

# РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



## ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2775842

### ДЕФОРМАЦИОННО-УПРОЧНЯЮЩИЙСЯ ЦЕМЕНТНЫЙ КОМПОЗИТ С ПОЛИПРОПИЛЕНОВЫМ ВОЛОКНОМ

Патентообладатель: *федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Санкт-Петербургский горный университет" (RU)*

Авторы: *Смирнова Ольга Михайловна (RU), Петров Дмитрий Николаевич (RU), Сколота Никита Сергеевич (RU), Алексеев Александр Васильевич (RU)*

Заявка № 2021137999

Приоритет изобретения **21 декабря 2021 г.**

Дата государственной регистрации  
в Государственном реестре изобретений  
Российской Федерации **11 июля 2022 г.**

Срок действия исключительного права  
на изобретение истекает **21 декабря 2041 г.**

*Руководитель Федеральной службы  
по интеллектуальной собственности*

*Ю.С. Зубов*





ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК

C04B 28/04 (2022.05); C04B 14/06 (2022.05); C04B 16/0633 (2022.05)

(21)(22) Заявка: 2021137999, 21.12.2021

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
21.12.2021Дата регистрации:  
11.07.2022

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 21.12.2021

(45) Опубликовано: 11.07.2022 Бюл. № 20

Адрес для переписки:

190106, Санкт-Петербург, 21 линия, В.О., 2,  
ФГБОУ ВО "СПГУ", Патентно-лицензионный  
отдел

(72) Автор(ы):

Смирнова Ольга Михайловна (RU),  
Петров Дмитрий Николаевич (RU),  
Сколота Никита Сергеевич (RU),  
Алексеев Александр Васильевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего  
образования "Санкт-Петербургский горный  
университет" (RU)(56) Список документов, цитированных в отчете  
о поиске: RU 2482086 C1, 20.05.2013. RU  
2734485 C1, 19.10.2020. RU 2683295 C2,  
27.03.2019. RU 2618819 C1, 11.05.2017. GB  
2293376 A, 27.03.1996. ДРУЖИНКИН С.В. и  
др. Влияние суперпластифицирующих добавок  
на прочность бетона, Инженерный вестник  
Дона, дата поступления статьи: 14.06.2018.(54) ДЕФОРМАЦИОННО-УПРОЧНЯЮЩИЙСЯ ЦЕМЕНТНЫЙ КОМПОЗИТ С  
ПОЛИПРОПИЛЕНОВЫМ ВОЛОКНОМ

(57) Реферат:

Изобретение относится к составам дисперсно-армированных цементных композитов и может найти применение в строительстве при изготовлении или ремонте бетонных или железобетонных изделий и конструкций. Технический результат заключается в создании композита с повышенным пределом прочности при сжатии и изгибе, с повышенной удельной работой разрушения, с деформационным упрочнением после образования первой микротрещины, с повышенной величиной прогиба при обеспечении подвижной

удобоукладываемости. Деформационно-упрочняющийся цементный композит включает, об. %: портландцемент 43,60-45,90, тонкодисперсный молотый кварцевый песок с микрочастицами размером менее 3,9 мкм более 50% 5,29-5,34, тонкодисперсный молотый кварцевый песок с микрочастицами размером менее 11 мкм более 96% 5,28-5,33, кварцевый песок фракции от 0,06 до 2 мм 5,45-5,53, пластификатор MC PowerFlow 7951(5) 3,3-3,4, полипропиленовое волокно 3,5-6,0, вода – остальное. 2 ил., 3 табл.



