

Интернет-журнал «Наукovedение» ISSN 2223-5167 <http://naukovedenie.ru/>
Выпуск 6 (25) 2014 ноябрь – декабрь <http://naukovedenie.ru/index.php?p=issue-6-14>
URL статьи: <http://naukovedenie.ru/PDF/44TVN614.pdf>
DOI: 10.15862/44TVN614 (<http://dx.doi.org/10.15862/44TVN614>)

УДК 625.731-03

Романенко Игорь Иванович

ФГБОУ ВПО «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства»
Россия, Пенза¹

Доцент, заведующий кафедрой «Механизация и автоматизация производства»

Кандидат технических наук

E-Mail: rom1959@yandex.ru

Романенко Мария Игоревна

ФГБОУ ВПО «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства»
Россия, Пенза

Аспирант

E-Mail: romanenko.masha@yandex.ru

Петровнина Ирина Николаевна

ФГБОУ ВПО «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства»
Россия, Пенза

Кандидат технических наук, доцент

E-Mail: irisha-vas@yandex.ru

Пинт Эдуард Михайлович

ФГБОУ ВПО «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства»
Россия, Пенза

Кандидат технических наук, профессор

Еличев Константин Александрович

ФГБОУ ВПО «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства»
Россия, Пенза

Кандидат технических наук, доцент

E-Mail: elichev.55@mail.ru

Стабилизация грунта неорганическими вяжущими

¹ 440028, Россия, г. Пенза, ул. Германа Титова 28

Аннотация. Авторами выявлено влияние шлакощелочных вяжущих «Граунд» и «Граунд-М» на свойства грунтобетон, используемых для укрепления и стабилизации оснований дорожного полотна. Установлена зависимость плотности грунтобетон от расхода шлака и содержания влаги. Обеспечение необходимых структурно-механических свойств требуемой плотности и высокой прочности этого материала невозможно без максимального уплотнения системы на основе грунта, молотого гранулированного доменного шлака, воды и щелочных компонентов.

Доказано, что для песков оптимальная влажность равна 10%-12%, для суглинка 16-18%, а грунтобетон, полученные на их основе и укрепленные шлакощелочным вяжущим, имеют максимальные значения объемной массы скелета.

Было выявлено, что при стабилизации песков, увеличение плотности растворов щелочных компонентов с 1,11 до 1,20 г/см³ способствует набору прочности до 120-130 кгс/см², дальнейшее увеличение плотности растворов щелочных компонентов до 1,22 г/см² приводит к снижению прочностных характеристик на 5-7%. Это связано с реакционной способностью пылеватой составляющей песков.

Авторами в исследованиях выявлено, что оптимальное содержание шлака в композициях из грунтобетон варьируется от 12 до 30% от массы грунта и это зависит от вида укрепляемого грунта.

Ключевые слова: вяжущее; граншлак; шлак; формовочная влажность; грунтобетон; песок; супеси; глина; стабилизатор; прочность на сжатие; плотность.

Ссылка для цитирования этой статьи:

Романенко И.И., Романенко М.И., Петровнина И.Н., Пинт Э.М., Еличев К.А. Стабилизация грунта неорганическими вяжущими// Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» 2014. № 6
<http://naukovedenie.ru/PDF/44TVN614.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ. DOI: 10.15862/44TVN614

На сегодняшний день высокоразвитая дорожная сеть является предпосылкой развития инфраструктуры общества с высоким уровнем жизни, способствует экономическому росту промышленности регионов.

Пензенская область находится в центральной части России. Её удачное географическое расположение позволяет связать запад и восток единой дорожной артерией. Начиная с 1991 года, произошло деление дорог на собственность федерального уровня и на собственность субъектов Федерации. Перечень федеральных дорог открывает шоссе «Москва-Самара» направление «Урал». Протяженность по пензенской области составляет 370,8 км. Протяженность шоссе «Тамбов-Пенза» -154 км. «Саратов- Пенза» -139,6 км. Подъезд к городу Саранск от дороги М5 составляет -86 км. Общая протяженность дорог федерального подчинения -750,4 км. Такая развитая дорожная сеть подразумевает использование новых материалов и технологий для ведения ремонтных операций и строительства новых участков.

