

Вестник Евразийской науки / The Eurasian Scientific Journal <https://esj.today>

2018, №6, Том 10 / 2018, No 6, Vol 10 <https://esj.today/issue-6-2018.html>

URL статьи: <https://esj.today/PDF/14SAVN618.pdf>

Статья поступила в редакцию 01.11.2018; опубликована 21.12.2018

**Ссылка для цитирования этой статьи:**

Щербань Е.М., Стельмах С.А., Нажуев М.П., Насевич А.С., Гераськина В.Е., Пошев А.У.-Б. Влияние различных видов фибры на физико-механические свойства центрифугированного бетона // Вестник Евразийской науки, 2018 №6, <https://esj.today/PDF/14SAVN618.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ.

**For citation:**

Shcherban' E.M., Stel'makh S.A., Nazhuev M.P., Nasevich A.S., Geras'kina V.E., Poshev A.U.-B. (2018). The effect of various types of fibers on the physico-mechanical properties of centrifuged concrete. *The Eurasian Scientific Journal*, [online] 6(10). Available at: <https://esj.today/PDF/14SAVN618.pdf> (in Russian)

**УДК 691**

**ГРНТИ 67.09.33**

**Щербань Евгений Михайлович**

ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет», Ростов-на-Дону, Россия  
Доцент кафедры «Инженерной геологии, оснований и фундаментов»  
Кандидат технических наук  
E-mail: [au-geen@mail.ru](mailto:au-geen@mail.ru)

**Стельмах Сергей Анатольевич**

ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет», Ростов-на-Дону, Россия  
Доцент кафедры «Инженерной геологии, оснований и фундаментов»  
Кандидат технических наук, доцент  
E-mail: [sergej.stelmax@mail.ru](mailto:sergej.stelmax@mail.ru)

**Нажуев Мухума Пахрудинович**

ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет», Ростов-на-Дону, Россия  
Магистрант  
E-mail: [nazhuev17@mail.ru](mailto:nazhuev17@mail.ru)

**Насевич Алина Сергеевна**

ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет», Ростов-на-Дону, Россия  
Ассистент кафедры «Железобетонных и каменных конструкций»  
E-mail: [x609km@mail.ru](mailto:x609km@mail.ru)

**Гераськина Валерия Евгеньевна**

ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет», Ростов-на-Дону, Россия  
Магистрант  
E-mail: [lera271096@rambler@ru](mailto:lera271096@rambler@ru)

**Пошев Азраил Умар-Бекович**

ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет», Ростов-на-Дону, Россия  
Магистрант  
E-mail: [azrail.poshev@mail.ru](mailto:azrail.poshev@mail.ru)

**Влияние различных видов  
фибры на физико-механические свойства  
центрифугированного бетона**

**Аннотация.** В статье представлены сведения о применении за рубежом армирования бетона дисперсными волокнами при производстве железобетонных труб, конструкций в гидротехнических сооружениях, покрытий дорог и аэродромов, элементов облицовки зданий. Авторами отмечена возможность изготавливать изделия из такого бетона без армирования специальными каркасами и сетками, что упрощает технологию изделий, снижает ее трудоемкость. Подобран состав центрифугированного бетона. Дисперсное армирование осуществляется равномерно распределяемыми по объему бетона-матрицы волокнами. Применяют для этого металлические и иные волокна минерального и органического происхождения. Представлены физико-механические свойства рассматриваемых видов фибры. В статье приведены экспериментальные кривые усадки фибробетона. Авторами статьи рассмотрено исследование влияния различных видов волокон фибры на физико-механические свойства центрифугированного бетона. Установлено, что в результате введения различных видов волокон изменяются показатели средней плотности и параметры поровой структуры бетонов. Авторами статьи сделан вывод о том, что введение фибры приводит к изменению части объема капиллярных пор, что обуславливает снижение кажущейся пористости и среднего размера пор, при этом повышая их однородность по размерам.

Результаты физико-механических испытаний фибробетона показали, что наибольший эффект по пределу прочности при сжатии на 15 % достигается при введении в состав металлической фибры. При этом деформации усадки ниже на 20 % по сравнению с контрольным в составе с базальтовой фиброй.