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.  
*C04B 28/04* (2006.01)  
*C04B 14/06* (2006.01)  
*C04B 16/06* (2006.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC

*C04B 28/04 (2022.05); C04B 14/06 (2022.05); C04B 16/0633 (2022.05)*(21)(22) Application: **2021137999, 21.12.2021**(24) Effective date for property rights:  
**21.12.2021**Registration date:  
**11.07.2022**

Priority:

(22) Date of filing: **21.12.2021**(45) Date of publication: **11.07.2022 Bull. № 20**

Mail address:

**190106, Sankt-Peterburg, 21 liniya, V.O., 2, FGBOU  
VO "SPGU", Patentno-litsenzionnyj otdel**

(72) Inventor(s):

**Smirnova Olga Mikhailovna (RU),  
Petrov Dmitrii Nikolaevich (RU),  
Skolota Nikita Sergeevich (RU),  
Alekseev Aleksandr Vasilevich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**federalnoe gosudarstvennoe biudzhethnoe  
obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshego  
obrazovaniia «Sankt-Peterburgskii gornyi  
universitet» (RU)**(54) **DEFORMATION-HARDENING CEMENT COMPOSITE WITH POLYPROPYLENE FIBER**

(57) Abstract:

FIELD: building materials.

SUBSTANCE: invention relates to compositions of dispersed-reinforced cement composites; it can be used in the construction in the manufacture or repair of concrete or reinforced concrete products and structures. Deformation-hardening cement composite includes, vol. %: Portland cement 43.60-45.90, fine-dispersed crashed quartz sand with microparticles with a size of less than 3.9 mcm of more than 50% 5.29-5.34, fine-dispersed crashed quartz sand with microparticles with a size of less than 11 mcm of more than 96% 5.28-5.33,

quartz sand of a fraction from 0.06 to 2 mm 5.45-5.53, plasticizer MC PowerFlow 7951(5) 3.3-3.4, polypropylene fiber 3.5-6.0, water is the rest.

EFFECT: creation of composite with increased compressive and bending strength, with increased specific work of destruction, with deformation hardening after the formation of the first micro-crack, with increased deflection value, while providing movable workability.

1 cl, 2 dwg, 3 tbl

Изобретение относится к составам дисперсно-армированных цементных композитов и может найти применение в строительстве при изготовлении или ремонте бетонных или железобетонных изделий и конструкций.

Известен высокопрочный легкий фибробетон (патент RU № 2548303 опубл. 20.04.2015), полученный из смеси, содержащей, мас.%.: портландцемент 34,5-52,7, микрокремнезем со средним размером частиц 0,01-1 мкм 7,0-13,65, молотый кварцевый песок с удельной поверхностью 700-800 м<sup>2</sup>/кг 1,5-11,9, кварцевый песок фракции 0,16-0,63 мм 5,1-31,3, гиперпластификатор на поликарбоксилатной основе 0,3-0,48, полипропиленовое волокно 0,3-0,9, наполнитель микросферы 4,3-19,2 и воду - остальное.

Недостатком состава является недостаточный предел прочности при сжатии, предел прочности при изгибе, низкие значения удельной работы разрушения, отсутствует деформационное упрочнение после образования первой микротрещины, недостаточная величина прогиба.

Известен цементный композит (патент RU № 2618819, опубл. 11.05.2017), полученный из смеси, содержащей, мас.%.: портландцемент 32,26-35,77, микрокремнезем в уплотненном виде 0,81-3,17, доломитовая мука фракции до 0,1 мм 21,36-26,52, гранулированное пеностекло с размером фракций 0,1-4 мм 16,67-19,7, стекловолокно длиной 6 мм и диаметром до 14 микрон 0,20-0,30, фибра пропиленовая длиной 6 мм и диаметром до 18 микрон 1,21-2,03, пластификатор Synergy RC 160 Plv 0,08-0,12, формиат кальция 0,64-0,81, вода 18-20,6.

Недостатком состава является недостаточный предел прочности при сжатии, предел прочности при изгибе, низкие значения удельной работы разрушения, отсутствует деформационное упрочнение после образования первой микротрещины, недостаточная величина прогиба.

