

Клюев А. В., аспирант,
Лесовик Р. В., д-р техн. наук, проф.

Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова

СТАЛЕФИБРОБЕТОН НА КОМПОЗИЦИОННЫХ ВЯЖУЩИХ И ТЕХНОГЕННЫХ ПЕСКАХ КМА ДЛЯ ИЗГИБАЕМЫХ КОНСТРУКЦИЙ*

Klyuyev@yandex.ru

В статье рассмотрены вопросы применения стальной фибры для дисперсного армирования мелкозернистых бетонов

Ключевые слова: мелкозернистый бетон, техногенный песок, сталефибробетон.

Успехи бетоноведения в конце XX-го века обеспечили возможность получения высокопрочных и высококачественных бетонов прочностью на сжатие 120 МПа и выше, необходимых при строительстве высотных зданий, платформ для нефтедобычи в морях и океанических шельфах и других уникальных сооружений. Однако при существенном повышении прочности бетонов на сжатие прочность высокопрочных бетонов на растяжение повышается незначительно, что снижает возможности и эффективность их применения.

Для улучшения показателей перечисленных свойств бетонов применяются различные способы: дисперсное армирование бетона волокнами (фиброй) – стальными, стеклянными, базальтовыми, целлюлозными, синтетическими, углеродными и др. [2, 3].

Ценность волокон состоит в том, что они не только придают бетону новые свойства, но и открывают путь принципиально новой технологии изготовления строительных изделий. Армирование производится непосредственно в бетоносмесительных агрегатах, т.е. в бетономешалку загружают цемент, песок, щебень и сами волок-

на, перемешивают их и получают готовую к применению армированную бетонную смесь, которую заливают в форму. Время изготовления изделий сокращается практически вдвое. В связи со значительным повышением физико-механических свойств снижается материалоемкость элементов конструкций, что приводит к уменьшению веса зданий и сооружений [6].

Свойства техногенных песков, бетонных смесей и бетонов на их основе зависят от многих факторов, обусловленных свойствами исходных пород, способами их измельчения и методами обогащения полученного продукта. Наиболее существенное влияние оказывают прочность, структура и состав породы [1]. При сопоставлении свойств природных и техногенных песков обращают на себя внимание основные, принципиальные различия этих материалов. Если первые являются в основном кварцевыми, с округлой формой зерен и гладкой поверхностью, то вторые имеют существенные различия по составу и свойствам исходных пород, форме зерен и шероховатости их поверхности

Таблица 1

Физико-механические характеристики заполнителя

| N п/п | Наименование показателя | Единица измерения | Отсев КВП | Отходы ММС | Песок Разуменского месторождения |
|-------|--|---------------------------------------|-----------|------------|----------------------------------|
| 1 | Модуль крупности | $M_{кр}$ | 3,50 | 0,63 | 1,12 |
| 2 | Насыпная плотность в неуплотненном состоянии | $\rho_{нас}$, кг/м ³ | 1415 | 1300 | 1467 |
| 3 | Насыпная плотность в уплотненном состоянии | $\rho_{нас\ упл}$, кг/м ³ | 1490 | 1630 | 1648 |
| 4 | Истинная плотность | $\rho_{ист}$, г/см ³ | 2710 | 3000 | 2630 |
| 5 | Пустотность | $V_{м.п.}$, % | 47,8 | 59,3 | 44,2 |
| 6 | Водопотребность | $V_{отс}$, % | 5,5 | 25 | 11 |
| 7 | Цементопотребность | $C_{потр}$ | 0,530 | 1,95 | 0,63 |

Основной задачей при получении мелкозернистых бетонов, в том числе дисперсно-армированных является снижение расхода клинкерной составляющей, т.к. из-за отсутствия крупного заполнителя идет перерасход цемента. Наиболее существенными факторами снижения содержания цемента в мелкозернистых бетонах являются уменьшение водопотребности бетонной смеси и повышение активности вяжущего.

