

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **040612**(13) **B1**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ

(45) Дата публикации и выдачи патента
2022.07.06

(21) Номер заявки
201900485

(22) Дата подачи заявки
2019.10.17

(51) Int. Cl. **C04B 28/04** (2006.01)
C12N 1/20 (2006.01)
C04B 16/06 (2006.01)

(54) ФИБРОАРМИРОВАННЫЙ ЦЕМЕНТНЫЙ РАСТВОР

(43) **2020.10.30**

(96) **2019000116 (RU) 2019.10.17**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
**ФЕДЕРАЛЬНОЕ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ
БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ
"НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
МОРДОВСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМ. Н.П.
ОГАРЁВА" (RU)**

(72) Изобретатель:

**Ерофеев Владимир Трофимович
(RU), Аль-Дулайми Салман Давуд
Салман, Аль-Дефафе Тахер Джасим,
Аль-Кадхими Зинах Али Хассун (IQ),
Сальникова Анжелика Игоревна,
Родин Александр Иванович (RU)**

(56) БАЖЕНОВ Ю.М., Технология
самовосстановления железобетонных
конструкций с помощью микроорганизмов,
Русский инженер, 2018, № 04(61), с. 46-48
US-A1-20170029689

ЕРОФЕЕВ В.Т. и др., Бактерии для
получения самовосстанавливающихся бетонов,
Интернет-журнал "Транспортные сооружения",
2018, № 4, т. 5, с. 1-7 (<http://t-s.today/PDF/07SATS418.pdf>)
RU-C1-2133239

(57) Изобретение относится к промышленности строительных материалов, в частности к самовосстанавливающимся бактериальным бетонам на основе фиброармированных цементных растворов, и может быть использовано в бетонных и железобетонных конструкциях при строительстве зданий и сооружений различного назначения. Фиброармированный цементный раствор состоит из двухкомпонентной системы, одним из компонентов которой является цементная система, состоящая из цемента, заполнителя, представляющего собой песок, и воды, а другим компонентом является модификатор, состоящий из бактерий вида *Sporosarcina ureae*, минеральной питательной среды, состоящей из лактата кальция, мочевины и дрожжевого экстракта, материала-носителя, представляющего собой пемзу, и дисперсной арматуры - волокна из поливинилового спирта, при следующем содержании компонентов, мас.ч.: цемент - 1; песок - 2,836; бактерии вида *Sporosarcina ureae* - 0,25; минеральная питательная среда - 0,25; пемза - 0,122; волокно из поливинилового спирта - 0,046; вода - 0,25. Минеральная питательная среда содержит лактат кальция - 0,02 кг/м³, мочевины - 0,002 кг/м³ и дрожжевой экстракт - 0,002 кг/м³. Бактерии вида *Sporosarcina ureae* иммобилизованы в пемзе в соотношении 30 мл бактериальной суспензии и 4 г пемзы. Изобретение позволяет получить фиброармированный цементный раствор, способный самостоятельно устранять трещины и восстанавливать механические свойства конструкций в результате самовосстановления бетона.

B1**040612****040612****B1**

Область техники

Изобретение относится к промышленности строительных материалов, в частности к самовосстанавливающимся бактериальным бетонам на основе фиброармированных цементных растворов, и может быть использовано в бетонных и железобетонных конструкциях при строительстве зданий и сооружений различного назначения.

Предшествующий уровень техники

Из уровня техники известны решения, в которых раскрыты способы изготовления фибробетонов, приведены усовершенствованные составы материалов различного типа с применением плотных и пористых заполнителей, фибры из металлических, полимерных и других материалов, добавок различного функционального типа.

Разработке технологии изготовления и оптимизации составов фибробетонов посвящено большое количество работ российских и зарубежных авторов [1-17]. В работах оптимизировано процентное содержание волокон в бетонах различного типа, при этом рассматривались металлические, углеродные, полимерные и другие волокна. Показано изменение технологических и физико-механических свойств фибробетонов от соотношения диаметра и длины волокон. Уделено большое внимание взаимодействию цементного камня с волокнами. Разработаны рациональные технологии по равномерному распределению волокон в структуре бетона. Большое внимание уделено повышению трещиностойкости фибробетонов. Получены материалы с улучшенными прочностными и другими свойствами.

В предметной области имеется большое количество изобретений отечественных и зарубежных авторов.

Известен способ изготовления изделий под давлением из высокопрочного фибробетона, по которому в полость пресс-формы устанавливают (при необходимости) арматуру и укладывают бетонную смесь. Затем закрывают пресс-форму и с помощью пресса создают давление внутри пресс-формы, посредством чего обжимают бетонную смесь. После набора бетоном прочности изделие освобождают от избыточного давления и вынимают его из пресс-формы. При этом бетонную смесь перед укладкой ее в пресс-форму наполняют волокнами фибры металлическими или неметаллическими, посредством чего получают фибробетон. Уложенную в пресс-форму бетонную смесь выдерживают в ней под давлением не менее 2,5 МПа до набора распулочной прочности, но не менее 240 мин. Твердеющую бетонную смесь прогревают до температуры не более 80°C за счет подачи теплоносителя вовнутрь полости пресс-формы. Причем температура теплоносителя для прогрева формируемых изделий не должна превышать 95°C, а скорость повышения температуры не должна превышать 35°C/ч. Техническим результатом является улучшение технических характеристик изделий, снижение расхода арматуры, снижение трудоемкости и сроков выполнения работ [18].

Известен высокопрочный легкий фибробетон, полученный из смеси, содержащей цемент, микрокремнезём со средним размером частиц 0,01-1 мкм, каменную муку, продукт измельчения кварцевого песка с удельной поверхностью 700-800 м²/кг, кварцевый песок фракции 0,16-0,63 мм, гиперпластификатор на поликарбоксилатной основе, базальтовое и/или полипропиленовое волокно и воду, дополнительно содержит наполнитель микросферы. Технический результат - повышение прочности при изгибе и сжатии, улучшение деформативных свойств [19].

