

(19)



**Евразийское  
патентное  
ведомство**

(11) **044063**(13) **B1**(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

- |   |  |
|---|--|
| <p>(45) Дата публикации и выдачи патента<br/><b>2023.07.20</b></p> <p>(21) Номер заявки<br/><b>202390219</b></p> <p>(22) Дата подачи заявки<br/><b>2023.01.11</b></p> | <p>(51) Int. Cl. <b>E02D 3/12</b> (2006.01)<br/><b>C04B 28/00</b> (2006.01)<br/><b>C04B 28/04</b> (2006.01)<br/><b>C04B 28/24</b> (2006.01)<br/><b>C04B 111/20</b> (2006.01)</p> |
|---|--|

**(54) СОСТАВ ДЛЯ УКРЕПЛЕНИЯ ГРУНТА**

- |   |   |
|---|---|
| <p>(43) <b>2023.07.17</b></p> <p>(96) <b>2023000002 (RU) 2023.01.11</b></p> <p>(71)(73) Заявитель и патентовладелец:<br/><b>ФЕДЕРАЛЬНОЕ<br/>ГОСУДАРСТВЕННОЕ<br/>БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ<br/>УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО<br/>ОБРАЗОВАНИЯ "ПЕТЕРБУРГСКИЙ<br/>ГОСУДАРСТВЕННЫЙ<br/>УНИВЕРСИТЕТ ПУТЕЙ<br/>СООБЩЕНИЯ ИМПЕРАТОРА<br/>АЛЕКСАНДРА I" (ФГБОУ ВО<br/>ПГУПС) (RU)</b></p> <p>(72) Изобретатель:<br/><b>Бенин Андрей Владимирович,<br/>Соловьёва Валентина Яковлевна,<br/>Абу-Хасан Махмуд, Степанова Ирина<br/>Витальевна, Соловьёв Дмитрий<br/>Вадимович (RU)</b></p> | <p>(56) SU-A1-990933<br/>RU-C1-2771688<br/>RU-C1-2759620<br/>JPH-A-06145662<br/>KR-B1-100940802</p> |
|---|---|

- (57) Изобретение относится к строительным материалам и может быть рекомендовано для укрепления грунтов при устройстве дорожных оснований. Технический результат - создание состава, обеспечивающего повышение прочности на сжатие, прочности на растяжение при изгибе и повышение морозостойкости укрепленного грунта. Состав для укрепления грунта состоит из смеси, содержащей, мас. %: песчаный грунт - 84,1-85,0; портландцемент - 5,3-5,6; доменный шлак с величиной удельной поверхности  $S_{уд.} = 320 \text{ м}^2/\text{кг}$ , основной фазой которого являются кальций-магниево-силикатные,  $2\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$ ,  $2\text{CaO} \cdot \text{MgO} \cdot 2\text{SiO}_2$ , - 2,6-2,8; активатор с насыпной плотностью  $D = 0,85 \text{ г/см}^3$  и значением водородного показателя pH 5,5, состоящий из следующих компонентов, мас. %: глиноземистый цемент - 57,7-58,5; поликарбоксилатный сополимер - 28,2-28,8; нитрат кальция - 13,3-13,5; 1,2-1,3; химическую добавку, представленную водным раствором с плотностью  $\rho = 1,022 \text{ г/см}^3$  и значением водородного показателя pH 6,0, состоящую из следующих компонентов, мас. %: поликарбоксилатного полимера на основе ангидрида малеиновой кислоты - 62,5-63,5; и нанодисперсий диоксида,  $\text{SiO}_2$ , используемых в виде золя гидроксида кремния,  $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ , - 36,5-37,5; 0,9-1,0; и воду - 5,0-5,2.

**B1****044063****044063****B1**

Изобретение относится к строительным материалам и может быть рекомендовано для укрепления грунтов при устройстве дорожных оснований и строительных площадок.

Известен состав для укрепления грунта, состоящий из следующих компонентов, мас. %: цемент - 5-15; отход термической утилизации нефтешлаков - золошлак плотностью от 1,2 до 1,6 кг/дм<sup>3</sup> - 30-40; минеральный наполнитель - 0-30; торфяной сорбент - 2-4; буровой шлак плотностью от 1,3 до 1,8 кг/дм<sup>3</sup> - остальное (RU № 2541009, E01C 3/04, C04B 28/00, C04B 111/20, 24.06.2013).

Недостатками данного технического решения являются недостаточная прочность на сжатие и на растяжение при изгибе и низкая морозостойкость.

