

УЛУЧШЕНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ДИСПЕРСНЫХ ГРУНТОВ КОМПЛЕКСНЫМИ ДОБАВКАМИ

Д-р техн. наук, профессор **В.П. Матуа**,
аспирант **С.А. Карпенко**

(Донской государственной технической университет)

Контактная информация: vpmatua@mail.ru;
sk31985@yandex.ru

В статье рассмотрены вопросы улучшения физико-механических свойств местных дисперсных малопригодных грунтов современными стабилизирующими добавками и полифилизаторами для возможного применения в слоях оснований и покрытий дорожных одежд взамен привозных дорогостоящих кондиционных материалов.

Ключевые слова: дисперсные грунты, добавка, полифилизатор, стабилизирующая добавка, физико-механические свойства укрепленных грунтов.

Дорожное строительство в современном мире имеет огромное значение для экономики не только отдельно взятой страны, но и целых континентов. В Российской Федерации за последние годы введено в эксплуатацию значительное количество новых автомобильных дорог, а также выполняются работы по приведению дорог в нормативное состояние. Почти за три года реализации национального проекта «Безопасные качественные дороги» удалось отремонтировать, реконструировать и построить около 48 тысяч км дорог. В частности, программой работ в 2021 г. было охвачено 6 тысяч объектов общей протяженностью более 16,5 тысяч км [1].

В ноябре 2021 г. распоряжением Правительства Российской Федерации № 3363-р была утверждена «Транспортная стратегия Российской Федерации до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года», в которой учитываются положения отраслевых документов стратегического планирования смежных отраслей и межфункциональных документов стратегического планирования.

На период 2021-2022 года в Российской Федерации действует целый ряд национальных проектов:

- Федеральный проект «Региональная и местная дорожная сеть»;
- Федеральный проект «Общесистемные меры развития дорожного хозяйства»;
- Федеральный проект «Безопасность дорожного движения»;

- Федеральный проект «Автомобильные дороги минобороны России»;
- Федеральный проект «Модернизация пассажирского транспорта в городских агломерациях»;
- Федеральный проект «Развитие федеральной магистральной сети» [2].

Реализация принятых нормативных документов, в свою очередь, обуславливает необходимость применения высококачественных строительных материалов для повышения долговечности вводимых объектов, уменьшения сроков строительства и ремонта, увеличения экономической эффективности. Однако, учитывая особенности отдельных регионов, доставка качественных инертных материалов невозможна или экономически нецелесообразна.

Одним из способов решения данной задачи является технология укрепления грунтов и других местных инертных материалов с целью их использования в конструктивных слоях дорожных одежд. Данная технология как минимум позволяет сократить время доставки инертных материалов к месту производства работ, снизить финансовые издержки и затраты на приобретение дорогостоящих материалов и т.д.

Технико-экономические расчеты, проведенные на основе фактических производственных затрат и сроков строительства, показывают, что устройство в дорожной одежде слоев из укрепленных местных грунтов вместо слоев из привозных инертных материалов приводит к снижению стоимости строительства дорог на 10-30 % [3].

В дорожной технической литературе и на практике часто используется термин «местные материалы». При этом всегда учитывается важная особенность и преимущество использования местных материалов в дорожном строительстве. Такие материалы не требуют дальних перевозок автомобильным транспортом и исключают необходимость транспортирования железнодорожным транспортом. Исходя из этого, к местным, а следовательно, к доступным для применения и дешевым материалам, подвергаемым укреплению вяжущими и другими веществами, следует относить рецептуру широко распространенных природных грунтов различного состава [4].

Профессор Филатов М.М. ещё в 1936 г. писал: *«Несцементированный грунт, обладающий наибольшей плотностью и следовательно имеющий минимальную пористость, при некотором благоприятном гранулометрическом составе, вместе с тем характеризующийся величиной сопротивления давлению не менее допустимого предела и отличающийся неразмокаемостью в воде, является теоретически оптимальным для дорожного полотна»* [5].

Таким образом, при условии улучшения стабилизирующими добавками некоторых характеристик «местных» малопригодных или непригодных грунтов, возможно обеспечить их применение при строительстве, реконструкции и ремонте автомобильных дорог. Для реализации данной задачи проведен ряд лабораторных исследований дисперсных (суглинистых) грунтов с применением комплексной добавки: полифилизатор «ПГСП-3» и стабилизатор «АНТ». Кроме того, для получения сопоставительных результатов были проведены лабораторные испытания образцов из этих же грунтов, укрепленных портландцементом М-400.

Образцы с применением портландцемента М-400 были сформованы по трем различным соотношением вяжущего с грунтом. Составы полученной смеси содержали 1 %, 3 % и 5 % портландцемента от массы грунта, средние значения результатов по сериям образцов приведены в **табл. 1**. Нагрузка при формовке образцов составляла 80 кН.

