

УДК 691.32

ФИБРОБЕТОН: КОМПОЗИТНЫЙ МАТЕРИАЛ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ

О.А. КАМЕКО

(Представлено: канд. экон. наук, доц. С.Н. КОСТЮКОВА)

Рассматривается фибробетон как материал с высокими показателями прочности и долговечности, а также отличными свойствами. Описан международный опыт применения материала в строительстве и дано обоснование для использования материала в отечественном строительстве.

Сегодня приоритетное направление в строительстве – сокращение сроков и снижение стоимости за счет сокращения затрат на всех стадиях инвестиционно-строительного цикла. Способствует этому использование сертифицированных современных материалов [1]. Однако ряд материалов с отличными свойствами не применяются в белорусском строительстве из-за отсутствия нормативной документации и недостаточного опыта применения. Одним из них является фибробетон.

Фибробетон представляет собой материал, включающий дополнительно распределенную в объеме фибровую арматуру. Дисперсное фибровое армирование позволяет в большой степени компенсировать главные недостатки бетона – низкую прочность при растяжении и хрупкость разрушения [2].

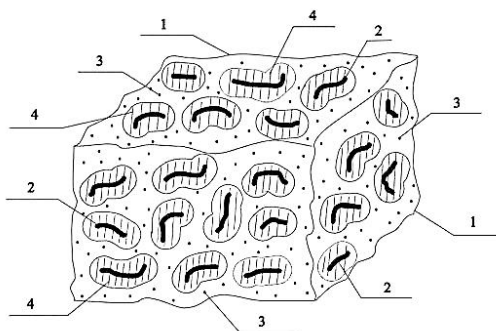


Рисунок 1. – Схематичная структура фибробетона:
1 – граница макроскопической ячейки; 2 – фибра; 3 – матрица бетона;
4 – зона контактного взаимодействия армирующих волокон с бетоном

Источник: [3].

Отличительной особенностью фибробетона являются высокие прочностные характеристики (табл. 1) в сравнении с аналогичными параметрами обычного бетона.

Таблица 1. – Прочностные характеристики фибробетона

Показатель	Значение
Прочность при растяжении	4 – 30 МПа
Прочность на сжатие	35 – 80 МПа
Ударная прочность	13,8 кг/м
Прочность на срез	4,5 – 8,5 Мпа

Источник: собственная разработка, основанная на [2–3].

Помимо указанных показателей, фибробетон имеет высокую трещиностойкость, вязкость разрушения, морозостойкость, водонепроницаемость, сопротивление кавитации, жаропрочность и пожаростойкость. По показателю работы разрушения фибробетон может в 15–20 раз превосходить бетон. Это обеспечивает его высокую технико-экономическую эффективность при применении в строительных конструкциях и их ремонте [2].

Отличительным от обычных бетонов компонентом в составе фибробетонов является фибра. Различают две группы фибры [3]:

– металлическая – исходным веществом является сталь, которая имеет различную форму и размеры;

– неметаллическая – производится из таких материалов, как стекло, акрил, хлопок, базальт, полиэтилен, карбон, углевод и другие.

Свойства фибробетона как композиционного материала определяются свойствами составляющих его компонентов. В определенной степени важнейший компонент – фибра. Основные характеристики материалов, используемых в настоящее время для изготовления фибры, приведены в таблице 2.

Таблица 2. – Характеристика волокон

Материал фибры	Характеристика
Сталь	Обладает повышенной прочностью к нагрузкам, не усаживается и не образует трещин во время службы. Наиболее примечательные качества – длительный срок эксплуатации, плотность и стойкость к износу. Не теряет свойства под действием низких температур, влаги и огня.
Стекло	Обладает высокими качествами упругости, что наделяет его пластичностью. Однако щелочная среда вредна этому материалу. Стойкость к химическому влиянию обеспечивается полимерной пропиткой, путем добавления в бетон добавок на основе глиноземистого раствора. В конечном варианте вы получаете раствор с высокой прочностью, устойчивостью к высоким температурам, гидроизоляцией, стойкостью к воздействию химических средств и истиранию.
Хлопок	Придают специфические особенности бетону, армированному фиброй из стали.
Вискоза	
Нейлон	
Асбест	Характеризуется долговечностью, стойкостью к щелочной среде, нагрузкам и термозащитными качествами.
Базальт	Имеет повышенную прочность. Подходит для конструкций, которые подвержены постоянным нагрузкам, деформации и вокруг которых существуют факторы для появления трещин
Другие волокна	Это защита от воздействия химических веществ, прочность на деформацию, стойкость к перепадам температур и неспособность проводить электричество. Благодаря синтетичной природе материалов вес бетона снижается

Источник: собственная разработка на основе [2–4].

