

Интернет-журнал «Транспортные сооружения» <https://t-s.today>

Russian journal of transport engineering

2020, №1, Том 7 / 2020, No 1, Vol 7 <https://t-s.today/issue-1-2020.html>

URL статьи: <https://t-s.today/PDF/07SATS120.pdf>

DOI: 10.15862/07SATS120 (<http://dx.doi.org/10.15862/07SATS120>)

Ссылка для цитирования этой статьи:

Шанхоев З.Ш., Жайсамбаев Е.А. Исследование влияния гидрофобизаторов на границу раскатывания и границу текучести глинистых грунтов основания и земляного полотна автомобильной дороги // Интернет-журнал «Транспортные сооружения», 2020 №1, <https://t-s.today/PDF/07SATS120.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ. DOI: 10.15862/07SATS120

For citation:

Shankhoyev Z.Sh., Zhaysambaev E.A. (2020). Investigation of the effect of water repellents on the rolling border and the yield stress of clay soils of the base and subgrade of the road. *Russian journal of transport engineering*, [online] 1(7). Available at: <https://t-s.today/PDF/07SATS120.pdf> (in Russian). DOI: 10.15862/07SATS120

УДК 624.1

ГРНТИ 67.11.29

Шанхоев Зураб Шабазгиреевич

ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет», Тюмень, Россия

Аспирант

E-mail: zurab_shanhoev@mail.ru

РИНЦ: https://www.elibrary.ru/author_profile.asp?id=906486

Жайсамбаев Еркен Аскерович

ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет», Тюмень, Россия

Магистрант

E-mail: zhaysambaeverkn@mail.ru

РИНЦ: https://www.elibrary.ru/author_profile.asp?id=1028545

SCOPUS: <http://www.scopus.com/authid/detail.url?authorId=57202306280>

Исследование влияния гидрофобизаторов на границу раскатывания и границу текучести глинистых грунтов основания и земляного полотна автомобильной дороги

Аннотация. При строительстве автомобильных дорог основным фактором, влияющим на эксплуатационные характеристики линейного объекта это природно-климатические условия того или иного района, где будет проходить будущая автомобильная дорога. В статье авторами рассматривается проблема строительства автомобильных дорог на слабых грунтах с недостаточными прочностными характеристиками, такие грунты вызывают трудности при проектировании и эксплуатации сооружения. Целью данного исследования является изменения физических свойств связных грунтов для увеличения их прочностных характеристик. Авторами систематизирована информация по существующим способам стабилизации глинистых грунтов основания и земляного полотна автомобильной дороги. Приведены результаты экспериментальных лабораторных исследований, выполненных авторами статьи, по изучению влияния гидрофобизаторов на физические свойства глинистого грунта. По проведенным лабораторным исследованиям можно сделать вывод, что при оптимальном подборе гидрофобных материалов можно увеличить несущую способность слабых грунтов, что свою очередь приведет к увеличению технико-эксплуатационных характеристик сооружения и увеличению межремонтных сроков. Сформулированы основные выводы на основе анализа лабораторных исследований.

Ключевые слова: основание автомобильной дороги; земляное полотно; физические характеристики грунта; автомобильная дорога; гидрофобизатор; Пенетрон «АДМИКС»; добавка; граница раскатывания; число пластичности

Строительство автомобильных дорог является одной из наиболее материалоемких и трудоемких отраслей, что зачастую обусловлено недостаточными прочностными характеристиками грунта. По данным Министерства транспорта Российской Федерации средняя стоимость строительства 1 км автомобильной дороги составляет 25 млн рублей, выделяемых из общего бюджета страны.

Как известно, основным и главным фактором, влияющим на напряжённо-деформированное состояние основания и земляного полотна автомобильной дороги, является температурно-влажностный режим [1]. В настоящее время существует множество конструктивно-технологических решений по стабилизации глинистых грунтов основания и земляного полотна автомобильной дороги [2–5]. Одним из методов решения данной проблемы является укрепление связных грунтов добавками гидрофобизаторов. Первые исследования по укреплению грунтов гидрофобизаторами были проведены П.А. Ребиндером, А.А. Федуловым [6; 7], в которых авторы предложили применять мылонафт и другие технические мыла для повышения водонепроницаемости.

Применение гидрофобизирующих добавок приводит к уменьшению деформативности земляного полотна и основания автомобильной дороги за счет улучшения физических свойств глинистых грунтов [8].

