

(19)



**Евразийское  
патентное  
ведомство**

(11) **041261**

(13) **B1**

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

(45) Дата публикации и выдачи патента  
**2022.09.30**

(21) Номер заявки  
**202100177**

(22) Дата подачи заявки  
**2021.06.02**

(51) Int. Cl. **C04B 28/04** (2006.01)  
**C04B 28/08** (2006.01)  
**C04B 28/28** (2006.01)  
**C04B 24/24** (2006.01)  
**C04B 24/06** (2006.01)  
**C04B 14/10** (2006.01)  
**C04B 14/36** (2006.01)  
**C04B 16/02** (2006.01)  
**C04B 16/04** (2006.01)  
**C04B 18/06** (2006.01)  
**C04B 22/08** (2006.01)  
**C04B 111/20** (2006.01)

---

(54) **ВЫСОКОПРОЧНЫЙ БЕТОН**

---

(43) **2022.09.28**

(96) **2021000055 (RU) 2021.06.02**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:  
**ФЕДЕРАЛЬНОЕ  
ГОСУДАРСТВЕННОЕ  
БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО  
ОБРАЗОВАНИЯ "ПЕТЕРБУРГСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ ПУТЕЙ  
СООБЩЕНИЯ ИМПЕРАТОРА  
АЛЕКСАНДРА I" (ФГБОУ ВО  
ПГУПС) (RU)**

(56) **RU-C1-2727990  
RU-C1-2717399  
RU-C1-2705114  
RU-C1-2610488  
US-A1-20150203407**

(72) Изобретатель:  
**Соловьёва Валентина Яковлевна,  
Шварц Филипп Михайлович,  
Степанова Ирина Витальевна,  
Соловьёв Дмитрий Вадимович (RU)**

---

(57) Изобретение относится к строительным материалам. Техническим результатом является повышение подвижности бетонной смеси, уменьшение раствороотделения и водоотделения бетонной смеси и уменьшение усадки бетона. Высокопрочный бетон содержит портландцемент, песок с модулем крупности 2,3, щебень фракции 5-10 мм, комплексную добавку, тонкомолотый доменный шлак с удельной поверхностью 400 м<sup>2</sup>/кг и значением водородного показателя рН 10, гранулированный доменный шлак фракции 0,63-1,25 мм и реакционно-активный наполнитель при определенном соотношении компонентов.

---

**041261**  
**B1**

**041261**  
**B1**

Изобретение относится к строительным материалам и может быть использовано для изготовления изделий из бетона в гражданском и промышленном строительстве, а также при изготовлении сооружений специального назначения.

Известна смесь для изготовления высокопрочного бетона, состоящая из следующих компонентов, мас. %:

портландцемент - 22,48-28,61;

песок - 23,00-25,60;

щебень - 36,30-39,00;

добавка - 0,69-0,92;

вода - 11,4-12,0;

используемая добавка состоит из следующих компонентов, мас. %:

золь гидроксида железа III  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  с плотностью  $\rho=1,021 \text{ г/см}^3$  и значением водородного показателя pH 4,0-5,0 - 99,83-99,87;

сульфат алюминия  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  0,13-0,17,

(RU № 2332388, C04B 40/00, C04B 22/08, C04B 111/20, C04B 111/27, 27.08.2008).

Недостатком данного технического решения является недостаточная подвижность бетонной смеси, повышенное раствороотделение, водоотделение бетонной смеси и повышенная усадка бетона.

Известна смесь для изготовления высокопрочного бетона, которая содержит мас. %:

портландцемент - 43,58-47,08;

песок - 14,43-15,69;

щебень - 25,70-27,84;

кремнеземсодержащий компонент, представленный золем кремниевой кислоты  $\text{H}_2\text{SiO}_3$  с плотностью  $\rho=1,014 \text{ г/см}^3$ , водородным показателем pH 5,0-6,0, - 0,25-0,27;

добавку калия железисто-синеродистого  $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$  - 0,44-0,47;

воду - 12,1-12,15,

(RU № 2256630, C04B 28/04, C04B 111/20, 20.07.2005).

Недостатком данного технического решения является недостаточная подвижность бетонной смеси, повышенное раствороотделение, водоотделение бетонной смеси и повышенная усадка бетона.

