Интернет-журнал «Транспортные сооружения» <https://t-s.today>
Russian journal of transport engineering

2018, №4, Том 5 / 2018, No 4, Vol 5 <https://t-s.today/issue-4-2018.html>

URL статьи: <https://t-s.today/PDF/21SATS418.pdf>

DOI: 10.15862/21SATS418 (<http://dx.doi.org/10.15862/21SATS418>)

Статья поступила в редакцию 25.11.2018; опубликована 22.01.2019

Ссылка для цитирования этой статьи:

Мыгаль Г.А., Миронов Н.С., Матюа В.П. Снижение накопления остаточных деформаций в конструктивных слоях дорожных одежд и в грунте земляного полотна за счет применения стабилизирующих и адгезионных добавок // Интернет-журнал «Транспортные сооружения», 2018 №4, <https://t-s.today/PDF/21SATS418.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ. DOI: 10.15862/21SATS418

For citation:

Mygal G.A., Mironov N.S., Matua V.P. (2018). Reducing the accumulation of residual deformations in the structural layers of pavements and in the subgrade soil through the use of stabilizing and adhesive additives. *Russian journal of transport engineering*, [online] 4(5). Available at: <https://t-s.today/PDF/21SATS418.pdf> (in Russian). DOI: 10.15862/21SATS418

УДК 625.7/.8

ГРНТИ 67.09.45

Мыгаль Георгий Александрович

ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет», Ростов-на-Дону, Россия
Магистрант кафедры «Автомобильных дорог»
E-mail: gmygal@rambler.ru

Миронов Никита Сергеевич

ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет», Ростов-на-Дону, Россия
Магистрант кафедры «Автомобильных дорог»
E-mail: Nikit1739@rambler.ru

Матюа Вахтанг Парменович

ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет», Ростов-на-Дону, Россия
Профессор кафедры «Автомобильных дорог»
Доктор технических наук
E-mail: vpmatua@mail.ru

**Снижение накопления остаточных деформаций
в конструктивных слоях дорожных одежд и в грунте
земляного полотна за счет применения стабилизирующих
и адгезионных добавок**

Аннотация. В настоящее время проблема преждевременного разрушения дорожных конструкций автомобильных дорог наиболее актуальна. Авторами данной статьи представлено исследование, в котором рассматриваются возможности улучшения свойств дорожно-строительных материалов за счёт введения в них специализированных добавок: стабилизирующих в грунты земляного полотна и адгезионных в асфальтобетоны. В результате воздействия вышеуказанных добавок рассматривается снижение накопления остаточных деформаций в конструктивных слоях дорожных одежд.

Авторами был проведён анализ рынка Российской Федерации, в результате которого было выявлено, что наиболее предпочтительными вариантами добавок для исследования

являются добавки: АНТ для стабилизации грунтов и Амдор-10 и ДАД-1 марки С для асфальтобетонов. Для асфальтобетонов рассматривалось несколько вариантов добавок, так как это наиболее важный конструктивный слой в дорожной одежде, непосредственно воспринимающий нагрузку от проезжающих транспортных средств.

В данной статье приводятся сравнительные таблицы и графики, в которых указаны данные изменения физико-механических свойств материалов (грунтов и асфальтобетонов) в результате применения вышеуказанных добавок. Все испытания были проведены в соответствии с действующей нормативной документацией, а также соблюдены все необходимые требования к испытываемым материалам.

Также авторами были произведены испытания материалов с и без добавок в своём составе в приборе динамических испытаний. С помощью данного прибора оценивается возможность материала противостоять накоплению остаточных деформаций в результате многократного приложения расчётной нагрузки, т. е. происходит имитация ситуации, в которой находятся материалы конструктивных слоёв дорожных одежд во время многократного проезда по ним автомобилей.

В качестве представления результатов были построены графики, с помощью которых можно сделать вывод о том, что применение стабилизирующей добавки для грунта земляного полотна и адгезионной для асфальтобетона позволяет снизить накопление остаточных деформаций и, как следствие, увеличить межремонтный срок дорожной одежды.

