

DOI: 10.12737/article_590878fa8ad578.97254754

Золотых С.Н., аспирант, ассистент
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ УКРЕПЛЕННЫХ ГРУНТОВ В КОНСТРУКЦИИ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ

sveta-zolotykh@yandex.ru

Для повышения провозной способности грузонапряженных направлений одной из ключевых задач развития ОАО «РЖД» до 2030 года является развитие тяжеловесного движения. Сегодня одним из наиболее уязвимых элементов железнодорожного пути является земляное полотно, которое в основном построено из глинистых грунтов. Проблемой повышения надежности работы земляного полотна из таких грунтов занимаются многие научно-исследовательские институты. Особую актуальность приобретают исследования по применению местных грунтов, путем их стабилизации. В ходе проведенных исследований композиционного материала из различных видов грунтов, с портландцементом и полимерно-минеральной композиции Nicoflok была установлена возможность использования комплексно укрепленных грунтов в конструкции железных дорог. Стабилизация местных грунтов обеспечит более высокие прочностные свойства, сохранит стабильность влажности грунтов ядра земляного полотна, снизит стоимость строительства железных дорог.

Ключевые слова: местные грунты, стабилизация, полимерно-минеральная композиция Nicoflok, земляное полотно, глинистые грунты.

Для повышения провозной способности грузонапряженных направлений одной из ключевых задач развития ОАО «РЖД» до 2030 года является развитие тяжеловесного движения при одновременном повышении скоростей с минимизацией затрат на эксплуатацию объектов инфраструктуры на всех стадиях жизненного цикла [1].

На сегодняшний день, одним из наиболее уязвимых элементов железнодорожного пути является земляное полотно. По оценкам специалистов на 7 % протяженности железных дорог наблюдаются дефекты и деформации земляного полотна, так как 70 % железных дорог устраиваются из глинистых грунтов, и в процессе эксплуатации происходят деформации и разрушения земляного полотна, так как глинистые грунты снижают прочностные характеристики с увеличением влажности [2].

Проблемой повышением надежности работы земляного полотна из глинистых грунтов занимаются многие научно-исследовательские институты [3–7]. Типовым решением этой задачи является устройство в конструкциях земляного полотна защитных слоев из дренирующих грунтов [8, 9], стоимость которых значительно возрастает с увеличением дальности транспортировки этих материалов, при этом не обеспечивается сохранение стабильной влажности земляного полотна в процессе его эксплуатации.

На сегодняшний день особую актуальность приобретают исследования, направленные на повышение надежности земляного полотна с применением местных грунтов [10].

Для того чтобы исключить сезонные ослабления верха земляного полотна и загрязнения

нижнего слоя балласта разжиженным глинистым грунтом, а также уменьшить прогиб рельса, целесообразно усиление верха земляного полотна за счет его стабилизации [11].

Устройство предлагаемых укрепленных слоев земляного полотна обеспечит не только высокую прочность и атмосферостойкость, но и значительно снизит стоимость строительства.

В данной статье рассматривается возможность использования различных видов укрепленных грунтов в конструкции земляного полотна. Оценка работоспособности производилась на основе результатов физико-механических характеристик композиционного материала, приготовленного из смеси различных видов грунтов с портландцементом типа ЦЕМ I класса 42,5Н и отечественной полимерно-минеральной композиции (ПМК), представляющей собой нерастворимый в воде тонкодисперсный порошок – ПМК «Nicoflok» [12].

Для исследования был принят распространенный в Российской Федерации вид глинистых грунтов. Классификация исследуемых грунтов [13] по числу пластичности и содержанию песчаных частиц приведена в табл. 1.

Эксперимент проводился следующим образом: в воздушно-сухой грунт вводился цемент в разном процентном соотношении и ПМК «Nicoflok»; после увлажнения грунта до оптимальной влажности [14] и из смеси формовались образцы цилиндрической формы под нагрузкой 15 МПа [15]; изготовленным образцам были обеспечены условия нормального твердения. Сравнительные результаты определения физико-механических показателей приведены в табл.2

Таблица 1

Классификация исследуемых грунтов

№ пробы	W_L	W_p	I_p	Содержание песчаных частиц (2-0,5 мм), % по массе	Наименование грунта
1	35,1	20,5	14,6	2,15	суглинок тяжелый пылеватый
2	27,29	16,6	10,69	2,41	суглинок легкий пылеватый
3	20,02	14,15	5,87	5,34	супесь пылеватая