Известен легкий фибробетон, приготовленный из смеси, включающей портландцемент, гранулированное пеностекло с размером фракций 0,1-5 мм, микрокремнезём в уплотненном или неуплотненном виде, суперпластификатор 4 поколения, фиброволокно, воду. Легкий фибробетон, приготовленный из смеси, которая дополнительно содержит вторичный наполнитель - микроальцит фракции от 5 до 100 мкм, или доломитовую муку, или сеяный морской песок. Легкий фибробетон, приготовленный из смеси, в которой в качестве суперпластификатора 4 поколения используют поликарбоксилатный эфир Sika Viscocrete 105P. Технический результат - получение изделий с гладкой лицевой поверхностью и низкой теплопроводностью [20].

Известна сырьевая смесь для высокопрочного фибробетона, включающая портландцемент, кварцполевошпатовый песок с модулем крупности 2,1, армирующий компонент, кремнеземсодержащую добавку и воду, в качестве армирующего компонента содержит базальтовое волокно, полученное центробежно-дутьевым способом, а в качестве кремнеземсодержащей добавки - нанодисперсный порошок диоксида кремния Таркосил-05, предварительно подвергнутый обработке в ультразвуковом диспергаторе совместно с водой затворения в течение 10 мин, а портландцемент совместно с базальтовым волокном смешан в виброистирателе в течение 45 с. Технический результат заключается в повышении прочности на изгиб и на сжатие, коррозионной стойкости фибробетона, уменьшении расхода кремнеземсодержащего компонента, вводимого в сырьевую смесь для повышения коррозионной стойкости базальтового волокна [21].

Известен фибробетон с армирующим волокном [22].

Однако известные фибробетоны не обладают свойством самовосстановления.

Близкими по технической сущности к заявляемому изобретению является бетоны и другие цементные композиции, модифицированные различными химическими, минеральными и другими добавками.

Так, известен высокопрочный бетон, включающий портландцемент, песок, щебень, кремнеземсо-

державший компонент, добавку и воду, отличающийся тем, что в качестве кремнеземсодержащего компонента содержит золь H_4SiO_4 с плотностью $\rho=1,014 \text{ г/см}^3$ и значением водородного показателя $\text{pH } 4\pm 0,5$, а в качестве добавки содержит водный раствор поликарбоксилатного полимера с плотностью $\rho=1,021 \text{ г/см}^3$ и значением водородного показателя $\text{pH } 6,0\pm 0,5$, винную кислоту, глюконат натрия и сульфат натрия [23].

Известен высокопрочный бетон из смеси, включающей портландцемент, песок, щебень, кремнеземсодержащий компонент, представленный золей H_4SiO_4 плотностью $\rho=1,014 \text{ г/см}^3$ и значением $\text{pH } 4\pm 0,5$, добавку - поликарбоксилатный полимер с $\rho=1,012 \text{ г/см}^3$ и $\text{pH } 6\pm 0,5$ и воду. Техническим результатом является повышение водонепроницаемости, морозостойкости и уменьшение усадки [24].

Известна сырьевая смесь для высокопрочного бетона с нанодисперсной добавкой, включающая портландцемент, кварцполевошпатовый песок с модулем крупности 2,1, гранитные отсеивы фракции 2,5-5 мм, добавку и воду, в качестве добавки содержит нанодисперсный порошок диоксида кремния Таркосил-05, который предварительно подвергают ультразвуковой обработке совместно с водой затворения в ультразвуковом диспергаторе УЗДН-А в течение 10 мин. Технический результат изобретения - повышение подвижности бетонной смеси за счет введения добавки-модификатора, снижение расхода модификатора, повышение прочностных показателей, в том числе в начальные сроки твердения, и снижение водопоглощения бетона [25].

Известен высокопрочный бетон, полученный из смеси, содержащей портландцемент, песок, щебень, воду и комплексную добавку, содержит в качестве песка кварцевый песок с модулем крупности 2,7, в качестве щебня - щебень гранитный фракции 5-10 мм и комплексную добавку с плотностью $1,017 \text{ г/см}^3$ и $\text{pH } 6,5\pm 0,5$, состоящую из золя, гидроксида железа(III) с плотностью $\rho=1,021 \text{ г/см}^3$ и водородным показателем $\text{pH } 5,0\pm 0,5$ и пластификатора из смеси поликарбоксилатных полимеров: поликарбоксилатный полимер на основе метакриловой кислоты с плотностью $\rho=0,95 \text{ г/см}^3$ и $\text{pH } 7,0\pm 0,5$, поликарбоксилатный полимер на основе эфира аллила и ангидрита малеиновой кислоты с плотностью $\rho=1,03 \text{ г/см}^3$ и $\text{pH } 7,0\pm 0,5$, и воды. Техническим результатом является уменьшение усадки бетона в возрасте 120 сут в 3,16 раза [26].

Известные бетоны и цементные композиты обладают улучшенными физико-механическими свойствами, однако не обладают свойством самовосстановления.

Наиболее близкими по технической сущности к заявленному изобретению является реакционно-порошковый сверхпрочный фибробетон, содержащий портландцемент ПЦ 500 Д0 (серый или белый), суперпластификатор на основе поликарбоксилатного эфира, микрокремнезём с содержанием аморфного стекловидного кремнезема не менее 85-95%, молотый кварцевый песок (микрокварц) или молотую каменную муку из плотных горных пород с удельной поверхностью $(3-5)\cdot 10^3 \text{ см}^2/\text{г}$, тонкозернистый кварцевый песок узкого гранулометрического состава фракции 0,1-0,5 - 0,16-0,63 мм, а также содержанием фибры стальной металлокорд (диаметр 0,1-0,22 мм, длина 6-15 мм), базальтовой и углеродные волокна. Известный фибробетон имеет удельный расход цемента на единицу прочности бетона не более 4,5 кг/МПа, а удельный расход фибры на единицу прироста прочности на растяжение при изгибе, не превышает 9,0 кг/МПа. Обладает высокой плотностью с новой рецептурой и с новым структурно-топологическим строением, а также имеет дуктильный (пластичный) характер разрушения [27].

