

СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

DOI: 10.12737/article_5a27cb7c733e24.73795944

¹Траутвайн А.И., канд. техн. наук, доц.,²Акимов А.Е., канд. техн. наук,¹Яковлев Е.А., канд. техн. наук, доц.³Черногиль В.Б., научный консультант,⁴Лукашук А.Г., аспирант^{1,2}Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова³ООО «Научно-Производственное Предприятие

«Завод Инновационного Промышленного Оборудования»

⁴Воронежский государственный технический университет

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ СТАБИЛИЗАТОРОВ СЕРИИ «ЧИМСТО» В ГРУНТАХ, УКРЕПЛЕННЫХ НЕОРГАНИЧЕСКИМИ ВЯЖУЩИМИ*

trautvain@bk.ru

В статье представлены исследования физико-механических характеристик грунтов, укрепленных неорганическими вяжущими в комплексе со стабилизирующими добавками серии «Чимстон» различного функционального назначения. В данной работе рассмотрена эффективность применения добавок для комплексного улучшения характеристик грунтов марки «Чимстон-1» и «Чимстон-2» разработанные ООО «НПП «ЗИПо». Для изготовления образцов укрепленного грунта применялись местные грунты: суглинок легкий песчанистый и супесь легкая.

Добавки вводились вместе с водой увлажнения в соответствии с рекомендациями производителя. Количество добавки «Чимстон-1» для стабилизации грунта составляло 0,007 % от массы грунта, «Чимстон-2» вводили в количестве 0,01 % по отношению к цементу.

В процессе проведения экспериментальных работ были изучены пластифицирующий эффект добавок на основе изменения максимальной плотности и оптимальной влажности грунта; водонасыщение, прочностные характеристики грунтобетона при сжатии и в условиях нагружения по схеме растяжение при изгибе.

Было установлено, что применение добавок серии «Чимстон» позволяет значительно поднять ключевые характеристики грунтобетонных конструкций, не увеличивая при этом расход вяжущего. Добавка «Чимстон-1» имеет ярко-выраженный пластифицирующий эффект, способствует улучшению уплотняемости грунта и снижает количество воды, требуемое для достижения максимальной плотности. Добавка «Чимстон-2» является гидрофобизатором с высокой степенью эффективности при стабилизации грунтов.

Ключевые слова: добавка «Чимстон», грунт, стабилизация, укрепление, физико-механические характеристики, автомобильные дороги.

Введение. Развитие автомобильного транспорта и интенсивности грузовых перевозок предъявляет все более жесткие требования к конструкции автомобильных дорог. Постоянный рост веса подвижного состава приводит к тому, что традиционные конструкции автомобильных дорог зачастую не выдерживают даже гарантийного срока эксплуатации. Другая проблема состоит в том, что часто местные материалы не подходят для устройства дополнительных дренирующих или морозозащитных слоев основания дорожных одежд, а применение привозных материалов вызывает удорожание строительства. В описанных выше случаях наиболее рациональным технологическим приемом становится укрепление рабочего слоя грунта минеральным или комплексным вяжущим [1–8].

Известно, что укрепленный грунт может применяться в различных конструктивных элементах: рабочий слой земляного полотна на дорогах высших категорий с усовершенствованными капитальными покрытиями, в качестве слоя основания на дорогах с облегченными и переходными типами покрытия, и в качестве нижнего слоя дорожной одежды на дорогах низших технических категорий. В зависимости от конструктивного слоя, к укрепленным грунтам применяются различные требования по прочности и морозостойкости. Зачастую, используя в составе укрепленного грунта только грунт и вяжущее, добиться требуемых значений по прочности, а особенно, по морозостойкости, сложно. Для по-

вышения прочностных и эксплуатационных характеристик укрепленных грунтов используют специальные добавки.

Следует отметить, что конечная задача укрепления грунтов состоит в создании таких новых материалов, которые бы отвечали возрастающим техническим требованиям строящихся автомобильных дорог. При этом должно максимально учитываться и использоваться влияние природно-климатических условий.