**Ключевые слова:** дисперсное армирование; фибробетон; железобетон; центрифугирование; прочность; вязкость разрушения; кольцевое сечение

Армированные дисперсными волокнами бетоны за рубежом применяют при производстве железобетонных труб, конструкций в гидротехнических сооружениях, покрытий дорог и аэродромов, элементов облицовки зданий. Возможно изготавливать изделия из такого бетона без армирования специальными каркасами и сетками, что упрощает технологию изделий, снижает ее трудоемкость [1].

Дисперсное армирование осуществляется равномерно распределяемыми по объему бетона-матрицы волокнами. Применяют для этого металлические и иные волокна минерального и органического происхождения.

Прочность и вязкость разрушения при изгибе и осевом растяжении для бетона, армированного дисперсным волокном-фибррой, являются наиболее характерными показателями качества. По этим показателям фибробетон значительно превосходит обычный бетон [2, 3].

Известно, что для изделий и конструкций кольцевого сечения из центрифугированного бетона существенным недостатком является способность к хрупкому разрушению, связанному с непропорциональностью возрастания предела прочности при сжатии и растяжении.

В этой связи представляет особый интерес применения различных видов фибрового волокна при производстве центрифугированных изделий кольцевой конфигурации [4].

В настоящее время наиболее часто применяются следующие три вида волокнистых армирующих материалов: короткие отрезки стальной тонкой проволоки, волокна из базальта и полипропилена [5, 6].

В конструкциях эффективность работы волокон определяется в значительной мере их степенью деформативности.

Существует классификация волокон по показателю модульности (относительное удлинение при разрыве): низко модульные (полипропиленовые, нейлоновые, полиэтиленовые) и высоко модульные (стальные, стеклянные, базальтовые).

Процент армирования стальной фиброй в бетонной смеси как правило 1-2,5 % от объема бетона (или 3-9 % по массе).

За рубежом в практике строительства все большее применение имеют фибробетоны, армированные синтетическими волокнами, высокопрочными, высоко модульными, стойкими к коррозии во многих средах.

Широкое распространение в таких бетонах получила фибра из базальтового волокна диаметром от 20 мкм до 500 мкм и длиной от 1 мм до 150 мм. Модуль упругости базальтового волокна – 7-60 ГПа, прочность на растяжение – 600-3500 МПа.

Такое волокно с диаметром 40 мкм обладает:

- 100 % стойкость к воде;
- 96 % к щелочи;
- 94 % к кислоте.

Цементный камень и базальтовая фибра имеют один коэффициент температурного расширения и высокую адгезию, поэтому ей не требуется дополнительных изменений в конфигурации волокна в отличие от металлической. Дисперсное армирование бетона базальтовой фиброй снижает образование усадочных трещин, по сравнению со стальной сеткой [7, 8, 9].

В лаборатории Донского государственного технического университета авторами для выполнения программы экспериментальных исследований в качестве волокон для дисперсного армирования в составах бетонов исследовалась стальная, базальтовая и полипропиленовая фибра, физико-механические свойства которой представлены в таблице 1.

Для исследований физико-механических свойств состав центрифугированного бетона подобран по методу проф. Ахвердова И.Н. [10].

**Таблица 1**

**Физико-механические свойства фибры**

Показатель	Тип фибры		
	Стальная	Базальтовая	Полипропиленовая
Диаметр $d$ , мм	1±0,075	0,01	0,02-0,4
Длина $L$ , мм	50±2,0	-	-
Плотность $\rho$ , г/см <sup>3</sup>	7,8	2,6	0,9
Прочность при растяжении, $R_p$ , ГПа	0,3-2,0	1,6-3,2	0,3-0,5
Модуль упругости $E_f$ , ГПа	200	100-130	5
Относительное удлинение при разрыве, %	0,5-3,5	1,4-3,6	15-25

*Составлено авторами*

Составы центрифугированного бетона с проектным классом В40 П1 (осадка конуса 1-3 см) представлены в таблице 2.