Данный порошково-активированный фибробетон обладает повышенными прочностными показателями и улучшенными технологическими свойствами, но также не обладает самовосстановлением.

Сущность изобретения

Технический результат заключается в разработке фиброармированного цементного раствора способного самостоятельно устранять трещины и восстанавливать механические свойства конструкций в результате самовосстановления фибробетона за счет введения в его состав вырабатывающих неорганические соединения бактерий и питательных веществ, необходимых для роста микроорганизмов, а также дополнительного введения поливинилспиртовых волокон.

Сущность изобретения заключается в том, что фиброармированный цементный раствор состоит из двухкомпонентной системы, одним из компонентов которой является цементная система, состоящая из цемента, заполнителя, представляющего собой песок, и воды, а другим компонентом является модификатор, состоящий из бактерий вида *Sporosarcina ureae*, минеральной питательной среды, состоящей из лактата кальция, мочевины и дрожжевого экстракта, материала-носителя, представляющего собой пемзу, и дисперсной арматуры - волокна из поливинилового спирта, при следующем содержании компонентов, мас.ч.:

цемент	1;
песок	2,836;
бактерии вида <i>Sporosarcina ureae</i>	0,25;
минеральная питательная среда	0,25;
пемза	0,122;
волокно из поливинилового спирта	0,046;
вода	0,25.

Минеральная питательная среда содержит лактат кальция - 0,02 кг/м³, мочевины - 0,002 кг/м³ и дрожжевой экстракт - 0,002 кг/м³. Бактерии вида *Sporosarcina ureae* иммобилизованы в пемзе в соотношении 30 мл бактериальной суспензии и 4 г пемзы.

Перечень чертежей и иных материалов

На фиг. 1 представлены результаты исследования методом оптической микроскопии (63-кратное увеличение): вегетативные клетки с внутриклеточными спорами культур *Sporosarcina ureae*,
на фиг. 2 показано образование кристаллов на пластинах с бактериями *Sporosarcina ureae*,
на фиг. 3 - уреолитическая активность иммобилизованных в пемзе бактерий *Sporosarcina ureae* в цементном молочке с нейтральным и высоким значением pH,
на фиг. 4 - прочность на сжатие 28-дневных кубиков из фиброармированного цементного раствора с различной концентрацией бактерий *Sporosarcina ureae* + пемза,
на фиг. 5 - прочность на сжатие образцов из фиброармированного цементного раствора разного возраста с концентрацией бактерий *Sporosarcina ureae* + пемза 10⁶ кл./мл,
на фиг. 6 - водопоглощение 7-дневного образца фиброармированного цементного раствора с отверстиями, содержащего пемзу,
на фиг. 7 - водопоглощение образца фиброармированного цементного раствора с отверстиями, содержащего пемзу, после 120 дней восстановления,
на фиг. 8 - водопоглощение образца фиброармированного цементного раствора с отверстиями, содержащего пемзу, после 180 дней восстановления,
на фиг. 9 - водопоглощение образца фиброармированного цементного раствора с отверстиями, содержащего пемзу, после 240 дней восстановления,
на фиг. 10 - первичная сорбционная способность образца с отверстиями фиброармированного цементного раствора, содержащего пемзу,
на фиг. 11 - вторичная сорбционная способность образцов с отверстиями фиброармированного цементного раствора, содержащего пемзу.

Сведения, подтверждающие возможность осуществления изобретения

Фиброармированный цементный раствор состоит из двухкомпонентной системы, одним из компонентов которой является цементная система, состоящая из цемента, заполнителя и воды, а другим компонентом является модификатор, состоящий из микробиологической добавки, минеральной питательной среды, материала-носителя и дисперсной арматуры.

В качестве микробиологической добавки в фиброармированном цементном растворе могут быть использованы бактерии вида *Sporosarcina ureae*.

Для культивирования бактерии *Sporosarcina ureae* осуществляют ее выращивание на жидкой питательной среде, состоящей из 8 г/л питательного бульона, включающего 5 г/л пептона и 3 г/л экстракта мяса, при pH 7, pH доводят до 7 после добавления 20 г/л мочевины, добавляют 10 м/л MnSO₄·H₂O для усиления спорообразования, стерилизуют в автоклаве в течение 20 мин при температуре 120°C, после чего культуры инкубируют аэробно при температуре 30°C в течение 24 ч при встряхивании со скоростью 250 об/мин, культуру высевает в чашки с питательным агаром и выдерживают при комнатной температуре.

В качестве минеральной питательной среды в фиброармированном цементном растворе использовано 0,02 кг/м³ лактата кальция, 0,002 кг/м³ мочевины и 0,002 кг/м³ дрожжевого экстракта.

В фиброармированном цементном растворе использована микробиологическая добавка, иммобилизованная в материале-носителе, например пемзе, в соотношении 30 мл бактериальной суспензии и 4 г материала-носителя.