Методология. Для проведения исследований использовались следующие грунты: суглинок легкий песчаный, супесь твердая, песок мелкий, именуемые в дальнейшем суглинок и супесь. Физико-механические характеристики исходных грунтов представлены в табл. 1, гранулометрический состав – в табл. 2.

Таблица 1

Физико-механические характеристики исходных грунтов

Наименование показателя	Вид грунта	
	Суглинок легкий песчаный	Супесь твердая
Естественная влажность, $W_{ест}$, %	19,8	9,55
Влажность на границе текучести, W_L , %	34,7	18,8
Влажность на границе раскатывания, W_p , %	25,6	12,84
Число пластичности, I_L	9,1	5,96
Максимальная плотность, ρ_{max} , г/см ³	1,39	2,03
Оптимальная влажность, $W_{опт}$, %	20,0	8,2

Таблица 2

Гранулометрический состав грунтов

Размер сит, мм	2	1	0,5	0,25	0,1	<0,01
Суглинок легкий песчаный						
Частные остатки, %	0,00	0,05	0,38	3,22	8,46	84,99
Полные остатки, %	2,90	2,95	3,33	6,55	15,01	100,00
Полные проходы, %	97,10	97,05	96,67	93,45	84,99	0,00
Супесь твердая						
Частные остатки, %	4,21	12,62	64,38	10,31	4,77	5,02
Полные остатки, %	2,90	15,52	79,90	90,21	94,98	100,00
Полные проходы, %	97,10	84,48	20,10	9,79	5,02	0,00

Для укрепления грунтов использовали стабилизирующие добавки торговой марки «Чимстон» («Чимстон-1» и «Чимстон-2») производства ООО НПП «ЗИПО» г. Липецк в комплексе с цементом ЦЕМ II/A-III 22,5.

Физико-механические характеристики грунтов испытывали в соответствии со следующими нормативными документами: ГОСТ 5180-2015 «Грунты. Методы лабораторного определения физических характеристик», ГОСТ 12071-2014 «Грунты. Отбор, упаковка, транспортирование и хранение образцов», ГОСТ 30416-2012 «Грунты. Лабораторные испытания. Общие положения», ГОСТ 22733-2016 «Грунты. Метод лабораторного определения максимальной плотности», ГОСТ 12536-2014 «Грунты. Метод лабораторного определения гранулометрического (зернового) и микроагрегатного состава».

Физико-механические характеристики цемента исследовали по ГОСТ 310.3-76 «Цементы. Методы определения нормальной густоты, сроков схватывания и равномерности изменения объема», ГОСТ 310.4-91 «Цементы. Методы определения предела прочности при изгибе и сжатии»

Определение предела прочности при сжатии осуществляли по ГОСТ 10180-2012 «Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам», ГОСТ 10060-2012 «Бетоны. Методы определения морозостойкости». Водонасыщение укрепленных грунтов определяли в соответствии с разделом 4.7.4 ГОСТ 12801-98 «Материалы на основе органических вяжущих для дорожного и аэродромного строительства. Методы испытаний».

Основная часть. Согласно данным ООО «НПП «ЗИПО» «Чимстон-1» – это стабилизатор – гидрофобизатор – модификатор – полимерный пластификатор. Коэффициент растворения добавки «Чимстон-1» с водой находится в пределах от 1:100 до 1:5000. Расход Стабилизатора грунта «Чимстон-1» составляет 0,007 % от массы грунта или 1 л на 7,5 м³ конструктивного слоя дорожной одежды. «Чимстон-2» – это стабилизатор – гидрофобизатор для строительной промышленности. Норма расхода добавки при объемной гидрофобизации «Чимстон-2» применяется в количестве 0,1–0,2 % от массы вяжущего (цемента) или другого сухого продукта. Может

вводиться в раствор с водой затворения. При работе в морозную погоду расход можно увеличить вдвое. Добавки включают ПАВы, эфирные масла, биополимеры, красящие вещества [9].

Добавки вводились вместе с водой увлажнения в соответствии с рекомендациями производителя. Количество добавки «имстон-1» для стабилизации грунта составляло 0,007 % от массы

грунта, «Чимстон-2» вводили в количестве 0,01 % по отношению к цементу.