Таблица 1

Усреднённые результаты лабораторных испытаний серий образцов из укрепленного цементом грунта

<i>№ п/п</i>	<i>Содержание цемента от массы грунта, %</i>	<i>№ серии образца</i>	<i>Предел прочности на сжатие сухих образцов в возрасте 7 суток, МПа</i>	<i>Предел прочности на сжатие водо- насыщенных образцов в возрасте 28 суток, МПа</i>
<i>1</i>	1 %	1	1,3	0,6
<i>2</i>	3 %	2	2,0	1,5
<i>3</i>	5 %	3	3,0	3,0

Результаты проведенных испытаний показали возможность применения данных материалов для укрепления исходных грунтов, при этом было выявлено, что с увеличением процента содержания портландцемента в смеси повышалась его прочность. Что, в свою очередь, позволило подтвердить ранее применяемую рецептуру укрепления грунтов.

Затем был разработан рецепт смеси из укрепленных ионными закрепителями грунтов с применением полифилизатора «ПГСП-3» производства «ООО МД Системы» и стабилизатора «АНТ» производства «ООО АНТ-Инжиниринг», с различной их концентрацией, влажностью и при стандартной уплотняющей нагрузке. Образцы изготавливались с применением стабилизатора «АНТ» в количестве 0,007 % от массы грунта и 1 и 2 % добавки «ПГСП-3». Результаты исследований приведены ниже (табл. 2).

Таблица 2

Результаты испытаний укрепленных грунтов

<i>№ п/п</i>	<i>Нагрузка при формо- вании, кН</i>	<i>Содержание ПГСП-3, %</i>	<i>Влажность относи- тельно оп- тимальной, %</i>	<i>Предел прочности при сжатии, МПа, в возрасте</i>	
				<i>7 суток (без во- донасы- щения)</i>	<i>28 суток (с капил- лярным водонасы- щением)</i>
<i>1</i>	80	2	90	3,52	2,89
<i>2</i>	80	2	80	5,36	3,73
<i>3</i>	80	2	70	7,34	4,20
<i>4</i>	80	1	90	1,95	1,88
<i>5</i>	80	1	80	3,23	2,48
<i>6</i>	80	1	70	5,2	1,46

С целью уточнения физико-механических показателей были дополнительно проведены испытания образцов с 70 и 80 % влажности от оптимальной.

Для сопоставления полученных результатов предела прочности на сжатие рассмотрены результаты рецептов с применением полифилизаторов и портландцемента в возрасте 28 суток после капиллярного водонасыщения (рис. 1).

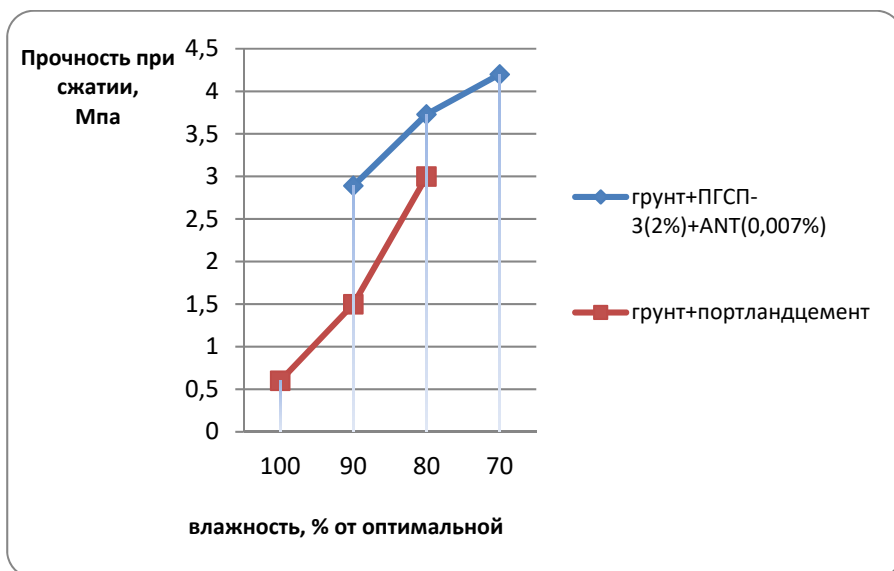


Рис. 1. Предел прочности при сжатии укрепленного грунта с применением комплексного вяжущего (ПГСП-3+ANT) и портландцемента

Кроме того, для смеси укрепленного грунта с применением полифилизаторов были проведены испытания по определению прочности на растяжение при раскалывании. Результаты показали прочность для смеси «Грунт + ПГСП-3 (2 %) + ANT (0,007 %)» не менее 0,7 МПа, а для «Грунт + 5 % портландцемента» – 0,65 МПа.