Восстанавливающее средство на основе бактерии *Sporosarcina ureae* состоит из иммобилизованных в пемзе бактерий и минеральной питательной среды. Способ получения восстанавливающего средства на основе бактерии *Sporosarcina ureae* включает выращивание указанных бактерий, 30 мл бактериальной культуры помещают в отдельные 50-миллилитровые пробирки для отделения бактериальных клеток от остатков питательной среды, бактериальные клетки получают путем центрифугирования каждой пробирки, содержащей выращиваемые культуры (с ускорением 5000 g в течение 5 мин), полученные клетки повторно суспендируют в физиологическом растворе NaCl, 9 г/л, затем полученную чистую бактериаль-

ную суспензию разбавляют физиологическим раствором для получения образцов с различной плотностью клеток, получают после промывания бактериальные суспензии с различной концентрацией 104, 106 и 108 клеток/мл, смешивают их со стерильным порошком пемзы в пробирке объемом 50 мл, в каждой пробирке смешивают 30 мл бактериального раствора и 12 г пемзы, затем пробирки помещают на 1 ч во встряхивающее устройство, работающее со скоростью 100 об/мин, а в качестве исходного вещества для образования карбоната кальция используют лактат кальция, добавляют мочевины как источник фермента уреазы и дрожжевой экстракт как источник углерода и азота, все ингредиенты по отдельности обрабатывают в автоклаве, а затем смешивают для предотвращения образования осадка, результирующее значение pH среды доводят до 9 для того, чтобы избежать возможного химического осаждения карбоната кальция.

Фиброармированный цементный раствор состоит из двухкомпонентной системы, одним из компонентов которой является цементная система, состоящая из цемента, заполнителя, представляющего собой песок, и воды, а другим компонентом является модификатор, состоящий из бактерий вида *Sporosarcina ureae*, минеральной питательной среды, состоящей из лактата кальция, мочевины и дрожжевого экстракта, материала-носителя, представляющего собой пемзу, и дисперсной арматуры - волокна из поливинилового спирта, при следующем содержании компонентов, мас.ч.:

цемент	1;
песок	2,836;
бактерии вида <i>Sporosarcina ureae</i>	0,25;
минеральная питательная среда	0,25;
пемза	0,122;
волокно из поливинилового спирта	0,046;
вода	0,25.

Минеральная питательная среда содержит лактат кальция - 0,02 кг/м³, мочевины - 0,002 кг/м³ и дрожжевой экстракт - 0,002 кг/м³. Бактерии вида *Sporosarcina ureae* иммобилизованы в пемзе в соотношении 30 мл бактериальной суспензии и 4 г пемзы.

Для изготовления составов фиброармированного цементного раствора предпочтительно использовать следующие компоненты.

Бактерии вида *Sporosarcina ureae*, обладающие весьма перспективной уреазной активностью [28-29] и, насколько известно, даже с такой высокой уреазной активностью его не использовали в экспериментах по самовосстановлению бетона.

Бактерии вида *Sporosarcina ureae*, обладающие высокими уровнями никельсодержащей уреазы [28].

Используемый микроорганизм представляет собой спорообразующий бактериальный вид, обычно выделяемый из почвы. Бактерии вида *Sporosarcina ureae* были приобретены из Немецкой коллекции микроорганизмов и клеточных культур (DSMZ), г. Брауншвейг, Германия.

Минеральная питательная среда.

Для обеспечения возможности инкорпорированным бактериям осажать известняк в процессе литья в бетон следует добавить подходящий минеральный субстрат.

Лактат кальция в качестве источника кальция для бактерий. Приобретен в компании "Sigma Aldrich Canada Ltd." (г. Оквилл, провинция Онтарио, Канада).

Мочевина в качестве источника азота для бактерий с уреолитической активностью, так как уреазы гидролизует мочевины, выделяя ионы аммония и карбонат-ионы. Приобретена в компании "Bio basic Canada Inc." (г. Маркхем, провинция Онтарио, Канада).

Дрожжевой экстракт, в качестве вспомогательного средства для исследования и питательной среды для роста бактерий. Приобретен в компании "Bio basic Canada Inc." (г. Маркхем, провинция Онтарио, Канада).

Защитный материал-носитель бактерий.

Пемза - инертный алюмосиликатный минерал вулканического происхождения с высокой пористостью и низкой плотностью [30-31]. Однако никто не использовал этот материал в качестве носителя бактерий в бетоне. На основании довольно высокой и стабильной во времени активности в процессе денитрификации, хороших механических свойств, низкой себестоимости и низких энергозатрат при производстве, в этом исследовании пемза также выбрана в качестве материала для иммобилизации микроорганизмов. Пемзу поставляла компания "Garibaldi Pumice Ltd", г. Бернаби, Британская Колумбия, Канада.

Вязущее.

Портландцемент общего назначения GU/10, который изготовила и поставила компания "St. Marys cement Inc." (Канада).

Дисперсная арматура.

Волокно из поливинилового спирта (PVA) длиной 8 мм и диаметром 40 мкм. Прочность PVA-

волокна при растяжении составляет 1600 МПа, а плотность равна 1300 кг/м³. Поверхность волокна покрыта смазкой (концентрация 1,2 мас.%) для ослабления химической связи и трения на границе волокно/матрица. Производитель PVA - LIWEI CHEMICAL CO. LTD (Китайская Народная Республика).

Мелкий заполнитель.

Песок для бетона в качестве мелкого заполнителя для обычных растворов смесей. Модуль крупности песка для бетонной смеси составлял 2,45.

Вода.

Используемая питьевая вода соответствовала требованиям ГОСТ 51232-98.

Способ приготовления фиброармированного цементного раствора заключается в следующем.

В работающий смеситель сначала подается цемент, затем водный раствор на основе мочевины, лактата кальция и дрожжевого экстракта, потом носители с иммобилизованными бактериями. После тщательного перемешивания в этот же смеситель во время перемешивания подается кварцевый песок, дисперсная арматура и оставшаяся часть воды до получения смеси, требующей подвижности, и продолжают перемешивание до получения однородной смеси. Приготовленную смесь укладывают в металлические формы и выдерживают в них в течение 24 ч, затем осуществляют распалубливание форм и образцы отверждают далее в нормальных температурно-влажностных условиях.

