

## **ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ И СВОЙСТВА НАПРЯГАЮЩЕГО БЕТОНА, АРМИРОВАННОГО СТАЛЬНОЙ И БАЗАЛЬТОВОЙ ФИБРОЙ**

### **Введение.**

Впервые идея дисперсного армирования бетона была высказана в 1909 году Некрасовым В.Д., которым были проведены опыты по армированию бетона рубленым канатом. Этот опыт не имел практического применения в строительстве, так как для достижения необходимой прочности требовался большой расход металла, чем при направленном стрежневом армировании.

Мировая практика строительства выявила фибробетон как один из перспективных строительных материалов XXI века. Опыт таких развитых стран, как США, Великобритания, Япония, Германия, Италия, Франция и Австралия [1], убедительно показал технико-экономическую эффективность применения фибробетона в строительных конструкциях и сооружениях.

**Фибробетон** – композиционный материал на основе гидравлического вяжущего, в которое интегрированы различного рода волокна (фибра).

**Сталефибробетон** – это строительный материал, состоящий из бетона (матрица) и стальной фибры (армирующие волокна). В результате равномерного хаотичного введения стальной фибры в бетонную матрицу сталефибробетон приобретает новые свойства, существенно отличающие его как от бетона, так и от железобетона. Основная конструктивная идея сталефибробетона состоит в том, что хаотически расположенные стальные волокна являются новым видом армирования для структуры бетона на этапе до образования трещин и на этапе работы материала с трещинами, тем самым приобретая новые конструктивные свойства [2].

В развитии науки о сталефибробетоне большой вклад внести ученые Австралии, Австрии, Бельгии, Германии, Испании, Польши, США, ЮАР, Япония и других стран. Из них необходимо отметить В. Gordon, I.A. Mandel, W.F. Chen, B. Kelly, D.R. Lankard, G.Ruffert, J. Vodichka и другие [3-4].

В России основу знаний о сталефибробетоне сформировали Ю.М. Баженов, И.В. Волков, В.П. Вылекжанин, Л.Г. Курбатов, И.А. Лобанов, А.П. Павлов, Ю.В. Пухаренко, Ф.Н. Рабинович, В.П. Романов, К.В. Талантова, О.Н. Хегай и другие [5-6].

**Базальтофибробетон** – композиционный материал на основе гидравлического вяжущего с мелкозернистым наполнителем (матрицы), дисперсно-армированной грубым базальтовым волокном.

Исследования базальтового волокна (БВ) выполнялись зарубежными и отечественными организациями, лабораториями, такими как Лаборатория базальтовых волокон Института материаловедения АН Украины, НИИЖБ, ЦНИИПромзданий, ЛатНИИСтроительства, АрмНИИСВ, BasaltexMasureelGroup, Department of Textiles (Ghent University Belgium), PennState (США), Technische Universität Dresden и др.

Над созданием дисперсно-армированных бетонов и конструкций на их основе, теорий расчета и проектирования фибробетонных конструкций работали и работают отечественные и зарубежные ученые: В.В. Бабков, Ю.М. Баженов, О.Я. Берг, Г.П. Бердичевский, В.М. Бондаренко, И.В. Волков, А.А. Гвоздев, Ю.В. Зайцев, др. [7].

### Методика экспериментального исследования

Для экспериментального исследования свойств напрягающего цемента и фибробетона армированные стальной и базальтовой фибры была разработана программа испытаний. Для этого было забетонировано 114 образцов из них: 4 образца для смеси; 35 образцов бетона кубических и призматических образцов с разным размером; 33 сталефибробетонных образцов кубических и призматических форм; 42 базальтофибробетонных образцов кубических и призматических форм с разными размерами.