Известен фибробетон (патент RU № 2583965, опубл. 10.05.2016), получаемый из смеси, содержащей, мас.%.: портландцемент 19,00-22,00, микрокремнезем 1,50-2,50, пластификатор Stachement 2061/151.2 0,15-0,60, полипропиленовое волокно длиной 18 мм и диаметром 20 мкм 0,02-0,15, песок крупный с модулем крупности  $M_K=2,5-3,0$  в нефракционированном виде 65,00-75,00 и воду остальное.

Недостатком состава является недостаточный предел прочности при сжатии, предел прочности при изгибе, низкие значения удельной работы разрушения, отсутствует деформационное упрочнение после образования первой микротрещины, недостаточная величина прогиба.

Известен фибробетон (патент РФ №2502709, опубл. 27.12.2013), получаемый из смеси, содержащей, об.%.: портландцемент 10,0-22,0, гранулированное пеностекло с размером фракций 0,1-5 мм 40,0-70,0, микрокремнезем в уплотненном или неуплотненном виде 0,5-3,0, суперпластификатор поликарбоксилатный эфир Sika Viscocrete 105P 0,1-0,3% от массы вяжущего, полипропиленовое волокно 0,5-4,0 г на 1 литр готовой смеси, вода остальное.

Недостатком состава этого бетона является недостаточный предел прочности при сжатии, предел прочности при изгибе, низкие значения удельной работы разрушения, отсутствует деформационное упрочнение после образования первой микротрещины, недостаточная величина прогиба.

Известен бетон (патент RU № 2247092, опуб. 27.02.2005), получаемый из смеси, содержащей, мас.%.: цемент 300-520 кг/куб.м, заполнитель 1590-2030 кг/куб.м, воду 105-200 кг/куб.м и добавку, содержащую следующие компоненты, мас.ч.: суперпластификатор С-3 0-40; пеногаситель-139-282 в количестве 0,02-0,06; Лигнопан с молекулярной массой 10-50 кДа 10-20; тиосульфат натрия и/или роданистый аммоний

или натрий 40-55; углекислый натрий 1-2, а содержание добавки составляет 0,6-1,5 % от массы цемента.

Недостатком состава этого бетона является недостаточный предел прочности при сжатии, предел прочности при изгибе, низкие значения удельной работы разрушения, отсутствует деформационное упрочнение после образования первой микротрещины, недостаточная величина прогиба.

Известна бетонная смесь (патент RU № 2482086, опубл. 20.05.2013) принятая за прототип, содержащая, мас. %: портландцемент 30,83-33,94, песок речной с модулем крупности 1,9 55,5-56,00, тонкодисперсный молотый кварцевый песок с содержанием диоксида кремния SiO<sub>2</sub> более 94%, в котором содержание тонкодисперсных частиц со средним диаметром менее 3,9 мкм составляет более 50% 1,78-3,55, добавку «Петролафс» 0,28-0,42 и воду остальное.

Недостатком состава является недостаточный предел прочности при сжатии, предел прочности при изгибе, низкие значения удельной работы разрушения, отсутствует деформационное упрочнение после образования первой микротрещины, недостаточная величина прогиба.

Техническим результатом является создание композита с повышенным пределом прочности при сжатии и изгибе, с повышенной удельной работой разрушения, с деформационным упрочнением после образования первой микротрещины, с повышенной величиной прогиба при обеспечении подвижной удобоукладываемости.

