

## ТЕХНОЛОГИЯ БАЗАЛЬТОФИБРОБЕТОННОЙ СМЕСИ НА МЕСТНЫХ МАТЕРИАЛАХ

**д.т.н., проф. Асқаров Б.А.**

**к.т.н., доц. Юсупов Р.Р.**

**докторант Эргашов Ж.Д.**

[jasurbek\\_1711@mail.ru](mailto:jasurbek_1711@mail.ru)

***Аннотация:** Для успешного применения базальтфибробетонов в монолитном строительстве должна быть доступная эффективная технология для часто применяемых составов таких бетонов. В данной статье приводятся результаты исследований и рекомендации по эффективной технологии базальтфибробетона.*

*Выполненные исследования позволили установить, что введение в состав тяжелого бетона базальтовой фибры по предлагаемой технологии способствует увеличению предела прочности при сжатии на 15% по сравнению с аналогичным показателем бетона без микроармирования. При этом можно съэкономить расход цемента до 10% и более.*

***Ключевые слова:** базальтфибробетон, базальт, фибра, испытание, прочности, технология состав.*

### Введение

Из результатов многочисленных экспериментальных и теоретических исследований [1,2,3] известно, что процесс разрушения бетона под нагрузкой начинается с трещин на контактах между цементным камнем и крупными заполнителями. Эти трещины в основном развиваются вдоль усилий сжатия, но могут иметь некоторое отклонение за счёт поперечных деформаций расширения. Разрушение сжимаемого образца возникает вследствие разрыва бетона в поперечном направлении, сначала появляются микротрещины отрыва, которые впоследствии с ростом нагрузки соединяются и образуют видимые трещины,

приводящие к разрушению бетонного образца. Для качественного расщепления пучков базальтовых волокон на отдельные единицы и их равномерного распределения по объёму во время перемешивания компонентов бетона необходима более доступная технология, которая может быть основана на изменении порядка приготовления таких бетонных смесей.

Важным моментом приготовления бетонной смеси правильное назначение соотношения компонентов бетонной смеси, так как от этого во многом зависит качество и прочность бетона.

Компоненты фибробетона (вяжущие заполнители и дисперсная арматура) рекомендует перемешивать обычно в бетоносмесителях принудительного действия в два этапа – на первом этапе компоненты бетона в сухом виде перемешивают в течение не менее 3 минут, на втором этапе после добавления воды также перемешивают в течение не менее 3 минут. По мнению авторов[4], такой режим позволяет пучкам базальтовых волокон расщепляться на отдельные единицы. Использование базальтовых волокон по такой технологии приготовления бетонной смеси при его оптимальном содержании, по данным автора, позволяет повысить прочность бетона на растяжение при изгибе до 70% и более по сравнению с аналогичными показателями бетона без дисперсного армирования.

### **Материалы и методы испытаний**

В настоящей работе для проведения экспериментальных исследований использовался портландцемент М 400 ПО «Ахангаранцемент», отвечающий требованиям ГОСТ 10178-85 «Портландцемент и шлакопортландцемент. Технические условия».

Согласно данным производителя нормальная плотность цементного теста составляет 27%, удельная поверхность 3500 см<sup>2</sup>/г. Активность цемента по прочности на день испытаний составляет 38,5 МПа.

В качестве крупного заполнителя для приготовления бетонной смеси использовался гранитный щебень фракций 5-20 мм Куйлюкского карьера, соответствующий требованиям ГОСТ 10260 [5].

В качестве мелкого заполнителя использовался речной кварцевый песок Куйлюкского карьера, отвечающий требованиям ГОСТ 8736 [6].

Базальтовая фибра – это отрезки комплексного базальтового волокна заданной длины в виде рассыпчатых монофиламентов. Базальтовая произведена ООО «MEGA INVEST INDUSTRIAL». Базальтовая фибра имеет следующие технические характеристики: цвет – бронзовый; плотность – 2,8 г/см<sup>3</sup>; диаметр отдельного волокна – 13-20мкм; длина волокон: 5, 10, 15 и 20 мм; температура эксплуатации от -260 до +700°С; температура плавления– 1450°С; прочность на разрыв – 45-55 Гс/tex; устойчив к действию кислот и щелочей.

### Технология базальтофибробетона

Свойства базальтового волокна обеспечивают высокие показатели бетона с его применением, что связано с модификацией матрицы бетона и приданием ей особых свойств по стойкости к различным агрессивным воздействиям.

