

Влияние эффективности дисперсного армирования на призмную прочность тяжелых бетонов

В.С. Руднов, Е.С. Герасимова

*Уральский федеральный университет
имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, Екатеринбург*

Аннотация: Фибробетон – это перспективный вид бетона, который в ближайшее время может занять довольно большую долю в общем объеме производимого бетона. Волокна дисперсного армирования являются универсальным материалом, который можно вводить в различные виды бетонов. Эта добавка может быть впоследствии такой же распространенной, как и пластифицирующие, для современных бетонных смесей. Фиброволокна можно применять для производства бетонных изделий в условиях стационарных заводов ЖБИ или на приобъектных установках по изготовлению товарного бетона. В работе исследовано влияние параметров на показатель прочности на изгиб материала, как основной, на которое нацелено введение фибры. Описаны результаты влияния характеристик дисперсного армирования на эффективность введения этих добавок и конечные строительные-прочностные свойства тяжелого бетона.

Ключевые слова: дисперсное армирование, базальтовая фибра, полипропиленовая фибра, фибробетон, призмная прочность, прочность на изгиб.

В современных строительных реалиях наиболее распространенным материалом является бетон – композитный материал, состоящий из вяжущего и одного или нескольких видов заполнителя. Свою популярность бетон приобрел за счет относительной легкости изготовления и уникального разнообразия строительные-технические свойства. Благодаря простоте изменения технологии возможно получение различных видов бетонов: легких ячеистых для теплоизоляции, высокопрочных воспринимающих сжимающие усилия до 100 МПа и сверхтяжелых для защиты от радиационного излучения [1 - 4]. При введении в состав бетонной смеси специальных компонентов получают отдельные виды: керамзита – керамзитобетон, деревянной щепы – арболит, полистирольного заполнителя – полистиролбетон, пластифицирующих добавок – пластифицированный бетон. С развитием технологии некоторые компоненты смеси переходят в разряд повседневных – более 90 % всех бетонов сейчас уже изготавливают с

применением различных видов химических добавок. Многие ученые склоняются к тому, что введение дисперсного армирования также может в ближайшем будущем стать повсеместным, а доля фибробетона – композитного материала с добавлением тонких армирующих волокон – превысит половину рынка [5 - 7].

Микроармирующие добавки так же универсальны, как и пластифицирующие: могут быть применены практически во всех видах бетонов: тяжелых, высокопрочных, ячеистых и других. В настоящее время уже накоплена достаточная экспериментальная база и в качестве материала волокон исследованы сталь, полипропилен, базальт, стекло, хлопок и другие. Введение фибры практически всегда экономически эффективно и улучшает эксплуатационные свойства получаемых изделий и конструкций, например, прочность при растяжении и изгибе, регулирует трещинообразование в начальный период твердения и т.п.

Изучение влияния параметров армирования и свойств самих волокон на характеристики готовых изделий позволят осмысленно выбирать вид фибры и прогнозировать получаемый эффект.

Для реализации этой цели научные сотрудники Института новых материалов и технологий Уральского федерального университета имени первого Президента России Б.Н. Ельцина проводят комплексные научные исследования, направленные на изучение влияния факторов микроармирования на основные характеристики бетонов, оценку эффективности добавок в отдельных случаях и, соответственно, на выработку рекомендаций по их применению в зависимости от технологии производства и поставленных целей [8 - 10].

В ходе оценки влияния дисперсного армирования основным фактором является вид фибры, потому что под этим скрывается целый комплекс

исходных переменных, отражающих свойства материала волокон и его взаимодействие с цементной матрицей.

С целью получения возможности учета каждого отдельного фактора необходимо снизить их количество, т.е. исследовать максимально похожие волокна фибры. Наиболее распространенными в российской практике являются базальтовая и полипропиленовая фибры, при этом их изготавливают с очень близкими геометрическими характеристиками.