Наиболее близкой по технической сущности к заявляемому изобретению является смесь для изготовления высокопрочного бетона, содержащая портландцемент, песок, щебень, кремнеземсодержащий компонент, представленный золем кремниевой кислоты  $\text{H}_2\text{SiO}_3$  с плотностью  $\rho=1,014 \text{ г/см}^3$ , водородным показателем pH 5,0-6,0, добавку "ДЭЯ-М", воду при следующем соотношении компонентов, мас. %:

портландцемент - 44,4-48,0;

песок - 20,0-22,2;

щебень - 20,0-22,2;

указанный кремнеземсодержащий компонент - 0,43-0,48;

добавка "ДЭЯ-М" - 0,43-0,48;

вода - 10,34-11,04,

(RU № 2256629, C04B 28/04, C04B 111/20, 20.07.2005).

Недостатком данного технического решения является недостаточная подвижность бетонной смеси, повышенное раствороотделение, водоотделение бетонной смеси и повышенная усадка бетона.

Задачей, на решение которой направлено изобретение, является создание высокопрочного бетона из бетонной смеси, характеризуемой повышенной подвижностью, пониженным раствороотделением и пониженным водоотделением, с формированием высокопрочного бетона, отличающегося пониженной усадкой.

Поставленная задача достигается тем, что высокопрочный бетон, полученный из смеси, включающей портландцемент, песок, щебень, добавку и воду, согласно изобретению в качестве песка содержит песок с модулем крупности 2,3, в качестве щебня содержит щебень фракции 5-10 мм, в качестве добавки содержит водный раствор с плотностью  $\rho=1,035 \text{ г/см}^3$  и значением водородного показателя pH 6,5 смеси поликарбоксилатного сополимера, метакриловой кислоты, поликарбоксилатного сополимера ангидрида малеиновой кислоты, глюконата натрия, нанодисперсии гидроксида кремния  $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$  с плотностью  $\rho=1,021 \text{ г/см}^3$  и водородным показателем pH 5,0 и воду при следующем соотношении компонентов, мас. %:

поликарбоксилатный метакриловой кислоты	сополимер	25,0 – 28,0
поликарбоксилатный ангидрида малеиновой кислоты	сополимер	4,0 – 5,0
глюконат натрия		2,8 – 3,0
указанные нанодисперсии гидроксида кремния		4,2 – 5,0
вода		61,0 – 62,0

дополнительно содержит тонкомолотый доменный шлак с удельной поверхностью 400 м<sup>2</sup>/кг и значением водородного показателя pH 10; гранулированный доменный шлак фракции 0,63-1,25 мм и реакционно-активный наполнитель, состоящий из бентонитовой глины, эфира целлюлозы, нитрита калия KNO<sub>2</sub> и сухого поликарбоксилатного сополимера из акриловой кислоты и этилового эфира метакриловой кислоты при следующем соотношении компонентов, мас. %:

бентонитовая глина	68,0 – 69,2
эфир целлюлозы	5,2 – 5,7
нитрит калия	22,2 – 22,7
указанный поликарбоксилатный сополимер	3,4-3,6
при следующем соотношении компонентов смеси, мас. %:	
портландцемент	9,56 – 11,0
указанный тонкомолотый доменный шлак	6,0 - 6,23
указанный песок	35,0 -35,33
указанный гранулированный доменный шлак	3,0 – 3,33
указанный щебень	37,0 – 37,4
указанная добавка	1,16 – 1,21
указанный реакционно-активный наполнитель	0,14 – 0,16
вода	6,7 – 6,78

Совместное использование добавки на основе смеси поликарбоксилатного сополимера метакриловой кислоты, поликарбоксилатного сополимера ангидрида малеиновой кислоты, глюконата натрия, нанодисперсий гидроксида кремния SiO<sub>2</sub>·nH<sub>2</sub>O и воды в сочетании с реакционно-активным наполнителем обеспечивает создание высокоподвижной смеси, присутствие бентонитовой глины и эфира целлюлозы придает связность бетонной смеси, следствием чего является пониженное раствороотделение и пониженное водоотделение.

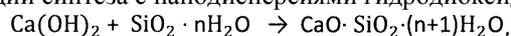
Использование тонкомолотого доменного шлака оказывает положительное влияние на уменьшение раствороотделения и водоотделения самоуплотняющейся бетонной смеси, а также повышает плотность формирующейся структуры бетонной смеси, что способствует уменьшению усадки бетона.