Развитие сети автомобильных дорог и повышение их технико-эксплуатационных качеств вызвано бурным ростом автомобильного транспорта и количеством перевозимого груза меж регионами страны. Быстрое и безопасное движение транспорта во многом зависит от качества дорожного полотна и, прежде всего от деформативности основания линейного сооружения [1,2].

Одним из перспективных направлений является укрепление грунтового основания дорожного полотна минеральными вяжущими на основе молотых металлургических шлаков, а так же устройства монолитных бетонных покрытий [3,4,5].

В условиях строгого соблюдения всех технологических регламентов производства работ по приготовлению вяжущих «Граунд» и «Граунд-М» [6,7], укреплению грунтов основания дорог вяжущим «Граунд», уходу за полотном, обеспечивается высокое качество и долговечность автомобильных дорог.

Асфальтобетонные покрытия дорог федерального уровня и городских улиц являются на сегодняшний день основным типом. Эти покрытия недостаточно устойчивы и долговечны, на них появляются сдвиги, трещины, выбоины, и другие дефекты которые приводят к отказам дорожного полотна. Все это обуславливает проведение дорогостоящих ремонтных работ, особенно в зимнее - весенний и осеннее - зимние периоды.

Не случайно в последние годы дорожники обратили пристальное внимание на соответствие качества дорог качеству используемых строительных материалов [8]. Особенно это касается тех регионов, где нет своих высокопрочных горных или обломочных пород, где нет крупных песков. Как показывает практика, применение слабых карбонатных пород, пылеватых песков, значительно снижает межремонтные сроки службы таких покрытий[9,10,11].

Для полного удовлетворения этих требований целесообразно использовать наряду с кондиционными материалами и современными технологиями ведения работ побочные продукты металлургического и химического производства. Которые, в свою очередь, позволят расширить номенклатуру выпускаемых изделий и снизят технико-экономические показатели по устройству дорог.

Грунты, укрепленные шлакощелочным вяжущим- «Граунд» [6], представляет собой новый строительный материал. Обеспечение необходимых структурно-механических свойств требуемой плотности и высокой прочности этого материала невозможно без максимального уплотнения системы на основе грунта, молотого гранулированного доменного шлака, воды и щелочных компонентов. Количество раствора щелочных компонентов должно иметь оптимальное значение. Это необходимо для получения максимальной плотности при

уплотнении, а так же для нормального протекания основных и вторичных процессов структурообразования в данной системе[12].

Влияние влажности на изменение объемной массы скелета, укрепленного грунта и его прочность нами изучалось на различных грунтах: песке, супеси и суглинке. Установлено, что грунты, укрепленные шлакощелочным вяжущим, имеют максимальные значения объемной массы скелета и прочности при оптимальной влажности. Для песков такая оптимальная влажность равна 10%-12%, для суглинка 16-18%.

На величину оптимальной влажности влияет также и количество шлака. С увеличением количества вводимого молотого шлака оптимальная влажность увеличивается, пропорционально содержания его в смеси.

Работами целого ряда авторов доказано, что максимальная прочность цементогрунта достигается в результате его уплотнения при оптимальной влажности до максимальной плотности, и что каждой степени уплотнения соответствует определенная оптимальная влажность [13, 14, 15, 16].

Будут ли в силе эти закономерности и для грунтов, укрепленных молотым гранулированным доменным шлаком? Для того, чтобы ответить на этот вопрос к суглинку и супеси добавляли 25% шлака, увлажняли смеси различным количеством воды и формовали под нагрузкой 1, 2, 5, 10, 20 и 40 МПа.