Известен состав для укрепления грунта, состоящий из следующих компонентов, мас. %: гипс - 35-42; известь - 17-23; цемент - 9-14; доменный шлак - 9-14; базальтовые волокна - 0,1-1,0; сажа - 17-22 (RU № 2281356, E01C 7/36, E02D 3/12, 03.02.2005).

Недостатками данного технического решения являются недостаточная прочность на сжатие и на растяжение при изгибе и низкая морозостойкость.

Наиболее близким по технической сущности к заявляемому изобретению является состав для укрепления грунта, состоящий из следующих компонентов, мас. %: грунт - 40-60; самораспадающийся доменный шлак - 20-30; молотый портландцементный клинкер - 3-5; карбонатная пыль цементного производства - 3-5; вода - остальное (RU № 990933, E01C 21/00, 23.01.1983).

Недостатками данного технического решения являются недостаточная прочность на сжатие и на растяжение при изгибе и низкая морозостойкость.

Задачей, на решение которой направлено изобретение, является создание состава для укрепления грунта, отличающегося созданием грунта с повышенной прочностью на сжатие, прочностью на растяжение при изгибе и повышенной морозостойкостью.

Поставленная задача в предлагаемом решении достигается тем, что состав для укрепления грунта содержит грунт, вяжущее и воду. Новым по сравнению с составом, выбранным за прототип, является то, что состав

включает грунт, представленный песком;

в качестве вяжущего содержит портландцемент;

дополнительно содержит тонкомолотый доменный шлак с величиной удельной поверхности  $S_{уд}=320 \text{ м}^2/\text{кг}$ , основной фазой которого являются кальций-магниево-силикаты,  $2\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{SiO}_2$ ,  $2\text{CaO}\cdot\text{MgO}\cdot 2\text{SiO}_2$ ;

а также активатор твердения, представленный тонкодисперсным порошком с насыпной плотностью  $D=0,85 \text{ г}/\text{см}^3$  и значением водородного показателя pH 5,5, состоящим из глиноземистого цемента, поликарбоксилатного сополимера на основе альфа-аллила-омега-эфира метоксиполиэтиленгликоля ангидрида малеиновой кислоты с насыпной плотностью  $D=0,55 \text{ г}/\text{см}^3$  и значением водородного показателя pH 4,5 и нитрата кальция,  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ , при следующем соотношении компонентов активатора твердения, мас. %:

указанный глиноземистый цемент – 57,7-58,5;

указанный поликарбоксилатный сополимер – 28,2-28,8;

нитрат кальция – 13,3-13,5;

и дополнительно содержит комплексную химическую добавку, представленную водным раствором с плотностью  $\rho=1,022 \text{ г}/\text{см}^3$  и значением водородного показателя pH 6,0, состоящую из водного раствора поликарбоксилатного сополимера на основе ангидрида малеиновой кислоты с плотностью  $\rho=1,021 \text{ г}/\text{см}^3$  и значением водородного показателя pH 7,0 и нанодисперсий диоксида кремния,  $\text{SiO}_2$ , используемых в виде золя гидроксида кремния,  $\text{SiO}_2\cdot n\text{H}_2\text{O}$ , с плотностью  $\rho=1,024 \text{ г}/\text{см}^3$  и значением водородного показателя pH 3,2, при следующем соотношении компонентов, мас. %:

указанный поликарбоксилатный сополимер – 62,5-63,5;

указанные нанодисперсии – 36,5-37,5;

при следующем соотношении компонентов укрепляемого грунта, мас. %:

указанный грунт – 84,1-85,0;

портландцемент – 5,3-5,6;

указанный шлак – 2,6-2,8;

указанный активатор твердения – 1,2-1,3;

указанная комплексная химическая добавка – 0,9-1,0;

вода – 5,0-5,2.

Экспериментально установлено, что использование тонкомолотого доменного шлака, основной фазой которого являются кальций-магниево-силикаты, является благоприятным, так как в присутствии портландцемента и указанного активатора он достаточно активно, начиная с раннего возраста (3-7 суток), начинает проявлять гидратационную активность в результате выделения большого количества тепла в системе укрепляемого грунта, обусловленного повышенной гидратационной активностью портландцемента в присутствии активатора, состоящего из глиноземистого цемента, поликарбоксилатного сополи-

мера и нитрата кальция, при дополнительном использовании нанополимерной комплексной химической добавки. Совместное присутствие в системе на основе грунта активатора и комплексной химической добавки обеспечивает суперпластифицирующий эффект, сопровождающийся повышенной реакционной активностью системы укрепляемого грунта, в результате которого происходит образование повышенного количества комплексных гидратных соединений, оказывающих положительное влияние на уплотнение формирующейся структуры укрепляемого грунта.