Реакционно-активный наполнитель, в состав которого входит нитрит калия KNO<sub>2</sub>, оказывает диспергирующее и активирующее действие на конгломераты основных минералов портландцемента, способствуя повышению степени гидратации основных компонентов бетонной смеси, увеличивая образование повышенного количества комплексных гидратных соединений, что способствует формированию новых контактов между компонентами бетонной смеси, в том числе между реакционно-активной р-поверхностью гранулированного доменного шлака, таким образом формируя плотную и прочную структуру бетона, обеспечивая уменьшение усадки бетона.

Нанодисперсии гидроксида кремния, которые входят в состав добавки, за счет маленькой сформированной поверхности, обладающей повышенной поверхностной энергией, обладают высокой реакционной активностью и вступают в химическое взаимодействие с продуктами гидратации портландцемента, например с Ca(OH)<sub>2</sub>, образующимся при гидратации трехкальциевого силиката 3CaO·SiO<sub>2</sub> по реакции:



Ca(OH)<sub>2</sub> вступает в реакции синтеза с нанодисперсиями гидроксида кремния по реакции:



приводя к образованию повышенного количества гидросиликата кальция меньшей растворимости, чем Ca(OH)<sub>2</sub>, что и оказывает положительное влияние на повышение плотности и прочности структуры бетона, уменьшая его усадку.

Кроме этого, нанодисперсии гидроксида кремния, входящие в состав добавки, самостоятельно

проникают в поры бетона, дополнительно уплотняя его структуру, также оказывая положительное влияние на уменьшение усадки бетона.

На дату подачи заявки, по мнению авторов и заявителя, заявленный состав для создания высокопрочного бетона, из высокоподвижной смеси, отличающейся пониженным раство- и водоотделением обладающего пониженной усадкой, не известен, и данное техническое решение обладает мировой новизной.

Заявляемая совокупность существенных признаков проявляет новое свойство при совместном использовании добавки на основе смеси поликарбоксилатных сополимеров, глюконата натрия и нанодисперсий гидроксида кремния, в сочетании с реакционно-активным наполнителем и в присутствии тонкомолотого и гранулированного доменного шлака, обеспечивает получение сверхсуммарного эффекта, состоящего в достижении гиперпластифицирующего эффекта и создании при этом связной бетонной смеси, характеризуемой пониженным водоотделением и пониженным водоотделением, обладающей повышенной гидратационной активностью, что способствует созданию плотной и прочной структуры бетона, характеризуемой пониженной усадкой.

Смесь, включающая портландцемент, песок с модулем крупности 2,3, щебень фракции 5-10 мм, гранулированный доменный шлак фракции 0,63-1,25 мм, тонкомолотый доменный шлак с удельной поверхностью 400 м<sup>2</sup>/кг и водородным показателем рН 10, реакционно-активный наполнитель, состоящий из бентонитовой глины, эфира целлюлозы, нитрита калия и сухого поликарбоксилатного сополимера из акриловой кислоты и этилового эфира метакриловой кислоты, а также добавки, представленной водным раствором смеси поликарбоксилатных сополимеров, глюконата натрия и нанодисперсий гидроксида кремния SiO<sub>2</sub>·nH<sub>2</sub>O с плотностью ρ=1,021 г/см<sup>3</sup> и водородным показателем рН 5,0, обеспечила получение высокопрочного бетона из высокоподвижной бетонной смеси, характеризуемой пониженным водоотделением и водоотделением, обладающего пониженной усадкой.

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

Заявляемое изобретение промышленно применимо и может быть использовано в гражданском и промышленном строительстве, а также при изготовлении изделий специального назначения.

Пример конкретного выполнения.

Готовят сырьевую смесь следующим образом.

1. Приготовление реакционно-активного наполнителя.

1.1. Дозируют бентонитовую глину.

1.2. Дозируют эфир целлюлозы.

1.3. Дозируют нитрит калия.

1.4. Дозируют сухой поликарбоксилатный сополимер из акриловой кислоты и этилового эфира малеиновой кислоты, по внешнему виду это белый порошок с насыпной плотностью 600 кг/м<sup>3</sup>, водородным показателем рН 8±1.

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

2. Приготовление добавки.

2.1. Дозируют поликарбоксилатный сополимер метакриловой кислоты.

2.2. Дозируют поликарбоксилатный сополимер ангидрида малеиновой кислоты.

