

## ВЫБОР НАИБОЛЕЕ ВЫГОДНОЙ ДОБАВКИ ДЛЯ ВЫСОКОПРОЧНОГО БЕТОНА

Загрецкая Ю.Ю

(Научный руководитель – Яковлев А.А.)

Высокопрочный бетон – тяжелый/мелкозернистый бетон, классом В60 и выше, приготовленный с применением вяжущего на основе портландцементного клинкера.

Высокопрочный бетон принято считать одной из основных конструкций, испытывающих существенные динамические нагрузки (мостов, эстакад и путепроводов). Создание высокопрочного бетона является задачей, требующей немалых материальных и трудовых вложений.

Чтобы получить высокопрочный бетон, к качеству заполнителей и портландцемента необходимо подходить более чем ответственно.

На сегодняшний день способов получения высокопрочного бетона более чем достаточно, но необходимо найти самые экономически выгодные, а также простые по технологичности методы.

В данной статье будут рассмотрены 3 вида высокопрочного бетона:

- I. Высокопрочные бетоны на легких заполнителях с использованием утильсырья
- II. Высокопрочные бетоны с добавлением базальтового волокна
- III. Инновационные высокопрочные бетоны с добавлением РСМ (материал для фазового перехода)

Хотелось бы сравнить эти виды высокопрочного бетона, а также сделать выводы, какая добавка лучше по большинству показателей.

*I. Первые* испытания проводились с добавлением в бетон утильсырья, такого как куски пластиковых бутылок (пластиковолокно), порошок яичной скорлупы и отходы битого стекла – стеклянная пудра.

После проведения испытания были сделаны некоторые выводы:

- а) содержание пластиковолокна в 1,00% будет наиболее выгодным, т.к это максимально увеличит прочность и на сжатие, и на изгиб.
- б) с увеличением стеклянной пудры в бетоне – прочность на сжатие также увеличивалась.
- в) с увеличением содержания порошка яичной скорлупы в бетоне – прочность на сжатие уменьшалась.
- г) с увеличением содержания порошка яичной скорлупы более, чем на 5% приводила к уменьшению прочности на сжатие.
- д) С увеличением стеклянной пудры в бетоне – прочность на изгиб также увеличивалась, однако с увеличением содержания порошка яичной скорлупы в бетоне – прочность на изгиб уменьшалась.

Применение стеклянной пудры в качестве добавки в цемент используется довольно широко из-за низкой стоимости и доступности на рынках, а также довольно неплохих прочностных характеристик.

**II. Второй тип** волокна, который приобрел популярность в последние 2 десятилетия – это базальтовое волокно.

При создании базальтового волокна добывается базальтовая порода, а затем раздробляется. Отмеренные порции раздробленной породы сортируют и перемешивают до требуемой консистенции. Далее раздробленную породу расплавляют в печах при температуре 1400-1600 °С. После этого из базальтовой массы выдавливают волокна диаметром 12-18 мкм. Такие волокна и называются базальтовыми.

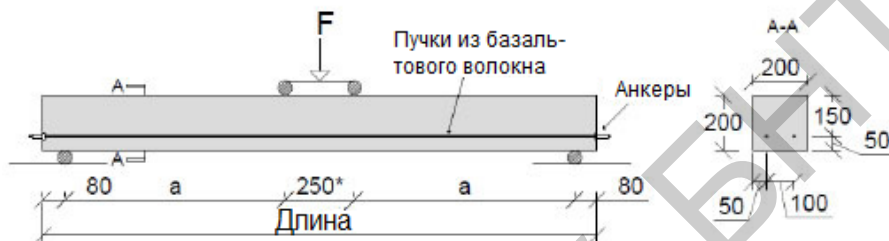


Рисунок 1 – Экспериментальная установка. К балке прикладывают силу  $F$  и испытывали на прочность

После проведения испытания результаты показали, что прочность арматуры из базальтового волокна превышает прочность стальной арматуры в 2 раза при одной и той же площади поперечного сечения. Но модуль упругости для пучков из базальтового волокна составляет только 50-80 ГПа, в то время как  $E$  для стали равен 200 ГПа.