Проводят экспериментальные исследования составов цементного раствора, в том числе изучение микроструктуры методами сканирующей растровой электронной микроскопии (SEM), энергодисперсионной рентгеновской спектроскопии (EDS), рентгеноструктурного анализа (XRD) и методом неразрушающего контроля, таким как ультразвуковой импульсный метод (UPV).

Исследование проводили в пять этапов: 1) изучение способов культивирования микроорганизмов, их способности к спорообразованию, характеристик прорастания и процент выживаемости различных бактерий при обработке в условиях высоких температур и значений pH; 2) оценка уреолитической активности выбранных бактерий, иммобилизованных в цементном растворе с высоким значением pH; 3) проверка влияния добавок восстанавливающего вещества на прочность при сжатии кубиков из цементного раствора; 4) исследование протекания процесса самовосстановления в образцах с наличием трещин, что включает подготовку и испытание растрескавшихся цилиндрических образцов из цементного раствора с целью выявления влияния самовосстановления с участием бактерий на проницаемость, а также подготовку и испытание образцов из цементного раствора, изготовленных в виде балки (в которых присутствуют реальные трещины) для определения и количественного описания эффективности заживления трещин с привязкой к структурным характеристикам (с точки зрения зависимости величины прогиба от нагрузки, прочности на сжатие и пр.) во времени.

При сравнении заявленного решения с известным рассматривались следующие составы:

состав № 1 (прототип), включающий в своем составе (в мас.ч.):

портландцемент - 1,0;

суперпластификатор на основе поликарбоксилатного эфира - 0,016;

микрокремнезём - 0,22;

молотый кварцевый песок (микрокварц) или каменная мука - 0,55;

тонкозернистый кварцевый песок - 1,72;

фибра стальная металлокорд - 0,16 по объему бетона;

фибра базальтовая и углеродные волокна - 0,09 по объему бетона;

вода В/Т=0,003;

состав № 2 (заявленное решение), включающий в своем составе (в мас.ч.):

цемент - 1,

песок - 2,836,

вода - 0,25,

пемза (материал-носитель) - 0,122,

микробиологическая добавка - 0,25,

минеральная питательная среда - 0,25,

волокно из поливинилового спирта - 0,046.

Результаты исследований свойств известного и заявленного составов представлены на фиг. 1-11.

Таким образом, заявленное изобретение может быть осуществлено с достижением технического результата, что подтверждается приведенными результатами исследований. Конкретные примеры реализации, приведенные в настоящем описании, не ограничивают объем правовой охраны согласно формуле заявленного изобретения.

По сравнению с известным решением заявленное изобретение позволяет получить фиброармированный цементный раствор, способный самостоятельно устранять трещины и восстанавливать механические свойства конструкций в результате самовосстановления бетона за счет введения в его состав вырабатывающих неорганические соединения бактерий и питательных веществ, необходимых для роста микроорганизмов, а также дополнительного введения дисперсной арматуры.

Источники информации.

1. Део С. Аспекты применения неметаллической фибры. Исследование применения фибры для из-

делий из бетона/С. Део//CPI - междунар. бетон, пр-во. 2011, № 4, с. 46-56.

2. Каприелов С.С. Сверхвысокопрочный самоуплотняющийся фибробетон для монолитных конструкций/С.С. Каприелов, И.А. Чилин//Бетон и железобетон - взгляд в будущее: науч. тр. III Всерос. (II Междунар.) конф. по бетону и железобетону: в 7 т. Т. 3. М.: МГСУ, 2014, с. 158-164.

3. Edward G. Fundamentals of High Performance Concrete/G. Edward, P. Nawy. 2001.Р. 302.

4. Демьянова В.С. Получение дисперсноармированных бетонов различного функционального назначения с использованием вторичных материальных ресурсов/В.С. Демьянова, А.Д. Гусев//Региональная архитектура и строительство. 2012, № 1, с. 56-60.

5. Долговечность бетона и железобетона в природных агрессивных средах/В.М. Латыпов, Т.В. Латыпова, Е.В. Луцык, П.А. Федоров. Уфа: РИЦ УГНТУ, 2014. 288 с.

6. Максимова И.Н. Структура и прочность конструкционных цементных композитов /И.Н. Максимова, Н.И. Макридин, В.Т. Ерофеев, Ю.П. Скачков//Регион, архитектура и стр-во. 2015, № 1, с. 16-21.

7. Особенности процесса деформирования высокотрещиностойких бетонов с многоуровневым дисперсным армированием Д.Н. Коротких, А.Г. Кесарийский, Е.М. Чернышов//Вюник Одесь^ Державної Академп. Будівництва та архітектури. Одесса. Вып. 47, ч. 1. 2012, с. 193-200.

8. Порошковая активация нормально твердеющих и пропариваемых песчаных бетонов нового поколения/В.В. Калашников, Д.М. Валиев, Е.В. Гуляева [и др.]//Вестн. Волж. Регион, отд-ния. Вып.15. Н.Новгород: ННГАСУ, 2012, с. 145-149.

9. Симоненко Л.И. Суперпластификатор на основе полиэлектролитных комплексов/Я.И. Симоненко, В.И. Стамбулко//Бетон и железобетон. 1991, № 11, с.18-20.

10. Шиппер З. Применение СУБ и текстильного армирования/З. Шиппер//CPI Международное бетонное производство. 2013, № 1, с. 104-108.

11. Мелкозернистый базальтофибробетон с нанокремнеземом/Л.А. Урханова, С.А. Лхасаранов, В.Е. Розина, С.Л. Буянтуев//Строит. материалы. 2015, № 6, с. 45-49.

12. Мещерин В. Добавки и дополнительные компоненты в современной технологии производства/В. Мещерин, М. Катц//CPI - Междунар. Бетон. пр-во. 2011, № 11, с. 14-21.

13. Наногидросиликатные технологии в производстве бетонов/В.И. Калашников, В.Т. Ерофеев, М.Н. Мороз [и др.]//Строит. материалы. 2014, № 5, с. 88-91.