Ключевые слова: остаточные деформации; дорожная одежда; грунт земляного полотна; стабилизирующая добавка; адгезионная добавка; асфальтобетон; физико-механические свойства

Введение

В настоящее время наблюдается непрерывный рост интенсивности движения на автомобильных дорогах РФ, а также увеличение количества большегрузов. Дорожные одежды не могут удовлетворять расчётным срокам, указанным в нормативной документации, вследствие интенсивного накопления в них остаточных деформаций.

В целях снижения накопления остаточных деформаций рекомендуется применение специальных добавок для улучшения свойств дорожно-строительных материалов.

На сегодняшний день на рынке производителями представлен широкий ассортимент различных добавок. В данной статье рассматриваются способы снижения накопления остаточных деформаций в конструктивных слоях дорожных одежд и в грунте земляного полотна за счет применения стабилизирующих и гидрофобизирующих добавок для грунтов, а также адгезионных добавок в асфальтобетон.

Основная часть

Первоочередным важным элементом в дорожной конструкции является земляное полотно. Именно от качества его сооружения зависит ее срок службы. Также важно отметить, что не во всех регионах нашей страны присутствуют материалы требуемого качества. При конструировании дорожной одежды согласно ОДН 218.046-01¹ и отсутствии качественного каменного материала в районе строительства возможно применение грунта, укрепленного

¹ ОДН 218.046-01 «Проектирование нежестких дорожных одежд». М.: Союздорнии. 2001. – 82 с.

стабилизирующими добавками. Данное решение не только позволит соблюсти все необходимые свойства конструктивных слоёв, но и приведёт к снижению стоимости строительства дороги [1].

В настоящее время в мировой практике, в том числе и в России наибольшую популярность получили следующие стабилизаторы грунтов: ANT, nanoSTAB, Roadbond, Дорзин, Статус-3, LBS, M10+50 и др. [2]. Наибольший интерес представляет стабилизирующая добавка ANT, хорошо зарекомендовавшая себя на рынке.

Стабилизатор «ANT» содержит специальные микроэлементы и поверхностно-активные вещества, которые позволяют ему обеспечивать окислительно-восстановительные реакции воды в грунте на поверхности глинистых и коллоидных частиц. Также при помощи стабилизатора осуществляется ионный обмен с поглощающим комплексом, обуславливая их коагуляцию. ПАВ улучшают свойства органического вяжущего, повышая сцепление поверхностей частиц при уплотнении. В результате проведённых производителем испытаний было выявлено оптимальное количество добавки: 0,0071 % [3].

В результате проведения испытаний образцов грунта были определены оптимальная влажность и максимальная плотность согласно методикам действующих нормативных документов. Результаты испытаний приведены в таблице 1.

Таблица 1

Максимальная плотность грунта

Влажность, мас. %	Плотность, кг/м ³	Плотность сухого грунта, кг/м ³
Суглинок		
8	1800	1631
10	1861	1652
12	1937	1701
14	1916	1689
15	развалился	развалился
Отсев дробления каменных пород		
2	1978	1789
4	2000	1985
6	1989	1973
8	развалился	развалился
ГПС		
2	2720	2757
4	2834	2791
6	2745	2732

Составлено автором

Выявлено, что для суглинка максимальная плотность достигается при содержании 12 % воды, а для отсева дробления каменных пород и ГПС – 4 %.

Важным аспектом в формировании прочной структуры материала при стабилизации является оптимальный подбор компонента и его дозировка, что в свою очередь сильно сказывается на физико-механические свойства грунта.

В ходе исследования были подготовлены образцы цилиндрической формы стандартных размеров путем уплотнения на гидравлическом прессе с нагрузкой 20 МПа (диаметр и высота образца 50 мм) [4]. Результаты испытаний на предел прочности при сжатии образцов 28 суточного твердения приведены в таблице 2.