Таблица 2

Физико-механические характеристики композиционного материала

№	Наименование	Водонасыщение, %	Прочность на сжатие, МПа		Модуль деформации, МПа		Модуль деформации в уровне основной площадки, МПа	
		полное	капиляр.	полное	капиляр.	полное	E_{mp}	E_{pac}
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Супесь пылеватая (СП)								
1	СП+Ц4 % +N0,4 %	0,6	4,4	4,3	255	240	100	107
2	СП +Ц6 % +N0,6 %	0,4	6,3	5,8	340	325	100	113
3	СП +Ц8 % +N0,8 %	0,3	6,7	6,0	355	340	100	115
Суглинок легкий пылеватый (СГЛП)								
4	СГЛП +Ц4 % +N0,4 %	0,6	5,7	4,7	330	320	100	92
5	СГЛП +Ц6 % +N0,6 %	0,4	7,1	6,1	395	385	100	97
6	СГЛП +Ц8 % +N0,8 %	0,2	8,8	8,0	500	485	100	112
Суглинок тяжелый пылеватый (СГТП)								
7	СГТП +Ц4 % +N0,4 %	1,3	4,4	4,3	215	305	100	97
8	СГТП +Ц6 % +N0,6 %	0,7	6,2	5,0	315	370	100	101
9	СГТП +Ц8 % +N0,8 %	0,5	7,0	7,5	340	440	100	104

*примечание

 E_{mp} – Значение нормируемого модуля для скоростных пассажирских и особогрузонапряженных железных дорог E_{pac} – Эквивалентный модуль деформации в уровне основной площадки рассчитанный с учетом нижележащих слоев по результатам лабораторных испытаний

Сравнительный анализ свойств образцов грунта супеси и легкого суглинка, комплексно укрепленных цементом совместно с ПМК «Nico-flok» (№1-6), приведенный в табл. 2, указывает на невысокие значения показателя полного водонасыщения, что косвенно свидетельствует о низкой водопроницаемости применяемых материалов.

Уже при применении 4 % цемента, композит из супеси обеспечивает марку по прочности М40, а при 6 % и 8 % цемента М60, что позволяет применять в качестве верхнего слоя земляного полотна в II-V дорожно-климатических зонах.

Более высокие показатели прочности показал суглинок легкий. Здесь, при введении в состав 4 % цемента и 0,4 % ПМК «Nico-flok», марка материала по прочности (при полном водонасыщении) соответствует М40, при 6 % цемента и ПМК 0,6 % «Nico-flok» - марке М60, а при 8 % цемента и «Nico-flok» 0,8 % – марке М80. Это

также позволяет применять такие составы композита суглинка легкого в качестве верхнего слоя земляного полотна в II-V дорожно-климатических зонах.

При укреплении суглинка тяжелого пылеватого различным процентным отношением цемента совместно с «Nico-flok» (№ 7, 8, 9), показатели прочности позволяют устраивать верхний слой земляного полотна при 4% цемента в III-V дорожно-климатических зонах, а при 6 %, 8 % цемента и во II дорожно-климатической зоне.

Значения модулей деформации ($E_{оэф}$) слоя укрепленного грунта из супеси повышаются при повышении содержания цемента с 240 Мпа до 340 Мпа (при полном водонасыщении), что превышает нормируемое значение $E_{нрп} = 230$ Мпа для песчано-гравийной смеси. Значения эквивалентных модулей деформации, учитывающие и прочностные характеристики грунта ядра земляного полотна, нормируемые в уровне основ-

ной площадки для железных дорог различной категории, позволяют использовать супесь пылеватую, укрепленную 6 % цемента 0,6 % «Nico-flok»; и 8 % цемента и 0,8 % «Nico-flok», соответственно, для железных дорог всех категорий, а при укреплении 4 % цемента и 0,4 % «Nico-flok» для дорог I, II и ниже категориях. Значения эквивалентных модулей деформации образцов из суглинка легкого в уровне основной площадки соответствует при 4 % цемента и «Nico-flok» 0,4 % для строительства дорог I и II категории, 6,8 % цемента и 0,6; 0,8 % «Nico-flok», соответственно, для железных дорог всех категорий. Показатели суглинка тяжелого в уровне основной площадки позволяет устраивать верхний слой земляного полотна при 4 и 6 % цемента на железных дорогах I и II категории, а при 8 % цемента - для железных дорог всех категорий.