2.3. Дозируют глюконат натрия.

2.4. Дозируют нанодисперсии гидроксида кремния SiO<sub>2</sub>·nH<sub>2</sub>O, с плотностью ρ=1,021 г/см<sup>2</sup> и водородным показателем рН 5,0.

2.5. Дозируют воду.

2.6. Все компоненты, отдозированные по пп.2.1-2.5, транспортируют в смеситель, где перемешивают отдозированные компоненты в течение 30 мин, и после этого осуществляют контроль плотности водного раствора добавки и значения водородного показателя рН, готовую к употреблению добавку транспортируют в накопительную емкость.

3. Приготовление сырьевой смеси для высокопрочного бетона.

3.1. Дозируют портландцемент М500 Д0.

3.2. Дозируют тонкомолотый доменный шлак.

3.3. Дозируют реакционно-активный наполнитель, приготовленный по п.1.5.

3.4. Дозируют песок с модулем крупности 2,3.

3.5. Дозируют гранулированный доменный шлак фракции 0,63-1,25 мм.

3.6. Дозируют щебень фракции 5-10 мм.

3.7. Дозируют воду.

3.8. Дозируют добавку, приготовленную по п.2,6.

3.9. Добавку, отдозированную по п.3.8, транспортируют в отдозированную воду по п.3.7.

3.10. Все компоненты, отдозированные по пп.3.1-3.9, транспортируют в бетоносмеситель любой

модификации, используемый на действующем производстве, до получения однородной, без комков, высокоподвижной смеси, которую используют для изготовления конструкций из высокопрочного самоуплотняющегося бетона.

Качество высокоподвижной бетонной смеси, по параметрам подвижности, раствороотделения и водоотделения оценивали по ГОСТ 10181-2014 "Смеси бетонные. Методы испытаний", в соответствии с ГОСТ 7473-2010 "Смеси бетонные. Технические условия". Для определения усадки бетона изготавливали образцы 70×70×280 в соответствии с ГОСТ 24544-81 "Бетоны. Методы определения деформации усадки и ползучести (с Изменением N 1)".

Составы бетона представлены в табл. 1, и полученные результаты представлены в табл. 2.

По результатам исследований, представленным в табл. 2, установлено, что подвижность бетонной смеси увеличивается в 2,2 раза, раствороотделение по изобретению уменьшается на 34%, водоотделение уменьшается на 27%, усадка уменьшается в возрасте 28 суток на 20%, в возрасте 120 суток на 17,5%.

Таблица 1

№ п.п.	состав, мас. %																
	портландцемент по прототипу	портландцемент М500 ДО	тонкомолотый доменный шлак с уд. пов-тью 400 м <sup>2</sup> /кг.	песок		гранулированный доменный шлак фр. 0,63 - 1,25 мм	щебень		золя кремниевой кислоты с $\rho=1,014 \text{ г/см}^3$ , $\text{pH}=5,0 - 6,0$ .	реакционно-активный наполнитель						добавка "ДЭА - М" по прототипу	добавка (по изобретению)*
по прототипу	по изобретению, модуль крупности 2,3	по прототипу	по изобретению, модуль крупности 2,3	по прототипу	по изобретению, фракции 5-10мм		кол-во, мас%	бентонитовая глина		эфир целлюлозы	нитрит калия	сухой поликарбоксилатный сополимер					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Прототип																	
1	46,2	-	-	21,1	-	-	21,1	-	0,455	-	-	-	-	-	0,455	-	10,69
Изобретение																	
2	-	9,56	6,23	-	35,330	3,330	-	37,4	-	0,16	68,0	5,70	22,70	3,6	-	1,210	6,78
3	-	9,56	6,23	-	35,330	3,330	-	37,4	-	0,16	68,6	5,45	22,45	3,6	-	1,210	6,78
4	-	9,56	6,23	-	35,330	3,330	-	37,4	-	0,16	69,2	5,20	22,20	3,6	-	1,210	6,78
5	-	10,28	6,115	-	35,165	3,165	-	37,2	-	0,15	68,0	5,70	22,70	3,5	-	1,185	6,74
6	-	10,28	6,115	-	35,165	3,165	-	37,2	-	0,15	68,6	5,45	22,45	3,5	-	1,185	6,74
7	-	10,28	6,115	-	35,165	3,165	-	37,2	-	0,15	69,2	5,20	22,20	3,5	-	1,185	6,74
8	-	11,00	6,00	-	35,000	3,000	-	37,0	-	0,14	68,0	5,70	22,70	3,4	-	1,160	6,70
9	-	11,00	6,00	-	35,000	3,000	-	37,0	-	0,14	68,6	5,45	22,45	3,4	-	1,160	6,70
10	-	11,00	6,00	-	35,000	3,000	-	37,0	-	0,14	69,2	5,20	22,20	3,4	-	1,160	6,70