Таблица 2

Прочность при сжатии образцов (МПа), стабилизированных «ANT» (0,0071 мас. %)

Материал	Прочность при сжатии (МПа) при влажности (%)									СТО 60929601.007- 2014 ²
	4			8			12			
	Содержание портландцемента, %									
	3	4	5	3	4	5	3	4	5	
Суглинок	-	-	-	-	-	-	4,39	4,25	5,41	2,00
Отсев	4,79	3,75	3,56	-	-	-	-	-	-	
ГПС	1,38	1,88	2,41	-	-	-	-	-	-	

Составлено автором

Анализируя результаты испытаний на предел прочности при сжатии было установлено, что наибольшую прочность имеют образцы суглинка и отсева дробления каменных пород с содержанием 3 % портландцемента и 0,0071 % ANT. Далее был построен график исследования изменения прочности при сжатии образцов во временном промежутке от 3 до 28 суток (рис. 1).

Рисунок 1. Динамика прочности при сжатии образцов, стабилизированных «ANT», содержащие 3 % портландцемента (составлено автором)

Также было проведено исследование водопоглощения следующих образцов: суглинок и отсев дробления каменных пород, стабилизированные добавкой «ANT» с содержанием 3 % портландцемента. Результаты представлены на рисунке 2.

Рисунок 2. Водопоглощение образцов, стабилизированных «ANT» (0,0071 %), содержащие портландцемент (3 %) (составлено автором)

² СТО 60929601.007-2014. Грунты, укрепленные стабилизатором «ANT», для автодорожного строительства / ЗАО «АНТ-Инжиниринг». – Введ. 18.04.2012. – 48 с.

После анализа вышеуказанных результатов был сформирован вывод о том, что образцы суглинков и отсева дробления отвечают заявленным требованиям нормативной документации по водопоглощению и прочности при сжатии при этом прочность при сжатии составляет от 1,3 до 3,77 МПа. Результаты приведены в таблице 3.

Таблица 3
Значения прочности при сжатии водонасыщенных образцов, стабилизированных «ANT»

Образцы	Прочность при сжатии образцов при содержании 3 % портландцемента	Значение СТО 60929601.007-2014
Суглинок	1,30	1,00
Отсев	3,77	

Составлено автором

Для оценки устойчивости исследуемых образцов к накоплению остаточных деформаций были проведены испытания на приборе динамических испытаний [5]. Результаты испытаний приведены на рисунках 3 и 4.

Рисунок 3. Лабораторные испытания устойчивости суглинистого грунта к накоплению остаточных деформаций на приборе динамических испытаний (составлено автором)

Рисунок 4. Лабораторные испытания устойчивости отсева дробления каменных пород к накоплению остаточных деформаций на приборе динамических испытаний (составлено автором)

Также накоплению остаточных деформаций подвержены конструктивные слои из асфальтобетонов при длительном воздействии большегрузных транспортных средств и температурных факторов. Это в свою очередь сильно сказывается на эксплуатационных характеристиках автомобильной дороги.

Для обеспечения продления срока службы асфальтобетонных покрытий возможным вариантом является применение адгезионных добавок. Адгезионные добавки обеспечивают повышение «прилипания» вяжущего к каменным материалам, а также увеличивают устойчивость асфальтобетонов к старению. Еще одним преимуществом применения адгезионных добавок является возможность более широкого применения имеющихся в наличии местных сырьевых материалов, что снижает потребность в транспортных перевозках и уменьшает негативное воздействие на окружающую среду.

Использование адгезионных присадок не позволяет устранять разрушающее действие воды, которое может возникать из-за некачественной конструкции дорожного полотна, применения неправильных технологий строительства или материалов, не отвечающих требованиям действующей нормативной документации. Но, в то же время, они позволяют снизить влияние этих факторов на дорожную одежду на практике [6].

На сегодняшний день наиболее распространены следующие адгезионные добавки: POLIRAM L-200, ДАД-1, Амдор-10, Амдор-12, Секабаз и др. [7].