Таблица 2

Составы центрифугированного бетона

№	Расход материалов на 1 м <sup>3</sup>				Тип фибры и ее дозировка (в %)
	Гранитный щебень	Песок	Цемент	Вода	
1-К	1274	658	398	175	-
2-С	1274	658	398	175	Стальная
3-Б	1274	658	398	175	Базальтовая 5 %
4-П	1274	658	398	175	Полипропиленовая

Составлено авторами

Для исследований показателей пористости, усадки и предела прочности при сжатии бетона готовили лабораторный замес на 18 л.

Экспериментальные исследования производились на образцах-кубах из бетонной смеси с ребром 100 мм и образцах-призмах размерами 100×100×400 мм, твердевших после формовки в нормальных условиях.

Измерение линейных деформаций усадки бетона проводились с помощью индикаторов часового типа с точностью 0,01 мм.

Экспериментальные кривые усадки (рисунок 1) фибробетона, полученные в условиях квазистатической сушки, были построены в зависимости от времени (Т, сут.) и деформаций усадки.

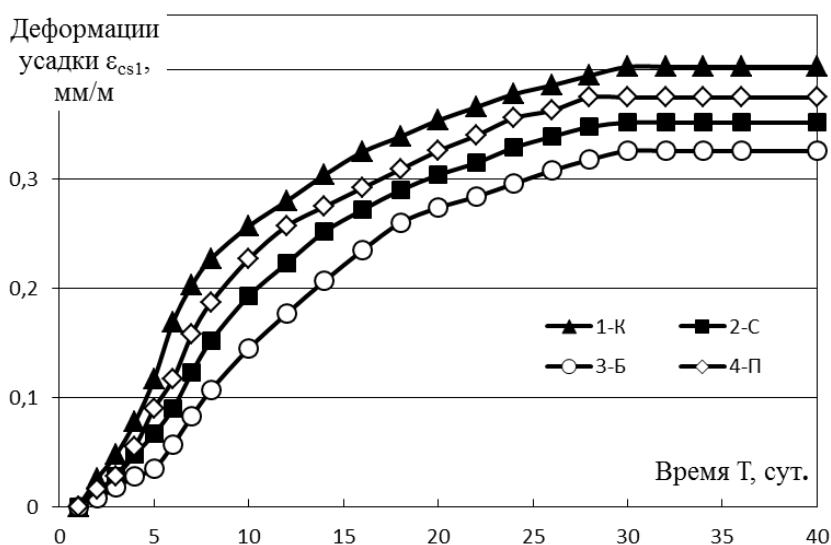


Рисунок 1. Деформации усадки для образцов состава 1-К, 2-С, 3-Б и 4-П (составлено авторами)

Деформации усадки для образцов состава 1-К, 2-С, 3-Б и 4-П. в возрасте 40 сут. составили соответственно  $\epsilon_{cs1} = 40,3 \cdot 10^{-5}$ ,  $\epsilon_{cs1} = 35,2 \cdot 10^{-5}$ ,  $\epsilon_{cs1} = 32,6 \cdot 10^{-5}$  и  $\epsilon_{cs1} = 37,5 \cdot 10^{-5}$ . Наилучшие результаты по деформациям усадки показал состав 3-Б с базальтовой фиброй. Скорее всего, это связано с ее характеристиками, которые на порядок меньше чем у других типов. Поэтому, хаотично прошивая цементную матрицу в разных направлениях и равномерно распределяясь, она существенно снижает на 20 % усадочные деформации по сравнению с контрольным составом [6, 11, 12].

Показатели параметров пористости и физико-механических свойств бетонов приведены в таблице 3.