Вышесказанное позволяет сделать выводы:

- устройство основной площадки с применением местных грунтов обеспечит более высокие прочностные свойства земляного полотна;
- водостойкость укрепленного слоя сохранит стабильность влажности грунтов ядра земляного полотна, что снизит риск потери его прочности и образования дефектов;
- применение местных грунтов взамен привозных дренирующих материалов в верхних слоях земляного полотна снизит стоимость строительства железных дорог.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Протокол заседания главных инженеров ОАО «РЖД» под председательством старшего вице-президента ОАО «РЖД» Гапановича В.А. от 13 апреля 2016 г. № ВГ – 180/ пр.
2. Коншин Г.Г. Рабочая зона в насыпи // Путь и путевое хозяйство. 2001. №2. С 32–36.
3. Обобщение мирового опыта тяжеловесного движения. Конструкция и содержание железнодорожной инфраструктуры. М., 2012. 568 с.
4. Entwerfen von Bahnanlagen im Spannungsfeld von Technik, Wirtschaftlichkeit und Nachhaltigkeit. Zierl Dietmar. ETR: Eisenbahntechnische Rundschau. 2013.62. №6. Pp. 60–64
5. Иванов П. В. Повышение несущей способности железнодорожного земляного полотна, воспринимающего вибродинамическую нагрузку, искусственным укреплением грунтов основной площадки: дисс...канд. тех. наук. Санкт Петербург 1999 г. 189 с.
6. Nasyp kolejowy na terenie Huty Miedzi Głogów, wykonany z innowacyjnego kruszywa pochodzenia pomiedziowego. Maciej Machowski, Andrzej Łopatka, Marek Tondera, Paweł Gambal et. al. Przegląd Górniczy. 2014. 70. №6. Pp.42–48
7. Спиридонов Э.С., Духовный Г.С., Логвиненко А.А., Хоружая Н.В. Научные подходы к оценке качества продукции строительства транспортных объектов // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2009. № 3м. С. 113–116.
8. Колос А.Ф., Козлов И.С., Вишняков В.А. Современные конструкции верхнего строения пути для строительства скоростных и высокоскоростных железнодорожных линий // БРНИ. 2013. №1-2 (6-7). URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/sovremennye-konstruktsii-verhnego-stroeniya-puti-dlya-stroitelstva-skorostnyh-i-vysokoskorostnyh-zheleznodorozhnyh-linij> (дата обращения: 12.02.2017).
9. Уланов И.С. Особенности проектирования высокоскоростной магистрали Москва-Казань // Путь и путевое хозяйство. 2017. №1. С 15–18.
10. Абрамова Т.Т., Босов А.И, Валиева К.Э. Использование стабилизаторов для улучшения свойств связных грунтов // Геотехника. 2012. № 3. С. 4–28.
11. Шарипов С.Н., Исаенко Э.П. Рекомендации по усилению пути на линиях с тяжеловесным движением// Путь и путевое хозяйство. 2016. №7. С 2–7.
12. Сравнительный анализ эффективности применения стабилизирующих составов и полимерных добавок в конструкциях дорожных одежд автомобильных дорог. Под ред. А.Т. Максимова. СПб.: ООО «Никель», 2006. 24 с.
13. ГОСТ 25100-2011 Грунты. Классификация. Введ. 1.01.2013. М.: Изд-во Стандартиформ, 2013. 42 с.
14. ГОСТ 22733-2016 Грунты. Метод лабораторного определения максимальной плотности. Введ. 01.01.2017. М.: Изд-во Стандартиформ, 2016. 12 с.
15. ГОСТ 23558-94. Смеси щебеночно-гравийно-песчаные и грунты, обработанные неорганическими вяжущими материалами для дорожного и аэродромного строительства. Технические условия. М.: ФГУП «Стандартиформ», 2005. 8 с.
16. ГОСТ 10180-2012 Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам. М.: ФГУП «Стандартиформ», 2013. 35 с.

Zolotykh S.N.**RESEARCH OF THE POSSIBILITY OF USING STABILIZED SOIL
IN THE CONSTRUCTION OF THE SUBGRADE OF RAILWAYS**

To increase the carrying capacity of freight traffic, one of the key tasks of the development of JSCo «Russian Railways» until 2030 is the development of heavy traffic. Today one of the most vulnerable elements of a railway track is the roadbed which is generally constructed of clay soil. Many research institutes deal with a problem of increase in reliability of work of a road bed from such soil. Particularly important studies on the use of local soil by stabilization. During the conducted researches of composite material from different types of soil, with a portlandtsement and polymer-mineral composition Nicoflok the possibility of use of in a complex stabilized soil in a structure of the railway track has been established. Stabilization of local soil will provide higher strength properties, will keep stability of humidity of soil of a kernel of a road bed, will reduce the cost of railway construction.

Key words: *local soils, stabilization, polymer-mineral composition Nicoflok, subgrade, clay soils*

Золотых Светлана Николаевна, аспирант.

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

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

E-mail: lebedev.lebedev.v.m@yandex.ru