Наибольший интерес представляет адгезивная добавка «АМДОП-10». Введение адгезивной добавки «АМДОП-10» в количестве 0,1-0,5 % в битум позволяет: обеспечить наилучшие показатели адгезии вязких и жидких битумов с минеральными материалами; снизить температуру производства горячих асфальтобетонных смесей примерно на 10-20°C, то есть снизить интенсивность старения связующего; снизить затраты на технологические нужды и уменьшить количество необходимой энергии; уменьшить количество необходимого вяжущего для производства асфальтобетонных смесей примерно на 6-8 %; увеличить сроки строительных работ на 1-1,5 месяца в год; повысить водо- и морозостойкость асфальтобетона и увеличить капитальный ремонт дороги; улучшить показатели работы АБЗ и темпы строительства дорожного покрытия [8].

Для проведения испытаний по оценке влияния адгезионной добавки на физико-механические свойства асфальтобетонной смеси в качестве примера был выбран крупнозернистый плотный асфальтобетон тип Б марки I. Испытания проводились согласно действующим нормативным документам [9]. Результаты испытаний приведены в таблице 4.

Таблица 4

Результаты лабораторных определений физико-механических показателей

Наименование показателей	Значения физико-механических показателей в результате проведённых испытаний			Требования ГОСТ 9128-2009 ³
	А/б к/з плотный тип Б	тоже +0,5 % Амдор-10	тоже +0,5 % ДАД-1	
Сцепление при сдвиге, Мпа	0,26	0,28	0,27	Не менее 0,23
Водостойкость	0,92	0,99	0,97	Не менее 0,95
Остаточная пористость	2,67	2,71	3,02	Свыше 2,5 до 5,0
Предел прочности при сжатии, МПа при температуре 20°C	3,1	3,4	3,4	Не менее 2,5
При температуре 50°C	1	1,3	1,1	Не менее 1,0
При температуре 0°C	8,6	8,5	8,5	Не более 9,0

³ ГОСТ 9128-2009. Смесей асфальтобетонные дорожные, аэродромные и асфальтобетон. Технические условия. Изд. стандартов, 2009. – 20 с.

Наименование показателей	Значения физико-механических показателей в результате проведённых испытаний			Требования ГОСТ 9128-2009 ³
	А/б к/з плотный тип Б	тоже +0,5 % Амдор-10	тоже +0,5 % ДАД-1	
Водостойкость при длительном водонасыщении	0,89	0,97	0,96	Не менее 0,90
Водонасыщение, %	2,6	2,1	2,2	от 1,5 до 4,0
Пористость минеральной части, %	15,45	15,78	15,5	от 14 до 19
Средняя плотность, г/см ³	2,38	2,41	2,4	Не нормируется
Сдвигоустойчивость при 50°C по коэф-ту внутреннего трения, Мпа	0,82	0,85	0,85	Не менее 0,80
Трещиностойкость, Мпа	4,5	4,7	4,6	Не менее 3,0 не более 5,5

Составлено автором

Исходя из проведенных исследований, высокие результаты были получены у плотного асфальтобетона типа Б I марки при содержании 0,5 % адгезионной добавки Амдор-10.

Для оценки устойчивости исследуемых образцов к накоплению остаточных деформаций были проведены испытания плотного асфальтобетона типа Б I марки на приборе ПДИ как с адгезионной добавкой Амдор-10, так и без нее. В ходе эксперимента, при использовании специально разработанной компьютерной программы, регистрировалось количество приложений нагрузки, а датчики линейного перемещения отслеживали изменение положения штампа [10]. Результаты испытаний приведены на рис. 5.

Рисунок 5. Лабораторные испытания устойчивости крупнозернистого плотного асфальтобетона к накоплению остаточных деформаций на приборе динамических испытаний (составлено автором)

Вывод

На основании проведенных исследований было установлено:

1. При укреплении стабилизирующей добавкой «ANT» (0,071 %) и портландцементом (3 %) суглинистого грунта и отсева дробления каменных материалов значительно улучшаются показатели водонасыщения и прочности при сжатии (до 30 %).
2. Устойчивость к накоплению остаточных деформаций у суглинистого грунта и отсева дробления каменных материалов с применением стабилизирующей

добавки «ANT» (0,071 %) и цемента (3 %) соответственно в 4,6 и 7 раз выше, чем у аналогичных образцов без применения добавки.