Исследование пластифицирующих свойств добавок «Чимстон-1» и «Чимстон-2» проводилось путем анализа изменения оптимальной влажности различных видов грунтов при максимальной плотности. Результаты стандартного уплотнения грунтов с исследуемыми добавками представлены в табл. 3.

Таблица 3

Характеристики стандартного уплотнения грунтов с исследуемыми добавками

Тип грунта	Применяемая добавка	Максимальная плотность, кг/см ³	Оптимальная влажность, %
Суглинок	Без добавки	1,77	19,5
	«Чимстон-1»	1,74	17,5
	«Чимстон-2»	1,71	19,0
Супесь	Без добавки	2,02	8,2
	«Чимстон-1»	2,04	6,0
	«Чимстон-2»	2,00	8,9

Из представленных результатов видно, что добавка «Чимстон-1» проявляет пластифицирующий эффект, так как она позволяет снизить оптимальную влажность различных видов грунтов на 2 %, в то время как «Чимстон-2» практически не влияет на данный показатель. Так, оптимальная влажность суглинистого грунта без добавки составляла 19,5 %, при введении «Чимстон-1» она снизилась до 17,5 %, а при использовании «Чимстон-2» значение данного показателя составило 20,6 %. При введении добавки «Чимстон-1» в супесь привело к уменьшению оптимальной влажности с 8,2 до 6,0 %.

Очевидно, что внесение водного раствора стабилизатора «Чимстон-1» в глинистый грунт приводит к существенному снижению поверхностного натяжения воды на границе раздела фаз, тем самым облегчая ее распределение на поверхности твердых частиц грунта за счет улучшения смачиваемости поверхности. В конечном итоге, введение добавки «Чимстон-1» приводит к улучшению подвижности частиц грунта друг относительно друга при наличии более тонкой и равномерной пленки воды вокруг них, что улучшает упаковку зерен в процессе уплотнения и высокая плотность достигается при меньшем количестве воды.

Важно отметить, что при введении добавок оптимальная влажность суглинистого грунта достигается при максимальной плотности скелета грунта, значение которого чуть ниже, чем контрольного образца без добавки. Так, для суглинистого грунта без добавки максимальная плотность грунта составила 1,77 г/см³, в то время как при использовании добавки «Чимстон-1» она составила 1,74 г/см³, «Чимстон-2» – 1,71 г/см³. На

песчаном грунте и супеси данная тенденция не наблюдается.

Таким образом, анализ изменения оптимальной влажности при максимальной плотности различных видов грунтов при введении стабилизаторов «Чимстон-1» и «Чимстон-2» показал, что «Чимстон-1» проявляет пластифицирующий эффект и может быть отнесен к классу пластифицирующих добавок. Введение добавки «Чимстон-2» не приводит к уменьшению оптимальной влажности при максимальной плотности грунтов, а, следовательно, не может являться добавкой-пластификатором.

Известно, что снижение водопотребности грунтобетона положительно сказывается на его прочностных характеристиках и морозостойкости [10–15].

Для проведения исследований по изучению прочностных характеристик укрепленного грунта с применением добавок «Чимстон-1» и «Чимстон-2» были изготовлены цилиндрические образцы диаметром и высотой, равными 50 мм. Изготовленные образцы после выдерживания были испытаны согласно требованиям нормативных документов. Количество добавки «Чимстон-1» для стабилизации грунта составляло 0,007 % от массы грунта, «Чимстон-2» вводили в количестве 0,01 % по отношению к массе цемента. Количество портландцемента – 1, 3 и 5 % масс. Продолжительность твердения образцов составила 28 суток. Изготовленные образцы после выдерживания были испытаны согласно требованиям нормативных документов с определением прочности при сжатии, прочности при растяжении при изгибе и водонасыщения.

Результаты исследования прочности образцов в зависимости от количества вводимого цемента и стабилизаторов «Чимстон-1» и «Чимстон-2» представлены на рис. 1–3. Установлено, что прочность образцов всех рецептур увеличивается с повышением количества цемента. При этом максимальная прочность достигается при введении 5 % цемента в суглинистый грунт.