Образцы имеют следующую маркировку: бетон без содержания фибры: КДК; сталефибробетонные образцы: НСК 1-3, С 1-3; базальтофибробетонные образцы: КБК 1-3, Б 1-3. Где 1,2,3 это номер концентрации фибры. Содержание стальной анкерной фибры составило: 1 концентрация  $20 \text{ кг/м}^3$ ; 2 концентрация  $40 \text{ кг/м}^3$ ; 3 концентрация  $60 \text{ кг/м}^3$ . Содержание базальтовой фибры составило: 1 концентрация  $1 \text{ кг/м}^3$ ; 2 концентрация  $1,5 \text{ кг/м}^3$ ; 3 концентрация  $2 \text{ кг/м}^3$ .

### Характеристика используемых материалов

В качестве вяжущего для напрягающего бетона использован напрягающий цемент (НЦ) полученный в лабораторных условиях при помоле в шаровой мельнице. В состав которого входит ПЦ 500 Д0 класса 42,5 по ГОСТ 10178-85 и расширяющая добавка, представленная высокоактивным метакраолином (ВКМ) и гипсом по ГОСТ 125-79.

Приготовление напрягающего цемента (НЦ) было выполнено в следующей последовательности:

1. На первом этапе был произведен домол ПЦ в течение 5 минут в шаровой мельнице, с целью активации (повышения прочности).

2. Второй этап включал в себя совместный помол в мельнице ПЦ с расширяющей добавкой в течение 5 минут.

Процентное содержание компонентов представлено в таблице 1.

Таблица 1- Процентное содержание состава вяжущего

Обозначение	ПЦ500 Д0, %	Метакраолин, %	Гипс, %
НЦ	80	10	10

В качестве инертных заполнителей использовали: - гранитный щебень фракции 5-10 мм по ГОСТ 8267. Щебень прошел 3 этапа подготовки:

1. Промывка щебня от глинистых и пылевидных частиц;

2. Сушка при  $t = 105 \text{ }^\circ\text{C}$  в сушильном шкафу;

3. Рассев щебня и построение кривой.

– кварцевый песок по ГОСТ 8736 прошел 2 этапа подготовки:

1. Сушка при  $t = 105 \text{ }^\circ\text{C}$  в сушильном шкафу;

2. Рассев песка и построение кривой.

По результатам отсева песка был получен  $M_{кр} = 2,1$ . Вода затворения, соответствующая требованиям EN 1008:2002.

В качестве дисперсного армирующего компонента применена фибра стальная анкерного типа СТБ EN 14889-1-2009 и базальтовая фибра СТБ EN 14889-2-2009.

### Изготовление образцов и их хранение

Для определения величины самонапряжения и линейное расширения напрягающего цемента были заформованы динамометрические кольца для образцов-балочек с размером  $31,5 \times 31,5 \times 95$  мм, а так же динамометрические кондуктора для образцов – балочек с размерами  $40 \times 40 \times 160$  мм. Соотношение Ц:П составило 1:1 с В/Ц  $0,295 \text{ мл}$ . Формы, применяемые для определения важных показателей напрягающего бетона:

Напрягающий бетон:

– кубы с размерами ребра 100 мм – определение предела прочности на сжатие;

– кондуктора с размерами 100×100×400 мм – определение величины самонапряжения.

Напрягающий бетон со стальной фиброй:

– кубы с размерами ребра 100 мм – определение предела прочности на сжатие;

– кондуктора с размерами 100×100×400 мм – определение величины самонапряжения.

Напрягающий бетон с базальтовой фиброй:

– кубы с размерами ребра 100 мм – определение предела прочности на сжатие;

– призмы с размерами 50×50×200 мм – определение предела прочности на растяжение при изгибе, а так же величины линейного расширения;

– кондуктора с размерами 50×50×200 мм – определение величины самонапряжения.