При гидратации доменного шлака образуются комплексные кальций-магниево-гидратные соединения, которые характеризуются повышенной прочностью и в основном кристаллизуются в виде удлиненных призм или волокон, оказывая положительное влияние на повышение прочности на растяжение при изгибе. Используется комплексная химическая добавка, в состав которой входят реакционно-активные нанодисперсии диоксида кремния,  $\text{SiO}_2$ , которые дополнительно вступают в реакции синтеза с продуктами гидратации портландцемента и обеспечивают образование преимущественно низкоосновных гидросиликатов кальция, которые характеризуются повышенной твердостью, прочностью и кристаллизуются в виде удлиненных волокон, придавая укрепляемому грунту улучшенную трещиностойкость в результате повышения прочности на растяжение при изгибе.

На дату подачи заявки, по мнению авторов и заявителя, заявленный состав для укрепления грунта не известен и данное техническое решение обладает "мировой новизной".

Заявляемая совокупность существенных признаков проявляет новое свойство при совместном использовании

портландцемента;

тонкомолотого доменного шлака с величиной удельной поверхности  $S_{уд.} = 320 \text{ м}^2/\text{кг}$ , основной фазой которого являются кальций-магниево-силикаты,  $2\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$ ,  $2\text{CaO} \cdot \text{MgO} \cdot 2\text{SiO}_2$ ;

тонкодисперсного активатора с величиной насыпной плотности  $D = 0,85 \text{ г/см}^3$  и значением водородного показателя pH 5,5, состоящего из глиноземистого цемента, поликарбоксилатного сополимера альфа-аллила-омега-эфира метоксиполиэтиленгликоля ангидрида малеиновой кислоты с насыпной плотностью  $D = 0,55 \text{ г/см}^3$  и значением водородного показателя pH 4,5 и нитрата кальция,  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ; и

комплексной химической добавки, представленной водным раствором с плотностью  $\rho = 1,022 \text{ г/см}^3$  и значением водородного показателя pH 6,0, состоящей из водного раствора поликарбоксилатного полимера на основе ангидрида малеиновой кислоты и нанодисперсий диоксида кремния,  $\text{SiO}_2$ , используемых в виде золя гидроксида кремния,  $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ,

состоящее в уплотнении формирующейся структуры укрепляемого грунта, повышении его трещиностойкости в результате повышения прочности на сжатие и в большей степени повышения прочности на растяжение при изгибе.

В результате повышенной гидратационной активности компонентов укрепляемого грунта и повышенного пластифицирующего эффекта, который обеспечивается в результате совместного присутствия активатора и комплексной химической добавки, укрепленный грунт отличается повышенной прочностью на сжатие, прочностью на растяжение при изгибе и повышенной морозостойкостью.

По мнению заявителя и авторов, заявляемое изобретение соответствует критерию охраноспособности - изобретательский уровень.

Заявляемое изобретение промышленно применимо и может быть использовано для укрепления грунта при устройстве дорожных оснований и строительных площадок.

Пример конкретного выполнения.

Состав для укрепления грунта готовят следующим образом.

1. Приготовление активатора, представленного тонкодисперсным порошком с насыпной плотностью  $D = 0,85 \text{ г/см}^3$  и значением водородного показателя pH 5,5.

1.1. Дозируют глиноземистый цемент.

1.2. Дозируют поликарбоксилатный полимер на основе  $\alpha$ -аллила- $\omega$ -эфира метоксиполиэтиленгликоля-ангидрида малеиновой кислоты с насыпной плотностью  $D = 0,55 \text{ г/см}^3$  и значением водородного показателя pH 4,5.

1.3. Дозируют нитрат кальция,  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ .

1.4. Компоненты, отдозированные по пп.1.1-1.3, транспортируют в смеситель лопастной и тщательно перемешивают до получения однородной дисперсной системы. Приготовленный активатор транспортируют в накопительную емкость.

2. Приготовление комплексной химической добавки с плотностью  $\rho = 1,022 \text{ г/см}^3$  и значением водородного показателя pH 6,0.

2.1. Дозируют водный раствор ангидрида малеиновой кислоты с плотностью  $\rho = 1,021 \text{ г/см}^3$  и значением водородного показателя pH 7,0.