Важно отметить, что применение стабилизатора «Чимстон-1» приводит к большему увеличению прочности, по сравнению с добавкой «Чимстон-2». Анализ проведенных исследований

показал, что при укреплении суглинистого грунта добавкой «Чимстон-1» и 5 % цемента привело к увеличению прочности образцов грунтобетона при сжатии по сравнению с контрольными образцами, приготовленными на основе соответствующего количества цемента без применения добавки на 32 %; при укреплении супеси – на 21%. Изменение предела прочности грунта, укрепленного добавкой «Чимстон-2» в комплексе с 5 % цемента, привело к менее значительному увеличению прочности суглинистого и супесчаного грунтов, по сравнению с контрольными (12 и 15 % соответственно).

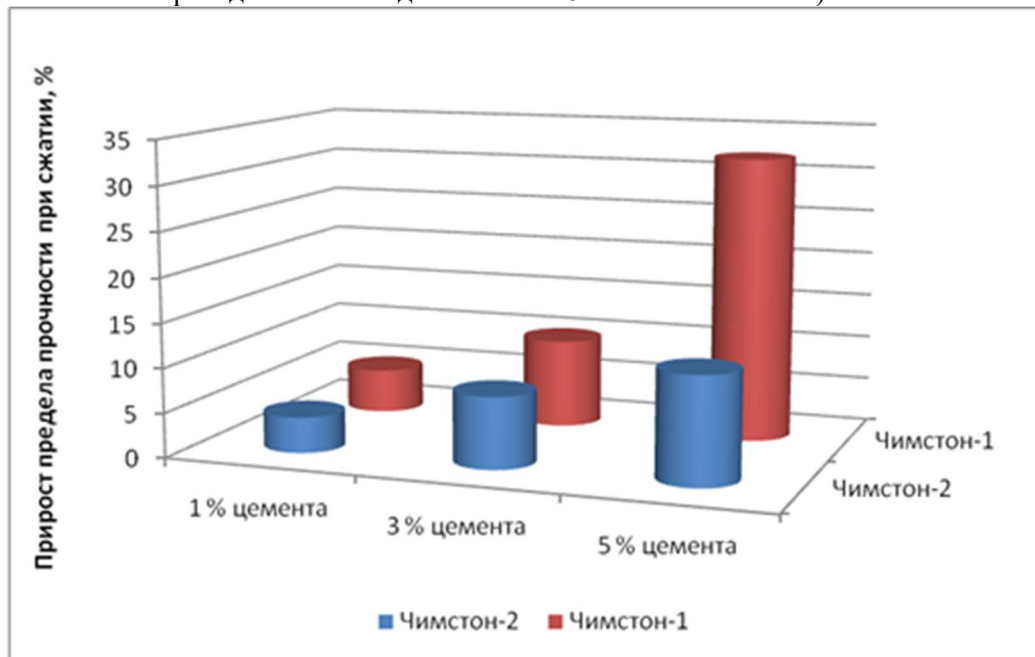


Рис. 1. Прирост предела прочности при сжатии образцов грунтобетона на основе суглинка при введении стабилизаторов «Чимстон-1» и «Чимстон-2»