Таблица № 1

Характеристики фиброволокна

Характеристика	Вид волокна	
	Базальтовое (Б)	Полипропиленовое (ПП)
Диаметр волокна, мкм	20	17
Длина волокна, мм	3, 6, 12, 18	
Плотность волокна, кг/м ³	2800	910
Температура плавления, °С	1450	160
Прочность на растяжение, МПа	3200	600
Модуль упругости, ГПа	140	35

Дисперсное армирование оценивали по его влиянию на смесь тяжелого бетона, изготовленную из портландцемента ЦЕМ I 42,5Н, мелкого заполнителя (кварцевого речного песка) и гранитного кубовидного щебня фракции 5-10 мм. Материал волокон фибры имеет различную природу и соответственно плотность, поэтому дисперсное армирование принято дозировать в бетонную смесь в объемных процентах. Основной характеристикой затвердевшего бетона, на которую оказывает влияние дисперсное армирование – это предел прочности на изгиб. Результаты проведенных исследований (с базальтовой фиброй – рис. 1, с полипропиленовой – рис. 2) наглядно показали схожий эффект от введения

волокон – повышение прочности на изгиб, причем длина волокна влияет прямо пропорционально. Таким образом, для получения максимальной прочности необходимо использовать более длинные волокна.

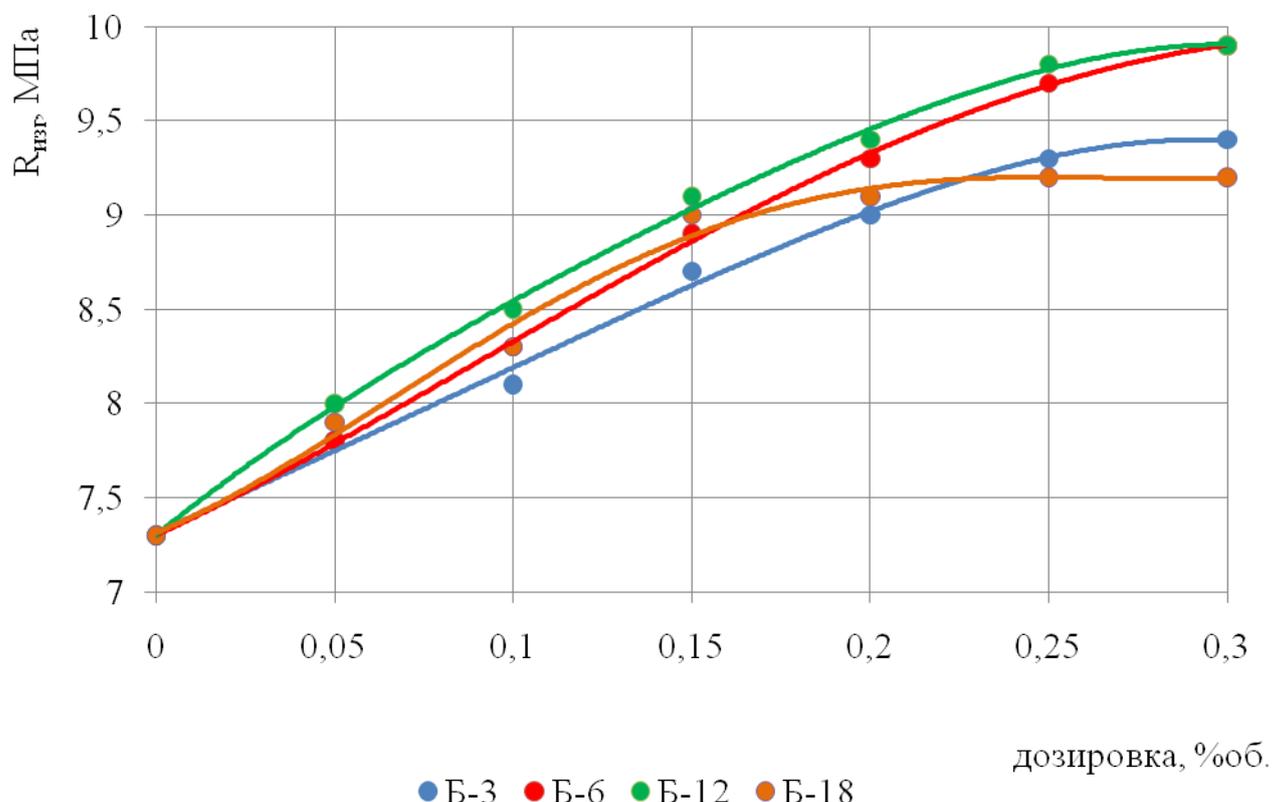


Рисунок 1 – Результаты влияния базальтового микроармирования на прочность бетона на изгиб

