

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(21) **201900485** (13) **A1**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ

(43) Дата публикации заявки
2020.10.30

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

(22) Дата подачи заявки
2019.10.17

(54) ФИБРОАРМИРОВАННЫЙ ЦЕМЕНТНЫЙ РАСТВОР

(96) 2019000116 (RU) 2019.10.17

(71) Заявитель:
**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)**

(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 и воды, а другим компонентом является модификатор, состоящий из микробиологической добавки, минеральной питательной среды, материала-носителя и дисперсной арматуры. В качестве микробиологической добавки могут быть использованы бактерии вида *Sporosarcina ureae*. В качестве минеральной питательной среды может быть использовано 0,02 кг/м³ лактата кальция, 0,002 кг/м³ мочевины и 0,002 кг/м³ дрожжевого экстракта. Микробиологическая добавка иммобилизуется в материале-носителе, например пемзе, в соотношении 30 мл бактериальной суспензии и 4 г материала-носителя. Фиброармированный цементный раствор включает цемент, заполнитель в виде песка, воду, указанную микробиологическую добавку, указанную минеральную питательную среду, указанный материал-носитель, в качестве дисперсной арматуры - волокно из поливинилового спирта, причем соотношение вода/цемент составляет 0,5, соотношение цемент/песок составляет 0,3, а содержание волокна составляет 0,2-1,0% от объема раствора. 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.

A1

201900485

201900485

A1

ФИБРОАРМИРОВАННЫЙ ЦЕМЕНТНЫЙ РАСТВОР

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 распалубочной прочности, но не менее 240 мин. Твердеющую бетонную смесь прогревают до температуры не более 80 °С за счет подачи теплоносителя вовнутрь полости пресс-формы. Причем температура теплоносителя для прогрева формируемых изделий не должна превышать 95 °С, а скорость повышения температуры не должна превышать 35 °С в час. 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, микрокремнезем 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,

микрокремнезем в уплотненном или неуплотненном виде, суперпластификатор 4 поколения, фиброволокно, вода. Легкий фибробетон, приготовленный из смеси, которая дополнительно содержит вторичный наполнитель – микрокальцит 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 сек. 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 являются бетоны и другие цементные композиты, модифицированные различными химическими, минеральными и другими добавками.

Так, известен высокопрочный бетон, включающий портландцемент, песок, щебень, кремнеземсодержащий 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 $\text{pH}=4\pm0,5$, а в качестве добавки содержит водный раствор поликарбоксилатного полимера с плотностью $\rho=1,021 \text{ г/см}^3$ и значением водородного показателя $\text{pH}=6,0\pm0,5$, 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 pH $4\pm0,5$, добавку – поликарбоксилатный полимер с $\rho=1,012 \text{ г/см}^3$ и pH $6\pm0,5$ и воду. Техническим результатом является повышение водонепроницаемости, морозостойкости и уменьшение усадки [24].

Известна сырьевая смесь для высокопрочного бетона с нанодисперсной добавкой, включающая портландцемент, кварцполевошпатный песок с модулем крупности 2,1, гранитные отсеvy 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 pH $6,5\pm0,5$, 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, микрокремнезем 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 и воды, а другим компонентом является модификатор, состоящий из микробиологической добавки, минеральной питательной среды, материала-носителя и дисперсной арматуры. В качестве микробиологической добавки могут быть использованы бактерии вида *Sporosarcina ureae*. В качестве минеральной питательной среды может быть использовано 0,02 кг/м³ лактата кальция, 0,002 кг/м³ мочевины и 0,002 кг/м³ дрожжевого экстракта. Микробиологическая добавка, иммобилизуется в материале-носителе, например, пемзе, в соотношении 30 мл бактериальной суспензии и 4 г материала-носителя. Фиброармированный цементный раствор включает цемент, заполнитель в виде песка, воду, указанную микробиологическую добавку, указанную минеральную питательную среду, указанный материал-носитель, в качестве дисперсной арматуры – волокно из поливинилового спирта, причем соотношение вода/цемент составляет 0,5, соотношение цемент/песок составляет 0,3, а содержание волокна составляет 0,2-1,0 % от объема раствора, при следующем содержании компонентов, мас. ч.:

Цемент

1

Песок

0,2836

Микробиологическая добавка	0,250
Минеральная питательная среда	0,250
Материал-носитель	0,122
Волокно из поливинилового спирта	0,046
Вода	остальное

ПЕРЕЧЕНЬ ФИГУР 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 приведена уреолитическая активность иммобилизованных в пемзой 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 10^6 кл./мл, на фиг. 6 – водопоглощение 7-дневного образца фиброармированного цементного раствора с отверстиями, содержащего пемза, на фиг. 7 – водопоглощение образца фиброармированного цементного раствора с отверстиями, содержащего пемза, после 120 дней восстановления, на фиг. 8 – водопоглощение образца фиброармированного цементного раствора с отверстиями, содержащего пемза, после 180 дней восстановления, на фиг. 9 – водопоглощение образца фиброармированного цементного раствора с отверстиями, содержащего пемза, после 240 дней восстановления, на фиг. 10 – первичная сорбционная способность образца с отверстиями фиброармированного цементного раствора, содержащего пемза, на фиг. 11 –

вторичная сорбционная способность образцов с отверстиями фиброармированного цементного раствора, содержащего пемза.

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 $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 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 может быть использовано 0,02 кг/м³ лактата кальция, 0,002 кг/м³ мочевины и 0,002 кг/м³ дрожжевого экстракта.