Таблица

Влияние влажности и уплотняющей нагрузки на плотность и прочность грунтобетона (составлена автором)

Вид Грунта	Влажность смеси, %	Уплотняющая нагрузка, МПа					
		1,0	2,0	5,0	10,0	20,0	40,0
1	2	3	4	5	6	7	8
Суглинок	10	-	-	-	-	4,4/2,03	4,4/2,05
	12	-	-	-	6,2/1,95	6,9/2,05	8,1/2,16
	14	-	-	5,1/1,94	6,6/1,98	8,0/2,09	7,5/2,09
	16	2,0/1,59	5,0/1,62	6,7/1,95	7,1/2,00	7,2/2,00	7,3/2,05
	17,5	3,9/1,73	5,9/1,76	6,8/1,96	6,9/1,96	-	-
	18,5	5,0/1,76	6,7/1,94	6,7/1,92	-	-	-
	20	5,2/1,85	6,4/1,98	-	-	-	-
21	6,5/1,92	6,8/1,92	-	-	-	-	
Супесь	8	1,9/1,75	-	-	2,5/1,88	-	4,0/1,9
	10	2,0/1,78	-	-	2,7/1,84	-	4,3/1,98
	12	2,3/1,78	-	-	2,8/1,89	-	4,4/1,95
	14	2,3/1,8	-	-	3,0/1,90	-	4,3/2,09
	16	-	-	-	3,4/2,08	-	-

Примечания:

1. Числитель-предел прочности на сжатие после 28-суточного нормального твердения образцов, МПа;
2. Знаменатель - плотность грунта, г/см³;
3. Состав: грунт: шлак в соотношении 3:1, активизатор-8% от массы молотого шлака.

Как видно из данных, приведенных в таблице избыточное и недостаточное содержание воды в смесях отрицательно сказывается на свойствах грунтобетона. Недостаток воды ведет к повышению трения между частицами грунтобетона, которое затрудняет их сближение и снижает прочность укрепленного грунтобетона. Избыточное увлажнение смеси ведет к появлению свободной воды в порах и капиллярах системы, которая в процессе уплотнения смеси разрушает микроагрегаты грунта, а в результате испарения оставляет свободные поры и полости, снижающие прочность грунтобетона. Лишь при оптимальной влажности достигается максимальная плотность и прочность грунтобетона.

Изменение удельной поверхности шлака с 3200 до 4000 см²/г, т.е. в интервале, которую можно получать в производственных условиях, не сказывается на величине оптимальной влажности. При дозировках шлака более 24% величина оптимальной влажности не меняется, но увеличивается прочность укрепленных грунтов. При этом не наблюдается образование поверхностных трещин как это часто бывает с грунтобетонами на основе портландцемента [13].

Установлено, что на свойства предлагаемых композитов оказывает влияние не только влажность смеси, но и плотность щелочного активатора твердения. Изучение влияния плотности щелочных растворов производилась на разных типах грунтов при дозировке молотого шлака с удельной поверхностью 3200 см²/г в количестве 24%. При укреплении песков, шлакощелочным вяжущим, увеличение плотности растворов щелочных компонентов с 1,11 до 1,20 г/см³ способствует набору прочности до 120-130 кгс/см², дальнейшее увеличение плотности растворов щелочных компонентов до 1,22 г/см² приводит к падению прочностных характеристик на 5-7%. Это связано с реакционной способностью пылеватой составляющей песков.

При укреплении супеси и суглинка, для которых содержание глинистых частиц значительно больше, увеличение плотности щелочных растворов в интервале от 1,2 до 1,22 г/см³ ведет к увеличению прочности укрепленных грунтов, причем характер зависимости прочности укрепленных грунтов от плотности раствора близок к прямолинейному. Так для супесчаных грунтов, увеличение плотности щелочных растворов – активаторов твердения вяжущего «Граунд», с 1,14 г/см³ до 1,22 г/см³ способствует росту прочности грунтобетон в возрасте 90 суток с 39 кгс/см² до 84 кгс/см², т.е. в два раза.

Нами было установлено, что оптимальное содержание шлака в композициях варьируется от 12 до 30% и это зависит от укрепляемого грунта.