14. Новые модифицированные бетоны в конструкциях высотных зданий/С.С. Каприелов, А.В. Шенфельд, Г.С. Кардунян//II Международный форум архитектуры, строительства, реконструкции городов, строительных технологий и материалов, 11-13 нояб. 2008 г. М., 2008. г. Москва. С. 29- 38.

15. Оптимизация составов цементных композитов с фунгицидными добавками на основе гуанидина/В.Т. Ерофеев, В.Ф. Смирнов, Д.А. Светлов [и др.]//Приволж. науч. журн. 2014, № 2, с. 41-51.

16. Опыт возведения уникальных конструкций из модифицированных бетонов на строительстве комплекса "Федерация"/С.С. Каприелов, А.В. Шейнфельд, Ю.А. Киселева [и др.]//Пром. и гражд. стр-во. 2006, № 8, с. 20-22.

17. Розина В.Е. Высокопрочный бетон с использованием золы-уноса и микрокремнезема/В.Е. Розина, Л. А. Урханова//Вестн. ИргТУ. 2011, № 10, с. 97-100, Aitchin P.-C. High-Performance Concrete Demystified/P.-C. Aitchin, A. Neville//Concr. Irrtern. 1993. Vol. 15, № 1. P. 21-26.

18. Патент № 2641363 Российская Федерация, МПК B28B 3/00 (2006.01), B28B 11/24 (2006.01), C04B 40/00 (2006.01), C04B 20/00 (2006.01). Способ изготовления изделий под давлением из высокопрочного фибробетона: № 2016139834: заявл. 10.10.2016: опубл. 17.01.2018/Анпилов С.М., Мурашкин Г.В., Мурашкин В.Г.; заявитель Анпилов С.М. 13 с: ил. - Текст: электронный.

19. Патент № 2548303 Российская Федерация, МПК C04B 28/04 (2006.01), C04B 111/20 (2006.01). Высокопрочный легкий фибробетон: № 2014114357: заявл. 11.04.2014: опубл. 20.04.2015/Иноземцев А. С, Королев Е. В.; заявитель ФГБОУ ВПО "МГСУ". -6 с.: ил. Текст: электронный.

20. Патент № 2502709 Российская Федерация, МПК C04B 38/08 (2006.01). Легкий фибробетон: № 2011147407: заявл. 22.11.2011: опубл. 27.12.2013/Зайцев А.А. 8 с.: ил. Текст: электронный.

21. Патент № 2569140 Российская Федерация, МПК C04B 28/04 (2006.01), B82B 1/00 (2006.01), C04B 111/20 (2006.01). Сырьевая смесь для высокопрочного фибробетона: № 2014141183: заявл. 13.10.2014: опубл. 20.11.2015/Урханова Л.А., Лхасаранов С.А., Розина В.Е. [и др.]; заявитель ФГБОУ ВПО "Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления". 9 с: ил. Текст: электронный.

22. Заявка № 2014/0060392 Соединенные Штаты Америки, МПК C04B 16/06, C04B 28/00. Фибробетон: заявл. 15.06.2012: опубл. 06.03.2014/Koenigstein M.; заявитель Koenigstein M., Pro Perma Engineered Coatings LLC. 17с: ил. Текст: электронный.

23. Заявка № 2013115619 Российская Федерация, МПК C04B 28/04 (2006.01). Высокопрочный бетон: № 2013115619: заявл. 05.04.2013: опубл. 10.10.2014/Сватовская Я.Б., Соловьева В.Я., Степанова И.В. [и др.]; заявитель ФГБОУ ВПО "Петербургский государственный университет путей сообщения". 1 с. Текст: электронный.

24. Патент № 2515665 Российская Федерация, МПК G04B 28/04 (2006.01), C04B 111/20 (2006.01). Высокопрочный бетон: № 2012126923: заявл. 27.06.2012: опубл. 20.05.2014/Сватовская Л.Б., Соловьева

В.Я., Черпаков В.А. [и др.]; заявитель ФГБОУ ВПО "Петербургский государственный университет путей сообщения". 6 с.: ил. Текст: электронный.

25. Патент № 2471752 Российская Федерация, МПК C04B 38/00 (2006.01), B82B 1/20 (2006.01). Сырьевая смесь для высокопрочного бетона с нанодисперсной добавкой: № 2011125428: заявл. 20.06.2011: опубл. 10.01.2013/Урханова Л.А., Бардаханов С.П., Лхасаранов С.А.; заявитель ФГБОУ ВПО "Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления". 9 с.: ил. Текст: электронный.

26. Патент № 2562310 Российская Федерация, МПК C04B 28/04 (2006.01), C04B 24/24 (2006.01), C04B 22/06 (2006.01), C04B 103/32 (2006.01). Высокопрочный бетон : № 2014J22131: заявл. 30.05.2014: опубл. 10.09.2015/Сватовская Л.Б., Соловьева В.Я., Степанова И.В. [и др.]; заявитель ФГБОУ ВПО "Петербургский государственный университет путей сообщения". 6 с.: ил. Текст: электронный.

27. Заявка № 2012113330 Российская Федерация, МПК C04B 28/00 (2006.01). Высокоэффективные реакционно-порошковые высокопрочные и сверхпрочные бетоны и фибробетоны (варианты): № 2012113330: заявл. 05.04.2012: опубл. 10.10.2013/Володин В.М., Калашников В.И., Ананьев С.В. [и др.]; заявитель Володин В.М. 2 с. Текст: электронный.

28. McCoy, D.D. Cetin, A. Hausinger, R.P. (1992). "Characterization of urease from *Sporosarcina ureae*". Archives of Microbiology. 157 (5): 411-416.

29. Gruninger, S.E. (& Goldman, M. (1988). Evidence for urea cycle activity in *Sporosarcina ureae*. Arch Microbiol 150, 394-399.