В фиброармированном цементном растворе может быть 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 средой. 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 бактериальную 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 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 и воды, а другим компонентом является модификатор, состоящий из микробиологической добавки, минеральной питательной среды, материала-носителя и дисперсной арматуры.

В качестве микробиологической добавки могут быть использованы бактерии вида *Sporosarcina ureae*.

В качестве минеральной питательной среды может быть использовано 0,02 кг/м³ лактата кальция, 0,002 кг/м³ мочевины и 0,002 кг/м³ дрожжевого экстракта.

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

Фиброармированный цементный раствор включает цемент, заполнитель в виде песка, воду, микробиологическую добавку, минеральную питательную среду, материал-носитель, в качестве дисперсной арматуры – волокно из поливинилового спирта, причем соотношение вода/цемент составляет 0,5, соотношение цемент/песок составляет 0,3, а содержание волокна составляет 0,2-1,0 % от объема раствора, при следующем содержании компонентов, мас. ч.:

Цемент	1
Песок	0,2836
Микробиологическая добавка	0,250
Минеральная питательная среда	0,250
Материал-носитель	0,122
Волокно из поливинилового спирта	0,046
Вода	остальное

Для изготовления составов фиброармированного цементного раствора предпочтительно использовать следующие компоненты.

Бактерии вида *Sporosarcina ureae*, обладающий 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 представляют 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.

2. Минеральная питательная среда

Для обеспечения возможности инкорпорированным бактериям осаждать 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 мочевину, 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).

3. 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.

4. Вяжущее

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

5. 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).

6. Мелкий заполнитель

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

7. 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-влажностях 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 залечивания 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; микрокремнезем 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 — 1,0, песок — 2,836, вода — 0,250, пемза (материал-носитель) — 0,122, микробиологическая добавка — 0,250, минеральная питательная среда — 0,250, 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 изделий из бетона / С. Део, // СРІ – 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. Fundaments of High Performance Concrete / G. Edward, P. Nawy. 2001. – P. 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 Одеської Державної Академії Будівництва та архітектури. – Одеса. – 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 полиэлектrolитных комплексов / Л. И. Симоненко, В. И. Стамбулко // Бетон и железобетон. – 1991. – № 11. – С.18–20.

10. Шиппер З. Применение СУБ и текстильного армирования / З. Шиппер // СРІ 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 // СРІ – 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. Кардумян // 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. Irrern. – 1993. – Vol. 15, № 1. – P. 21–26.

18. Патент № 2641363 Российская Федерация, МПК В28В 3/00 (2006.01), В28В 11/24 (2006.01), С04В 40/00 (2006.01), С04В 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 С04В 28/04 (2006.01), С04В 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 С04В 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. – 17 с. : 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 Л. 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 C04B 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., Чернаков 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 : № 2014122131 : 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. Chemical 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 и воды, а другим компонентом является модификатор, состоящий из микробиологической добавки, минеральной питательной среды, материала-носителя и дисперсной арматуры.

2. Фиброармированный цементный раствор по п.1, отличающийся тем, что в качестве микробиологической добавки могут быть использованы бактерии вида *Sporosarcina ureae*.

3. Фиброармированный цементный раствор по п.1, отличающийся тем, что в качестве минеральной питательной среды может быть использовано 0,02 кг/м³ лактата кальция, 0,002 кг/м³ мочевины и 0,002 кг/м³ дрожжевого экстракта.

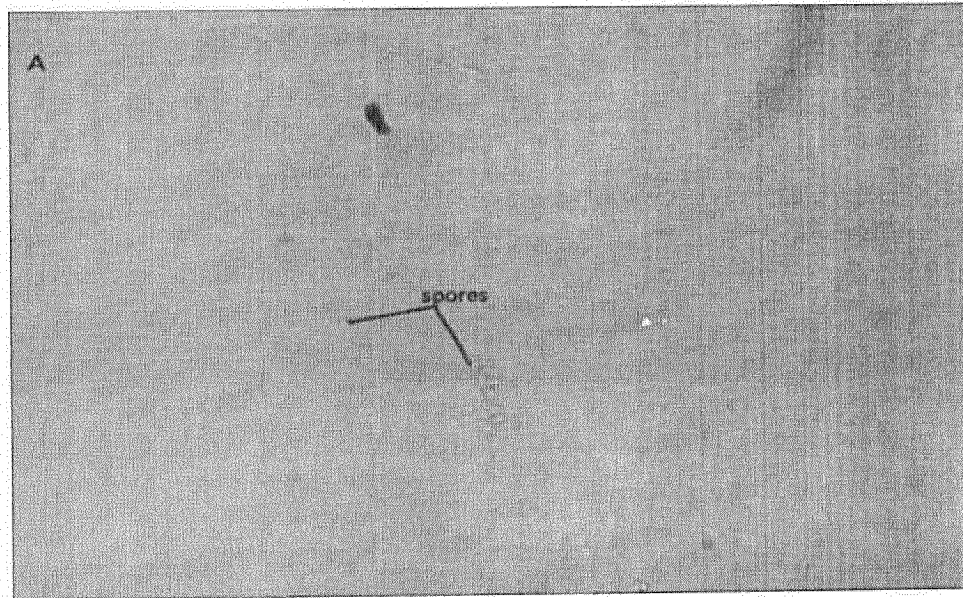
4. Фиброармированный цементный раствор по п.1, отличающийся тем, что может быть использована микробиологическая добавка, иммобилизованная в материале-носителе, например, пемзе, в соотношении 30 мл бактериальной суспензии и 4 г материала-носителя.

