

УДК 625.731:624.138

Вдовин Е.А. – кандидат технических наук, доцент

Мавлиев Л.Ф. – аспирант

E-mail: vdovin@kgasu.ru

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1

Повышение качества местных укрепленных грунтов путем регулирования гранулометрического состава

Аннотация

Проведены исследования по повышению качества местных укрепленных глинистых грунтов путем регулирования гранулометрического состава. Определено влияние содержания песчаных частиц на физико-механические свойства местных укрепленных глинистых грунтов. Установлено, что повышение качества местных укрепленных грунтов для создания эффективных дорожных одежд сельских автомобильных дорог возможно путем введения в грунт, помимо вяжущего, гранулометрических добавок. Регулируя гранулометрический состав, т.е. количество песчаных, пылеватых и глинистых частиц, возможно направленно изменять физико-механические свойства укрепленных грунтов в зависимости от области их применения. На основе анализа полученных данных определена область применения исследованных местных укрепленных грунтов различного гранулометрического состава.

Ключевые слова: укрепленные грунты, гранулометрический (зерновой) состав, прочность и морозостойкость укрепленных грунтов.

Сеть расселения в Республике Татарстан на 01.01.2011 г. представлена 3073 населенными пунктами, из которых 912 не имеют подъездов с твердым покрытием (29,7 процента общего количества населенных пунктов). Протяженность таких дорог с низшим типом покрытия составляет 2205,7 километров. Отсутствие подъездов с твердым покрытием к сельским населенным пунктам обуславливает значительные затраты на перевозки по грунтовым дорогам. Одним из направлений решения данных проблем является замена в дорожных одеждах слоев из дефицитного прочного щебня на укрепленные местные грунты. Внедрение данных материалов в конструкциях дорожных одежд в региональной сети позволит наряду с техническими задачами решать также приоритетные задачи по повышению транспортной доступности, социально-экономическому развитию сельских населенных пунктов, улучшению экологической ситуации и расширению номенклатуры сырьевой базы Республики Татарстан.

На территории Республики Татарстан повсеместно распространены глинистые и в меньшей степени песчаные грунты. Основным сдерживающим фактором широкого применения укрепленных глинистых грунтов в дорожном строительстве является резкое снижение их физико-механических характеристик при увлажнении и замораживании-оттаивании [1], песчаных же грунтов – их стоимость, во многих случаях связанная с дальностью транспортировки. Также несмотря на повышенный расход вяжущих и затруднения при выполнении технологических операций, все же выгодно местные глинистые грунты подвергать укреплению. При этом достигается большая экономия материальных ресурсов: намного уменьшается потребность в железнодорожных и автомобильных перевозках материалов, повышается производительность труда. Следовательно, при окончательном выборе видов грунтов, подвергаемых укреплению, всегда необходимо подходить дифференцированно и учитывать весь комплекс природных факторов, техническую и экономическую эффективность. Крупнообломочные грунты, гравелистые, крупные и средние пески целесообразно использовать не только для укрепления, но и применять их в качестве скелетных добавок. Используя крупнообломочные и песчаные грунты, можно получить смеси оптимального гранулометрического состава, которые являются наиболее пригодными для укрепления вяжущими материалами [2].

Известно также, что гранулометрический состав грунтов оказывает существенное влияние на их водно-физические, физико-механические, воздушные, тепловые свойства, окислительно-восстановительные условия, поглотительную (сорбционную) способность [3]. В работах Е. Головачёва предложены методы улучшения грунтов путём уплотнения, а также смешения песка и гравия с глинистым грунтом. Методы улучшения грунтов гранулометрическими добавками получили дальнейшее развитие в работе профессора Г.Д. Дубелира. На основе работ профессоров Н.Н. Иванова, В.В. Охотина, П.А. Замятченского и других была разработана теория оптимальных смесей и способов производства работ с гранулометрическими добавками. Улучшение грунтов методом составления «оптимальных смесей» заключается в том, что в грунт определенного гранулометрического состава добавляются частицы определенной крупности с целью получения наиболее плотной массы, способной лучше сопротивляться внешним воздействиям. На основе данных исследований разработаны составы оптимальных смесей грунтов для различных условий их увлажнения, фракционный состав которых представлен в таблице 1 [4].

Таблица 1

Состав оптимальных песчано-глинистых смесей (в %)

Размер фракции, мм	Зона недостаточного и нормального увлажнения		Зона избыточного увлажнения	
	Тип А1	Тип А2	Тип Б1	Тип Б2
2,0-0,25	45-60	20-45	45-70	25-45
0,25-0,05	10-20	20-40	15-30	25-55
0,05-0,005	15-35	15-35	15-25	15-25
<0,005	6-12	8-14	3-8	8-10

Анализ литературы по данной теме показал, что одной из актуальных задач решения проблемы отсутствия в определенных регионах России прочных каменных материалов является повышение качества местных укрепленных грунтов, в том числе регулированием их зернового состава.

Целью данной работы явилось исследование физико-механических свойств укрепленных цементом грунтов различного гранулометрического состава и определение области их применения в конструкциях дорожных одежд для условий Республики Татарстан.