30. Boertje G.A. Ghemical and physical characteristics of pumice as a growing medium/G.A. Boertje//Acta hort. 1995. Vol. 401. P. 85-88.

31. Challinor A.B, Belemnites from the upper Ohauan Stage at Kawhia Harbour, New Zealand/A.B. Challinor//New Zealand Journal of Geology and Geophysics. 1996. Vol. 39. P. 211-223.

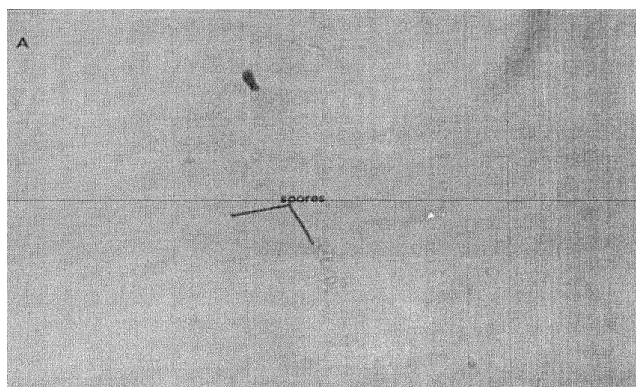
ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Фиброармированный цементный раствор, состоящий из двухкомпонентной системы, одним из компонентов которой является цементная система, состоящая из цемента, заполнителя, представляющего собой песок, и воды, а другим компонентом является модификатор, состоящий из бактерий вида *Sporosarcina ureae*, минеральной питательной среды, состоящей из лактата кальция, мочевины и дрожжевого экстракта, материала-носителя, представляющего собой пемзу, и дисперсной арматуры - волокна из поливинилового спирта, при следующем содержании компонентов, мас.ч.:

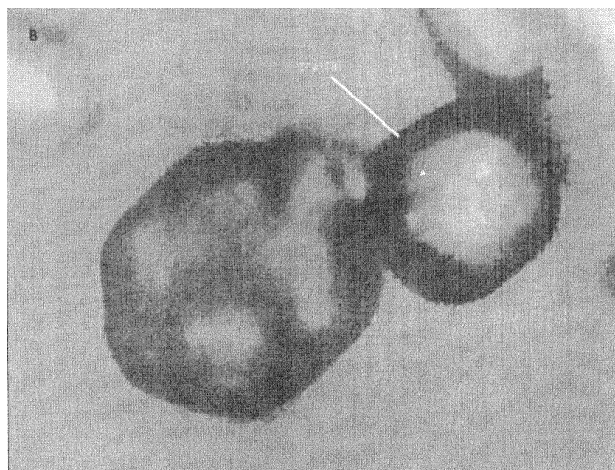
цемент - 1;
песок - 2,836;
бактерии вида *Sporosarcina ureae* - 0,25;
минеральная питательная среда - 0,25;
пемза - 0,122;
волокно из поливинилового спирта - 0,046;
вода - 0,25.

2. Фиброармированный цементный раствор по п.1, отличающийся тем, что минеральная питательная среда содержит лактат кальция - 0,02 кг/м³, мочевины - 0,002 кг/м³ и дрожжевой экстракт - 0,002 кг/м³.

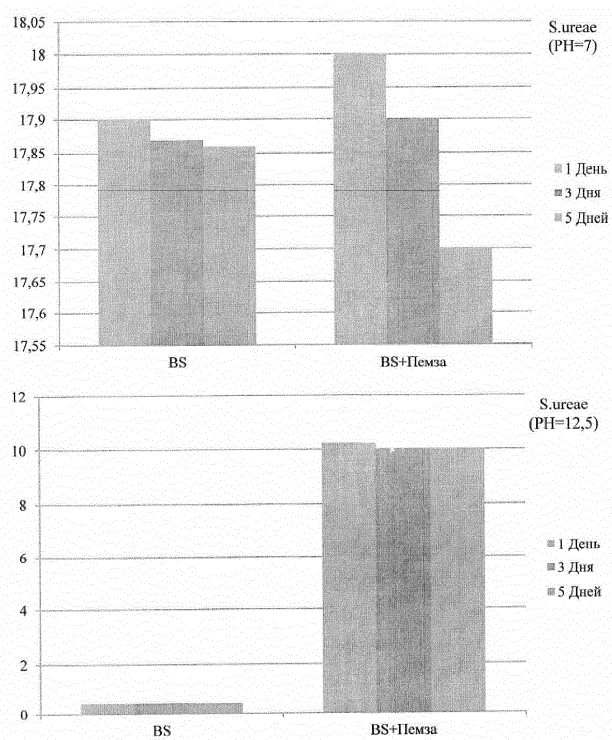
3. Фиброармированный цементный раствор по п.1, отличающийся тем, что бактерии вида *Sporosarcina ureae* иммобилизованы в пемзе в соотношении 30 мл бактериальной суспензии и 4 г пемзы.