Самыми популярными волокнами являются стеклянные и металлические. Однако с каждым днем все большую популярность приобретает полипропиленовая фибра. Что касается материалов из базальта и углерода, то они применяются крайне редко в связи с высокой стоимостью.

Для приготовления изделий из фибробетона применяются две основные технологии. Первая основана на предварительном смешении фибры с сухой смесью песка и цемента, а во втором случае, волокно добавляется в уже затворенный раствор. Выглядит это более кропотливо и трудоемко, но в конечном результате этот способ не только позволяет получить более качественный и прочный фибробетон, но и сократить время его приготовления. Единственное, что требуется для реализации этой технологии – создание дополнительных рабочих мест для предварительного смешения и ответственности исполнителей.

В случае добавления фибры в предварительно затворенный и перемешанный раствор существует большая вероятность некачественного смешения и образования скоплений волокон в растворе. Для того чтобы избежать подобного, требуется увеличить время перемешивания раствора и производить периодически контроль над качеством приготовления фибробетона [5]. Как следствие, для реализации технологии необходимы создание дополнительных рабочих мест для предварительного смешения компонентов и повышенная ответственность исполнителей при безусловном достижении однородного распределения частиц фибры в бетоне.

Установлены следующие области рационального применения фибробетонов:

- монолитные конструкции и сооружения – автомобильные дороги, покрытия, промышленные полы, выравнивающие полы, мостовые настилы, ирригационные каналы, взрыво- и взломоустойчивые сооружения, водоотбойные дамбы, огнезащитная штукатурка, емкости для воды и других жидкостей, обделки тоннелей, пространственные покрытия и сооружения, оборонные сооружения, ремонт монолитных конструкций полов, дорог и др.;

- сборные элементы и конструкции – железнодорожные шпалы, трубопроводы, склепы, балки, ступени, стеновые панели, кровельные панели и черепица, модули плавающих доков, морские сооружения, взрыво- и взломоустойчивые конструкции, плиты аэродромных, дорожных, тротуарных покрытий и креплений каналов, карнизные элементы мостов, сваи, шпунт, обогревательные элементы, элементы пространственных покрытий и сооружений, уличная фурнитура.

Практически все вышеуказанные конструкции из фибробетона широко применяются за рубежом, имеется положительный опыт их эффективного использования и в отечественном строительстве

(табл. 3). Конструкции могут изготавливаться как с фибровым, так и с комбинированным армированием, когда имеется фибра и стержневая или проволочная арматура [2].

Таблица 3 – Зарубежный и отечественный опыт применения фибробетона

Период	Страна	Применение	Дополнительная информация
Начало 20-го века	Великобритания	Производство изделий и возведении зданий из фибробетона с разнообразным составом (в том числе разработка специализированного оборудования для производства объектов из фибробетона)	1945 г. Создание материала. 1975 г. Создание международной ассоциации фибробетона на стекловолокне (GRCA).
С 1970-х гг.	США	Изготовление фасадных и внутренних облицовочных панелей, использование в качестве стенового материала каркасных и бескаркасных зданий	Фибробетон используют в качестве «укрепителя» зданий для районов с высокой сейсмической активностью.
С 1960-х гг.	Франция	Применение в промышленном и гражданском строительстве.	2005 г. Создание сверхпрочного фибробетона. 2013 г. Возведение моста Республики из фибробетона: толщина моста – 80 см, длина – 74 м, ширина – 17 м. Опирается на 2 ряда опор. Мост включает 2 полосы движения по 3.3 м, 2 велодорожки и 2 тротуара.
С 1970-х гг.	Германия	Применение в промышленном и гражданском строительстве.	Наиболее известная компания, работающая с фибробетоном – Reischer Chemie und Technik – занимается производством бетонов, волокон, специальных добавок и наполнителей, пигментов.
С 1960-х гг.	Япония	Применение в промышленном и гражданском строительстве, дорожном строительстве, а также при строительстве железнодорожных путей сообщения.	1963 г. Японская ассоциация по цементу. Занимается изучением бетонов с применением волокон.
1980-е гг.	СССР	Применение при строительстве аэродромов, площадок, некоторых элементов объектов строительства.	Технология не получила большого развития. Это обуславливается низким качеством волокон заполнителя и недоработкой технологии производства.
С 1990-х гг.	Россия	Применение в промышленном и гражданском строительстве.	Не получил широкого применения.
С 1990-х гг.	Республика Беларусь	Апробация в складском строительстве, при строительстве спортивных сооружений.	Результат положительный. Малые объемы использования объясняются недостаточным пониманием белорусскими строителями возможностей и преимуществ материала, отсутствием нормативной документации, недостатком обоснованной рекламы товарных бетонов и растворов, отсутствием целенаправленной работы по применению фибробетонов, бетона и раствора в строительстве. Проверка сталефибробетона в обычных и в зимних условиях была проверена на строительных площадках.