3. Наилучшие значения физико-механических показателей для плотной асфальтобетонной смеси типа Б, марки I были получены с адгезионной добавкой «Амдор-10» (0,5 %). Существенно повышены водостойкость, в том числе при длительном водонасыщении и предел прочности при сжатии при температуре 20°C и 50°C.
4. Существенное влияние на накопление необратимых деформаций в плотной асфальтобетонной смеси типа Б, марки I оказывает адгезионная добавка «Амдор-10» (значения деформаций снизилось в 1,5 раза в сравнении с аналогичной смесью без добавки).

ЛИТЕРАТУРА

1. Карацупа С.В., Яковлев Е.А., Дмитриева Т.В. Укрепление глинистых пород в дорожном строительстве // Вестник Белгородского государственного университета имени В.Г. Шухова. 2008. №3. С. 12-15.
2. Андреева А.В., Буренина О.Н., Давыдова Н.Н., Даваасенгэ С.С., Саввинова М.Е. Исследование физико-механических свойств стабилизированных «ANT» грунтов // Приволжский научный вестник. 2016. № 4 (56). С. 23-27.
3. Фурсов С.Г. Строительство конструктивных слоев дорожных одежд из грунтов, укрепленных вяжущими материалами // Автомобильные дороги и мосты. 2007. Вып. 3. С. 17-21.
4. Егоров Г.В., Андреева А.В., Буренина О.Н. Укрепленные грунты с применением стабилизатора для строительства автомобильных дорог в условиях севера // Вестник Северо-Восточного федерального университета им. М.К. Аммосова. 2013. №4. С. 41-45.
5. Матуа В.П., Панасюк Л.Н. Прогнозирование и учет накопления остаточных деформаций в дорожных конструкциях. Ростов н/Д: Рост. гос. строит. ун-т, 2001. – с. 327.
6. Кузнецов Д.А., Высоцкая М.А., Барабаш Д.Е. Влияние адгезионных добавок на интенсивность деградационных процессов дорожных битумов // Строительные материалы. 2012. №10. С. 24-27.
7. Шамалов В.А., Захарова П.М., Моисеев Д.Н. Исследование влияния адгезионных добавок «Амдор-10» и «POLYRAM L-200» на физико-механические свойства битума // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2017. №2. С. 166-169.
8. Идрисов М.Р., Кемалов Р.А., Кемалов А.Ф. Создание адгезионной добавки к щебеночно-мастичному асфальтобетону // Вестник Казанского технологического университета. 2011. № 9. С. 226-228.
9. Гадельшин Р.М., Ибрагимова Д.А., Закиева Р.Р., Абдельсалам Я.И.И., Петров С.М. Модификация окисленных битумов кислородосодержащими соединениями // Вестник Казанского технологического университета. 2014. Т. 17. № 14. С. 451-453.
10. Матуа В.П., Чирва Д.В., Мирончук С.А. Современные методы оценки устойчивости дорожно-строительных материалов к накоплению остаточных деформаций. – Ростов н/Д: Издательский центр ДГТУ, 2016. – 110 с.

Mygal Georgij Alexandrovich

Don state technical university, Rostov-on-Don, Russia
E-mail: gmygal@rambler.ru

Mironov Nikita Sergeevich

Don state technical university, Rostov-on-Don, Russia
E-mail: Nikit1739@rambler.ru

Matua Vakhtang Parmenovich

Don state technical university, Rostov-on-Don, Russia
E-mail: vpmatua@mail.ru

Reducing the accumulation of residual deformations in the structural layers of pavements and in the subgrade soil through the use of stabilizing and adhesive additives

Abstract. Road constructions are most relevant. This article provides data on the improvement of the properties of road construction materials, including those added to the soil: stabilized soil and adhesive asphalt concrete. Because of the impact of the above-mentioned additives, the accumulation of residual deformations in the structural layers of road products are reduced.