Формование осуществляли следующим образом: отвешенные сырьевые материалы с точностью до грамма были перемешаны в следующей последовательности: в мешалку с водой в течении 30 секунд всыпали расширяющийся цемент, после чего в течении 30 секунд происходило тщательное перемешивание цемента с водой на слабой скорости. После в течении 30 секунд на большой скорости всыпали кварцевый песок, который был предварительно просушен. В течении 60 секунд происходило смешивание смеси. По истечении времени мешалка была остановлена на 90 секунд, что позволило со стенок мешалки собрать материал, не смешавшийся в единое целое. Конечной стадией в течении 120 секунд происходило конечное перемешивание.

Наружные и внутренние поверхности формы и колец перед формованием тщательно были очищены от приставшего раствора металлическим скребком.

С динамометрических колец были сняты нулевые отсчеты перед формованием, для чего был использован измерительный штатив с индикатором часового типа с точностью 0,01мм, после чего формы были собраны и смазаны.

Укладку формовочной массы производили послойно 2 этапа. На 1 этапе уложили первый слой, занимающий 1/2 объема формы, для его уплотнения было произведено 30 ударов на встряхивающем столике. Укладка и уплотнение второго слоя была произведена аналогично первому слою.

Образцы – балочки в динамометрических кольцах были заглажены и укрыты полиэтиленовой пленкой.

Распалубку образцов производили через сутки воздушного твердения, после чего были сняты первые результаты по самонапряжению. Образцы после измерения были помещены в камеру нормально- влажностного твердения с влажностью 95±5% и температурой окружающего воздуха 20±2°C.

Для определения линейного расширения были заформованы образцы балочки размерами 40×40×160 мм с пластинами, методы испытаний этих образцов выполнены в соответствии с СТБ 1335-2002.

Перемешивание, уплотнение формовочной массы, а также распалубку образцов и хранение производили аналогично образцов в динамометрических кольцах.

По истечении заданного промежутка времени, а именно 7,14 и 28 суток бетонные образцы подвергались испытанию на прочность при сжатии-изгибе,

исключая образцы на самоупрежение и линейное расширение, значение которых фиксировались каждые сутки в течении 28 суток.

Для определения прочности на растяжение при изгибе и прочности на сжатие использован гидравлический пресс марки controls automax. Пресс controls automax является универсальным лабораторным прессом, позволяющий проводить испытания в условиях контроля скорости сжатия и изгиба, а так же нагрузки на образец. Оснащен микропроцессорным блоком управления, что позволяет выводить результаты испытания и запоминать их.

В качестве контрольного состава бетона были приняты следующие соотношения сырьевых материалов: Ц:П:Щ = 1:1:1,76 с В/Ц 0,41.

Этапы изготовления бетонных образцов:

1. Первый этап включает подготовку (отвешивание) сырьевых материалов.
2. Вторым этапом осуществлено смешивание сухих компонентов в бетономесительной установке, при перемешивании в течении определенного времени.
3. Заключительный этап изготовления бетонных образцов – это введение воды затворения и последующее перемешивание в течение некоторого времени.

Выгрузка осуществлялась при опрокидывании смесителя в подготовленную тару для бетонной смеси.

Очищенные и смазанные формы кондукторов размерами 10×10×40 см, были заранее подготовлены перед началом бетонирования. С каждого кондуктора были сняты и записаны результаты по самоупрежению без содержания бетона с точностью до 0,01мм.

После укладки бетонной смеси производили уплотнение глубинным вибратором. Затем образцы были заглажены и укрыты полиэтиленовой пленкой.

По истечении заданного промежутка времени, а именно 7,14 и 28 суток бетонные образцы подвергались испытанию на прочность при сжатии-изгибе, исключая образцы на самоупрежение и линейное расширение, значение которых фиксировались каждые сутки в течении 28 суток.

Бетонирование образцов с содержанием стальной и базальтовой фибры проводилось в четыре этапа.