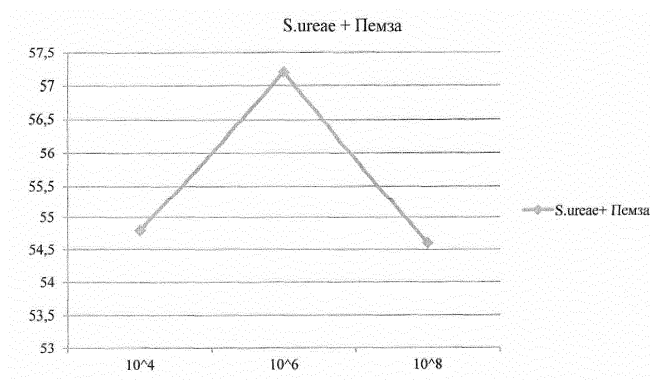
Фиг. 1



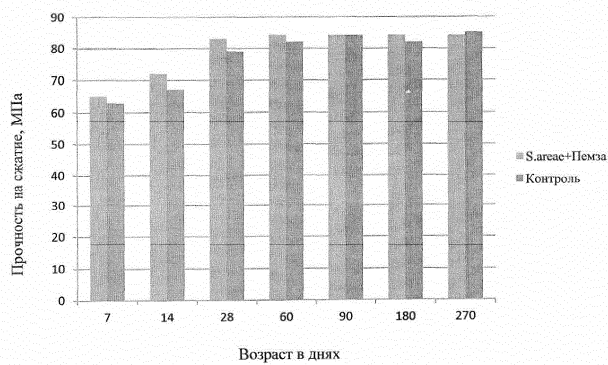
Фиг. 2



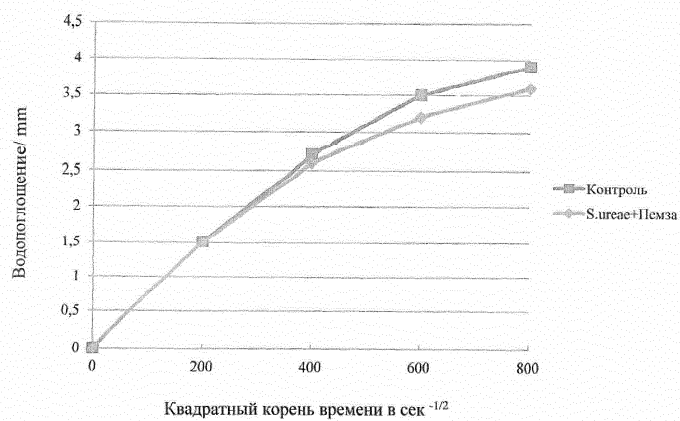
Фиг. 3



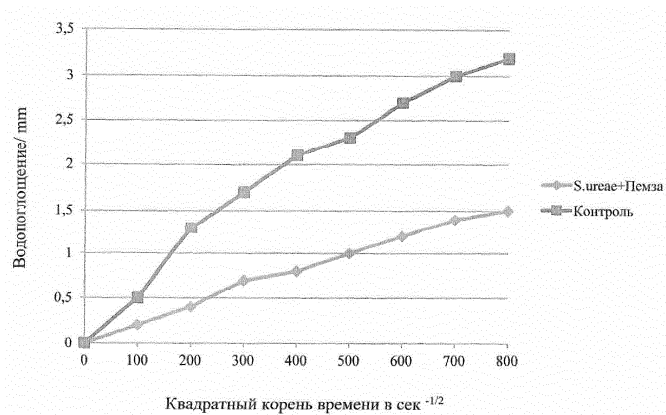
Фиг. 4



Фиг. 5



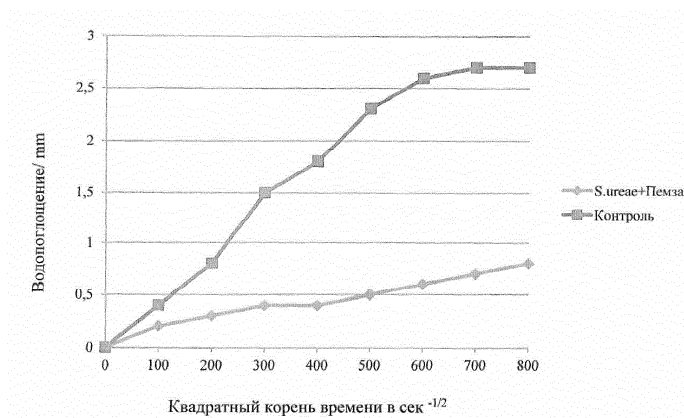
Фиг. 6



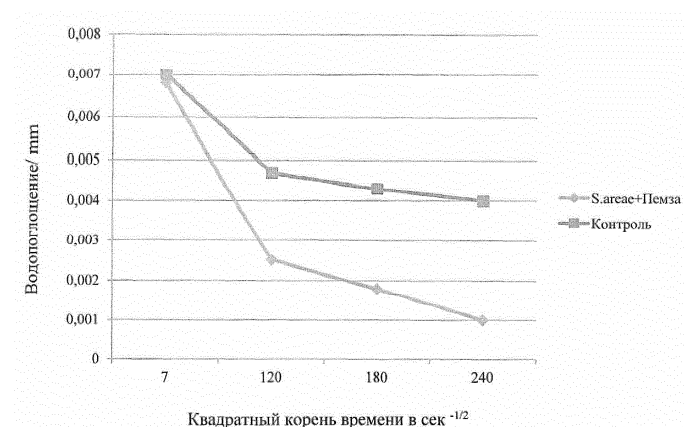
Фиг. 7



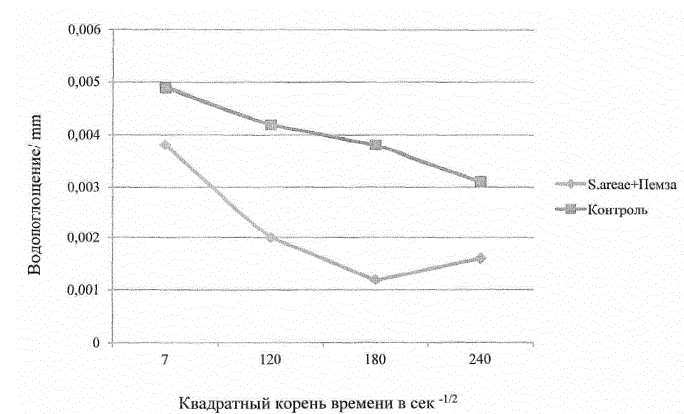
Фиг. 8



Фиг. 9



Фиг. 10



Фиг. 11



Евразийская патентная организация, ЕАПВ

Россия, 109012, Москва, Малый Черкасский пер., 2