Для исследований использован глинистый грунт – суглинок легкий пылеватый по ГОСТ 25100-95 с содержанием песчаных частиц 20 % [5]. Гранулометрический состав глинистого грунта регулировался введением природного песка средней крупности в различных процентных соотношениях. В качестве вяжущего применен портландцемент марки ПЦ 400-Д0-Н с дозировкой 12 % от массы грунта, рекомендуемой пособием по строительству покрытий и оснований автомобильных дорог и аэродромов из грунтов, укрепленных вяжущими материалами (к СНиП 3.06.03-85 Автомобильные дороги).

Результаты испытаний прочности на сжатие и растяжение при изгибе, морозостойкости образцов укрепленных грунтов приведены на рисунке. Из графика рисунка следует, что максимальная прочность на сжатие образцов укрепленных грунтов достигается при оптимальном гранулометрическом составе с содержанием песчаной фракции 60 %. Увеличение содержания песчаных частиц от 40 % до 80 % в гранулометрическом составе грунта обеспечило прирост прочности на сжатие от 4,9 % до 17,1 % соответственно, в сравнении с грунтом естественного зернового состава с содержанием песчаной фракции 20 %. Незначительный рост прочности на растяжение при изгибе (от 1,5 % до 7,7 %) происходит при увеличении содержания песчаных частиц до 80 %.

Прочность обработанного материала и укрепленного грунта в проектном возрасте характеризуют маркой по ГОСТ 23558-94 [6]. Соотношение между маркой по прочности и прочностью на сжатие и растяжение при изгибе должно соответствовать требованиям, указанным в таблице 2.

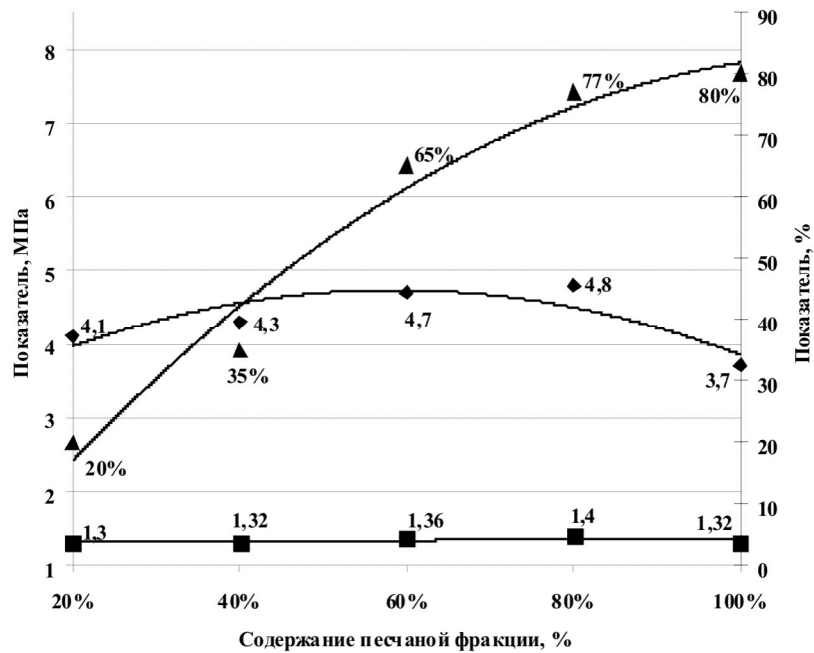


Рис. Изменение физико-механических свойств укрепленного грунта в зависимости от содержания песчаных частиц

- ◆ – предел прочности на сжатие; ■ – предел прочности на растяжение при изгибе;
- ▲ – остаточная прочность после испытания на морозостойкость.

Одним из главных показателей для укрепленных грунтов, применяемых в дорожных одеждах, является морозостойкость. В соответствии с ГОСТ 23558-94 за марку по морозостойкости для грунтов, укрепленных неорганическим вяжущим, принимают установленное число циклов попеременного замораживания-оттаивания, при которых допускается снижение прочности на сжатие не более чем на 25 % от нормируемой прочности в проектном возрасте.

Из графика рисунка видно, что введение гранулометрической добавки в укрепленный глинистый грунт способствует трехкратному увеличению остаточной прочности после 15 циклов попеременного замораживания-оттаивания. Анализ результатов исследований показал, что увеличение содержания песчаной фракции в составе местного глинистого укрепленного грунта до 60 % дает возможность использования полученных материалов в конструкциях дорожных одежд применительно к дорожно-климатическим условиям Республики Татарстан.

Согласно [6], область применения местных укрепленных грунтов в конструкциях дорожных одежд для дорожно-климатических условий Республики Татарстан определяется в соответствии с таблицей 3. Разработанные дорожно-строительные материалы на основе местных укрепленных грунтов могут применяться в конструкциях дорожных одежд (табл. 3) при содержании в своем составе песчаной фракции не менее 60 %, что соответствует составам оптимальных песчано-глинистых смесей (табл. 1).