Технический результат достигается тем, что дополнительно содержит полипропиленовое волокно диаметром 20 мкм и длиной 6 мм, молотый кварцевый песок с содержанием диоксида кремния SiO<sub>2</sub> более 94%, в котором микрочастиц размером менее 11 мкм более 96%, а в качестве заполнителя используют песок кварцевый фракции от 0,06 до 2 мм, а в качестве добавки используют пластификатор MC PowerFlow 7951(5), при следующем соотношении компонентов, об. %:

	Портландцемент	43,60-45,90
30	тонкодисперсный молотый кварцевый песок с микрочастицами размером менее 3,9 мкм более 50%	5,29-5,34
	тонкодисперсный молотый кварцевый песок с микрочастицами размером менее 11 мкм более 96%	5,28-5,33
	кварцевый песок фракции от 0,06 до 2 мм	5,45-5,53
	пластификатор MC PowerFlow 7951(5)	3,3-3,4
	полипропиленовое волокно	3,5-6,0
35	вода	остальное

Состав поясняется следующими фигурами:

фиг. 1 – график деформирования трех образцов цементного композита с расходом полипропиленовой микрофибры в количестве 4,4% по объему;

фиг. 2 – график деформирования трех образцов цементного композита с расходом полипропиленовой микрофибры в количестве 5,5% по объему.

Заявляемый состав цементного композита включает в себя следующие реагенты и товарные продукты, их содержащие:

- портландцемент ЦЕМ I 42,5Н (ГОСТ 31108-2016). Производство «Петербургцемент» холдинга «ЕВРОЦЕМЕНТ групп» от 43,60 до 45,90;

- кварцевый песок месторождения «Овсянкино» Лужского горно-обогатительного комбината фракции 0,06-2 мм с содержанием диоксида кремния SiO<sub>2</sub> более 94% соответствовал ГОСТ 8736-93 «Песок для строительных работ» от 5,45 до 5,53;

- тонкодисперсный молотый кварцевый песок с содержанием диоксида кремния SiO<sub>2</sub>

более 94%, в котором содержание микрочастиц размером менее 3,9 мкм составляет более 50%, используют в составе смеси от 5,29 до 5,34;

- тонкодисперсный молотый кварцевый песок с содержанием диоксида кремния SiO<sub>2</sub>

более 94%, в котором содержание микрочастиц размером менее 11 мкм составляет более 96%, используют в составе смеси от 5,28 до 5,33;

- пластификатор MC PowerFlow 7951(5) соответствовал ГОСТ 24211-2008 «Добавки для бетонов и строительных растворов. Общие технические условия» от 3,3 до 3,4;

- полипропиленовое волокно по ТУ 5743-001-33181456-2006 «Добавка армирующая для бетонов (фибра полипропиленовая)» от 3,5 до 6,0;

- вода затворения – водопроводная питьевая вода соответствовала ГОСТ 23732-2011 «Вода для бетонов и строительных растворов» остальное.

Бетонную смесь готовят следующим образом. Отдозированную добавку вводят в отдозированную воду затворения, отдозированные сухие компоненты, кроме полипропиленового волокна помещают в лабораторный автоматический растворосмеситель для цементного раствора фирмы Tinius Olsen, где осуществляется перемешивание сухих компонентов, затем вводится вода, содержащая добавку, и осуществляется перемешивание всех компонентов в течение одной минуты, затем вводится полипропиленовое волокно и производится перемешивание в течение 4 минут.

Для исследования свойств композита, полученного с помощью заявляемого состава, были приготовлены составы с расплывом конуса от 130 до 186 мм. Готовили образцы-балочки размером 4×4×16см для испытания на прочность при изгибе и сжатии. Образцы твердели при t=20°С и 100% влажности воздуха и в возрасте 28 суток были испытаны на растяжение при изгибе и сжатие. Были также проведены испытания состава, изготовленного в соответствии с прототипом. Исследование по определению механических свойств выполнено с помощью сервогидравлической системы MTS 816. Оборудование позволяет проводить испытания образцов на сжатие и на трехточечный изгиб. Три образца были испытаны для каждого состава в возрасте 28 дней. Расчет удельной работы разрушения был рассчитан как отношение площади под кривой деформирования к объему образца. Деформационное упрочнение после образования первой микротрещины определялось как разница между прочностью, соответствующей разрушению образца и прочностью, соответствующей первой микротрещине.