Однако в ходе проведения экспериментов визуально наблюдалось некоторое спутывание отдельных волокон, что в конечном итоге снизило прочностные показатели. Причем для базальтовой фибры этот эффект начинает проявляться даже при длине волокон 12 мм, что может быть объяснением незначительного повышения прочности по сравнению с образцами, содержащими волокна длиной 6 мм.

По результатам проведенных экспериментов установлена оптимальная дозировка микроармирующих волокон, которая составила 0,25 % об.

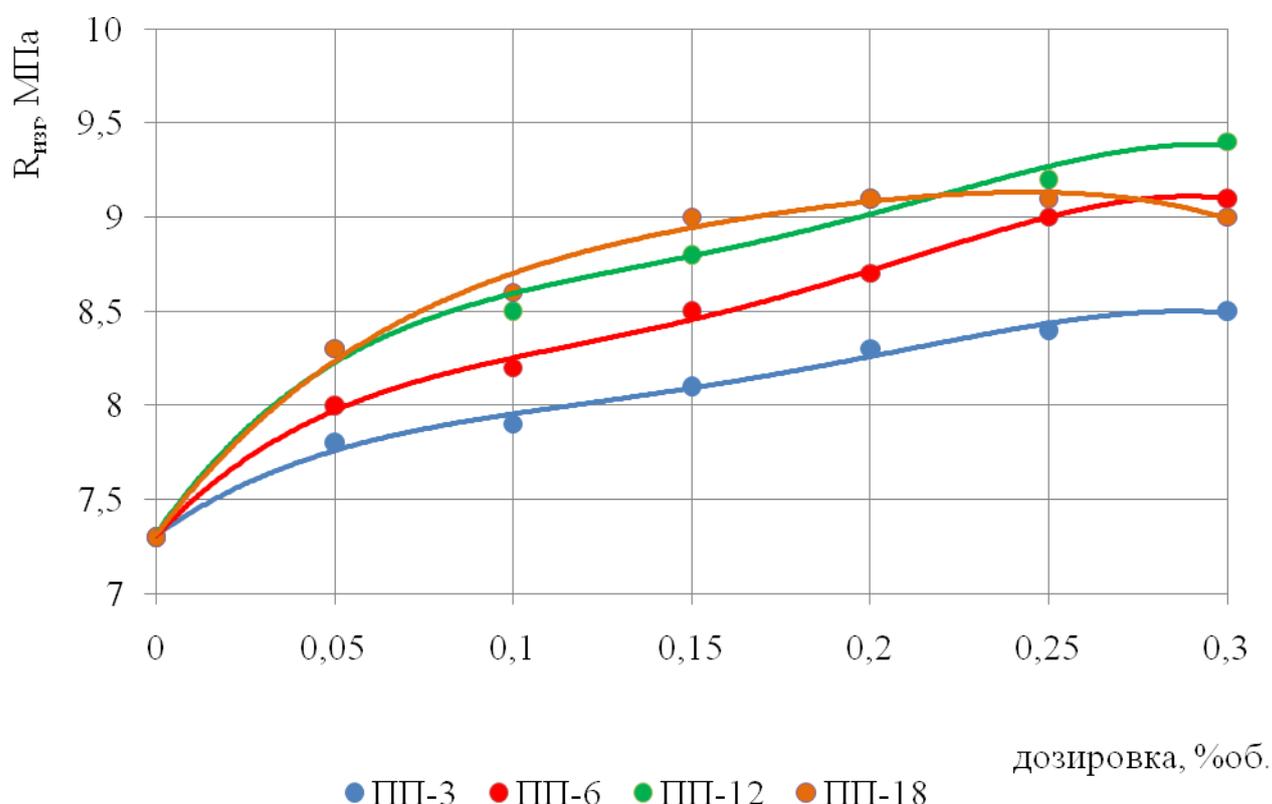


Рисунок 2 – Результаты влияния полипропиленового микроармирования на прочность бетона на изгиб

Исследования зависимости призмочной прочности (одной из основных характеристик конструкционного бетона) от вида и количества дисперсного армирования проводили при содержании волокон различной длины, равным 0,25 об. %. Призмочную прочность определяли на образцах-призмах квадратного сечения с отношением высоты к ширине равным 4 (рис. 3).