Таблица 2

Прочность обработанных цементом материалов и укрепленных грунтов в проектном возрасте 28 суток по ГОСТ 23558-94

Марка по прочности	Предел прочности водонасыщенных образцов, МПа, не менее	
	На сжатие $R_{сж}$	На растяжение при изгибе $R_{изг}$
1	2	3
M20	Св. 1,0-2,0	Св. 0,2-0,4
M40	Св. 2,0-4,0	Св. 0,4-0,8
M60	Св. 4,-6,0	Св. 0,8-1,2
M75	Св. 6,0-7,5	Св. 1,2-1,5
M100	Св. 7,5-10,0	Св. 1,5-2,0

Таблица 3

Область применения глинистых грунтов, укрепленных 12 % портландцемента, в конструкциях дорожных одежд с учетом дорожно-климатических условий Республики Татарстан

№ состава	Содержание песчаной фракции в составе грунта, %	Марка по прочности (М), по морозостойкости (F) по [6]	Область применения в конструкциях дорожных одежд автомобильных дорог
1	20	M40, F0	Не применим
2	40	M40, F5	Не применим
3	60	M40, F10	1. Основание дорожной одежды переходного типа.
4	80	M40, F15	1. Покрытие со слоем износа дорожной одежды переходного типа. 2. Основание дорожной одежды переходного типа. 3. Основание дорожной одежды облегченного типа
5	100	M20, F15	1. Дополнительный слой основания дорожной одежды облегченного типа. 2. Основание дорожной одежды переходного типа.

Таким образом, на данном этапе исследований получены составы укрепленных глинистых грунтов с подобранной гранулометрией для устройства конструктивных слоев дорожных одежд в дорожно-климатических условиях Республики Татарстан. Важно отметить, что регулируя гранулометрический состав, т.е. количество песчаных, пылеватых и глинистых частиц, возможно направленно изменять физико-механические свойства укрепленных грунтов в зависимости от области их применения. Дальнейшие исследования будут направлены на модификацию разработанных материалов с целью снижения расхода вяжущего и повышения строительно-технических свойств.

Список литературы

1. Автомобильные дороги: Одежды из местных материалов: учеб. пособие для вузов / Под ред. А.К. Славуцкого. – М.: Транспорт, 1987. – 255 с.
2. Безрук В.М. Укрепленные грунты (свойства и применение в дорожном и аэродромном строительстве). – М.: Транспорт, 1982. – 231 с.
3. Чуринова М.В. Справочник по инженерной геологии. – М.: Недра, 1974. – 360 с.
4. Цытович Н.А. Механика грунтов (краткий курс). – М.: Высшая школа, 1983. – 12 с.
5. ГОСТ 25100-95. Грунты. Классификация. – М., 1996. – 40 с.
6. ГОСТ 23558-94. Смеси щебеночно-гравийно-песчаные и грунты, обработанные неорганическими вяжущими материалами, для дорожного и аэродромного строительства. Технические условия. – М., 1995. – 12 с.

Vdovin E.A. – candidate of technical sciences, associate professor

Mavliev L.F. – post-graduate student

E-mail: vdovin@kgasu.ru

Kazan State University of Architecture and Engineering

The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Improvement of quality of local staked priming coats by grain size distribution regulation

Resume

This work is devoted to solving the actual problem of the Republic of Tatarstan on the connection of rural settlements by roads with a firm covering and expansion of the range of road-building materials from local ground. On the basis of the literary review the basic lacks of the local ground strengthened by cement are defined.

Authors offer a method of refinement of the local strengthened clay ground by regulation of the grain structure. The work purpose was to study the physical and mechanical properties of the local ground of various grain structure strengthened by cement.

According to the research the influence of the maintenance of sand particles on physical and mechanical properties of the local strengthened clay ground is determined. Test results showed that increasing the maintenance of the sand fraction of the material promotes a durability gain on compression and stretching at bend and to sharp increase in frost. Thus it was established that refinement of the local strengthened ground for efficient road clothes of rural highways, is possible by introduction in the ground, in addition to knitting, grain additives. Regulating grain structure, i.e. quantity of sand and clay particles, it is possible to change physical and mechanical properties of the strengthened ground depending on area of their application.

Based on the analysis of the received data, the scope of the investigated local strengthened ground of various grain structure is defined.

Keywords: staked priming coats, grain-growing structure, durability and frost resistance of staked priming coats.

References

1. Highways: Clothes from local materials: studies. Study for high schools / Under the editorship of A.K. Slavutsky. – M: Transport, 1987. – 255 p.
2. Bezruk V.M. Staked priming coats (properties and application in road and air field building). – M: Transport, 1982. – 231 p.
3. Churinova M.V. Spravochnik on engineering geology. – M.: Nedra, 1974. – 360 p.
4. Tsytovich H.A. Mechanics of priming coats (short course). – M.: Visshaya shkola, 1983. – 12 p.
5. GOST 25100-95. Priming coats. Grading. – M., 1996. – 40 p.
6. GOST 23558-94. Mixes crushed stone-gravel-sand and the priming coats processed by inorganic binding materials, for road and air field building. Specifications. – M., 1995. – 12 p.