В современных условиях строительства, с учетом сжатых сроков, одной из наиболее перспективных задач является задача, касающаяся нехватки инертных материалов. Одним из путей ее решения является применение местных материалов и технологии укрепления грунтов, что способствует повышению физико-механических показателей дорожных конструкций.

По результатам, полученным в процессе проведения экспериментальных исследований, можно заключить о необходимости дальнейшего изучения и последующего применения укрепленных местных материалов, в том числе дисперсных грунтов с применением комплексной добавки («ANT» + «ПГСП-3»), что, в свою очередь, будет способствовать снижению стоимости строительства, реконструкции и ремонта дороги с одновременным увеличением срока службы и долговечности дорожной конструкции.

ЛИТЕРАТУРА

1. Игорь Костюченко презентовал экспозицию дорожного нацпроекта на выставке «Транспорт России» [Электронный ресурс] // <https://bkdrf.ru> – Режим доступа: <https://bkdrf.ru/news/read/igor-kostyuchenko-prezentoval-ekspozitsiyu-dorozhnogo-natsproekta-na-vystavke-transport-rossii> (дата обращения: 17.02.2022 г.).
2. Об утверждении Транспортной стратегии Российской Федерации до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 27 ноября 2021 г. № 3363-р. [Электронный ресурс] // <https://mintrans.gov.ru/> – Режим доступа: <https://mintrans.gov.ru/documents/2/11577> (дата обращения: 17.02.2022 г.).
3. Пономарев А.Д. Инновационные методы стабилизации и укрепления грунтов. Глубинная стабилизация. Актуальные вопросы в науке и практике / А.Д. Пономарев, Н.Ю. Далаев // Сборник статей по материалам III международной научно-практической конференции. В 4-х частях. – 2017. – Том I. – С. 112-116.
4. Эффективные технологии строительства дорог и аэродромов [Электронный ресурс] // <https://docplayer.com> – Режим доступа: <https://docplayer.com/31870852-Effektivnyye-tehnologii-stroitelstva-dorog-i-aerodromov.html> (дата обращения: 17.02.2022 г.).
5. Филатов М.М. Основы дорожного грунтоведения / М.М. Филатов. – М.-Л.: Государственное транспортное издательство, 1936. – 538 с.

L I T E R A T U R A

1. Igor' Kostyuchenko prezentoval ekspozitsiyu dorozhnogo natsproekta na vystavke «Transport Rossii» [Elektronnyj resurs] // <https://bkdrf.ru> – Rezhim dostupa: <https://bkdrf.ru/news/read/igor-kostyuchenko-prezentoval-ekspozitsiyu-dorozhnogo-natsproekta-na-vystavke-transport-rossii> (data obrashcheniya: 17.02.2022 g.).
2. Ob utverzhenii Transportnoj strategii Rossijskoj Federacii do 2030 goda s prognozom na period do 2035 goda. Rasporyazhenie Pravitel'stva Rossijskoj Federacii ot 27 noyabrya 2021 g. № 3363-r. [Elektronnyj resurs] // <https://mintrans.gov.ru/> – Rezhim dostupa: <https://mintrans.gov.ru/documents/2/11577> (data obrashcheniya: 17.02.2022 g.).
3. Ponomarev A.D. Innovacionnye metody stabilizacii i ukrepleniya gruntov. Glubinnaya stabilizaciya. Aktual'nye voprosy v nauke i

- praktike / A.D. Ponomarev, N.Yu. Dalyaev // Sbornik statej po materi-alam III mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii. V 4-h chastyah. – 2017. – Tom I. – S. 112-116.*
4. *Effektivnye tekhnologii stroitel'stva dorog i aerodromov [Elektronnyj resurs] // <https://docplayer.com> – Rezhim dostupa: <https://docplayer.com/31870852-Effektivnye-tehnologii-stroitelstva-dorog-i-aerodromov.html> (data obrashcheniya: 17.02.2022 g.).*
 5. *Filatov M.M. Osnovy dorozhnogo gruntovedeniya / M.M. Filatov. – M.-L.: Gosudarstvennoe transportnoe izdatel'stvo, 1936. – 538 s.*

**IMPROVEMENT OF PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES
OF DISPERSIVE SOILS USING COMPLEX ADDITIVES**

*Doctor of Engineering, Professor V.P. Matua,
Postgraduate student S.A. Karpenko
(Don State Technical University)
Contact information: vpmatua@mail.ru;
sk31985@yandex.ru*

The article deals with the issues of improving physical and mechanical properties of local dispersive hardly suitable soils using modern stabilizing additives and polyphilizers for possible use in base and surface courses of road pavements instead of imported expensive conditioned materials.

Key words: *dispersive soils, additive, polyphilizer, stabilizing additive, physical and mechanical properties of reinforced soils.*

Рецензент: канд. техн. наук Н.Н. Беляев (ФАУ «РОСДОРНИИ»).
Статья поступила в редакцию: 14.03.2022 г.