При приготовлении фибробетонной смеси фибра вводится на стадии производства бетонной смеси, которая выполняет функцию армирующего компонента, происходит совместимость со всеми химическими добавками и быстрое распределение волокон по всему объёму смеси без комкования [4,8]. Такая технология каким образом модифицирует пучки базальтовых волокон на отдельные волокна не совсем понятно. Дело в том, что при добавлении базальтовой фибры (рис.1)



Рис.1. Базальтовые волокна, использованные в экспериментах

в уже практически приготовленную смесь бетона нет условий для её расщепления на отдельные единицы, так как волокна в первоначальном виде начнут прилипать к цементно-песчаному раствору и образовывать комки. В связи с этим для расщепления пучков базальтовых волокон необходимо механическое или другие воздействия извне. При этом пучки базальтовых волокон должны расщепляться

хотя бы минимум на 70-80%, без ущерба свойствам фибры. Можно ожидать, что поверхность и форма волокон от механических воздействий не будут сильно деформированы, что будет способствовать равномерному их рассеиванию и сцеплению с цементным раствором. После анализа существующих технологий приготовления базальтофибробетонной смеси можно сделать некоторые выводы: рекомендуется перемешивать базальтовую фибру только при приготовлении бетонной смеси в смесителях принудительного действия, нет возможности проконтролировать расщепление и рассеивание пучков волокон, которые практически в первоначальном состоянии будут находиться вместе со всеми компонентами бетона, как его отдельное составляющее. Как следует из вышеприведённого анализа, в первую очередь, по всей вероятности, следует несколько изменить состав самого базальтофибробетона путём корректировки доли крупного заполнителя в смеси заполнителей, уменьшая его расход, и соответственно увеличить долю песка. Расчёт состава проводится как для обычного тяжёлого бетона с некоторой корректировкой с введением понижающего коэффициента 0,85 для расхода крупного заполнителя, его объём восполняется увеличением расхода с введением повышающего коэффициента 1,2 на расчётные величины этих показателей. Структура бетона в отличие от традиционной позволяет наиболее полно использовать объём межзерновых пустот щебня для равномерного распределения базальтовых волокон по его объёму. При этом эффективность составов базальтофибробетонов будет определяться назначением оптимального зернового состава заполнителей, обеспечивающих минимальные пустоты за счёт плотного расположения волокон в составе цементно-песчаного раствора бетона.

### **Результаты исследований**

При подборе состава бетона основывались на двух основных предположениях, исходя из особенностей структуры тяжёлых бетонов на основе портландцемента. Первая – это обеспечение максимальной прочности цементно-песчаного раствора бетона при минимально возможном расходе крупного

заполнителя, основываясь на том, что после введения базальтового волокна прочность раствора резко возрастёт и будут достигнуты хорошая адгезия (сцепление) с крупным заполнителем и требуемый эффект армирования без ущерба технологии базальтофибробетона.

Вторым условием является обеспечение необходимой подвижности базальтофибробетонной смеси при различных часто используемых расходах вяжущего (350-550 кг/м<sup>3</sup>) и водоцементного отношения с оптимальным расходом заполнителей, что обусловлено как технологией, так и получением ожидаемой прочности бетона. Кроме того, рекомендуемая технология приготовления базальтофибробетонной смеси должна основываться на использовании существующего смесительного оборудования для перемешивания пятикомпонентного состава бетона. Для этого использовали гравитационный смеситель.

Перемешивание бетонной смеси в таких смесителях осуществляется за счёт действия на неё силы тяжести. Лопасты во время вращения подхватывают, поднимают и сбрасывают вниз потоки смеси.

Приготовление базальтофибробетонной смеси осуществляли в лабораторном смесителе аналогичного типа. При этом рассматривали а отличие от других технологий таких бетонов, два варианта последовательности загрузки составляющих бетона.

После апробирования существующих и предлагаемой технологии приготовления базальтофибробетонной смеси пришли к выводу, лучшим оказался способ предварительного отдельного смещения 50% ного количества щебня с волокном, вводимого 3-4 порциями, а также другой способ- первоначально загружается 50 % щебня плюс 50% песка и вводится базальтовое волокно.

Первый способ – базальтовая фибра необходимого количества загружается в барабан смесителя после загрузки 50% количества щебня и вместе с ним перемешивается в течение 3-5 минут. Затем в смеситель засыпают

остальную часть щебня и песка. При включённом агрегате заливают воду и добавляют цемент. Продолжают перемешивать замес до получения нужной консистенции (порядка 5-7 минут).

Второй способ – базальтовая фибра необходимого количества загружается в барабан смесителя после загрузки щебня и песка в количестве по 50% каждого и вместе с ними перемешивается в течение не менее 5 минут. Затем в смеситель засыпают остальные части щебня и песка. При включённом агрегате заливают воду и добавляют цемент. Продолжают замес до получения нужной консистенции (порядка 5-7 минут). При этом происходит двухэтапное модифицирование базальтовых волокон. Состояние и виды базальтофибробетонных смесей приготовленных по вышеописанной технологии показаны на рис.2.