5. Фиброармированный цементный раствор, включающий цемент, заполнитель в виде песка, воду, микробиологическую добавку по п.2, минеральную питательную среду по п.3, материал-носитель по п.4, в качестве дисперсной арматуры – волокно из поливинилового спирта, причем соотношение вода/цемент составляет 0,5, соотношение цемент/песок составляет 0,3, а содержание волокна составляет 0,2-1,0 % от объема раствора, при следующем содержании компонентов, мас. ч.:

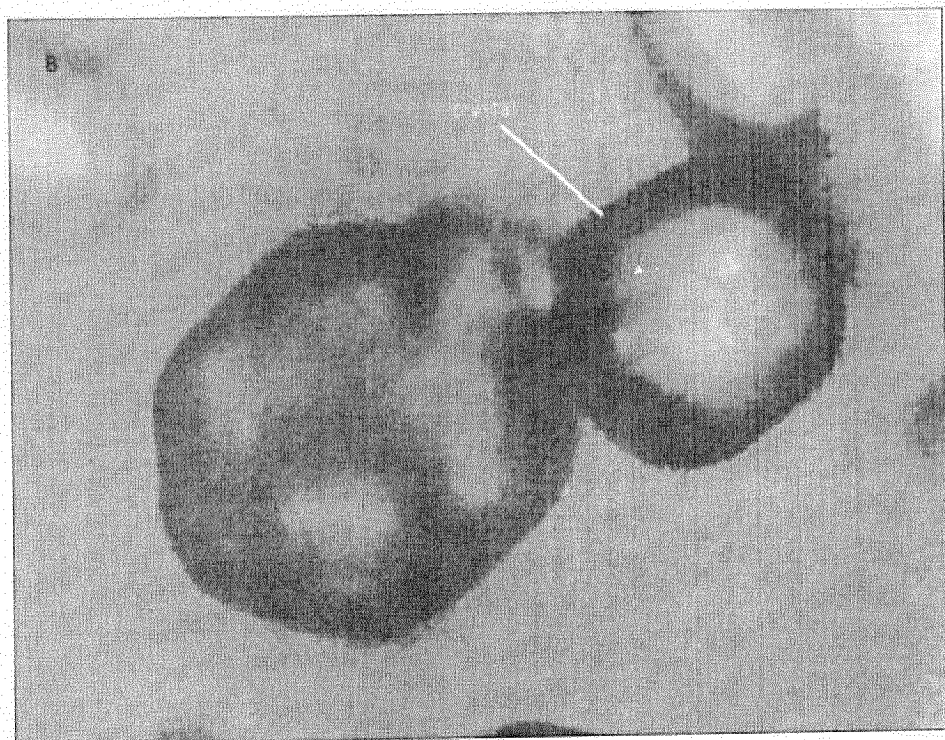
Цемент	1
Песок	0,2836
Микробиологическая добавка	0,250

Минеральная питательная среда	0,250
Материал-носитель	0,122
Волокно из поливинилового спирта	0,046
Вода	остальное

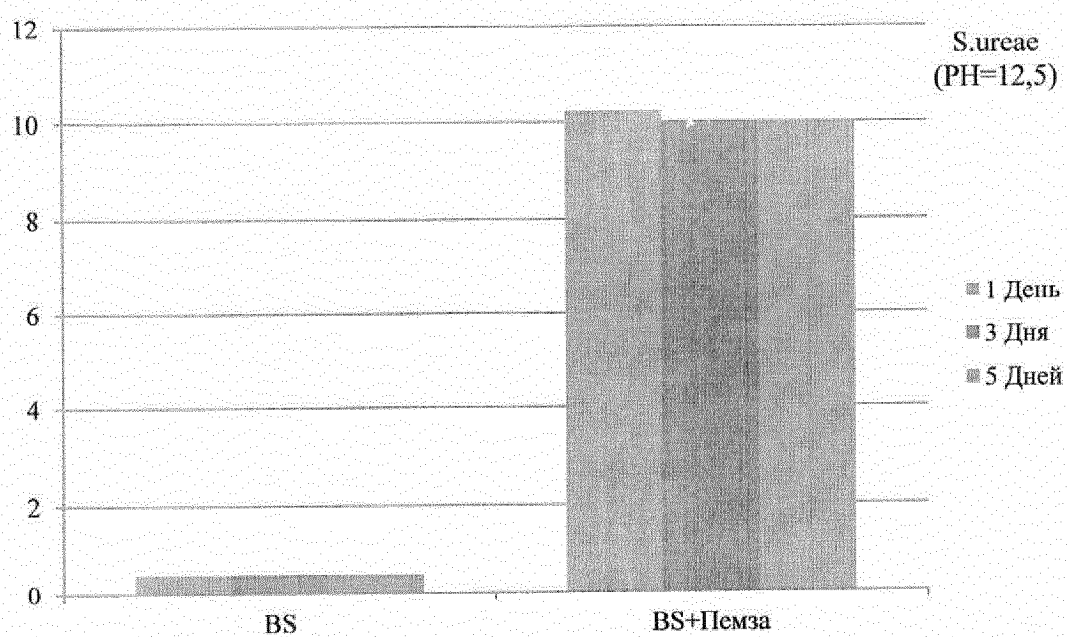
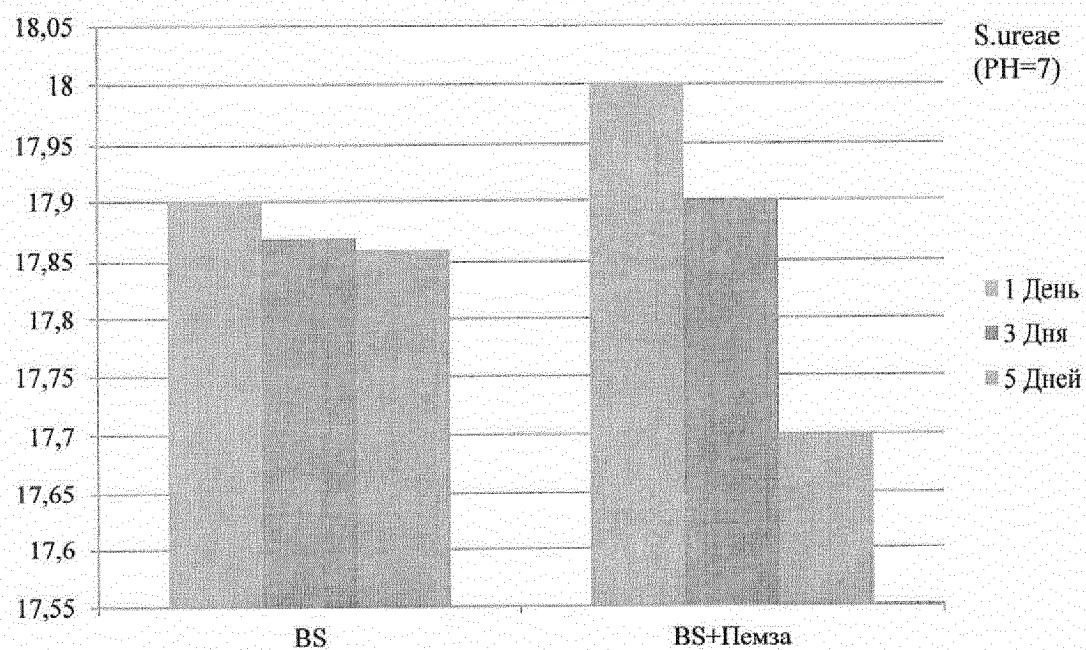
1/11