2.2. Дозируют нанодисперсии диоксида кремния, используемые в виде золя гидроксида кремния,  $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ , с плотностью  $\rho = 1,024 \text{ г/см}^3$  и значением водородного показателя pH 3,2.

2.3. Компоненты, отдозированные по пп.2.1-2.2, транспортируют в смеситель, где тщательно перемешивают в течение 20 мин и после этого осуществляют контроль плотности водного раствора добавки

и значения водородного показателя рН; готовую к употреблению добавку транспортируют в накопительную емкость.

3. Укрепление грунта.

3.1. Грунт, представленный песком, тщательно взрыхляют при помощи фрейзерной машины.

3.2. Дозируют портландцемент.

3.3. Дозируют шлак.

3.4. Дозируют активатор.

3.5. Все компоненты, отдозированные по пп.3.2-3.4, транспортируют в лопастной смеситель и тщательно перемешивают до получения однородной дисперсной смеси, которую равномерно распределяют по поверхности взрыхленного грунта.

3.6. Взрыхленный грунт с тонкодисперсной смесью, приготовленной по п.3.5, тщательно перемешивают при помощи машины-тягача, оборудованного грунтовой фрезой.

3.7. Дозируют воду.

3.8. Дозируют комплексную химическую добавку, приготовленную по п.2.3.

3.9. Добавку, отдозированную по п.3.8, транспортируют в отдозированную по п.3.7 воду и тщательно перемешивают; полученный водный раствор транспортируют и равномерно распределяют по поверхности взрыхленного грунта, смешанного с тонкодисперсной смесью, приготовленной по п.3.5.

3.10. Для осуществления равномерного увлажнения и активации грунт, перемешанный с тонкодисперсной смесью, приготовленной по п.3.5, состоящей из портландцемента, тонкомолотого доменного шлака и активатора, приготовленного по п.1.4, увлажненный водой с комплексной химической добавкой, приготовленной по п.3.9, тщательно перемешивают при помощи машины-тягача, оборудованного грунтовой фрезой.

3.11. Подготовленный и активированный грунт в дальнейшем подвергают уплотнению при помощи грунтового катка и перед проведением уплотнения отбирают подготовленный состав для проведения физико-механических испытаний по определению прочности на сжатие, прочности на растяжение при изгибе и морозостойкости.

Для определения прочности на сжатие изготавливали образцы-цилиндры диаметром 70 мм и высотой 70 мм методом прессования; для определения прочности на растяжение при изгибе изготавливали образцы-призмы размером 100×100×400 мм методом прессования; хранение и подготовка образцов к испытанию осуществлялась по ГОСТ 23558-94 "Смеси щебеночно-гравийно-песчаные и грунты, обработанные неорганическими вяжущими материалами, для дорожного и аэродромного строительства. Технические условия". Испытание образцов на прочность на сжатие и на прочность на растяжение при изгибе осуществлялось по ГОСТ 10180-2012 "Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам".

Для определения морозостойкости изготавливались образцы-цилиндры диаметром 70 мм и высотой 70 мм методом прессования. Хранение образцов и подготовка к испытанию также осуществлялись по ГОСТ 23558-94.

Морозостойкость укрепленного грунта определяли по ГОСТ 10060-2012 "Бетоны. Методы определения морозостойкости" (по 1-му методу).

Составы для укрепления грунта представлены в табл. 1. Физико-механические характеристики укрепленного грунта представлены в табл. 2.

По результатам исследований, представленным в табл. 2, установлено, что прочность на сжатие увеличивается в 2,23 раза, прочность на растяжение при изгибе увеличивается в 2,68 раза и морозостойкость повышается в 3,75 раза.