Таблица 1 – составы и свойства цементных композитов с молотым кварцевым песком с микрочастицами размером менее 3,9 мкм 100% и с молотым кварцевым песком с микрочастицами размером менее 11 мкм 100%

Состав	Прототип	1	2	3	4	5
ЦЕМ I 42.5	30,83	45,9	45,7	44,92	44,2	43,6
Тонкодисперсный молотый кварцевый песок с микрочастицами размером менее 3,9 мкм 100%	3,55	5,29	5,3	5,32	5,33	5,34
Тонкодисперсный молотый кварцевый песок с микрочастицами размером менее 11 мкм 100%	-	5,28	5,3	5,31	5,32	5,33
Кварцевый песок фракции 0,06-2 мм	-	5,51	5,49	5,47	5,45	5,53
Песок речной с модулем крупности 1,9	56,00	-	-	-	-	-
Суперпластификатор MC PowerFlow 7951 (5)	-	3,4	3,4	3,3	3,3	3,4
Добавка Петролафс	0,42	-	-	-	-	-
Полипропиленовое волокно	-	3,5	4,0	4,4	5,5	6,0
Вода	9,2	31,12	30,81	31,28	30,9	30,8
Плотность в возрасте 28 суток, кг/м <sup>3</sup>	2421	2238	2184	2120	2070	2018

Предел прочности при сжатии, МПа	73,2	84,1	82,7	79,6	68,1	67,2
Предел прочности на растяжение при изгибе, МПа (при первой микротрещине)	8,10	8,56	8,42	7,93	5,81	5,79
Удельная работа разрушения, Дж/м <sup>3</sup>	34,1	21226,3	21857,7	22200,4	23176,9	23978,3
Деформационное упрочнение после образования первой микротрещины, МПа	0	0	0	0	0,64	0,69
Величина прогиба, мм	0,002	1,13	1,14	1,15	1,17	1,18

Результаты Таблицы 1 показывают, что использование волокна в количестве 3,5-4% по объему способствует повышению предела прочности при изгибе. Дальнейшее увеличение расхода волокна с 4,4% до 6% по объему в цементных композитах привело к снижению предела прочности при изгибе. В случае использования полипропиленового волокна в большем количестве увеличивается площадь поверхности раздела между волокном и матрицей и, возможно, начинает оказывать преобладающее значение прочность контактной зоны между волокном и цементной матрицей. Зона деформационного упрочнения появляется на кривых всех заявляемых составов (фиг. 1, 2). Однако, эта зона в составах с 5.5% и 6% волокна представляет интерес, поскольку прочность при изгибе, соответствующая разрушению образца превышает предел прочности при изгибе соответствующий первой микротрещине.

Таблица 2 – составы и свойства цементных композитов с молотым кварцевым песком с микрочастицами размером менее 3,9 мкм 75% и с молотым кварцевым песком с микрочастицами размером менее 11 мкм 98%

Состав	Прототип	6	7	8	9	10
ЦЕМ I 42.5	30,83	45,9	45,7	44,92	44,2	43,6
Тонкодисперсный молотый кварцевый песок с микрочастицами размером менее 3,9 мкм 75%	3,55	5,29	5,3	5,32	5,33	5,34
Тонкодисперсный молотый кварцевый песок с микрочастицами размером менее 11 мкм 98%	-	5,28	5,3	5,31	5,32	5,33
Кварцевый песок фракции 0,06-2 мм	-	5,51	5,49	5,47	5,45	5,53
Песок речной с модулем крупности 1,9	56,00	-	-	-	-	-
Суперпластификатор MC PowerFlow 7951(5)	-	3,4	3,4	3,3	3,3	3,4
Добавка Петролафс	0,42	-	-	-	-	-
Полипропиленовое волокно	-	3,5	4,0	4,4	5,5	6,0
Вода	9,2	31,12	30,81	31,28	30,9	30,8
Плотность в возрасте 28 суток, кг/м <sup>3</sup>	2421	2236	2185	2124	2069	2014
Предел прочности при сжатии, МПа	73,2	83,9	82,6	79,3	68,4	67,3
Предел прочности на растяжение при изгибе, МПа (при первой микротрещине)	8,10	8,51	8,32	7,82	5,87	5,85
Удельная работа разрушения, Дж/м <sup>3</sup>	34,1	21234,2	21832,9	22286,9	23221,7	23954,8
Деформационное упрочнение после образования первой микротрещины, МПа	0	0	0	0	0,65	0,68
Величина прогиба, мм	0,002	1,13	1,15	1,15	1,16	1,17