И поэтому с этой точки зрения перспективным направлением повышения эффективности мелкозернистого бетона является применение композиционных вяжущих.

Вяжущее тонкомолотый цемент (ТМЦ-70) получали путем домола до удельной поверхности $S_{уд}=500\text{ м}^2/\text{г}$ портландцемента ЦЕМ I 42,5 Н.

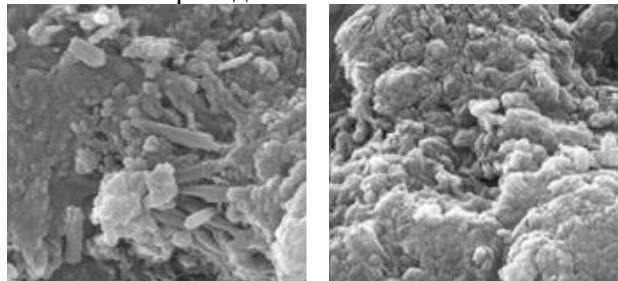
Вяжущее низкой водопотребности (ВНВ-70) получали путем совместного помола до

удельной поверхности 500 м²/кг портландцемент и пластифицирующей добавки СП-1 в оптимальной дозировке.

На РЭМ-изображениях четко различаются границы между частицами и порами (рис. 1), что благоприятствует проведению количественного анализа микроструктуры.

С целью оценки возможности применения техногенных песков КМА при производстве высококачественного мелкозернистого сталефибробетона были разработаны составы, в которых в качестве заполнителя был применен отсев дробления кварцитопесчаника [1, 4, 5]. Для оптимизации структуры матрицы и получения высокоплотной упаковки зерен заполнителя в состав бетона был введен песок Разуменского месторождения. В качестве вяжущего были применены ЦЕМ I 42,5 Н, ТМЦ-70 и ВНВ-70. Также в составы были введены три вида фибры (фибра

стальная, волнообразная длина 30 мм, диаметр 0,8 мм; фибра стальная, анкерная длина 50 мм, диаметр 0,8 мм; фибра стальная плоская длина 32 мм, ширина 3,2 мм). Бетонная матрица для всех типов фибры изготавливалась из одного состава мелкозернистого бетона. Результаты испытаний приведены в табл. 2.



ТМЦ-70

ВНВ-70

Рис. 1. Изменение морфологии новообразований в зависимости от состава вяжущего

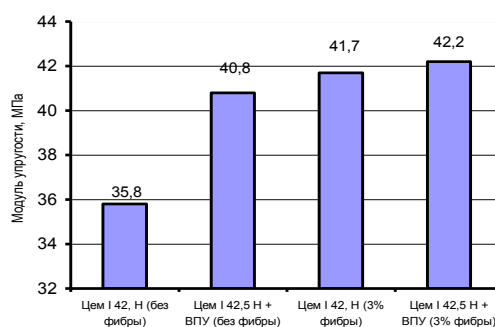
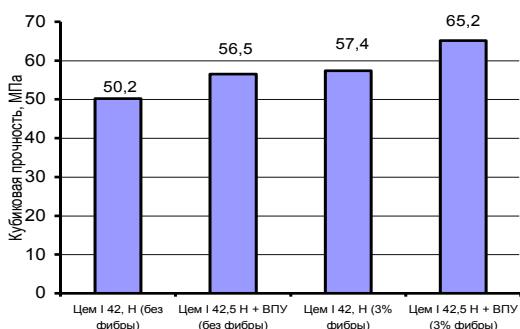
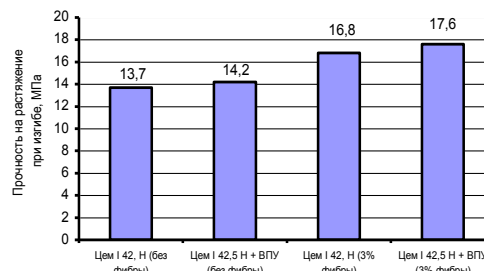
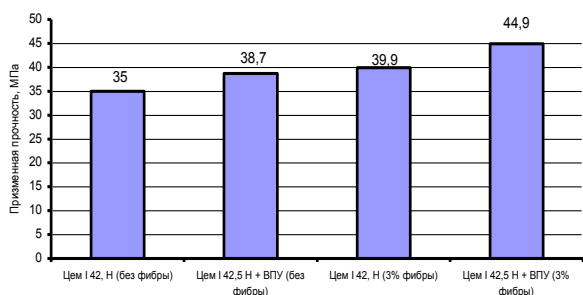
Таблица 2