В лаборатории Тюменского индустриального университета была проведена серия экспериментальных исследований по изменению физических свойств глинистого грунта при добавлении гидрофобизаторов. В качестве изучаемого грунта использовали мягкопластичный суглинок нарушенной структуры.

Для изменения физических свойств глинистого грунта использовали различные гидрофобизаторы согласно ОДМ 218.1.004-2011¹: (а) Пенетрон «АДМИКС»; (б) Типром-К; (в) Типром-У; (г) Пенетрон.

Результаты лабораторных исследований показали наибольшую эффективность при добавлении гидрофобизатора Пенетрон «АДМИКС». Для дальнейших экспериментальных исследований был выбран Пенетрон «АДМИКС» с добавлением 1–2 % от массы грунта.

Пенетрон «АДМИКС» – сухая гидроизоляционная добавка, которая состоит, как правило, из цемента и активных химических элементов. Пенетрон «АДМИКС» активно используют в качестве добавки в бетон, улучшающей физико-механические свойства бетона. Технические характеристики Пенетрона «Адмикс» приведены в таблице 1.

Таблица 1

Технические характеристики Пенетрона «Адмикс»

№ п/п	Характеристики материала	Значение
1	Внешний вид	сыпучий порошок серого цвета без комков и механических примесей
2	Влажность, %, по массе, не более	0,6

¹ ОДМ 218.1.004-2011. Классификация стабилизаторов грунтов в дорожном строительстве / РОСАВТОДОР. – М., 2011. – 7 с.

№ п/п	Характеристики материала	Значение
3	Повышение марки по водонепроницаемости бетона с добавкой, ступеней, не менее	3
4	Насыпная плотность в стандартном неуплотненном состоянии, кг/м ³	1020±70
5	Повышение морозостойкости бетона с добавкой, циклов, не менее	100
6	Стойкость бетона после обработки к действию растворов кислот: HCl, H ₂ SO ₄	стойк
7	Стойкость бетона после обработки к действию щелочей: NaOH	стойк
8	Стойкость бетона после обработки к действию светлых и темных нефтепродуктов	стойк
9	Ультрафиолет	не оказывает влияния
10	Применимость для резервуаров питьевой воды	допускается
11	Кислотность среды применения, pH	от 3 до 11
12	Температура эксплуатации	-60 +130 °С

Определение физико-механических свойств глинистого грунта производилось согласно ГОСТ 5180-2015².

Методика определения границы раскатывания глинистого грунта: для определения границы раскатывания, пробу грунта, имеющую природную влажность, шпателем разминают в фарфоровой чаше с добавлением, при необходимости, дистиллированной воды.



Рисунок 1. Подготовка грунтовой пасты с добавлением гидрофобизатора (фотография выполнена авторами).

Затем производят раскатывание грунта ладонью в жгутики на пластмассовой пластине. Раскатывание продолжается до момента, пока жгут не начнет распадаться на кусочки длиной 3–10 мм и диаметром 3 мм вследствие образования поперечных трещин.

² ГОСТ 5180-2015 Грунты. Методы лабораторного определения физических характеристик.



Рисунок 2. Раскатывание глинистого грунта с добавкой гидрофобизатора (фотография выполнена авторами)

Для определения влажности грунта на границе раскатывания отбирают пробы грунта массой 10–15 г в бюксы и помещают в сушильный шкаф.

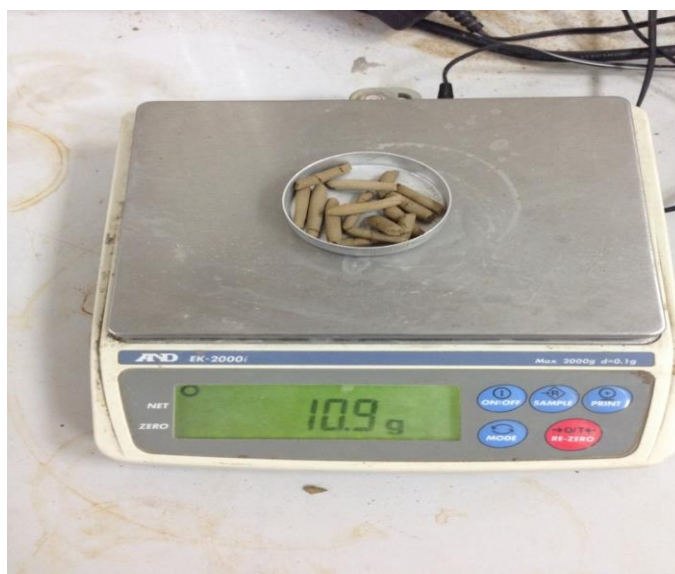


Рисунок 3. Взвешивание распавшихся кусочков жгутиков глинистого грунта (фотография выполнена авторами)