\*Использована добавка следующего состава, мас. %:

поликарбоксилатный сополимер метакриловой кислоты	26,5
поликарбоксилатный сополимер ангидрида малеиновой кислоты	4,5
глюконат натрия	2,9
нанодисперсии гидроксида кремния $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ с плотностью $\rho=1,021 \text{ г/см}^3$ и водородным показателем $\text{pH}=5,0$	4,6
вода	61,5

Таблица 2

№ п.п.	Подвижность б/смеси по расплыву конуса, см. (марка)	Раствороотделение бетонной смеси, %	Водоотделение бетонной смеси, %	Усадка бетона, мм/м		
				Возраст, сутки		
				7	28	120
1	2	3	4	5	6	7
Прототип						
1	25 (P1)	9,00	6,00	0,36	0,40	0,44
Изобретение						
2	55 (P5)	5,90	4,40	0,30	0,32	0,33
3	55 (P5)	5,90	4,40	0,30	0,32	0,33
4	55 (P5)	5,90	4,40	0,30	0,32	0,33
5	55 (P5)	5,90	4,40	0,30	0,32	0,33
6	55 (P5)	5,90	4,40	0,30	0,32	0,33
7	55 (P5)	5,90	4,40	0,30	0,32	0,33
8	55 (P5)	5,90	4,40	0,30	0,32	0,33
9	55 (P5)	5,90	4,40	0,30	0,32	0,33
10	55 (P5)	5,90	4,40	0,30	0,32	0,33

### ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

Высокопрочный бетон, полученный из смеси, включающей портландцемент, песок, щебень, добавку и воду, отличающийся тем, что в качестве песка содержит песок с модулем крупности 2,3, в качестве щебня содержит щебень фракции 5-10 мм, в качестве добавки содержит водный раствор с плотностью  $\rho=1,035 \text{ г/см}^3$  и значением водородного показателя  $\text{pH}$  6,5, смеси поликарбоксилатного сополимера ме-

такриловой кислоты, поликарбоксилатного сополимера ангидрида малеиновой кислоты, глюконата натрия, нанодисперсии гидроксида кремния  $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$  с плотностью  $\rho=1,021 \text{ г/см}^3$  и водородным показателем pH 5,0 и воды при следующем соотношении компонентов, мас. %:

поликарбоксилатный сополимер метакриловой кислоты - 25,0-28,0;  
поликарбоксилатный сополимер ангидрида малеиновой кислоты - 4,0-5,0;  
глюконат натрия - 2,8-3,0;  
указанные нанодисперсии гидроксида кремния - 4,2-5,0;  
вода - 61,0-62,0,

дополнительно содержит тонкомолотый доменный шлак с удельной поверхностью  $400 \text{ м}^2/\text{кг}$  и значением водородного показателя pH 10; гранулированный доменный шлак фракции 0,63-1,25 мм и реакционно-активный наполнитель, состоящий из бентонитовой глины, эфира целлюлозы, нитрита калия  $\text{KNO}_2$  и сухого поликарбоксилатного сополимера из акриловой кислоты и этилового эфира метакриловой кислоты при следующем соотношении компонентов, мас. %:

бентонитовая глина - 68,0-69,2;  
эфир целлюлозы - 5,2-5,7;  
нитрит калия - 22,2-22,7;  
указанный поликарбоксилатный сополимер - 3,4-3,6;

при следующем соотношении компонентов смеси, мас. %:

портландцемент - 9,56-11,0;  
указанный тонкомолотый доменный шлак - 6,0-6,23;  
указанный песок - 35,0-35,33;  
указанный гранулированный доменный шлак - 3,0-3,33;  
указанный щебень - 37,0-37,4;  
указанная добавка - 1,16-1,21;  
указанный реакционно-активный наполнитель - 0,14-0,16;  
вода - 6,7-6,78.