The analysis of the market of the Russian Federation, which resulted in the identification of the following most preferred options for additives for research: ANT for soil stabilization and Amdor-10 and DAD-1 mark C for asphalt concrete. For asphalt concrete, several additives were considered, since this is the most important structural layer in road pavement, perceiving the load from passing vehicles.

This article provides comparative tables and graphs, which provide data on changes in the physic-mechanical properties of materials (soils and asphalt concrete) as a result of the application of the above additives. All tests were performed in accordance with the current regulatory documentation, and all the necessary requirements for the test materials were met.

Were also obtained materials for testing. With the help of this device the possibility of resisting the accumulation of residual deformations is estimated. There is an imitation of situations in which materials are in real road.

As a result, data were obtained that the use of stabilizing additives for soil and adhesive fabric reduces the accumulation of residual deformations and, as a result, increases the turnaround time between repairs.

Keywords: residual strain; road clothes; subgrade soil; stabilizing additive; adhesive additive; asphalt concrete; physical and mechanical properties

REFERENCES

1. Karatsupa S.V., Yakovlev E.A., Dmitrieva T.V. (2008). Strengthening clay rocks in road construction. *Bulletin of Belgorod State University named after V.G. Shukhov*, 3, pp. 12-15 (in Russian).
2. Andreeva A.V., Burenina O.N., Davydova N.N., Davaasengeh S.S., Savvinova M.E. (2016). Investigation of the physicommechanical properties of stabilized "ANT" soils. *Volga Scientific Herald*, 4(56), pp. 23-27 (in Russian).
3. Fursov S.G. (2007). Construction of structural layers of pavements made of soils reinforced with binders. *Roads and bridges*, 3, pp. 17-21 (in Russian).
4. Egorov G.V., Andreeva A.V., Burenina O.N. (2013). Fortified soil with the use of a stabilizer for the construction of roads in the north. *Bulletin of the North-Eastern Federal University M.K. Ammosova*, 4, pp. 41-45 (in Russian).
5. Matua V.P., Panasyuk L.N. (2001). Prognozirovaniye i uchet nakopleniya ostatochnykh deformatsiy v dorozhnykh konstruktsiyakh. [*Prediction and accounting for the accumulation of residual deformations in road structures.*] Rostov-on-Don: Rostov State University of Civil Engineering, p. 327.
6. Kuznetsov D.A., Vysotskaya M.A., Barabash D.E. (2012). Influence of adhesive additives on the intensity of degradation processes of road bitumen. *Construction materials*, 10, pp. 24-27 (in Russian).
7. Shamalov V.A., Zakharova P.M., Moiseev D.N. (2017). Study of the effect of adhesive additives "Amdor-10" and "POLYRAM L-200" on the physical and mechanical properties of bitumen. *Bulletin of Kuzbass State Technical University*, 2, pp. 166-169 (in Russian).
8. Idrisov M.R., Kemalov R.A., Kemalov A.F. (2011). Creation of adhesive additive to stone mastic asphalt concrete. *Bulletin of Kazan Technological University*, 9, pp. 226-228 (in Russian).
9. Gadel'shin R.M., Ibragimova D.A., Zakieva R.R., Abdel'salyam YA.I.I., Petrov S.M. (2014). Modification of oxidized bitumen with oxygen-containing compounds // *Bulletin of Kazan Technological University*, 14(17), pp. 451-453 (in Russian).
10. Matua V.P., Chirva D.V., Mironchuk S.A. (2016). Sovremennyye metody otsenki ustoychivosti dorozhno-stroitel'nykh materialov k nakopleniyu ostatochnykh deformatsiy. [*Modern methods for assessing the sustainability of road construction materials to the accumulation of residual deformations.*] Rostov-on-Don: Publishing Center of the Don State Technical University, p. 110.