Источник: собственная разработка на основе [6–11].

Каждый материал имеет плюсы и минусы. Фибробетон не является исключением.

Выделяют следующие достоинства фибробетона:

- снижение затрат на строительство при использовании фибры для армирования вместо армирующей сетки или каркаса;
- высокая продуктивность работы по фибробетону;
- расход бетона с применением фибры значительно меньше;
- в отличие от остальных видов бетона фибробетон не теряет своих технических характеристик даже после окончания срока службы, поскольку благодаря фибре материал становится вязким;
- фибробетон обладает хорошими адгезионными качествами;
- фибра может применяться как в газо-, так и в пенобетонных конструкциях;
- в ходе армирования в газобетоне происходит процесс поризации;

– фибра в пенобетоне повышает его прочность.

Минус этого бетона один – высокая стоимость относительно обычного бетонного раствора [3].

Исходя из вышеизложенного международного опыта, можно сказать, что применение фибробетонов с различными наполнителями является крайне рациональным. Превосходящие по всем показателям простые бетоны, материал с фиброй является более прочным и долговечным. Из-за отсутствия нормативного обоснования использования материала, с использованием его в массовом строительстве возникают проблемы. Именно поэтому нужно детально рассмотреть вопрос внедрения материала в строительное производство страны и разработать документацию, согласно которой станет возможным широкое применение фибробетонов с различными волокнами в составе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Национальная стратегия устойчивого социально-экономического развития Республики Беларусь на период до 2030 года [Электронный ресурс] // Министерство экономики Республики Беларусь. – Минск, 2015. – Режим доступа: www.esomony.gov.by/ru/nac-strategia.pdf. – Дата доступа: 12.03.2017.
2. Фибробетон в строительстве [Электронный ресурс] // современные строительные материалы. – 2017. – Режим доступа: http://www.flevel.ru/article/article_fiber_concrete/. – Дата доступа: 08.04.2017.
3. Характеристика фибробетона [Электронный ресурс] // Все о бетоне. – 2017. – Режим доступа: <http://kladembeton.ru/vidy/drugie/fibrobeton.html>. – Дата доступа: 02.03.2017.
4. Волокна для фибробетона [Электронный ресурс] // Строительство каркасных домов. – 2017. – Режим доступа: <http://domikarkas.ru/wp-content/uploads/2016/11/Fibrobeton>. – Дата доступа: 02.03.2017.
5. Характеристика волокон фибробетонов [Электронный ресурс] // Бетонный завод «Техно-бетон». – 2017. – Режим доступа: <http://betonocement.ru/beton/fibrobeton-texnologiya.html>. – Дата доступа: 28.03.2017.
6. Association [Электронный ресурс] // International glassfibre reinforced concrete association. – 2017. – Режим доступа: http://www.flevel.ru/article/article_fiber_reinforced_concrete/. – Дата доступа: 07.03.2017.
7. Стеклофибробетон в США [Электронный ресурс] // Русский искусственный камень. – 2017. – Режим доступа: <http://ti-kam.ru/steklofibrobeton-v-amerike>. – Дата доступа: 02.04.2017.
8. AR Glass Fibres [Электронный ресурс] // Fibre Technologies International. – 2017. – Режим доступа: <http://fibretch.org/products/ar-glass-fibres/>. – Дата доступа: 01.04.2017.
9. Pont de la république [Электронный ресурс] // Lamoureux & Ricciotti ingénierie des structures. – 2017. – Режим доступа: <http://lamoureux-ricciotti.com/projets/pont-de-la-republique/>. – Дата доступа: 12.04.2017.
10. Produkte RCT [Электронный ресурс] // reisacher chemie und technik. – 2017. – Режим доступа: <http://www.rct-germany.de/de/produkte.html>. – Дата доступа: 10.03.2017.
11. Развитие технологии фибробетона в Республике Беларусь [Электронный ресурс] // Бетоника. – 2017. – Режим доступа: <http://www.betonika.by/index.pl?act=PRODUCT&id=325>. – Дата доступа: 10.03.2017.