Таблица 1

№п/п	Состав, мас. %															
	Грунт (по прототипу)	Песчаный грунт (по изобретению)	Доменный шлак		Карбоная пыль цементного производства (прототип)	Портландцемент (изобретение)	Молотый портландцементный клинкер (прототип)	Активатор твердения D = 0,85 г/см <sup>3</sup> , pH = 5,5				Комплексная химическая добавка, с ρ = 1,022 г/см <sup>3</sup> , pH=6,0				
			Самораспадающийся (по прототипу)	Тонкомолотый с S <sub>уд</sub> = 320 м <sup>2</sup> /кг (по изобретению)				Состав, мас. %				Количество, мас. %	Состав, мас. %			
								Глиноземистый цемент	Поликарбоксилатный сополимер, D=0,55 г/см <sup>3</sup> , pH=4,5	Нитрат кальция, Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	Количество, мас. %		Поликарбоксилатный сополимер, ρ = 1,021 г/см <sup>3</sup> , pH=7,0	Нанодисперсии SiO <sub>2</sub> в виде золя SiO <sub>2</sub> ·nH <sub>2</sub> O с ρ = 1,024 г/см <sup>3</sup> , pH=3,2	Количество, мас. %	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
<b>Прототип</b>																
1	50	–	25	–	4	–	4	–	–	–	–	–	–	–	17	
<b>По изобретению</b>																
2	–	84,1	–	2,8	–	5,6	–	1,30	57,7	28,8	13,5	1,0	62,5	37,5	5,2	
3	–	84,1	–	2,8	–	5,6	–	1,30	58,1	28,5	13,4	1,0	63,0	37,0	5,2	
4	–	84,1	–	2,8	–	5,6	–	1,30	58,5	28,2	13,3	1,0	63,5	36,5	5,2	
5	–	84,55	–	2,7	–	5,45	–	1,25	57,7	28,8	13,5	0,95	62,5	37,5	5,1	
6	–	84,55	–	2,7	–	5,45	–	1,25	58,1	28,5	13,4	0,95	63,0	37,0	5,1	
7	–	84,55	–	2,7	–	5,45	–	1,25	58,5	28,2	13,3	0,95	63,5	36,5	5,1	
8	–	85,0	–	2,6	–	5,30	–	1,20	57,7	28,8	13,5	0,9	62,5	37,5	5,0	
9	–	85,0	–	2,6	–	5,30	–	1,20	58,1	28,5	13,4	0,9	63,0	37,0	5,0	
10	–	85,0	–	2,6	–	5,30	–	1,20	58,5	28,2	13,3	0,9	63,5	36,5	5,0	

Таблица 2

№ состава из таблицы №1	Прочность на сжатие, МПа	Прочность на растяжение при изгибе, МПа	Морозостойкость, цикл
1	2	3	4
<b>Прототип</b>			
1	5,2	0,97	20
<b>Изобретение</b>			
2	11,4	2,58	75
3	11,4	2,58	75
4	11,4	2,58	75
5	11,6	2,60	75
6	11,6	2,60	75
7	11,6	2,60	75
8	11,5	2,59	75
9	11,5	2,59	75
10	11,5	2,59	75

### ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

Состав для укрепления грунта, содержащий грунт, вяжущее и воду, отличающийся тем, что содержит грунт, представленный песком;

в качестве вяжущего содержит портландцемент;

дополнительно содержит тонкомолотый доменный шлак с величиной удельной поверхности S<sub>уд</sub>=320 м<sup>2</sup>/кг, основной фазой которого являются кальций-магниево-силикаты, 2CaO·Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>·SiO<sub>2</sub>, 2CaO·MgO·2SiO<sub>2</sub>;

а также активатор твердения, представленный тонкодисперсным порошком с насыпной плотностью D=0,85 г/см<sup>3</sup> и значением водородного показателя pH 5,5, состоящим из глиноземистого цемента, поликарбоксилатного сополимера на основе альфа-аллила-омега-эфира метоксиполиэтиленгликоля ангидрида малеиновой кислоты с насыпной плотностью D=0,55 г/см<sup>3</sup> и значением водородного показателя pH 4,5 и нитрата кальция, Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, при следующем соотношении компонентов активатора твердения, мас. %: указанный глиноземистый цемент - 57,7-58,5; указанный поликарбоксилатный сополимер - 28,2-28,8; нитрат кальция - 13,3-13,5; и

дополнительно содержит комплексную химическую добавку, представленную водным раствором с плотностью ρ=1,022 г/см<sup>3</sup> и значением водородного показателя pH 6,0, состоящую из водного раствора поликарбоксилатного сополимера на основе ангидрида малеиновой кислоты с плотностью ρ=1,021 г/см<sup>3</sup> и значением водородного показателя pH 7,0 и нанодисперсий диоксида кремния, SiO<sub>2</sub>, используемых в

виде золя гидроксида кремния,  $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ , с плотностью  $\rho=1,024$  г/см<sup>3</sup> и значением водородного показателя pH 3,2, при следующем соотношении компонентов, мас. %: указанный поликарбоксилатный сополимер - 62,5-63,5; указанные нанодисперсии - 36,5-37,5;

при следующем соотношении компонентов укрепляемого грунта, мас. %: указанный грунт - 84,1-85,0; портландцемент - 5,3-5,6; указанный шлак - 2,6-2,8; указанный активатор твердения - 1,2-1,3; указанная комплексная химическая добавка - 0,9-1,0; вода - 5,0-5,2.