Таблица 3 – составы и свойства цементных композитов с молотым кварцевым песком с микрочастицами размером менее 3,9 мкм 50% и с молотым кварцевым песком с микрочастицами размером менее 11 мкм 96%

Состав	Прототип	11	12	13	14	15
ЦЕМ I 42.5	30,83	45,9	45,7	44,92	44,2	43,6

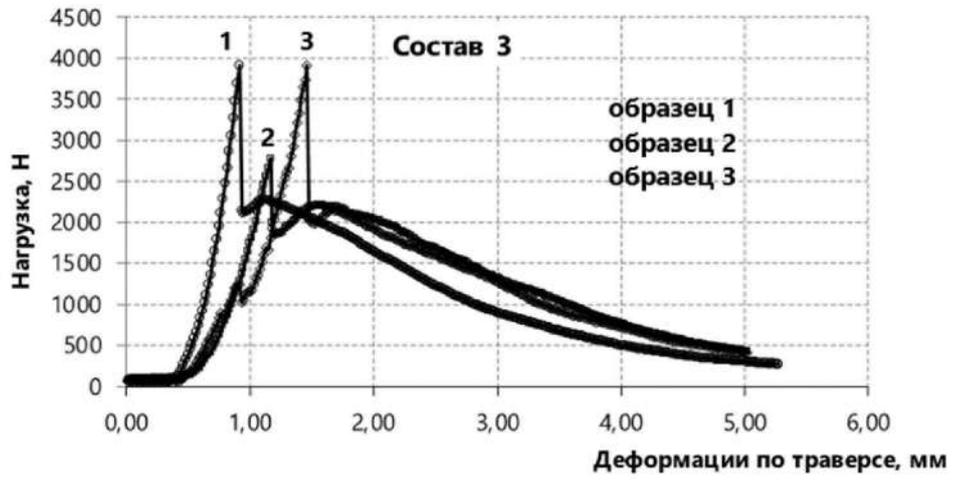
	Тонкодисперсный молотый кварцевый песок с микрочастицами размером менее 3,9 мкм 50%	3,55	5,29	5,3	5,32	5,33	5,34
5	Тонкодисперсный молотый кварцевый песок с микрочастицами размером менее 11 мкм 96%	-	5,28	5,3	5,31	5,32	5,33
	Кварцевый песок фракции 0,06-2 мм	-	5,51	5,49	5,47	5,45	5,53
	Песок речной с модулем крупности 1,9	56,00	-	-	-	-	-
	Суперпластификатор MC PowerFlow 7951 (5)	-	3,4	3,4	3,3	3,3	3,4
10	Добавка Петролафс	0,42	-	-	-	-	-
	Полипропиленовое волокно	-	3,5	4,0	4,4	5,5	6,0
	Вода	9,2	31,12	30,81	31,28	30,9	30,8
	Плотность в возрасте 28 суток, кг/м <sup>3</sup>	2421	2242	2169	2148	2077	2013
	Предел прочности при сжатии, МПа	73,2	84,0	82,4	79,9	67,7	66,8
15	Предел прочности на растяжение при изгибе, МПа (при первой микротрещине)	8,10	8,47	8,39	7,82	5,79	5,73
	Удельная работа разрушения, Дж/м <sup>3</sup>	34,1	21312,1	21798,6	22311,1	23241,5	23964,2
	Деформационное упрочнение после образования первой микротрещины, МПа	0	0	0	0	0,64	0,69
	Величина прогиба, мм	0,002	1,14	1,15	1,15	1,17	1,16