На основании полученных данных можно сделать следующие выводы:

1. Грунтобетонные приготавливаемые на основании шлакощелочных вяжущих должны обладать оптимальной влажностью с целью получения композиционного материала с высокими эксплуатируемыми свойствами. Для каждого типа грунта значение влажности подбираются не реже одного раза в сутки.
2. С увеличением дозировок молотого шлака значение оптимальной влажности увеличивается для всех видов грунта.
3. При строительстве оснований дорожных одежд из грунтов, укрепленных шлакощелочным вяжущим необходим тщательный контроль за влажностью грунтобетонной смеси. Отклонения от оптимальной влажности в сторону увеличения или уменьшения ее, вызывает уменьшение плотности, что заметно понижает прочность укрепленного грунта.
4. Величина оптимальной влажности для грунтобетонной смеси позволяет определить потребное количество щелочных компонентов (содощелочного плава

или смеси едких щелочей) в зависимости от их плотности, используя данные по содержанию воды в щелочных растворах заданной плотности.

5. Увеличение удельной поверхности шлака с 3000 до 4000 см²/г не оказывает существенного влияния на величину оптимальной влажности, но ведет к увеличению прочности укрепленных грунтов.

ЛИТЕРАТУРА

1. 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.
2. Максимов А.Т. Применение полимерной добавки Nicoflok для укрепления и стабилизации грунтов / А.Т. Максимов, Г.И. Собко. -М.: ВТУ Спецстроя России, 2006. -89с.
3. Романенко И.И. Материал на основе металлургических шлаков для укрепления дорожных оснований / И.И. Романенко, Б.В. Пилясов // Строительные материалы. 2008. № 12. С. 28-29.
4. Романенко И.И. Строительство дорог из бетоногрунтовых смесей с применением ресайклера. / И.И. Романенко, М.И. Романенко, Э.М. Пинт, К.А. Еличев // Сборник научных трудов международной научной конференции «Наука и образование: проблемы развития строительной отрасли». Пенза, ПГУАС, 29-30 ноября 2012г.
5. Романенко И.И. Строительство дорог высокого качества позволяет использовать некондиционные материалы и отходы производств / И.И. Романенко, М.И. Романенко, Э.М. Пинт, И.Н. Петровнина // Материалы за IX международна научна практична конференция «Бъдещите изследования – 2013», 17-25 февруари 2013. Том 30. Здание архитектура Физическа култура и спорт. София «Бял ГРАД-БГ» ООД, 2013.
6. Пат.2370466 С1РФ, МКП СО4В 7/153 № 2008120276/03 21.05.2008. Шлакощелочное вяжущее «Граунд» и способ его получения.
7. Пат.2370465РФ, МКП СО4В 7/153 № 2008120275 21.05.2008. Шлакощелочное вяжущее «Граунд-М» и способ его получения.
8. Романенко И.И. Влияние заполнителя на свойства дорожных бетонов. / И.И. Романенко, М.И. Романенко, Э.М. Пинт, И.Н. Петровнина // Materiały ix międzynarodowej naukowo-praktycznej konferencji «actual problems of development of the construction complex and enterprises on its basis – 2013». Volume 3. Budownictwo i architektura. Nowoczesne informacyjne technologie. Przemysł, Penza. Pensa State Universitet of Architecture and Construction 2013.
9. Романенко И.И. Современные способы по устройству дорожных оснований. / И.И. Романенко, М.И. Романенко, И.Н. Петровнина, К.А. Еличев // Materiály i mezinárodní vědecko – praktická konference «innovation is the source of development of national economy – 2014». Díl 2 «Ekologie. Výstavba a architektura. Zemědělství». Praha, Penza. Pensa State Universitet of Architecture and Construction. 2014.