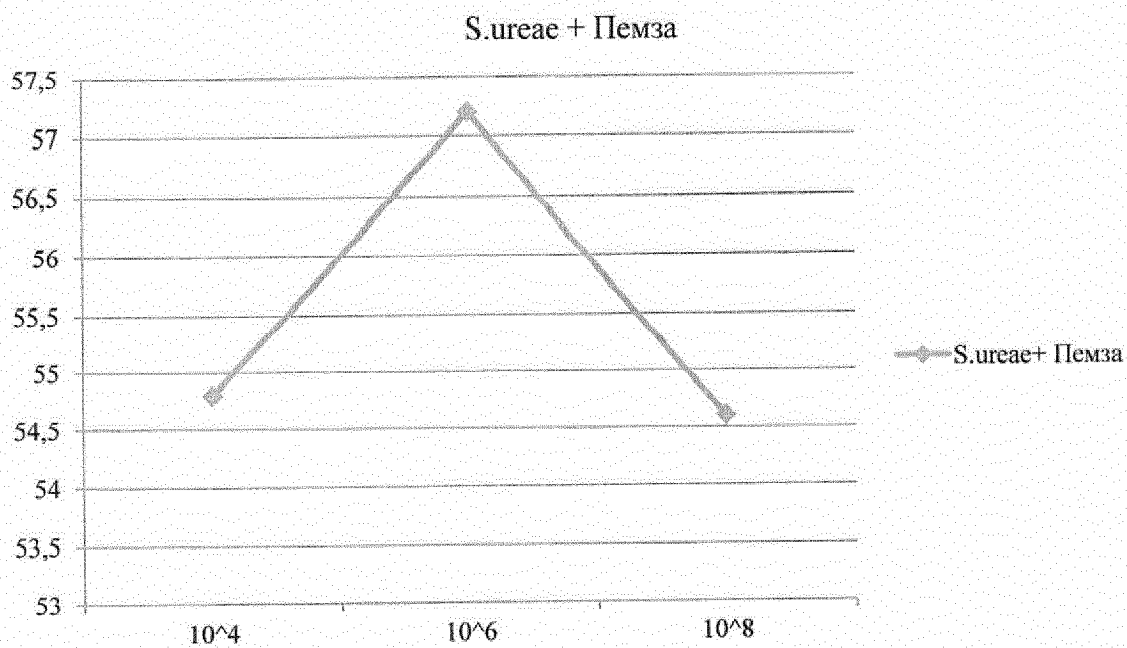
2/11



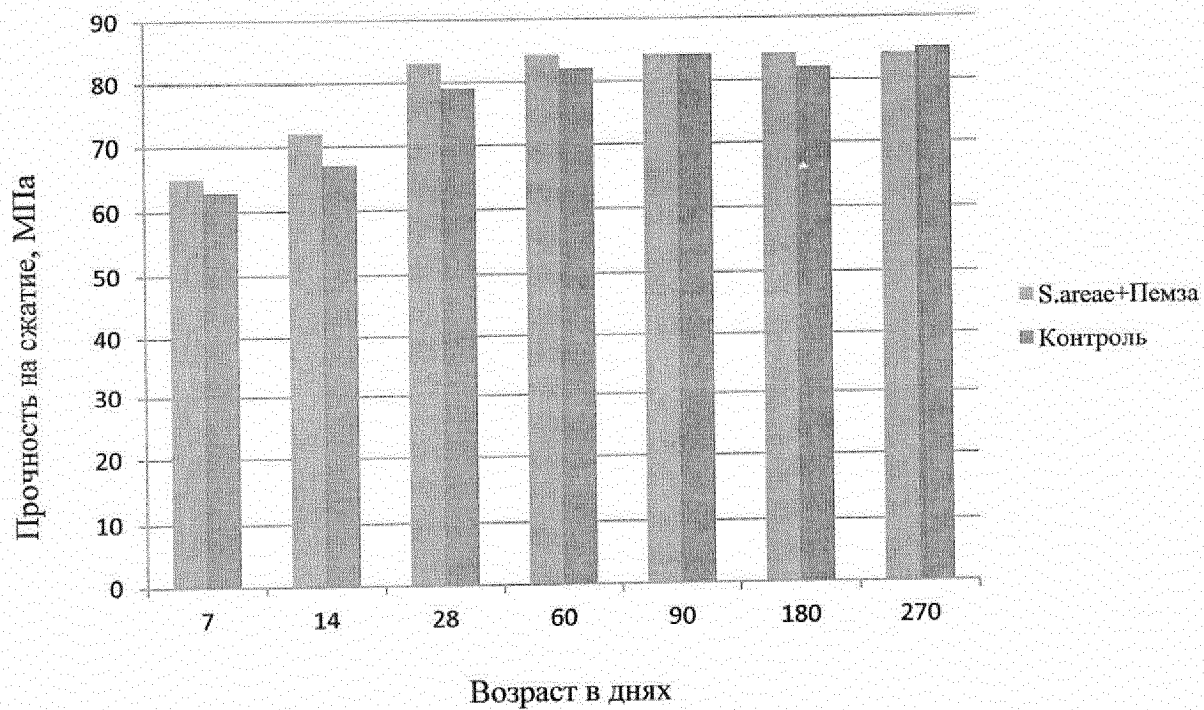
3/11



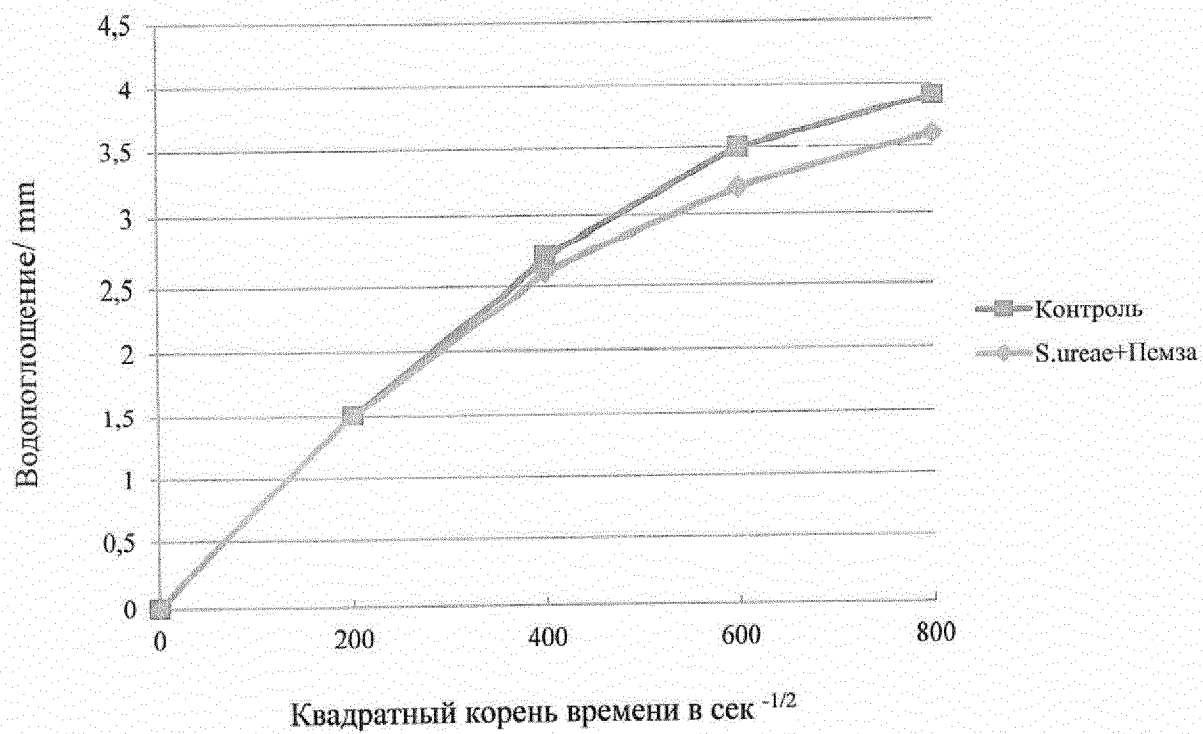
4/11



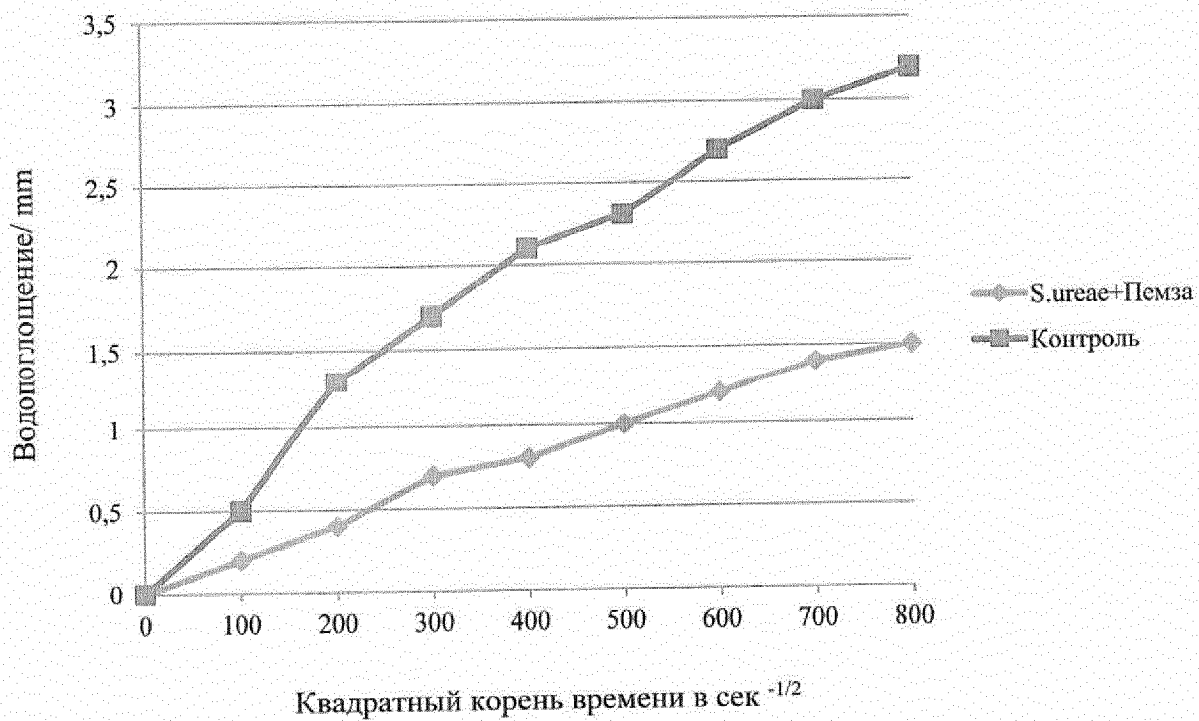
5/11



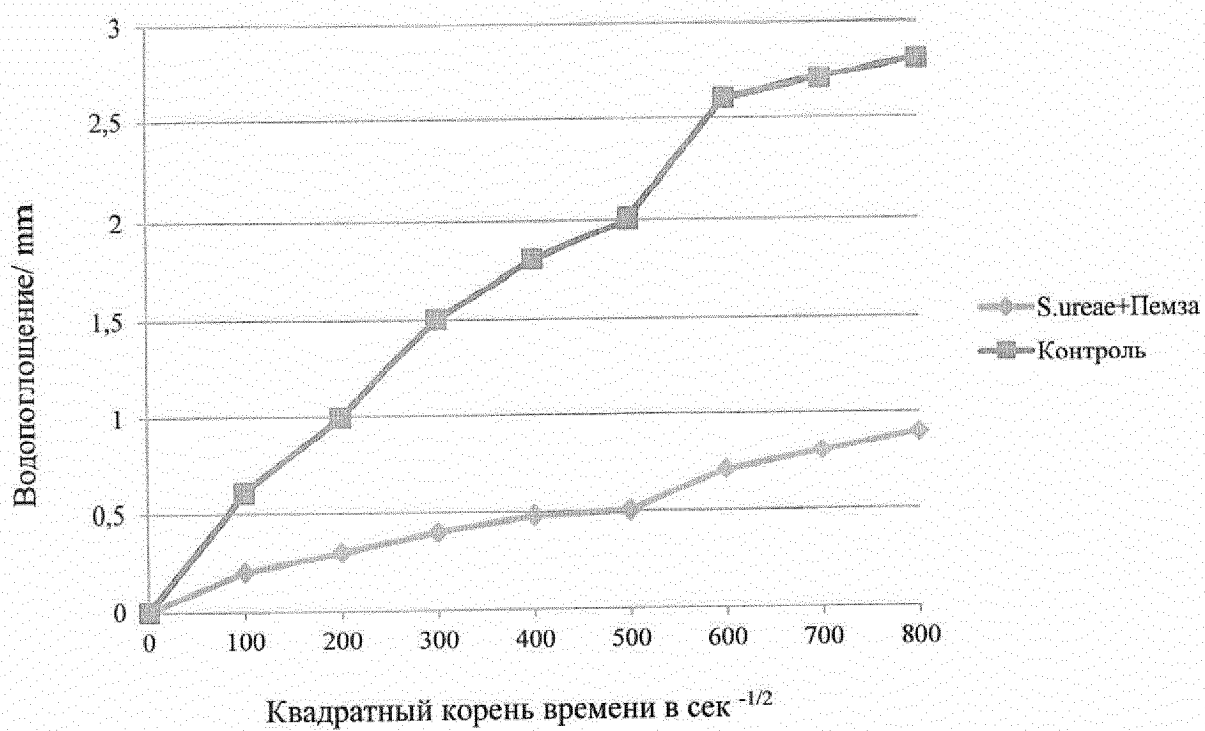
6/11



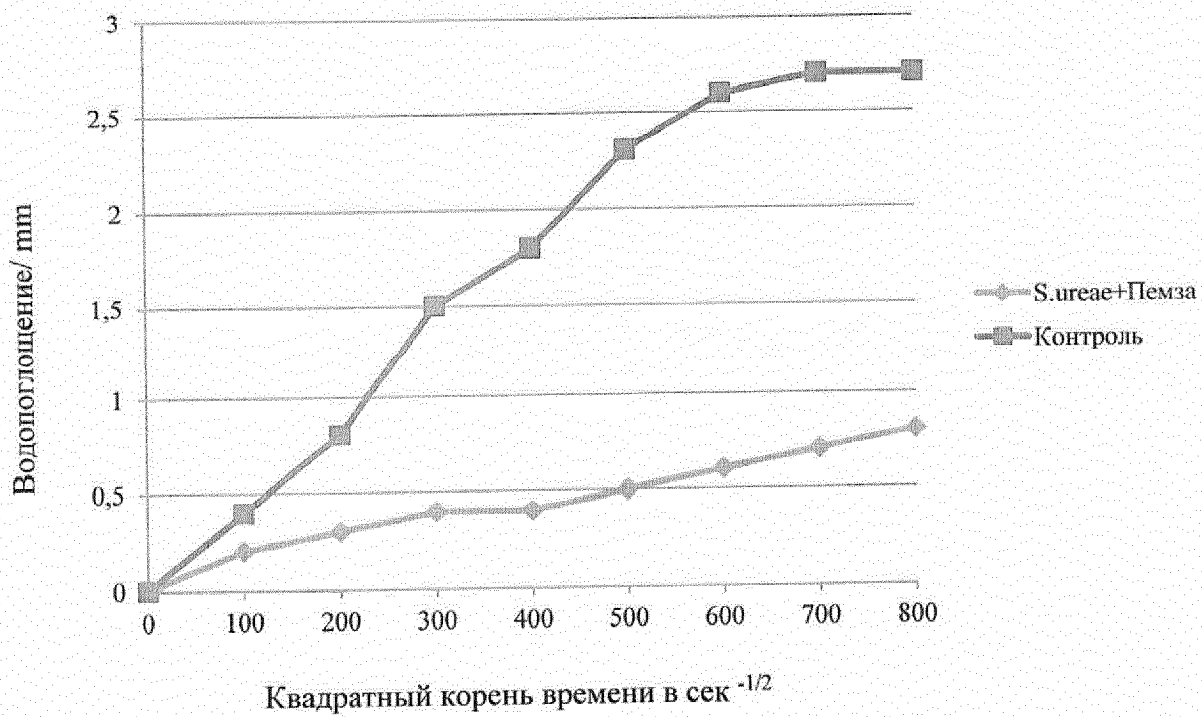
7/11



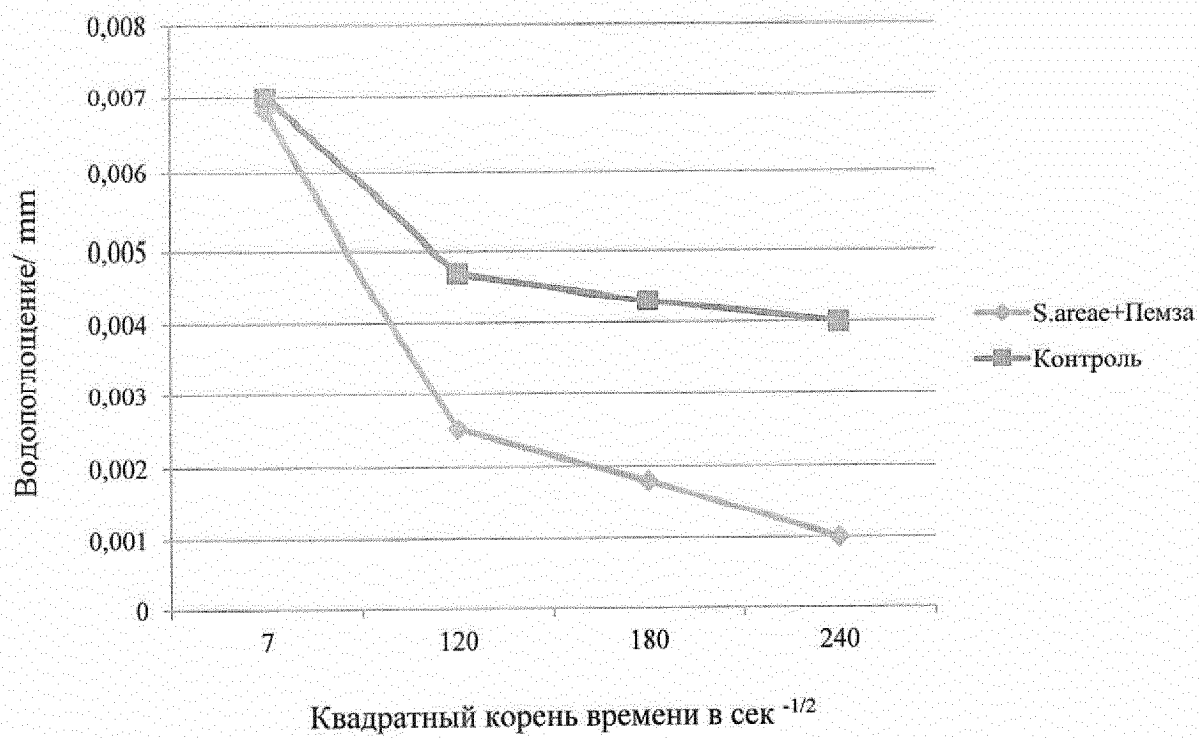
8/11



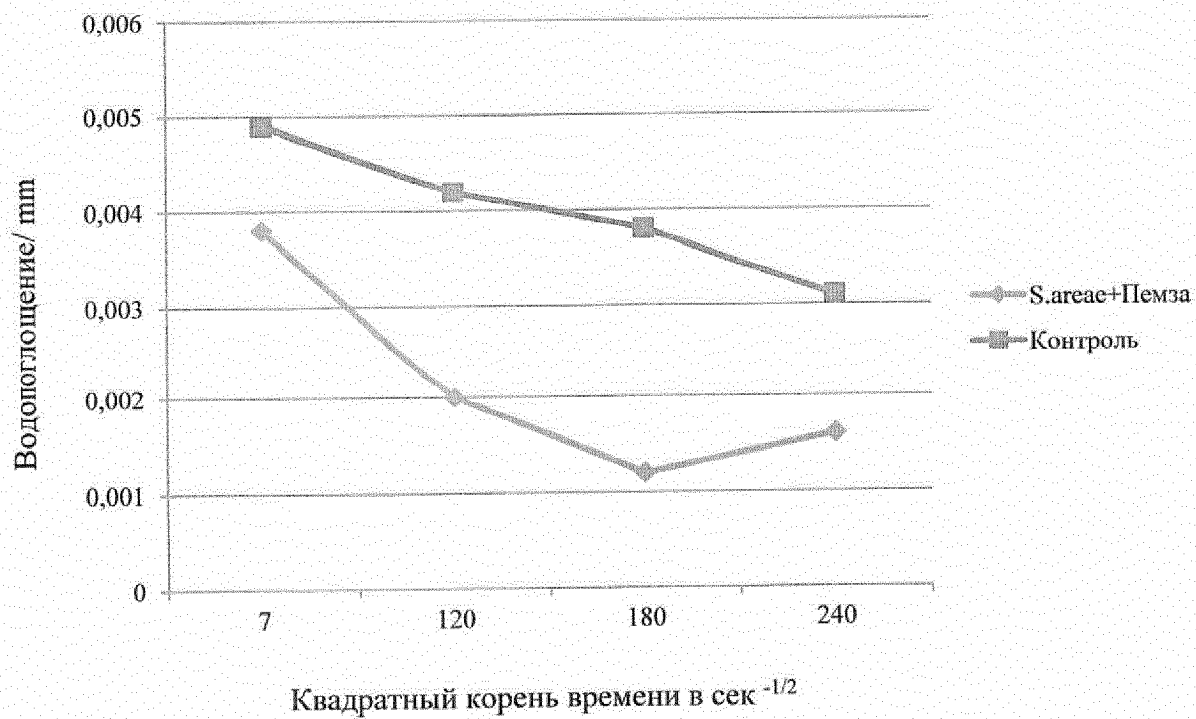
9/11



10/11



11/11



ОТЧЕТ О ПАТЕНТНОМ ПОИСКЕ

(статья 15(3) ЕАПК и правило 42 Патентной инструкции к ЕАПК)

Номер евразийской заявки:

201900485**А. КЛАССИФИКАЦИЯ ПРЕДМЕТА ИЗОБРЕТЕНИЯ:****C04B 28/04 (2006.01)****C12N 1/20 (2006.01)****C04B 16/06 (2006.01)**

Согласно Международной патентной классификации (МПК)

Б. ОБЛАСТЬ ПОИСКА:

Просмотренная документация (система классификации и индексы МПК)

C04B 14/00, 14/06, 16/00, 16/06, 24/00, 28/00, 28/02, 28/04, C12N 1/00, 1/20

Электронная база данных, использовавшаяся при поиске (название базы и, если, возможно, используемые поисковые термины)

EAPATIS, Esp@cenet, USPTO, RUPAT, PATENTSCOPE, Reaxys, Embase, PatSearch, eLIBRARY

В. ДОКУМЕНТЫ, СЧИТАЮЩИЕСЯ РЕЛЕВАНТНЫМИ

Категория*	Ссылки на документы с указанием, где это возможно, релевантных частей	Относится к пункту №
X	БАЖЕНОВ Ю.М., Технология самовосстановления железобетонных конструкций с помощью микроорганизмов, Русский инженер, 2018, №04(61), с. 46-48	1
Y		2-3
A		4-5
Y	US 2017/0029689 A1 (WILSON MICHAEL B. et al.) 2017.02.02, [0009]-[0012]	2
Y	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)	3
A	RU 2133239 C1 (МОРДОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМ. Н.П. ОГАРЕВА) 1999.07.20	1-5

☐ последующие документы указаны в продолжении

* Особые категории ссылочных документов:

«А» - документ, определяющий общий уровень техники

«D» - документ, приведенный в евразийской заявке

«E» - более ранний документ, но опубликованный на дату подачи евразийской заявки или после нее

«O» - документ, относящийся к устному раскрытию, экспонированию и т.д.

"P" - документ, опубликованный до даты подачи евразийской заявки, но после даты испрашиваемого приоритета"

«Т» - более поздний документ, опубликованный после даты приоритета и приведенный для понимания изобретения

«X» - документ, имеющий наиболее близкое отношение к предмету поиска, порочащий новизну или изобретательский уровень, взятый в отдельности

«Y» - документ, имеющий наиболее близкое отношение к предмету поиска, порочащий изобретательский уровень в сочетании с другими документами той же категории

«&» - документ, являющийся патентом-аналогом

«L» - документ, приведенный в других целях

Дата проведения патентного поиска: **29/06/2020**

Уполномоченное лицо:

Заместитель начальника Управления экспертизы

Начальник отдела химии и медицины

А.В.Чебан