20 Анализ данных, представленных в Таблицах 1-3, показывает, что мелкозернистый дисперсно-армированный бетон, получаемый из бетонной смеси согласно данному изобретению, по сравнению с прототипом имеет повышение прочности на растяжение при изгибе в возрасте 28 суток на 5,6% при расходе волокна от 3,5 до 4% по объему, повышение удельной работы разрушения при изгибе в пределах от 622 до 703 раз, деформационное упрочнение после образования первой микротрещины в пределах от 25 0,64 до 0,69 МПа, повышение величины прогиба в пределах от 565 до 585 раз.

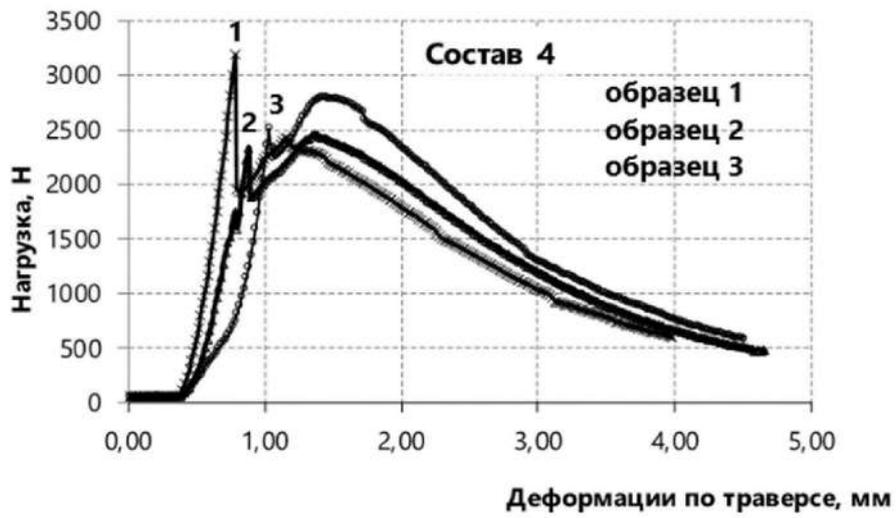
#### (57) Формула изобретения

30 Деформационно-упрочняющийся цементный композит с полипропиленовым волокном, включающий портландцемент, заполнитель, тонкодисперсный молотый кварцевый песок с содержанием диоксида кремния SiO<sub>2</sub> более 94%, в котором содержание тонкодисперсных частиц со средним диаметром менее 3,9 мкм составляет более 50%, добавку и воду, отличающийся тем, что дополнительно содержит полипропиленовое волокно диаметром 20 мкм и длиной 6 мм, молотый кварцевый 35 песок с содержанием диоксида кремния SiO<sub>2</sub> более 94%, в котором микрочастиц размером менее 11 мкм более 96%, в качестве заполнителя используют песок кварцевый фракции от 0,06 до 2 мм, а в качестве добавки используют пластификатор MC PowerFlow 7951(5) при следующем соотношении компонентов, об.%:

40	Портландцемент	43,60-45,90
	Тонкодисперсный молотый кварцевый песок с микрочастицами размером менее 3,9 мкм более 50%	5,29-5,34
	Тонкодисперсный молотый кварцевый песок с микрочастицами размером менее 11 мкм более 96%	5,28-5,33
	Кварцевый песок фракции от 0,06 до 2 мм	5,45-5,53
45	Пластификатор MC PowerFlow 7951(5)	3,3-3,4
	Полипропиленовое волокно	3,5-6,0
	Вода	Остальное



Фиг. 1



Фиг. 2