Эффективность добавок для бетонов принято оценивать в соответствии с ГОСТ 30459-2008. Основное действие микроармирующих добавок направлено на повышение прочности бетона на растяжение при изгибе. В соответствии с данным нормативным документом эффективность определяют по формуле:

$$\varepsilon R_{\text{изг}} = \frac{R^{\text{осн}} - R^{\text{контр}}}{R^{\text{контр}}} \quad (1)$$

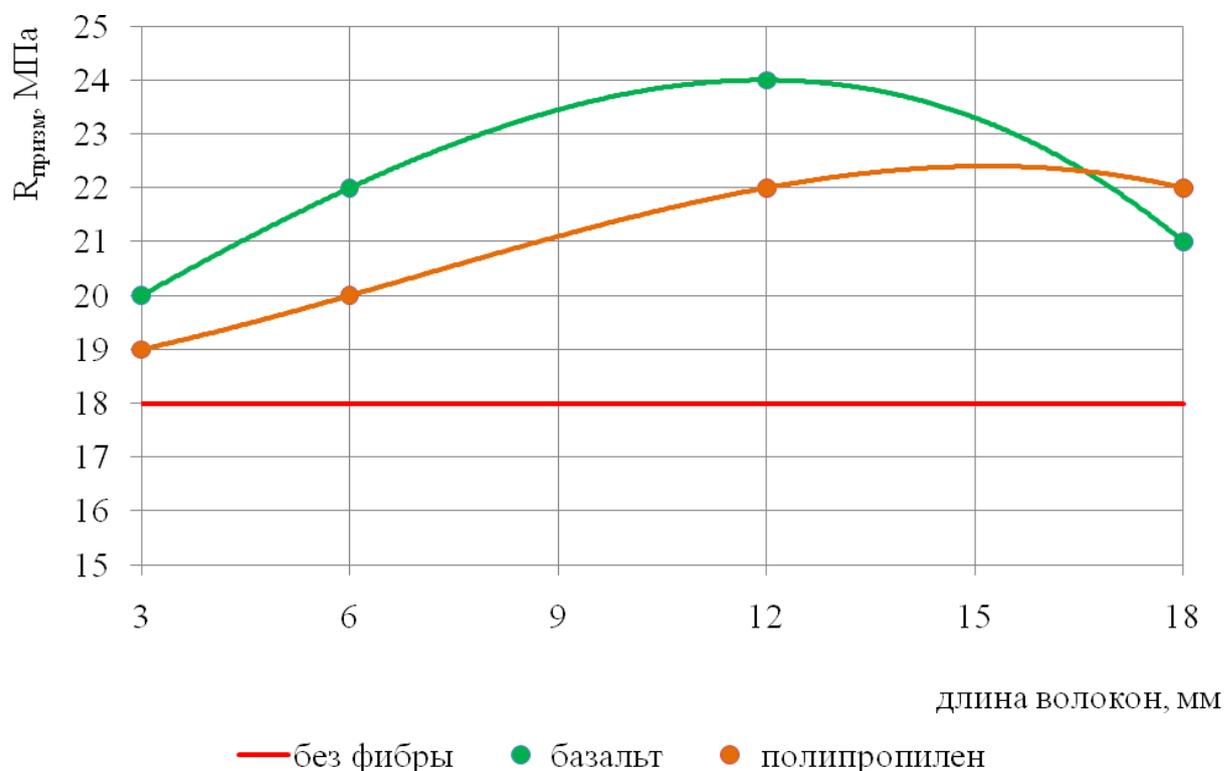


Рисунок 3 – Результаты влияния микроармирования на призмочную прочность бетона

В проведенных экспериментах были исследованы волокна разной длины, но как для базальтовой, так и для пропиленовой наилучшие результаты были у волокон длиной 12 мм. Для фибры этой длины была рассчитана эффективность по формуле (1) и приведена ее зависимость от вводимого количества (рис. 4). По результатам расчета эффективности можно сделать вывод о минимальных допустимых дозировках необходимых для того, чтобы отнести добавку к повышающим прочность.

