибор «ZFG-3000»		Прибор «ДПГ-1.1»		
		Лево	Право	Лево	Право	
1	ПК 12+00	307	-	339	-	147
2	ПК 13+00	285	214	263	215	
3	ПК 14+00	247	375	291	354	
4	ПК 15+00	-	348	276	-	
5	ПК 16+00	285	299	285	312	
6	ПК 17+00	329	233	359	231	
7	ПК 18+00	274	269	241	282	
8	ПК 19+00	263	331	256	337	
9	ПК 20+00	242	310	230	327	
10	ПК 21+00	296	201	275	194	
11	ПК 22+00	260	354	230	369	
12	ПК 23+00	264	352	254	392	
13	ПК 24+00	306	322	318	341	
14	ПК 25+00	235	298	220	305	
15	ПК 26+00	352	269	361	272	
16	ПК 27+00	186	182	163	163	
17	ПК 28+00	301	326	312	378	
18	ПК 29+00	215	201	209	187	
19	ПК 30+00	297	321	301	323	
20	ПК 31+00	214	261	203	259	

Выводы и рекомендации

Для получения требуемых транспортно-эксплуатационных показателей автомобильных дорог промышленного транспорта в нефтегазовой отрасли необходимо использование грунтов только с улучшенными физико-механическими характеристиками.

При этом наиболее экономически целесообразно применение стабилизированных грунтов, которые обладают рядом особенностей:

- стабилизированные грунты - это новый материал и применять к нему требования по укрепленным грунтам не правомерно;

- применение стабилизированных грунтов для дорожных конструкций требует строгого проектного обоснования. Стабилизированный грунт позволяет применять более гибкую технологию в отличие от укрепленных грунтов;
- экономия минеральных вяжущих может достигать от 4 % до 8 % от массы грунта;
- технология стабилизации грунтов осуществляется с помощью традиционной дорожной техники. Измельчение и перемешивание местного грунта происходит прямо на месте производства работ с одновременным смешиванием со стабилизатором. За один проход грунтосмесительные дорожные фрезы перемешивают грунт в глубину от 250 до 500 мм. Скорость работ варьируются от 3000 до 8000 м² в смену в зависимости от типа грунта;
- для стабилизации грунтов рекомендуются следующие ранжиры расхода компонентов: жидкий - 0,5-1,0 % от ве-

са грунта; порошкообразный - 1,0-2,0 %.

Как было показано в наших исследованиях, при всей универсальности рецептуры, к которой стремятся разработчики таких смесей с целью снижения трудоемкости задачи подбора рецепта, на каждом конкретном объекте необходимо проведение предварительных исследований эффективности стабилизации местного грунтового материала и подбора оптимального расхода стабилизаторов. Например, для суглинка легкого с числом пластичности $J_p = 11$, влажностью $W_{opt} = 14$ % оптимальным оказался следующий расход:

- жидкий компонент «Z-777» - 0,2 % от веса грунта;
- порошкообразный компонент «Solid-Z» - 2 % от веса грунта.

Таким образом, расход жидкого компонента оказался ниже верхней границы производителя, а расход порошкового компонента оказался максимальным.

Список литературы

1. СП 37.13330.2012. Промышленный транспорт. Актуализированная редакция СНиП 2.05.07-91*. М.: ФАУ «ФЦС». 2012. 195 с.
2. Кручинин И.Н. Улучшение физико-механических характеристик грунтовых материалов при строительстве лесовозных автомобильных дорог // Модернизация и научные исследования в транспортном комплексе: матер. Междунар. науч.-практ. конф. Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2015. С. 410-412.
3. ГОСТ 23558-94. Смеси щебеночно-гравийно-песчаные и грунты, обработанные неорганическими вяжущими материалами, для дорожного и аэродромного строительства. Технические условия. М.: Межгосуд. науч.-техн. комиссия по стандартизации и техническому нормированию в строительстве, 1994.
4. ГОСТ 30491-97. Смеси органоминеральные и грунты, укрепленные органическими вяжущими, для дорожного и аэродромного строительства. Технические условия. М.: Межгосуд. науч.-техн. комиссия по стандартизации и техническому нормированию в строительстве, 1997.
5. 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]. М.: Госстандарт России, 2007.

References

1. SP 37.13330.2012. *Promyshlennyi transport. Aktualizirovannaya redaktsiya SNIp 2.05.07-91**. [SP 37.13330.2012. Industrial Transport. Updated Version of SNIp 2.05.07-91*]. Moscow, Federal'noe avtonomnoe uchrezhdenie «Federal'nyi tsentr normirovaniya, standartizatsii i tekhnicheskoi otsenki sootvetstviya v stroitel'stve», 2012. 195 p. [in Russian].
2. Kruchinin I.N. Uluchshenie fiziko-mekhanicheskikh kharakteristik gruntovykh materialov pri stroitel'stve lesovoznykh avtomobil'nykh dorog [Improvement of Physical and Mechanical Characteristics of Soil Materials in the Construction of Logging Roads]. *Materialy mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii «Modernizatsiya i nauchnye issledovaniya v transportnom komplekse»* [Materials of the International Scientific-Practical Conference «Modernization and Scientific Research in the Transport Sector»]. Perm', PNIPU Publ., 2015, pp. 410-412. [in Russian].
3. GOST 23558-94. *Smesi shchebenochno-graviino-peschanye i grunty, obrabotannye neorganicheskimi vyazhushchimi materialami, dlya dorozhnogo i aerodromnogo stroitel'stva. Tekhnicheskie usloviya* [State Standard 23558-94. Crushed Stone-Gravel-Sandy Mixtures, and Soils Treated by Inorganic Binders for Road and Airfield Construction. Specifications]. Moscow, Mezghosud. nauch.-tekhn. komissiya po standartizatsii i

6. Технологический регламент на выполнение работ по устройству оснований автомобильных дорог по технологии «KINPRO NANO-SYSTEM». Введ. 29.03.2010. Екатеринбург, 2010. 36 с.

tehnicheskomu normirovaniyu v stroitel'stve, 1994. [in Russian].