Этапы изготовления бетонных образцов, армированных стальной либо базальтовой фиброй:

1. Первый этап включает подготовку (отвешивание) сырьевых материалов.
2. Вторым этапом осуществлено смешивание сухих компонентов в бетономесительной установке, при перемешивании в течение определенного времени.
3. На третьем этапе в тщательно перемешанную сухую смесь Ц+П+Щ вводили армирующий компонент ( стальная/ базальтовая фибра).
4. Заключительный этап изготовления бетонных образцов – это введение воды затворения и последующее перемешивание в течение некоторого времени.

#### **Результаты испытаний**

##### **Результаты испытаний напрягающего цемента**

Потребность В/Ц отношения были определены по расплыву конуса на естяживающем столике СТБ EN 196-3-2000. Расплыв смеси составил 12 см.

Определение срока схватывания расширяющегося цемента осуществлялась на приборе Вика. И составило: начало схватывания 36 минут, окончание схватывания 3 часа 24 минуты.

Фиксирование результатов самоупреждения в динамометрических кольцах осуществляли в течении 28 суток. Для этого были забетонированы два контрольных образца. самоупреждение в возрасте 28 суток составила 3,36 МПа

Линейное расширение балочек размерами 4×4×16см измерялось каждые сутки в одно и то же время, после чего балочки были вновь помещены в камеру нормально- влажностного твердения с влажностью 95±5% и температурой окружающего воздуха 20±2°С. Величина линейного расширения составила 0,511%. Величина самоупреждения в возрасте 14 суток составила 0,5 МПа.

#### **Результаты испытания бетона со стальной фиброй**

Для формирования сталефибробетонных образцов была разработана программа испытаний. Для этого было забетонировано: с первой концентрацией стальной анкерной фибры на 1м<sup>3</sup> - 20 кг – 2 кондуктора размерами 10×10×40 см; 9 кубов с размерами 10×10×10 см. Со второй концентрацией стальной анкерной фибры на 1м<sup>3</sup> - 40 кг – 2 кондуктора размерами 10×10×40 см; 9 кубов с размерами 10×10×10 см. С третьей концентрацией стальной анкерной фибры на 1м<sup>3</sup> - 60 кг – 2 кондуктора размерами 10×10×40 см; 9 кубов с размерами 10×10×10 см.

Результаты самоупреждение сталефибробетона в возрасте 7 суток: с первой концентрацией составили 0,325 МПа; со второй концентрацией составили 0,35 МПа; с третьей концентрацией составили 0,35 МПа.

При стабилизации самоупреждения, кондуктора были распалублены и испытаны на изгиб. Результаты прочности на изгиб составили 6,85 МПа

В возрасте 7,14 и 28 суток кубы каждой концентрации были испытаны на прочность при сжатии. Результаты испытаний в возрасте 7 суток: с первой концентрацией 27,72 МПа; со второй концентрацией 27,03 МПа; с третьей концентрацией 29,6 МПа

#### **Результаты испытания бетона с базальтовой фиброй**

Для формирования базальтофибробетонных образцов была разработана программа испытаний. Для этого было забетонировано: с первой концентрации базальтовой фибры на 1м<sup>3</sup> - 1 кг– 2 кондуктора размерами 5×5×20 см; 9 кубов с размерами 10×10×10 см; 3 призмы размерами 5×5×20 см. Со второй концентрации базальтовой фибры на 1м<sup>3</sup> - 1,5 кг– 2 кондуктора размерами 5×5×20 см; 9 кубов с размерами 10×10×10 см; 3 призмы размерами 5×5×20 см. С третьей концентрации базальтовой фибры на 1м<sup>3</sup> - 3кг– 2 кондуктора размерами 5×5×20 см; 9 кубов с размерами 10×10×10 см; 3 призмы размерами 5×5×20 см.

Результаты самоупреждение базальтофибробетона в возрасте 10 суток с первой концентрацией составили 0,5 МПа; со второй концентрацией составили 0,55 МПа; с третьей концентрацией составили 0,55 МПа.