В результате установлено, что базальтовая и полипропиленовые фиброволокна проявляют свои свойства и могут быть классифицированы, как добавки, повышающие прочность (при растяжении на изгиб) только при

их количестве более 0,15 об. %, при этом наблюдается повышение прочности растяжения на изгиб более чем на 20 %.

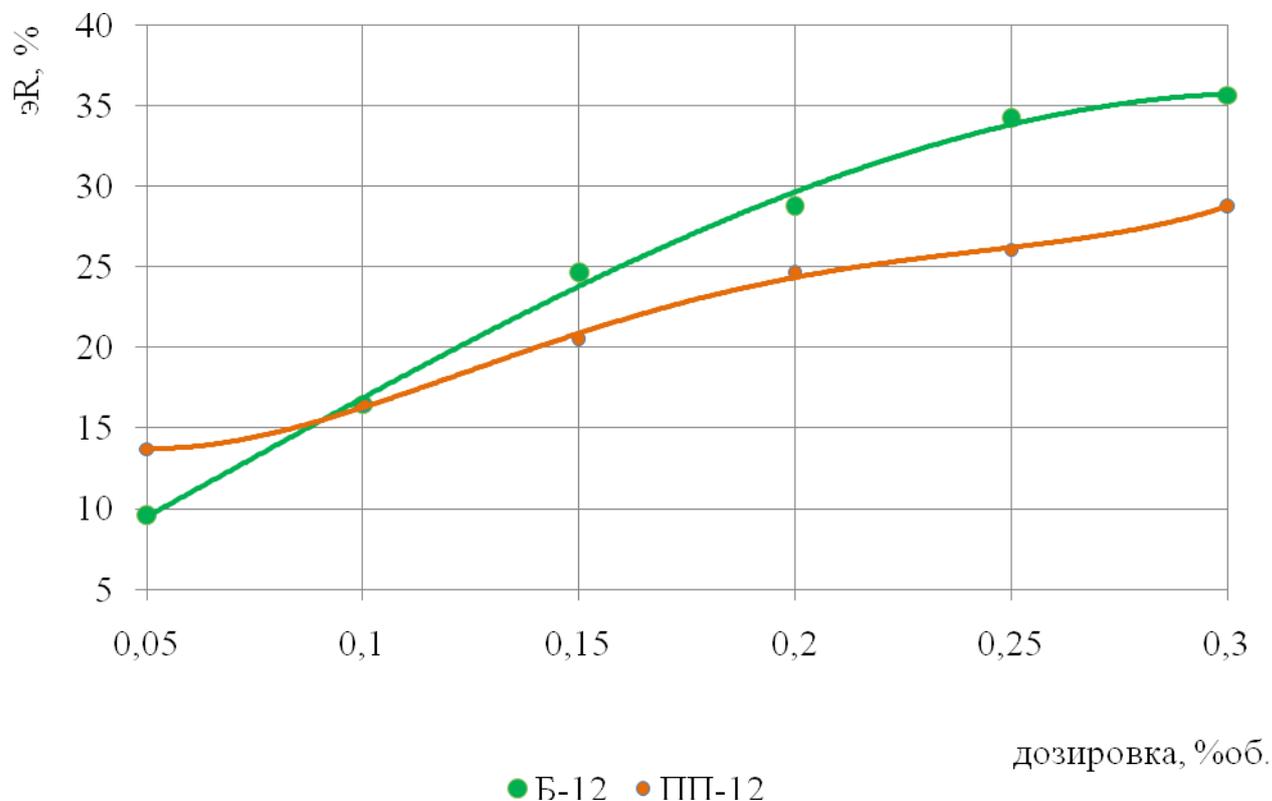


Рисунок 4 – Результаты определения эффективности микроармирования по прочности бетона на изгиб

Также повышается призмная прочность бетона, что необходимо учитывать при расчетах несущих бетонных и железобетонных конструкций для снижения себестоимости за счет достижения лучших характеристик.