Результаты испытаний мелкозернистых бетонных образцов, в том числе дисперсно-армированных стальной фиброй

| Определяемая характеристика | Размерность | Без фибры | Виды фибр | | |
|------------------------------------|-------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| | | | плоская фрезерованная | анкерная | волновая |
| Кубиковая прочность | МПа | 50,2 | 56,3 | 55,8 | 57,4 |
| Призменная прочность | МПа | 35,0 | 39,2 | 38,7 | 39,9 |
| Прочность на растяжение при изгибе | МПа | 13,7 | 15,9 | 16,6 | 16,8 |
| Модуль упругости | МПа | 35,8 · 10 ³ | 41,1 · 10 ³ | 39,8 · 10 ³ | 41,7 · 10 ³ |

Для 3 видов фибр было испытано 36 образцов. Анализ табл. 3 показывает, что сталефибробетон с использованием волновой фибры, в качестве армирующего материала, обладает наилучшими прочностными характеристиками. Для дальнейшего исследования дисперсного армирования мелкозернистого бетона рекомендуется применять волновую фибру [4, 5].

Перспективным направлением повышения эффективности мелкозернистого сталефибробетона является применение композиционных вяжущих. В данной работе в качестве композиционного вяжущего применяется ТМЦ-70 и ВНВ-70 (рис. 2).



