

**Баранова Альбина Алексеевна**,  
к.т.н., доцент, Ангарский государственный технический университет,  
e-mail: baranova2012aa@mail.ru

**Баденикова Маргарита Викторовна**,  
доцент, Ангарский государственный технический университет,  
e-mail: osya\_88@mail.ru

**Боброва Анна Александровна**,  
обучающийся, Ангарский государственный технический университет,  
e-mail: anya\_bobrova\_1303@mail.ru

**Рудых Кристина Николаевна**,  
обучающийся, Ангарский государственный технический университет,  
e-mail: rudykh\_94@mail.ru

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ФИБРЫ, ИЗГОТОВЛЕННОЙ ИЗ РАЗНЫХ МАТЕРИАЛОВ, НА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МЕЛКОЗЕРНИСТОГО БЕТОНА**

**Baranova A.A., Badenikova M.V., Bobrova A.A., Rudykh K.N.**

## **STUDY OF THE INFLUENCE OF FIBERS MADE OF DIFFERENT MATERIALS ON PHYSICO-MECHANICAL CHARACTERISTICS OF FINE-GRAINED CONCRETE**

**Аннотация.** В статье приводятся результаты исследования физико-механических характеристик мелкозернистого бетона с разным процентным содержанием фиброволокна, изготовленного из разных материалов.

**Ключевые слова:** фибра, фиброволокно, фибробетон, мелкозернистый бетон.

**Abstract.** The article presents the results of research of physical and mechanical characteristics of fine-grained concrete with different percentage of fiber made of different materials.

**Keywords:** fiber, fiberglass, fiber concrete, fine concrete.

Фибра (от латинского *fibra* – волокно) представляет собой короткие отрезки волокна, предназначенные для дисперсного армирования бетона. Введение фибры в состав бетонной смеси приводит к увеличению прочности при изгибе бетона и препятствуют трещинообразованию [1]. Известно, что арматурная сетка уменьшает количество усадочных трещин только на 6 %, металлическая фибра — на 20÷25 %, а полимерные волокна — на 60÷90 %.

В отличие от проволоочной сетки, устанавливаемой в одной плоскости, фибра равномерно распределяется по всей бетонной матрице, армируя конструкцию по всему объёму. Основной функцией дисперсного армирования бетона является уменьшение микро- и макротрещин. Определяя трещины на начальной стадии их появления, фибра препятствует их дальнейшему распространению.

Дисперсное армирование бетонов позволяет снизить трудоёмкость работ, сэкономить строительные материалы за счёт достижения проектных характеристик при меньшей толщине и металлоёмкости конструкций.

Прочность фибробетона зависит от прочности самих волокон, их количества и ориентации. Размеры волокон выбирают таким образом, чтобы отношение длины к диаметру равнялось отношению предела прочности волокна при растяжении к сопротивлению выдергивания волокна из матрицы. В этом случае равновероятен разрыв волокна и нарушение его сцепления с цементным камнем.

В настоящее время фиброволокна изготавливают из разных материалов – от полипропилена до стали, в различных конфигурациях, длинах и поперечных сечениях.

Целью данной работы является исследование влияние количества фибры, изготовленной из разных материалов, на физико-механические характеристики мелкозернистого бетона.

В исследованиях использовались следующие материалы: белый портландцемент (ПЦ) фирмы Chimsa CEM I 52,5 R (ПЦ 600) производства Турции, микрокремнезём (МК) с фильтров пылеулавителей ЗАО «Кремний» с насыпной плотностью 600 кг/м<sup>3</sup>, гиперпластификатор (ГП) на основе поликарбоксилатов «MC-Power-Flow-3100», полипропиленовая фибра (рисунок 1, а), базальтовая фибра (рисунок 1, б), стальная фибра (рисунок 1, в). Физико-механические характеристики фибры, изготовленной из разных материалов, приведены в таблице 1.

Таблица 1

Физико-механические характеристики фиброволокна из разных материалов

Волокно	Плотность, г/см <sup>3</sup>	Прочность на растяжение, МПа	Модуль упругости, МПа	Удлинение при разрыве, %
Полипропиленовое	0,90	400÷700	3500÷8000	10÷25
Базальтовое	2,60÷2,70	1600÷3200	7000÷11000	1,4÷3,6
Стальное	7,80	600÷3150	190000÷210000	3÷4



Рисунок 1 — Разновидности фибр:

а) полипропиленовая фибра (ПФ), б) базальтовая фибра (БФ),  
 в) стальная фибра (СФ)

Методика исследований заключалась в следующем. Бетонная смесь готовилась вручную: требуемое количество портландцемента, микрокремнезёма и фибры перемешивались совместно в сухом состоянии, затем смесь затворялась водой с растворённым в ней гиперпластификатором. Полученная бетонная смесь перемешивалась до однородной консистенции, после чего из неё формовались образцы размером 40x40x160 мм. Соотношение вяжущего вещества к заполнителю было принято постоянным, равным 1:1. Процентное содержание фибры разного вида в составе бетонной смеси варьировалось от 0,5 до 1,5 % от массы твёрдых веществ. Водотвёрдое отношение составляло 0,6. Составы бетонных смесей приведены в таблице 2.

Таблица 2

Составы дисперсно-армированных мелкозернистых бетонов.