10. Santoni, R.L., Tingling, I.S., and Webster, SL, stabilization of Silty Sands with nontraditional additives, Transportation research 1787, TRB, national research Council, Washington, DC, 2003, p. 33-41.
11. Wilk, C. M. (1997) Stabilisation of Heavy Metals with Portland Cement: Research Synopsis. Waste Management Information, Public Works Department, Portland Cement Association, Skokie, IL.
12. Yong, R.N., Mohamed, A.M.O. and Warkentin, B.P. (1996) Principles of Contaminant Transport in Soils, Elsevier, Oxford.
13. Алиев А.Г., Волянский А.А., Пахомов В.А. и др. Шлакощелочные вяжущие и мелкозернистые бетоны на их основе. – Ташкент: Фан, 1980. – 483с.
14. Баррер Р. Гидротермальная химия цеолитов /Пер. с англ. – М.: Мир, 1985 – 424с.
15. Глуховский В.Д. Бетоны на шлакощелочных вяжущих //Бетон и железобетон. 1975. - №3. – с.12-13.
16. Глуховский В.Д. Грунтосиликаты, их свойства, технология изготовления и область применения: Автореферат дис... канд.техн.наук. – Киев, 1960. – 20с.
17. Романенко И.И. Деформации цементного камня, приводящие к образованию поверхностных трещин. /Романенко И.И., Романенко М.И., Пинт Э.М.// Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2012. № 4. С. 32-36.
18. A.B. Mustafa, AR Bazara and AR Nour El Din, " soil Stabilization of polymeric materials , " Angewandte Makromolekular Chemie , vol . 97, no. 1, p. 1-12, 2003.

Рецензент: Худяков Владислав Анатольевич, проректор по непрерывному образованию, кандидат технических наук, профессор ФГБОУ ВПО «Пензенский государственный технологический университет».

Romanenko Igor Ivanovich

«Penza State University of Architecture and Construction»
Russia, Penza
E-Mail: rom1959@yandex.ru

Romanenko Maria Igorevna

«Penza State University of Architecture and Construction»
Russia, Penza
E-Mail: romanenko.masha@yandex.ru

Petrovnina Irina Nikolaevna

«Penza State University of Architecture and Construction»
Russia, Penza
E-Mail: irisha-vas@yandex.ru

Pint Eduard Mikhaylovich

«Penza State University of Architecture and Construction»
Russia, Penza

Yelichev Constantine Aleksandrovich

«Penza State University of Architecture and Construction»
Russia, Penza
E-Mail: elichev.55@mail.ru

Stabilization of soil inorganic astringent

Abstract. The authors assessed the effects of slag binders "ground" and "ground-m" on the properties of soil concretes used for strengthening and stabilizing the grounds of the roadway. The dependence of density of soil concretes from the flow of slag and moisture content. The provision of the necessary structural and mechanical properties desired density and high strength of this material is impossible without maximum sealing system on the basis of soil, ground granulated blast furnace slag, water and alkaline components.

It is proved that for Sands optimum moisture content equal to 10%-12% for loam 16-18%, and the sand-clay concrete-based and fortified slag binder, have a maximum value of the volumetric mass of the skeleton.

It was found that during the stabilization of Sands, increasing the density of solutions of alkaline components of 1.11 to 1.20 g/cm³ promotes curing up to 120-130 kgf/cm², further increasing the density of solutions of alkaline components to 1.22 g/cm² leads to the decrease of the strength characteristics of 5-7%. This is due to the reactivity of silty sand component.

Keywords: the authors of the studies revealed that the optimum content of the slag in the compositions of the purpose varies from 12 to 30% by weight of the soil and it depends on the type of strengthening the soil.