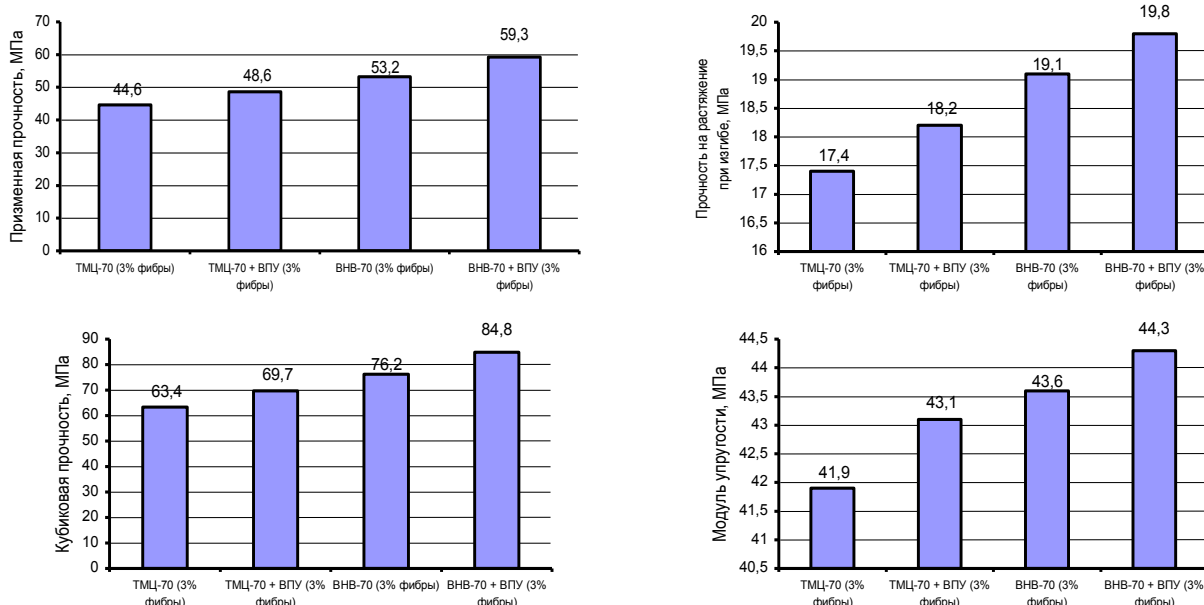


Рис. 2. Результаты экспериментальных исследований сталефибробетона

Исследования показали целесообразность использования высокоплотной упаковки зерен мелкозернистого бетона и дисперсного армирования для получения высокопрочного сталефибробетона. Несмотря на достижения более высоких физико-механических характеристик целесообразно применение композиционных вяжущих таких как ТМЦ-70 и ВНВ-70.

Для изучения микроструктуры контактной зоны стальной волновой фибры и цементного камня были проведены исследования с помощью РЭМ (рис. 2).

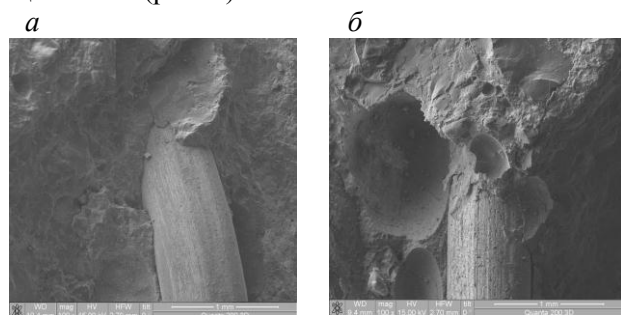


Рис. 2. Микроструктура контактной зоны цементный камень – фибра:

а – на ВНВ-70; б – на Цем I 42,5Н

Как видно из исследований микроструктуры, а также исходя из результатов испытаний и визуального осмотра образцов после испытаний, контактная зона композиционное вяжущее – фибра имеет более плотную связь и прочность сцепления. Фибра в образцах после испытаний имела более ровный вид.

Микроструктура цементный камень – фибра имеет менее прочную взаимосвязь. Структура контактной зоны рыхлая, чешуйчатая. Фибра, в образцах после испытаний на Цем I 42,5Н, заметно отличалась от фибры в образцах, выполненных с применением ВНВ-70.

**Работа выполнена поддержке гранта МК-2715.2012.8 Разработка научных и практических основ повышения эффективности мелкозернистого фибробетона на основе техногенного песка и композиционного вяжущего для промышленного и гражданского строительства*

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Клюев, А.В. Отходы горнодобывающих предприятий как сырье для производства мелкозернистого бетона армированного фибрами / А.В. Клюев, С.В. Клюев, Р.В. Лесовик, Михайлова О.Н. // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. – 2010. – № 4. – С. 81 – 84.
2. Клюев, С.В. Дисперсно-армированный мелкозернистый бетон с использованием полипропиленового волокна / С.В. Клюев, Р.В. Лесовик // Бетон и железобетон. – 2011. – №.3 – С. 7–9.
3. Клюев, С.В. Дисперсно-армированный мелкозернистый бетон стекловолокном / С.В. Клюев, Р.В. Лесовик // Бетон и железобетон. – 2011. – №.6 – С. 4 – 6.
4. Клюев, С.В. Ползучесть и деформативность дисперсно-армированных мелкозернистых бетонов / С.В. Клюев // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. – 2010. – № 4. – С. 85 – 87.
5. Клюев, С.В. Экспериментальные исследования фибробетонных конструкций / С.В. Клюев// Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. – 2011. – №.4 – С. 71 – 74.
6. Рабинович, Ф.Н. Дисперсно армированные бетоны / Ф.Н. Рабинович. – М.: Стройиздат, 1989. – 174 с.