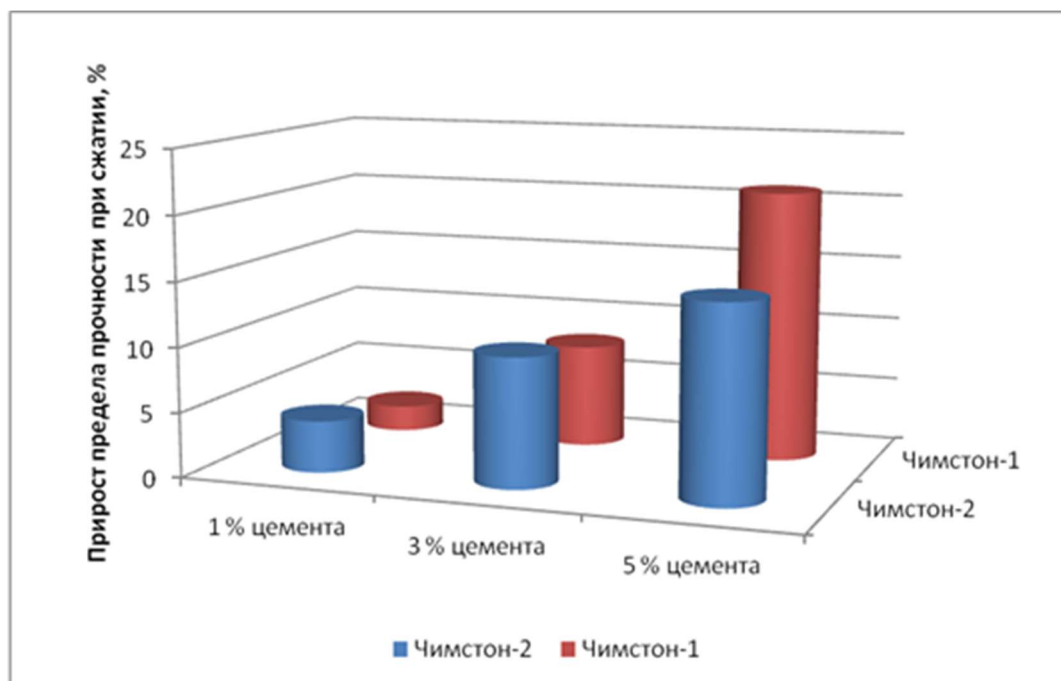


Рис. 2. Прирост предела прочности при сжатии образцов грунтобетона на основе супеси при введении стабилизаторов «Чимстон-1» и «Чимстон-2»

Введение стабилизатора «Чимстон-1» и 3 % цемента в грунт приводит к увеличению предела прочности при сжатии образцов грунтобетона на основе суглинка и супеси, по сравнению с контрольными, на 10 и 8 % соответственно. Характер изменения предела прочности при сжатии образцов грунта различных видов, укрепленных «Чимстон-2» и 3 % цемента, аналогичен изменению грунтобетонных образцов на основе данной добавки и 5 % цемента. По сравнению с «Чимстон-1», зафиксировано незначительное увеличение прочности суглинистого грунта – 8 % и более высокое изменение данного показателя при стабилизации супеси – на 10 %.

Введение 1 % цемента и стабилизатора «Чимстон-1» или «Чимстон-2» в состав исход-

ного грунта на значения предела прочности образцов отразилось незначительно. Изменение составило 3–5 %.

Анализ предела прочности при изгибе комплексной системы «грунт-стабилизатор-вяжущее» показал, что динамика набора прочности образцов грунтобетона к воздействию изгибающей силы суглинистых грунтов значительно выше, по сравнению со сжимающей нагрузкой (табл. 4). Введение различного количества цемента (1, 3 и 5 %) и стабилизатора «Чимстон-1» в суглинок способствует увеличению прочности образцов при изгибе на 7, 15 и 42 % соответственно; при использовании добавки «Чимстон-2» с аналогичным количеством цемента повышает данный показатель на 6, 12 и 15 % соответственно.

Таблица 4

Показатели прочности образцов грунтобетона при растяжении при изгибе

Наименование добавки	Прочность при сжатии, МПа, для грунтов					
	Суглинок с цементом, %			Супесь, с цементом, %		
	1	3	5	1	3	5
Контроль	0,42	0,80	1,16	0,07	0,58	0,89
«Чимстон-1»	0,45	0,92	1,65	0,07	0,62	0,94
«Чимстон-2»	0,45	0,85	1,35	0,07	0,60	0,92

Эффективность использования добавок серии «Чимстон» для повышения предела прочности при изгибе супеси имеет менее выраженный характер. Так, укрепление супесчаного грунта 5 % цемента и добавками серии «Чимстон» привело к увеличению показателя в пределах 10–12 %.