Таблица 3

Показатели пористости и физико-механических свойств бетонов

Наименование показателя	Значение показателя для бетона состава, №			
	1-К	2-С	3-Б	4-П
1. Средняя плотность, кг/м <sup>3</sup>	2405	2434	2416	2411
2. Водопоглощение по массе, %	6,0	4,9	5,3	6,4
3. Предел прочности при сжатии образцов кубов, МПа (28 суток н.т.)	61,2	70,6	62,5	58,3
3. Предел прочности при сжатии образцов призм, МПа (28 суток н.т.)	46,4	53,8	46,4	44,5
3. Предел прочности на растяжение при изгибе образцов кубов, МПа (28 суток н.т.)	2,5	3,8	3,0	2,8
4. Кажущаяся пористость, %	6,4	5,3	5,6	6,0
5. Средний размер пор, $\bar{\lambda}_2$	0,81	0,67	0,62	0,74
6. Однородность пор по размерам, $\alpha$	0,45	0,5	0,52	0,55

Составлено авторами

Установлено, что в результате введения различных видов волокон изменяются показатели средней плотности и параметры поровой структуры бетонов. Так для центрифугированного фибробетона с добавкой металлических волокон (2-С) средняя плотность увеличилась на 29 кг/м<sup>3</sup>, а предел прочности при сжатии образцов кубов вырос на 15 % по сравнению с контрольным составом.

В тоже время при введении в состав базальтовой фибры (3-Б) средняя плотность увеличилась на 11 кг/м<sup>3</sup>, а предел прочности при сжатии образцов кубов практически не изменился. Вместе с тем состав на полипропиленовой фибре (4-П) показал незначительное падение предела прочности при сжатии на 5 %. Вероятно, это связано с незначительным повышением водопотребности, а также с неравномерным распределением фибры по объему.

Таким образом, введение фибры приводит к изменению части объема капиллярных пор, что обуславливает снижение кажущейся пористости и среднего размера пор, при этом повышая их однородность по размерам.

Результаты физико-механических испытаний фибробетона показали, что наибольший эффект по пределу прочности при сжатии на 15 % достигается при введении в состав металлической фибры. При этом деформации усадки в составе с базальтовой фиброй ниже на 20 % по сравнению с контрольным.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Бабков В.В., Аминов Ш.Х., Струговец И.Б., Недосеко И.В., Мохов В.Н., Дистанов Р.Ш. Сталефибробетонные конструкции в автомобильном строительстве Республики Башкортостан // Строительные материалы, 2006, № 3. С. 50-53.
2. Батаев Д.К.-С., Сайдумов М.С., Муртазаева Т.С.-А., Имагамаева Б.Б. Перспективы использования модифицированных высококачественных бетонов в современном строительстве / Современные строительные материалы, технологии и конструкции. Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 95-летию ФГБОУ ВПО «ГНТУ им. акад. М.Д. Миллионщикова». ГНТУ им. акад. М.Д. Миллионщикова, 2015. С. 485-492.
3. Саламанова М.Ш., Исмаилова З.Х., Бисултанов Р.Г., Арцаева М.С. Влияние композиционного вяжущего на формирование физико-механических и эксплуатационных свойств фибробетона / Эффективные строительные