**III. Третий тип** добавок для бетонов – так называемые РСМ – добавки (с англ. – добавки, изменяющие свое фазовое состояние).

Данные добавки внедряются в бетон путем капсулирования РСМ-добавок.

*Капсулирование* – заключение небольших количеств вещества или материалов в оболочку с получением капсул.

В бетон добавляли микро- и макрокапсулированные РСМ-добавки, а после этого испытывали кубики бетона на сжатие, измеряли коэффициент вариации бетона.

В таблице 1 представлены результаты испытаний бетона на прочность, значения  $F_{ck}$  и  $F_{cm}$ , а также  $V_m$ .

Таблица 1 – Результаты испытаний бетона на прочность

Тип бетона	$F_{ck}$ , МПа	$F_{cm}$ , МПа	$V_m$	Плотность, кг/м <sup>3</sup>
Бетон без добавок	33,52	44,39	0,09	2265±38
Бетон с микрокапсулированными РСМ-добавками	21,80	25,25	0,04	2018±38
Бетон с макрокапсулированными РСМ-добавками	15,03	29,48	0,14	2023±46

Обозначения:

$F_{ck}$  – нормативное сопротивление бетона сжатию;

$F_{cm}$  – среднее значение прочности, получаемое при испытании образцов;

$V_m$  - коэффициент вариации бетона – является показателем качества и определяет однородность бетонной смеси. Должен быть не более 33%.

Результаты показали, что добавление РСМ-добавки приводит к снижению нормативного сопротивления бетона сжатию. Также стоит отметить, что среднее значение прочности бетона с макрокапсулированными РСМ-добавками больше, чем с микрокапсулами. Однако коэффициент вариации бетона с макрокапсулированными РСМ-добавками намного выше, чем с микро. Это означает, что бетон, заполненный микрокапсулами, более надежен.

Механическая характеристика бетона показала, что, несмотря на незначительное снижение прочности на сжатие, бетоны по-прежнему представляли собой многообещающую механическую стойкость. Также испытания показали, что добавление РСМ привело к снижению плотности материалов (примерно на 10-11%), что позволило его классифицировать как легкий бетон, что дает возможность уменьшить постоянные нагрузки (собственный вес конструкции).

Заключение

Основной целью использования добавок в современном производстве бетонных смесей является снижение расхода цемента в составе бетона с сохранением прочности. Использование химических добавок позволяет снизить В/Ц отношение.

Как показали испытания, прочность на сжатие бетона при добавлении стеклянной пудры составило 26,9 МПа. Прочность бетона с добавлением базальтового волокна – около 28 МПа, а с химическими добавками – 29,48 МПа по результатам испытаний.

Учитывая то, что стоимость 1-ой добавки составляет около 6 руб./м<sup>3</sup>, второй – 17 руб./м<sup>3</sup>, в то время как стоимость химических РСМ-добавок ориентировочно 25 руб./м<sup>3</sup>.

Однако нельзя забывать о том, что при добавлении химических добавок экономится вода, увеличивается прочность на сжатие бетона, а также уменьшается плотность, что значительно облегчает собственный вес конструкции.

#### Литература

1. ГОСТ 31914-2012 «Бетоны высокопрочные тяжелые и мелкозернистые для монолитных конструкций. Правила контроля и оценки качества»
2. А.Н. Шатов «Высокопрочные бетоны. Доступные способы химической модификации» 2012
3. ASTM C330 (2005). Standard Specification for Lightweight Aggregates for Structural Concrete. Annual Book of ASTM: Standards, Vol. 04–02, 2005, p.187–189.
4. ASTM C494 (2005). Chemical Admixtures for Concrete. American Society of Testing and Material International.