Важно отметить, что по аналогии с пределом прочности при сжатии, максимальный эффект на

показатель предела прочности при изгибе оказывает добавка «Чимстон-1».

Образцы грунта, укрепленного цементом совместно с добавками серии «Чимстон», подвергались полному водонасыщению в соответствии с ГОСТ 12801-98. Результаты исследований представлены в табл. 5. Для сравнения были заформованы контрольные образцы, приготовленные на основе соответствующего количества цемента без применения добавок.

Таблица 5

Значение водонасыщения образцов грунта, укрепленного цементом различного количества и стабилизаторами «Чимстон-1» и «Чимстон-2»

Наименование добавки	Вид грунта					
	Суглинок, укрепленный цементом в количестве, %			Супесь, укрепленная цементом в количестве, %		
	1	3	5	1	3	5
Контроль	3,05	1,93	1,68	1,97	1,21	0,78
«Чимстон-1»	2,44	1,68	1,56	1,73	0,98	0,55
«Чимстон-2»	2,20	1,62	1,48	1,65	0,73	0,18

Анализ представленных результатов показал, что водонасыщение образцов грунтобетона на основе супеси было минимальным. Это может быть связано с тем, что гранулометрический состав супеси является наиболее рациональным, так как крупные поры между частицами песка заполнены тонкодисперсными глинистыми частицами.

Установлено, что стабилизатор «Чимстон-2» способствует наименьшему насыщению образцов грунта водой. Так, образцы суглинка, укрепленного 1 % цемента без использования стабилизатора, показывают водонасыщение равное 3,05 %, в то время как дополнительное введение добавки «Чимстон-2» приводит к снижению водонасыщения на 28 %, «Чимстон-1» – на 20 %. Увеличению количества неорганического вяжущего в составе грунта приводит к уменьшению

водонасыщения. При этом важно отметить, что расхождение в показателе водонасыщения в присутствии добавок по сравнению с контрольным образцом при увеличении количества цемента также становится менее выраженным. Использование стабилизатора «Чимстон-1» в составе суглинистого грунта, укрепленного 5 % цемента, приводит к снижению показателя на 7 %, а введение добавки «Чимстон-2» – на 12 %.

Выводы. Было установлено, что применение добавок серии «Чимстон» позволяет значительно поднять ключевые характеристики грунтобетон, не увеличивая при этом расход вяжущего. Добавка «Чимстон-1» имеет ярко-выраженный пластифицирующий эффект, способствует улучшению уплотняемости грунта и снижает количество воды, требуемое для достижения максимальной плотности. Добавка «Чимстон-2» не оказывает какой-либо значительный пластифицирующий эффект на грунт, незначительно повышает физико-механические характеристики, однако приводит к значительному повышению прочности грунтобетона.

Результаты исследования показали, что укрепление грунтов исследуемыми добавками совместно с цементом в количестве 1 % не целесообразно, так как изменение прочностных характеристик составляет не более 5 %.

Использование стабилизатора «Чимстон-1» и 3 % цемента способствовало увеличению пределов прочности при сжатии и изгибе в пределах 10–15 % по сравнению с контрольными образцами, приготовленными на основе соответствующего количества цемента без применения добавки. Увеличение количества цемента до 5 % привело к повышению прочности при сжатии образцов грунтобетона от 20 до 30 %, а при изгибе до 40 % (максимальные значения наблюдались при укреплении суглинистого грунта).

Введение стабилизатора «Чимстон-2» совместно с 3 и 5 % цемента не способствовало значительному увеличению прочности как при сжатии, так и при изгибе и составило не более 10%, по сравнению с контрольными образцами.

Введение добавок серии «Чимстон» положительно отразилось на водонасыщении образцов грунта, укрепленных неорганическими вяжущими. Эффективность их использования обусловлена снижением данного показателя. Важно отметить, что добавка «Чимстон-2» оказала максимальный эффект на снижения показателя водонасыщения. Это доказывает, что она является гидрофобизатором с высокой степенью эффективности при стабилизации грунтов.