Литература

1. Rabinovich F.N. Compos on the basis of the dispersible-reinforced concretes. Questions of theory and design, technology, constructions. Moscow: Publishing house 'ASV', 2011. 642 p.

2. Моргун Л.В. К вопросу о закономерностях формирования структуры бетонов при дисперсном армировании их волокнами // Известия ВУЗов. Строительство. 2003. № 8. С. 56-59.

3. Пухаренко Ю.В. Принцип формирования структуры и прогнозирование прочности фибробетонов // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. 2004. № 10. С. 47-50.

4. Saje D., Bandelj B., Sustersic J., Lopatic J., Saje F. Shrinkage and creep of steel fiber reinforced normal strength concrete // Journal of testing and evaluation. 2013. Vol. 41. No. 6. pp. 1-11.

5. Talantova K.V., Sonina M.D. Methodology construction design on base steel fiber concrete with specified service parameters // International Journal for Computational Civil and Structural Engineering. 2012. Vol. 8. Issue 2. pp. 108-117.

6. Ключев С.В. Экспериментальные исследования фибробетонных конструкций // Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. 2011. № 4. С. 71-74.

7. Рабинович Ф.Н. Композиты на основе дисперсно-армированных бетонов. Вопросы теории и проектирования, технологи, конструкции. Москва: АСВ, 2004. 560 с.

8. Rudnov V., Belyakov V., Moskovsky S. Properties and Design Characteristics of the Fiber Concrete // Procedia Engineering. 2016. № 150. pp. 1536-1540.

9. Moskovsky S.V., Noskov A.S., Rudnov V.S. New Composite Dispersion Reinforcement Materials with Modulated Characteristics // Solid State Phenomena. 2017. Vol. 265, pp. 227-230.

10. Московский С.В., Носков А.С., Руднов В.С., Алехин В.Н. Влияние дисперсного армирования на деформационно-прочностные свойства

бетона // Академический вестник УралНИИПроект РААСН. 2016. № 3. С. 67-71.

References

1. Rabinovich F.N. Compos on the basis of the dispersible-reinforced concretes. Questions of theory and design, technology, constructions. Moskva: Publishing house 'ASV', 2011. 642 p.
2. Morgun L.V. Izvestiya VUZov. Stroitel'stvo. 2003. No. 8. pp. 56-59.
3. Puharenko YU.V. Stroitel'nye materialy, oborudovanie, tekhnologii XXI veka. 2004. No. 10. pp. 47-50.
4. Saje D., Bandelj B., Sustersic J., Lopatic J., Saje F. Journal of testing and evaluation. 2013. Vol. 41. No. 6. pp. 1-11.
5. Talantova K.V., Sonina M.D. International Journal for Computational Civil and Structural Engineering. 2012. Vol. 8. Issue 2. pp. 108-117.
6. Klyuev S.V. Stroitel'naya mekhanika inzhenernyh konstrukcij i sooruzhenij. 2011. No. 4. pp. 71-74.
7. Rabinovich F.N. Kompozity na osnove dispersno-armirovannyh betonov. Voprosy teorii i proektirovaniya, tekhnologi, konstrukcii [Composites based on dispersion-reinforced concretes. Questions of theory and design, technology, construction]. Moskva, ASV, 2004. 560 p.
8. Rudnov V., Belyakov V., Moskovsky S. Procedia Engineering. 2016. No.150. pp. 1536-1540.
9. Moskovsky S.V., Noskov A.S., Rudnov V.S. Solid State Phenomena. 2017. Vol. 265, pp. 227-230.
10. Moskovsky S.V., Noskov A.S., Rudnov V.S., Alekhin V.N. Akademicheskij vestnik UralNIIProekt RAASN. 2016. No. 3. pp. 67-71.