Рис.2. Вид базальтофибробетонной смеси после выгрузки из смесителя. а- по первому способу; б- то же, по второму способу

Из этих смесей изготавливали бетонные кубы размерами рёбер 10 см которые после распалубки испытывались на сжатие в гидравлическом прессе МИГ-1000 [7].

Состав бетона был назначен следующим:

цемент –  $425 \text{ кг/м}^3$ ; гранитный щебень фр.5-20мм –  $950 \text{ кг/м}^3$ ; кварцевый песок –  $815 \text{ кг/м}^3$ ; вода –  $210 \text{ л/м}^3$ ; базальтовое волокно 1% от массы цемента. При изготовлении образцов-кубов негативные явления не наблюдались. Результаты испытаний представлены в таблице.

Способ приготовления	Возраст бетона на день испытаний, сут.	Прочность бетона без добавки, МПа	Прочность базальтофибробетона, МПа	Рост прочности, %
По I варианту	7	22,6	25,8	14
	14	26,1	30,2	15,8
	28	30,2	34,8	15,2
По II варианту	7	22,6	26,4	16,8
	14	26,1	31,0	18,7
	28	30,2	34,2	13,2

Как следует из данных таблицы, во всех сопоставимых условиях испытаний наблюдается рост прочности базальтофибробетона (в среднем на 15%) в сравнении с прочностью бетонов аналогичных составов без базальтовых волокон. Рост прочности на прямую связан внесением в состав бетона базальтовых волокон, приводящие улучшению его структурообразованию в процессе гидратации цемента и твердения бетона.

Разработаны технологические рекомендации, позволяющие перейти к дальнейшему совершенствованию составов других бетонов и освоения производства базальтофибробетонов на основе местных материалов. Для подтверждения результатов лабораторных исследований в настоящее время ведутся работы для их апробации в производственных условиях.

### Выводы

- одним из путей решения задач по улучшению прочностных и стойкостных характеристик бетонов является введение в их состав базальтовых волокон. В настоящее время такие бетоны на цементных вяжущих имеют ограниченные области применения в несущих конструкциях, несмотря на технические преимущества;

- разработаны составы и технология получения базальтофибробетонной смеси, позволяющие улучшить показатели таких бетонов за счёт более равномерного распределения волокон по объёму бетона;

- подбор составов базальтофибробетонов с часто используемыми расходами цемента должен базироваться на подборе составов бетона, рассчитываемых расчётно-экспериментальным методом по абсолютным объёмам с уменьшением расхода крупного заполнителя и корректировкой расхода песка. При этом его расход не должен превышать расход крупного заполнителя;

- эффективная технология базальтофибробетонов должна базироваться на расщеплении базальтовых волокон на начальной стадии приготовления смеси путём перемешивания с половиной крупного заполнителя (первый способ) или с половиной крупного заполнителя и половины песка вместе взятых (второй способ). При такой технологии удастся достичь максимального расщепления базальтовых волокон и равномерного их распределения;

- прочность базальтофибробетонных образцов на сжатие, изготовленных по рекомендуемой технологии, при содержании базальтового волокна в количестве 1%, обуславливает увеличение аналогичной характеристики на 15% по сравнению с без добавочным составом;

- технические и технологические преимущества присущие базальтофибробетоном дают основание сделать вывод о том, что настоящее исследование следует продолжать с целью использования базальтовой фибры для армирования несущих бетонных и железобетонных конструкций.



### Список использованной литературы.

1. Берг О.Я., Щербаков Е.Н., Писанко Г.Н. Высокопрочный бетон. Издательство литературы по строительству. Москва, 1971.
2. Трофимов В.И., Фоменко С.А. Дисперсное армирование бетона фиброй повышенного сцепления. // Сб. Наука XXI века: опыт прошлого – взгляд в будущее. Материалы III научно-практической конференции. - 2007, с 69-76.
3. Баранов А.С. Влияния уплотнения прессования и дисперсного армирования на прочность бетона при растяжении. // Наука и образование транспорту. – 2014. с. 287-290.
4. Кондрашов Г.М., Гольдштейн Б.М. Базальтофибробетон – технология будущего. Вести Волгоградского государственного университета. Серия 10, Инновационная деятельность. Вып. 7, 2012, с. 91-92.
5. ГОСТ 10260-80. Щебень из гравия для строительных работ. Технические условия. Издательство стандартов, Масква, 2018, 31 стр.
6. ГОСТ 8736-2014. Песок для строительных работ. Технические условия. Стандартиформ, Масква, 8 стр.
7. ГОСТ 10180-2012. Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам Стандартиформ, Масква, 2018, 31 стр.
8. Акрамов Х.А., Юсупов Р.Р., Эргашов Ж.Д. особенности технологии и свойств бетонов с использованием неметаллических фиброволокон. Журнал “Проблемы архитектуры и строительства”. №1, 2023, с. 42-45.