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

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Золотых С.Н. Стабилизация глинистых грунтов в транспортном строительстве // В сборнике: Образование, наука, производство Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. 2015. С. 600–603.
2. Траутвайн А.И., Евтухова Д.А., Могилевцев Д.А. Осушение грунтов повышенной влажности при реализации проекта «Комплексная реконструкция участка им. Максима Горького - Котельниково - Тихорецкая - Крымская с обходом Краснодарского железнодорожного узла» // Сборник статей: Синтез науки и общества в решении глобальных проблем современности Международной научно-практической конференции: в 2-х частях. 2016. С. 91–95.
3. Могилевцев Д.А., Траутвайн А.И. Теоретические основы укрепления и стабилизации грунтов [Электронный ресурс] / Сборник докладов IX Международного молодежного форума «Образование. Наука. Производство»: сб. докладов // Белгор. гос. технол. ун-т. (6-13 октября 2017 г, Белгород). Белгород, 2017.
4. Прокопец А.С., Сергеев А.С., Юшков Б.С., Сушков С.И. Методы и мероприятия по укреплению лесовозных дорог, устраиваемых на слабых глинистых грунтах // Альтернативные источники энергии в транспортно-технологическом комплексе: проблемы и перспективы рационального использования. 2016. Т. 3. № 3 (6). С. 376–379.
5. Скрыпников А.В., Козлов В.Г., Ломакин Д.В., Логойда В.С. Исследование отходов промышленности для укрепления грунтов // Фундаментальные исследования. 2016. № 12-1. С. 102–106.
6. Акимов А.Е., Траутвайн А.И., Черногиль В.Б. Повышение физико-механических характеристик укрепленных грунтов при применении стабилизирующих добавок серии Чимстон [Электронный ресурс] // В сборнике: Наука и образование в современных условиях. Материалы Международной (заочной) научно-практической конференции. Под общей редакцией А.И. Вострецова. 2017. С. 49–55.
7. Траутвайн А.И., Акимов А.Е., Яковлева А.А. Особенности использования стабилизирующих добавок для укрепления грунтов // В сборнике: Наука и образование в современных условиях. Материалы Международной (заочной) научно-практической конференции. Под общей редакцией А.И. Вострецова. 2017. С. 200–207.
8. Рубашкина Т.И. Экспериментальные исследования физико-технических свойств золошлаковых отходов местных ТЭЦ с целью применения в дорожном строительстве // В сборнике: Транссиб: на острие реформ материалы

международной научно-практической конференции. Иркутский государственный университет путей сообщений; Забайкальский институт железнодорожного транспорта. 2016. С. 134–140.

9. ТУ 2493–001–97980347–2016. Полимерные пластификаторы серии «Чимстон» для грунтобетонных и бетонных смесей. Введен 10.10.2016. Липецк: ООО «НПП «ЗИПО». 26 с.

10. Абрамова Т.Т., Босов А.И., Валиева К.Э. Использование стабилизаторов для улучшения свойств связных грунтов // Геотехника. 2012. № 3. С. 4–28.

11. Воронкевич С.Д. Основы технической мелиорации грунтов. М.: Научный мир, 2005. 504 с.

12. Автомобильные дороги и мосты. Строительство конструктивных слоев дорожных одежд из грунтов, укрепленных вяжущими материалами. Обзорная информация/Составитель С.Г. Фурсов. М.: ФГУП «Информавтодор», 2007. Вып. 3. URL: <http://files.stroyinf.ru/Data1/52/52596/>.

13. Майорова Л.С., Акчурин Т.К., Потапов А.А. Долговечность модифицированных мелкозернистых бетонов // В сборнике: Инженерные

проблемы строительного материаловедения, геотехнического и дорожного строительства материалы IV Международной научно-технической конференции. 2013. С. 211–217.

14. Алексиков С.В., Симончук Д.Н. Дорожные одежды на переуплотненном грунтовом основании // В сборнике: Инженерные проблемы строительного материаловедения, геотехнического и дорожного строительства материалы IV Международной научно-технической конференции. 2013. С. 56–57.