- композиты. Научно-практическая конференция к 85-летию заслуженного деятеля науки РФ, академика РААСН, доктора технических наук Баженова Ю.М. БГТУ им. В.Г. Шухова, 2015. С. 592-598.
4. Ивлев В.А. Фибробетон в тонкостенных изделиях кольцевой конфигурации: дисс. ... канд. техн. наук: 05.23.05. Уфа, 2009. 167 с.
  5. Корянова Ю.И. Целесообразность применения конструкций с внешним армированием // Строительство-2012. Материалы Международной научно-практической конференции, Ростов-на-Дону, 2012. С. 126-128.
  6. Крылов Б.А. Фибробетон и его применение в строительстве – М.: Стройиздат, 1979. – 173 с.
  7. Антропова Е.А., Дробышев Б.А., Амосов П.В. Свойства модифицированного сталефибробетона // Бетон и железобетон, 2002, № 3. С. 3-6.
  8. Моргун Л.В., Щеглова О.Ю. Влияние формы дисперсных частиц сырьевых компонентов бетонных смесей на требования к активатору бетоносмесителя // Известия Ростовского государственного строительного университета, Том 1, № 18, 2014. С. 42-46.
  9. Халюшев А.К. Эксплуатационные свойства бетонов на основе модифицированных композиционных цементов // Современное промышленное и гражданское строительство, Макеевка, 2012, том 8, № 3, С. 149-158.
  10. Ахвердов И.Н. Железобетонные напорные центрифугированные трубы. – М.: Стройиздат, 1967. – 165 с.
  11. Бычков М.В., Удодов С.А. Деформационные свойства легкого конструкционного самоуплотняющегося бетона // Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки, 2013, № 2 (29). С. 71-75.
  12. Маилян Р.Л., Маилян Л.Р., Осинов К.М. и др. Рекомендации по проектированию железобетонных конструкций из керамзитобетона с фибровым армированием базальтовым волокном. – Ростов н/Дону, 1996. – С. 14.
  13. Баженов Ю.М. Модифицированные высококачественные бетоны: [науч. изд-е] / Ю.М. Баженов, В.С. Демьянова, В.И. Калашников. – М.: Изд-во АСВ, 2006. – 368 с.
  14. Малинина Л.А. Королев К.М., Рыбасов В.Н. Опыт изготовления изделий из фибробетона в СССР и за рубежом. – М.: Обзор ВЕИИЭСМ, 1981. – 35 с.
  15. Михеев Н.М., Талантова К.В. К вопросу о классификации стальных фибр для дисперсного армирования бетонов // Бетон и железобетон, 2003, № 2. С. 9-11.
  16. Парфенов А.В. Ударная выносливость бетонов на основе стальной и синтетической фибры: автореф. дисс. ... канд. техн. наук: 05.23.05. Уфа, 2005. 23 с.
  17. Рабинович Ф.Н. Дисперсно-армированные бетоны. – М.: Стройиздат, 1989. – 176 с.
  18. Рахимов Р.З. Фибробетон – строительный материал 21 века // «Экспозиция» 26 (54). Бетон и сухие смеси, 2008.

**Shcherban' Evgeniy Mikhaylovich**

Don state technical university, Rostov-on-Don, Russia  
E-mail: au-geen@mail.ru

**Stel'makh Sergey Anatol'evich**

Don state technical university, Rostov-on-Don, Russia  
E-mail: sergej.stelmax@mail.ru

**Nazhuev Mukhuma Pakhrudinovich**

Don state technical university, Rostov-on-Don, Russia  
E-mail: nazhuev17@mail.ru

**Nasevich Alina Sergeevna**

Don state technical university, Rostov-on-Don, Russia  
E-mail: x609km@mail.ru

**Geras'kina Valeriya Evgen'evna**

Don state technical university, Rostov-on-Don, Russia  
E-mail: lera271096@rambler@ru

**Poshev Azrail Umar-Bekovich**

Don state technical university, Rostov-on-Don, Russia  
E-mail: azrail.poshev@mail.ru

## The effect of various types of fibers on the physico-mechanical properties of centrifuged concrete

**Abstract.** The article presents information on the use abroad of reinforcing concrete with dispersed fibers in the production of reinforced concrete pipes, structures in hydraulic structures, road and airfield pavements, and cladding elements of buildings. The authors noted the possibility to manufacture products from such concrete without reinforcement with special frames and nets, which simplifies the technology of products and reduces its labor intensity. Matched the composition of centrifuged concrete. Dispersed reinforcement is carried out uniformly distributed throughout the volume of the concrete matrix by the fibers. Apply to this metal and other fibers of mineral and organic origin. The physical and mechanical properties of the considered types of fibers are presented. The article presents experimental curves of shrinkage of fiber-reinforced concrete. The authors of the article considered the study of the effect of various types of fiber fibers on the physicomachanical properties of centrifuged concrete. It has been established that as a result of the introduction of various types of fibers, the indicators of average density and parameters of the pore structure of concrete change. The authors of the article concluded that the introduction of the fiber leads to a change in part of the volume of capillary pores, which causes a decrease in the apparent porosity and the average pore size, while increasing their uniformity in size.

The results of physical and mechanical tests of fiber-reinforced concrete showed that the greatest effect on compressive strength by 15 % is achieved with the introduction of a metal fiber into the composition. At the same time, the shrinkage deformations are lower by 20 % compared with the control in the composition with basalt fiber.

**Keywords:** dispersed reinforcement; fiber concrete; reinforced concrete; centrifugation; strength; fracture toughness; annular section