При стабилизации самоупреждения, кондуктора были распалублены и испытаны на изгиб. Результаты прочности на изгиб составили 6,49 МПа.

В возрасте 7,14 и 28 суток кубы каждой концентрации были испытаны на прочность при сжатии. Результаты испытаний в возрасте 7 суток: с первой концентрацией 27,5 МПа; со второй концентрацией 24,23 МПа; с третьей концентрацией 26,27 МПа.

#### **Заключение**

В данной исследовательской работе акцент был поставлен на получении бетона на основе напрягающего цемента, в качестве варьируемого фактора при проведении принималась концентрация армирующего компонента (стальной и базальтовой фибры).

Опытным путем было получено самоупреждение напрягающего цемента, которое составило 3,36 МПа в возрасте 28 суток. А так же линейное расширение образцов – балочек в возрасте 28 суток составило 0,511%.

В результате исследований были получены результаты увеличения прочности при растяжении на изгиб, по сравнению с обычным напрягающим бетоном, не армированным волокнами фибры, составили:

- сталефибробетон с концентрацией 20 кг на 1 м<sup>3</sup> бетона 14,7%.
- базальтофибробетон с концентрацией 1 кг на 1 м<sup>3</sup> бетона 10%.

Рост показателей прочности образцов на сжатие и изгиб объясняется тем, что введение в смесь базальтовых волокон способствует увеличению сцепления с цементно-песчаной матрицей.

#### Список цитированных источников

1. BernhardMaidl. Steel Fiber Reinforced Concrete. Wiley: Ernst & Sohn, 1995. 292p.
2. Beaudoin J.J. Handbook of Fiber- Reinforced Concrete: Principles, Properties, Developments and Applications (Building Materials Science). Noyes: William Andrew, 1990. 194p.
3. Brandt A.M. Cement- Based Composites: Materials, Mechanical Properties and Performance. London: Spon, 2009. 544p.
4. Баженов Ю.М Технология бетона /Ю.М.Баженов - М : ACB, 2003. 500с
5. Рабинович, Ф.Н. Дисперсно-армированные бетоны: научное издание / Ф.Н. Рабинович. – М.: Строй-издат, 1989 – 176 с.
6. Пухаренко Ю.В. Высокопрочный сталефибробетон / Ю.В Пухаренко, В Ю Голубев // Промышленное и гражданское строительство. – 2007. – № 9. – С. 40 – 41.

УДК 711.25: 728.83 (476.7)

*Талагаева Н.А., Гетман У.А.*

*Научный руководитель: доцент Жминько М.М.*

### ОСОБЕННОСТИ И ВАРИАНТЫ РЕСТАВРАЦИИ УСАДЕБНОГО ДОМА НЕМЦЕВИЧЕЙ В Д.СКОКИ

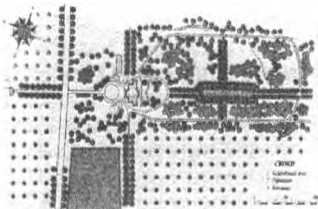
Целью нашей работы является проведение исторического анализа рассматриваемого объекта, изучение особенностей и методов реставрации усадебного дома в д.Скоки, а также проведение оценки его состояния на сегодняшний день.

#### Основная часть

Недалеко от города Бреста находится небольшая деревня Скоки. Удивительно то, что в ней сохранилась усадьба XVIII века, принадлежавшая когда-то роду Немцевичей. Усадьба в Скоках имеет мемориальное значение. Здесь жил классик польской литературы эпохи Просвещения, творец национальной идеи Польши, общественный деятель – Юлиан Урсын-Немцевич, один из авторов демократической Конституции от 3 мая 1791 г., участник освободительного движения, сподвижник Тадеуша Костюшко в восстании 1794 г., участник восстания 1830-1831 гг.



*Рисунок 1 – усадьба  
в настоящее время*



*Рисунок 2 – планировочное  
решение усадьбы*