№ состава	Содержание исходных компонентов, % от массы твёрдых веществ						
	ПЦ	МК	БФ	ПФ	СФ	Вода	ГП
1	50	50	0,5	-	-	60	0,2
2	50	50	1,0	-	-	60	0,2
3	50	50	1,5	-	-	60	0,2
4	50	50	-	-	0,5	60	0,2
5	50	50	-	-	1,0	60	0,2
6	50	50	-	-	1,5	60	0,2
7	50	50	-	0,5	-	60	0,2
8	50	50	-	1,0	-	60	0,2
9	50	50	-	1,5	-	60	0,2
10	50	50	-	-	-	60	0,2

Изготовленные образцы после 28 суток нормального твердения были высушены до постоянной массы и испытаны на изгиб и сжатие по стандартной методике. Результаты испытаний приведены в таблице 3 и на рисунке 1.

Таблица 3

Физико-механические характеристики мелкозернистых бетонов

№ состава	Средняя плотность, кг/м <sup>3</sup>		Влажность, %	Прочность, МПа	
	во влажном состоянии	в сухом состоянии		при сжатии	при изгибе
1	1523	1077	41,5	13,03	3,99
2	1489	1063	40,2	15,41	3,65
3	1522	1125	35,3	23,13	6,09
4	1477	1029	43,6	8,13	2,74
5	1513	1077	40,4	10,67	3,21
6	1520	1080	40,7	11,59	4,48
7	1433	1008	42,2	9,74	2,81
8	1434	1004	42,8	10,90	3,23
9	1462	1016	43,9	10,52	3,28
10	1507	1046	44,1	12,00	1,55

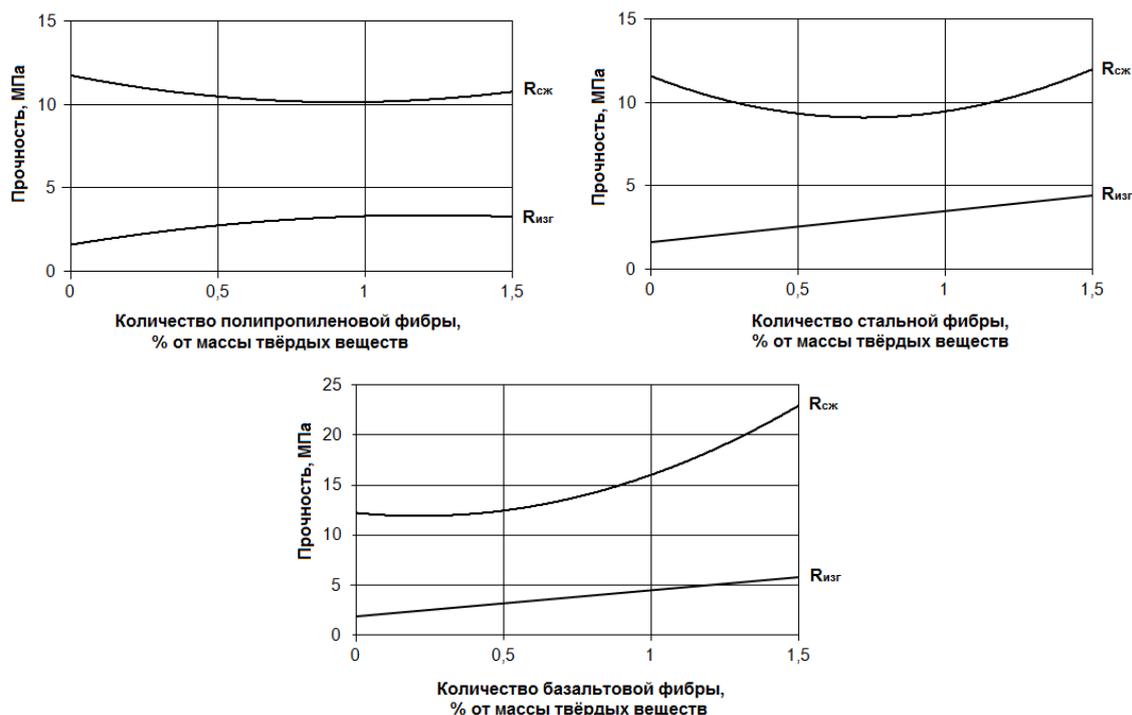


Рисунок 1 – Зависимость прочности при изгибе и при сжатии мелкозернистого бетона от количества фибры, изготовленной из разных материалов

Из таблицы 3 и графиков, изображённых на рисунке 1, видно, что применение полипропиленовой фибры увеличивает прочность при изгибе примерно в 2 раза, при этом прочность при сжатии снижается на 9÷19 %. Это объясняется тем, что при увлажнении полипропиленовая фибра «комкуется» и неравномерно распределяется в теле бетона. Помимо этого полипропиленовая фибра хорошо впитывает воду, тем самым снижая подвижность бетонной смеси. Стальная фибра увеличивает прочность при изгибе в 2÷3 раза, при этом прочность при сжатии снижается на 3÷32 %. Объяснить это можно тем, что в процессе перемешивания под действием собственного веса стальная фибра оседает, тем самым неравномерно распределяясь в объёме бетона. Использование же базальтовой фибры увеличивает прочность при изгибе примерно в 2÷4 раза, а прочность при сжатии – на 8÷93 %.

Таким образом, можно сделать вывод, что из трёх исследуемых видов фибр наиболее предпочтительнее для мелкозернистых бетонов является применение базальтовой фибры в количестве 1,5 % от массы твёрдых веществ.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Баранова А.А., Баденикова М.В., Боброва А.А., Рудых К.Н. Технологические особенности дисперсного армирования мелкозернистого бетона фиброй из разных материалов // Современные технологии и научно-технический прогресс. 2018. Т.1. С. 94.