15. Жигайлов А.А., Куюков С.А., Шуваев А.Н. Влияние степени уплотнения на основные характеристики цементогрунта с полимерной добавкой // Научно-технический вестник Поволжья. 2011. № 5. С. 131–134.

16. Ядыкина В.В., Гридчин А.М., Антонова Р.О. Перспективы использования полимерных стабилизаторов при укреплении грунтов в дорожном строительстве // В сборнике: Эффективные строительные композиты Научно-практическая конференция к 85-летию заслуженного деятеля науки РФ, академика РААСН, доктора технических наук Баженова Юрия Михайловича. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. 2015. С. 767–770.

Информация об авторах

Траутвайн Анна Ивановна, кандидат технических наук, доцент кафедры автомобильных и железных дорог.
E-mail: trautvain@bk.ru.
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.
Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Акимов Андрей Евгеньевич, ведущий инженер ЦВТ БГТУ им. В.Г. Шухова.
E-mail: akimov548@gmail.com.
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.
Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Яковлев Евгений Александрович, кандидат технических наук, доцент кафедры автомобильных и железных дорог.
E-mail: jea@intbel.ru.
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.
Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Черногиль Виталий Богданович, научный консультант.
E-mail: vital.zipo@gmail.com.
Общество с ограниченной ответственностью «Научно-Производственное Предприятие «Завод Инновационного Промышленного Оборудования».
Россия, 398531, Липецкая область, Липецкий район, с. Ленино, ул. Титова, д. 27 а.

Лукашук Александр Геннадьевич, аспирант
E-mail: vital.zipo@gmail.com.
Воронежский государственный технический университет
Россия, 394026, г. Воронеж, Московский проспект, 14

Поступила в октябре 2017 г.

© Траутвайн А.И., Акимов А.Е., Яковлев Е.А., Черногиль В.Б., Лукашук А.Г., 2017

Trautvain A.I., Akimov A.E., Yakovlev E.A., Chernogil V.B., Lukashuk A.G.
ESTIMATION OF APPLICATION "CHIMSTON" ADDITIVITES EFFICIENCY FOR
SOIL STABILIZED BY CEMENT

Paper observes research of the mechanical characteristics of the stabilized soil with different «Chimston» additives. Current work focuses on the application of the «Chimston-1» and «Chimston-2» produced by Zipo research and production company. Stabilized soil is based on local soils: argillaceous sand ground and sand clay.

Chemical additives are mixed with water according to the manufacture's recommendations. Amount of the «Chimston-1» is 0.07 % of the soil. Amount of the «Chimston-2» is 0.01 % of the cement.

During the research plasticize effect is studied, based on maximum density and optimal humidity. Water saturation, mechanical strength under tension in bending and compression.

It is established, application of the "Chimston" additives allow to increase key characteristics of the stabilized soil without increasing of the cement. «Chimston-1» additive has strongly pronounced plasticize effect which allow to increase soil compaction and decrease optimal humidity. Additive "Chimston-2" is a water repellent with a high degree of efficiency with soil stabilization.

Keywords: "Chimston" additives, soil, stabilizing, mechanical characteristics, roads, road bed.

Information about the authors

Trautvain Anna Ivanovna, PhD, Assistant professor.

E-mail: trautvain@bk.ru.

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

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

Yakovlev Evgeniy Aleksandrovich, PhD, Assistant professor.

E-mail: jea@intbel.ru.

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

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

Akimov Andrey Evgenievich, Leading engineer of the Center for High Technologies

E-mail: akimov548@gmail.com.

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

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

Chernogil Vitaly Bogdanovich, scientific consultant

E-mail: vital.zipo@gmail.com.

Limited Liability Company "Scientific-Production Enterprise" Plant of Innovative Industrial Equipment "

Russia, 398531, Lipetsk region, village Lenino, st. Titova, 27 a

Lukashuk Alexander Gennadievich, Postgraduate student

E-mail: vital.zipo@gmail.com.

Voronezh State Technical University

Russia, 394026, Voronezh, Moskovsky prospect, 14

Received in October 2017

© Trautvain A.I., Akimov A.E., Yakovlev E.A., Chernogil V.B., Lukashuk A.G., 2017