REFERENCES

1. Abramova T.T. Ispol'zovanie stabilizatorov dlya uluchsheniya svoystv svyaznykh gruntov / T.T. Abramova, A.I. Bosov, K.E. Valieva // Geotekhnika. – 2012. – № 3. – S. 4-28.
2. Maksimov A.T. Primenenie polimernoy dobavki Nicoflok dlya ukrepleniya i stabilizatsii gruntov / A.T. Maksimov, G.I. Sobko. -M.: VTU Spetsstroya Rossii, 2006. -89s.
3. Romanenko I.I. Material na osnove metallurgicheskikh shlakov dlya ukrepleniya dorozhnykh osnovaniy / I.I. Romanenko, B.V. Pilyasov // Stroitel'nye materialy. 2008. № 12. S. 28-29.
4. Romanenko I.I. Stroitel'stvo dorog iz betonogruntovykh smesey s primeneniem resayklera. / I.I. Romanenko, M.I. Romanenko, E.M. Pint, K.A. Elichev // Sbornik nauchnykh trudov mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii «Nauka i obrazovanie: problemy razvitiya stroitel'noy otrasli». Penza, PGUAS, 29-30 noyabrya 2012g.
5. Romanenko I.I. Stroitel'stvo dorog vysokogo kachestva pozvolyaet ispol'zovat' nekonditsionnye materialy i otkhody proizvodstv / I.I. Romanenko, M.I. Romanenko, E.M. Pint, I.N. Petrovnina // Materialy za IX mezhdunarodna nauchna praktichna konferentsiya «B"deshchite izsledovaniya – 2013», 17-25 fevruari 2013. Tom 30. Zdanie arkhitektura Fizicheska kultura i sport. Sofiya «Byal GRAD-BG» OOD, 2013.
6. Pat.2370466 S1RF, MKP SO4V 7/153 № 2008120276/03 21.05.2008. Shlakoshchelochnoe vyazhushchee «Graund» i sposob ego polucheniya.
7. Pat.2370465RF, MKP SO4V 7/153 № 2008120275 21.05.2008. Shlakoshchelochnoe vyazhushchee «Graund-M» i sposob ego polucheniya.
8. Romanenko I.I. Vliyanie zapolnitelya na svoystva dorozhnykh betonov. / I.I. Romanenko, M.I. Romanenko, E.M. Pint, I.N. Petrovnina // Materialy ix międzynarodowej naukowi-praktycznej konferencji «actual problems of development of the sonstruction complex and enterprises on its basis – 2013». Volume 3. Budownictwo i architektura. Nowoczesne informacyjne technologie. Przemysł, Penza. Pensa State Universitet of Architecture and Construction 2013.
9. Romanenko I.I. Sovremennye sposoby po ustroystvu dorozhnykh osnovaniy. / I.I. Romanenko, M.I. Romanenko, I.N. Petrovnina, K.A. Elichev // Materialy i mezinárodní vědecko – praktická konference «innovation is the source of development of national economy – 2014». Díl 2 «Ekologie. Výstavba a architektura. Zemědělství». Praha, Penza. Pensa State Universitet of Architecture and Construction. 2014.
10. Santoni, R.L., Tingling, I.S., and Webster, SL, stabilization of Silty Sands with nontraditional additives, Transportation research 1787, TRB, national research Council, Washington, DC, 2003, p. 33-41.
11. Wilk, C. M. (1997) Stabilisation of Heavy Metals with Portland Cement: Research Synopsis. Waste Management Information, Public Works Department, Portland Cement Association, Skokie, IL.
12. Yong, R.N., Mohamed, A.M.O. and Warkentin, B.P. (1996) Principles of Contaminant Transport in Soils, Elsevier, Oxford.
13. Aliev A.G., Volyanskiy A.A., Pakhomov V.A. i dr. Shlakoshchelochnye vya-zhushchie i melkozernistye betony na ikh osnove. – Tashkent: Fan, 1980. – 483s.

14. Barrer R. Gidrotermal'naya khimiya tseolitov /Per. s angl. – M.: Mir, 1985 – 424s.
15. Glukhovskiy V.D. Betony na shlakoshchelochnykh vyazhushchikh //Beton i zhelezobeton. 1975. - №3. – s.12-13.
16. Glukhovskiy V.D. Gruntosilikaty, ikh svoystva, tekhnologiya izgotovleniya i oblast' primeneniya: Avtoreferat dis... kand.tekhn.nauk. – Kiev, 1960. – 20s.
17. Romanenko I.I. Deformatsii tsementnogo kamnya, privodyashchie k obrazovaniyu poverkhnostnykh treshchin. /Romanenko I.I., Romanenko M.I., Pint E.M.// Vestnik Belgorodskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta im. V.G. Shukhova. 2012. № 4. S. 32-36.
18. A.B. Mustafa, AR Bazara and AR Nour El Din, " soil Stabilization of polymeric materials , " Angenandte MaKromoleKular Chemie , vol . 97, no. 1, p. 1-12, 2003.