4. GOST 30491-97. *Smesi organomineral'nye i grunty, ukreplennye organicheskimi vyazhushchimi, dlya dorozhnogo i aerodromnogo stroitel'stva*. [State Standard 30491-97. Organomineral Mixtures and Soils Stabilized by Organic Binders for Road and Airfield Construction Specifications]. Moscow, Mezhsosud. nauch.-tekhn. komissiya po standartizatsii i tehnicheskomu normirovaniyu v stroitel'stve, 1997. [in Russian].

5. *Metodicheskie rekomendatsii po ukrepleniyu obochin zemlyanogo polotna s primeneniem stabilizatorov gruntov. Prinyat i vveden v deistvie rasporyazheniem Ministerstva transporta Rossiiskoi Federatsii ot 23.05.03 № OS-457-r* [Methodical Recommendations for Strengthening the Roadbeds with the Use of Soil Stabilizers. Adopted and Put into Effect by the Decree of the Ministry of Transport of the Russian Federation dd. 23.05.03 No. OS-457-r]. [Electronic Resource]. Moscow, Gosstandart of Russia, 2007. [in Russian].

6. *Tekhnologicheskii reglament na vypolnenie работ по устройству оснований автомобильных дорог по технологии «KINPRO NANO-SYSTEM»*. Entered 29.03.2010. [Technological Regulations for the Performance of Works on the Construction of the Bases of Highways Using the Technology «KINPRO NANO-SYSTEM»]. Entered 29.03.2010]. Ekaterinburg, 2010. 36 p. [in Russian].

Авторы

• Шайхуллин Ирек Ринатович, канд. техн. наук
Уфимский государственный
нефтяной технический университет
Доцент кафедры «Автомобильные дороги
и технология строительного производства»
Российская Федерация, 450080, г. Уфа,
ул. Менделеева, 195
e-mail: shaihullin@yandex.ru

The Authors

• Shaikhullin Irek R., Candidate of Engineering
Sciences
Ufa State Petroleum Technological University
Assistant Professor of Automobile Roads
and Technology of Construction Production
Department
195, Mendeleeva str., Ufa, 450080,
Russian Federation
e-mail: shaihullin@yandex.ru

• Фаттахов Мухарям Минниарович, д-р техн. наук,
доцент
Уфимский государственный
нефтяной технический университет
Заведующий кафедрой «Автомобильные дороги
и технология строительного производства»
Российская Федерация, 450080, г. Уфа,
ул. Менделеева, 195
e-mail: adtsp@yandex.ru

• Fattakhov Mukharyam M., Doctor of Engineering
Sciences, Associate Professor
Ufa State Petroleum Technological University
Head of Automobile Roads
and Technology of Construction Production
Department
195, Mendeleeva str., Ufa, 450080,
Russian Federation
e-mail: adtsp@yandex.ru

• Махмутов Аяз Аксанович
Уфимский государственный
нефтяной технический университет
Студент кафедры «Автомобильные дороги
и технология строительного производства»
Российская Федерация, 450080, г. Уфа,
ул. Менделеева, 195
e-mail: makhmutayaz@gmail.com

• Makhmutov Ayaz A.
Ufa State Petroleum Technological University
Student of Automobile Roads
and Technology of Construction Production
Department
195, Mendeleeva str., Ufa, 450080,
Russian Federation
e-mail: makhmutayaz@gmail.com

• Шаяхметов Ринат Зуфарович, канд. техн. наук
Уфимский государственный
нефтяной технический университет
Доцент кафедры «Автомобильные дороги
и технология строительного производства»
Российская Федерация, 450080, г. Уфа,
ул. Менделеева, 195
e-mail: adtsp@yandex.ru

• Shayakhmetov Rinat Z., Candidate of Engineering
Sciences
Ufa State Petroleum Technological University
Assistant Professor of Automobile Roads
and Technology of Construction Production
Department
195, Mendeleeva str., Ufa, 450080,
Russian Federation
e-mail: adtsp@yandex.ru

• Фатыхова Альфия Мухарямовна, канд. техн.
наук
Уфимский государственный
нефтяной технический университет
Доцент кафедры «Автомобильные дороги
и технология строительного производства»
Российская Федерация, 450080, г. Уфа,
ул. Менделеева, 195
e-mail: adtsp@yandex.ru

• Fatykhova Alfiya M., Candidate of Engineering
Sciences
Ufa State Petroleum Technological University
Assistant Professor of Automobile Roads
and Technology of Construction Production
Department
195, Mendeleeva str., Ufa, 450080,
Russian Federation
e-mail: adtsp@yandex.ru

• Кручинин Игорь Николаевич, д-р техн. наук,
профессор
Уральский государственный лесотехнический
университет
Профессор кафедры транспорта и дорожного
строительства
Российская Федерация, 620100, г. Екатеринбург,
ул. Сибирский тракт, 37
e-mail: kinaa.k@yandex.ru

• Kruchinin Igor N., Doctor of Engineering
Sciences, Professor
Ural State Forest Engineering University
Professor of Transport and Road Construction
Department
37, Sibirskiy trakt str., Ekaterinburg, 620100,
Russian Federation
e-mail: kinaa.k@yandex.ru