1 – естественный образец грунта без добавления гидрофобизатора; 2 – образец грунта с добавкой Пенетрона «АДМИКС» 1% от массы грунта; 3 – образец грунта с добавкой Пенетрона «АДМИКС» 2% от массы грунта

Рисунок 4. Результаты определения числа пластичности W_p глинистого грунта в лабораторных условиях (выполнено авторами)

Методика определения границы текучести глинистого грунта: для определения границы текучести глинистого грунта замешивают грунтовую пасту, тщательно перемешивая. Подготовленную грунтовую пасту укладывают в чашу балансирного конуса, предварительно смазанную тонким слоем вазелина. Далее подводят острие конуса к поверхности грунтовой пасты, позволяя ему погружаться в пасту под действием собственного веса.



Рисунок 5. Балансированный конус Васильева (фотография выполнена авторами)

Погружение конуса в пасту в течение 5 с на глубину 10 мм показывает, что грунт имеет влажность, соответствующую границе текучести.



Рисунок 6. Определение границы текучести (фотография выполнена авторами)

По достижении границы текучести из пасты в заранее высушенные и пронумерованные бюксы отбирают пробы массой 15–20 г, для определения влажности. Затем пробы высушивают в сушильном шкафу до постоянной массы при температуре $(105 \pm 2) ^\circ\text{C}$.³

³ <http://www.lib.knigi-x.ru/23tehnicheskie/284276-1-ministerstvo-obrazovaniya-nauki-rossiyskoy-federacii-federalnoe-gosudarstvennoe-avtonomnoe-obrazovatelnoe-uchrezhdenie-vi.php>.



Рисунок 7. Сушильный шкаф с бюксами (фотография выполнена авторами)

После каждого высушивания бюксы охлаждают до температуры помещения и взвешивают на лабораторных весах.



Рисунок 8. Взвешивание бюкса с грунтом (фотография выполнена авторами)

Процент добавления гидрофобизатора



1 – естественный образец грунта без добавления гидрофобизатора; 2 – образец грунта с добавкой Пенетрона «АДМИКС» 1 % от массы грунта; 3 – образец грунта с добавкой Пенетрона «АДМИКС» 2 % от массы грунта

Рисунок 9. Результаты определения границы текучести W_L глинистого грунта в лабораторных условиях (выполнено авторами)

На основе анализа лабораторных исследований можно сделать следующие выводы:

1. Графическая зависимость показывает, что увеличение добавки гидрофобизатора Пенетрона «Адмиск» ведет к улучшению физических свойств глинистого грунта.
2. Для дальнейшего исследования нужно провести серию лабораторных экспериментальных исследований с сформированными образцами с добавкой Пенетрона «Адмиск» 1–2 % от массы грунта для сравнения прочности и морозостойкости образца.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мальцева, Т.В. Математическое моделирование напряженно-деформированного состояния водонасыщенного грунта с позиций теории вязкоупругости: автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора физико-математических наук / Т.В. Мальцева; Казанский государственный университет им. В.И. Ульянова-Ленина. Казань, 2006, 36 с.
2. Круглицкий Н.Н. Физико-химические основы регулирования свойств дисперсий глинистых грунтов / Н.Н. Круглицкий. – Киев: Наукова думка, 1968. – 320 с.
3. Кочеткова Р.Г. Особенности улучшения свойств глинистых грунтов стабилизаторами / Р.Г. Кочеткова // Наука и техника в дорожной отрасли. – 2006. – № 3. – С. 23–27.
4. Абрамова Т.Т. Использование стабилизаторов для улучшения свойств связных грунтов / Т.Т. Абрамова, А.И. Босов, К.Э. Валиева // Геотехника. – 2012. – № 3. – С. 4–28.
5. Горьков, В.А. Стабилизация грунтов методом «холодного ресайклинга» в условиях многолетнемерзлых грунтов для обустройства нефтегазовых месторождений / В.А. Горьков, А.Н. Коркишко, А.В. Набоков, Т.В. Крижановская, Ю.В. Огороднова // Фундаментальные исследования. – 2017. – № 7. – С. 20–24.
6. Ребиндер П.А. Поверхностно-активные вещества / П.А. Ребиндер. – М.: Знание, 1961. – 45 с.
7. Федулов А.А. Применение поверхностно-активных веществ (стабилизаторов) для улучшения свойств связных грунтов в условиях дорожного строительства. – дис. ... канд. техн. наук: 05.23.11 / Федулов Андрей Александрович, МАДГТУ(МАДИ). – М., 2005. – 165 с.
8. Автомобильные дороги и мосты. Строительство конструктивных слоев дорожных одежд из грунтов, укрепленных вяжущими материалами: Обзорная информация / Подгот. С.Г. Фурсов – М.: ФГУП «Информавтодор», 2007. – Вып. 3. – 42 с. 84.

Shankhoyev Zurab Shabazgireevich

Industrial university of Tyumen, Tyumen, Russia
E-mail: zurab_shanhoev@mail.ru

Zhaisambaev Erkn Askerovich

Industrial university of Tyumen, Tyumen, Russia
E-mail: zhaisambaeverkn@mail.ru

Investigation of the effect of water repellents on the rolling border and the yield stress of clay soils of the base and subgrade of the road

Abstract. During the construction of roads, the main factor affecting the operational characteristics of a linear facility is the climatic conditions of a particular area where the future road will pass. In the article, the authors consider the problem of building roads on weak soils with insufficient strength characteristics, such soils cause difficulties in the design and operation of the structure. The purpose of this study is to change the physical properties of cohesive soils to increase their strength characteristics. The authors systematized information on existing methods for stabilizing clay soils of the base and subgrade of the road. The results of experimental laboratory studies performed by the authors of the article on the influence of water repellents on the physical properties of clay soil are presented. According to laboratory studies, it can be concluded that with the optimal selection of hydrophobic materials, it is possible to increase the bearing capacity of soft soils, which in turn will lead to an increase in the technical and operational characteristics of the structure and an increase in turnaround times. The main conclusions are formulated based on the analysis of laboratory tests.

Keywords: the base of the road; subgrade; physical characteristics of the soil; road; water repellent; Penetron "ADMIX"; additive; rolling border; plasticity number

REFERENCES

1. Mal'tseva T.V. (2006). Matematicheskoe modelirovanie napryazhenno-deformirovannogo sostoyaniya vodonasyshchennogo grunta s pozitsiy teorii vyazkouprugosti: avtoreferat dissertatsii na soiskanie uchenoy stepeni doktora fiziko-matematicheskikh nauk. [*Mathematical modeling of the stress-strain state of a water-saturated soil from the standpoint of the theory of viscoelasticity: an abstract of a dissertation for the degree of Doctor of Physics and Mathematics.*] Kazan: Kazan State University named after V.I. Ulyanov-Lenin, p. 36.
2. Kruglitskiy N.N. (1968). Fiziko-khimicheskie osnovy regulirovaniya svoystv dispersiy glinistyykh gruntov. [*Physico-chemical principles of regulating the properties of clay soil dispersions.*] Kiev: Naukova Dumka, p. 320.
3. Kochetkova R.G. (2006). Features of improving the properties of clay soils by stabilizers. *Science and technology in the road industry*, 3, pp. 23–27 (in Russian).
4. Abramova T.T., Bosov A.I., Valieva K.Eh. (2012). The use of stabilizers to improve the properties of cohesive soils. *Geotechnics*, 3, pp. 4–28 (in Russian).
5. Gor'kov V.A., Korkishko A.N., Nabokov A.V., Krizhanivskaya T.V., Ogorodnova Yu.V. (2017). Stabilization of soils by the method of “cold recycling” in the conditions of permafrost soils for the development of oil and gas fields. *Basic research*, 7, pp. 20–24 (in Russian).
6. Rebinder P.A. (1961). Poverkhnostno-aktivnye veshchestva. [*Surfactants.*] Moscow: Knowledge, p. 45.
7. Fedulov A.A. (2005). Primenenie poverkhnostno-aktivnykh veshchestv (stabilizatorov) dlya uluchsheniya svoystv svyaznykh gruntov v usloviyakh dorozhnogo stroitel'stva. [*The use of surfactants (stabilizers) to improve the properties of cohesive soils in road construction.*] Moscow: Moscow Automobile and Road State Technical University (Moscow Automobile and Road Institute), p. 165.
8. Fursov S.G. (2007). Avtomobil'nye dorogi i mosty. Stroitel'stvo konstruktivnykh sloev dorozhnykh odezhd iz gruntov, ukreplennykh vyazhushchimi materialami: Obzornaya informatsiya. [*Roads and bridges. Construction of structural layers of pavement from soils reinforced with cementitious materials: Overview.*] Moscow: FSUE Informavtodor, p. 42.