

Строкова В. В., советник РААСН, д-р техн. наук, проф.,
Соловьева Л. Н., канд. техн. наук, ст. преп.,
Гринев А. П., соискатель

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

МЕЛКОЗЕРНИСТЫЙ БЕТОН НА ОСНОВЕ СЫРЬЯ ХАНТЫ-МАНСИЙСКОГО АО ДЛЯ МОНОЛИТНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА*

strokova@intbel.ru

Установлены закономерности изменения свойств вяжущего низкой водопотребности в зависимости от количества кремнеземистого компонента и добавки.

Полученные результаты позволяют дать количественную и качественную оценку влияния каждого фактора на физико-механические свойства модифицированного вяжущего, а также определить его состав.

Ключевые слова: монолитное строительство, мелкозернистый бетон, вяжущее низкой водопотребности.

На сегодняшний день из существующих технологий возведения зданий и сооружений наиболее перспективным является монолитное строительство. Это – возведение конструктивных элементов из бетонной смеси с использованием специальных форм (опалубки) непосредственно на строительной площадке [1]. Монолитное строительство обладает рядом преимуществ: возможность использования нестандартных объемно-пространственных решений, устойчивость к воздействию техногенных и неблагоприятных факторов окружающей среды – обладают сейсмостойкостью, огнестойкостью, водо-, тепло- и звукопроницаемостью, долговечностью и надежностью, а также дешевизна монолитного строительства. Таким образом, данный вид строительства является энергосберегающей технологией по теплозащите, звукоизоляции, комфортности, простоте выполнения работ, скорости и относится к высоким и в тоже время дешевым технологиям в области строительства. Благодаря современной конструкции опалубки возведение монолитных зданий не носит сезонный характер, а стало возможным круглогодично [2].

Проведенный анализ строительной отрасли Ханты-Мансийского АО показал, что в настоящее время в связи с увеличением объемов строительных работ в исследуемой области ощущается дефицит привозного сырья крупного заполнителя. Для устранения этой проблемы предлагается использование мелкозернистого бетона на основе композиционного вяжущего с применением местного сырья.

При разработке модифицированного композиционного вяжущего изучались зависимости технологических свойств сырья в зависимости от их состава, структуры, процессов их техно-

логической переработки с целью выяснения оптимальных параметров синтеза материалов с заданными свойствами.

Для оценки пригодности использования того или иного песка в качестве кремнеземистого компонента либо в качестве заполнителя и их ранжирования по эффективности существуют методики определения качества песков как кремнеземистого компонента композиционных вяжущих и определения качества песков как заполнителя [3]. Анализ физико-механических характеристик песков Эсского и Махнеевского месторождений Ханты-Мансийского АО [4] показали целесообразность использования песка Эсского месторождения в качестве кремнеземистого компонента композиционных вяжущих, а Махнеевского месторождения как заполнителя для бетонов.

Анализ морфологии зерен песков (рис. 1) дает возможность предположить, что полидисперсный состав будет способствовать образованию более плотной структуры композита, а шероховатость поверхности обеспечит лучшее сцепление кремнеземистого компонента с цементным камнем и в свою очередь положительно отразится на физико-механических характеристиках конечного композита.

Важным этапом данной работы является прогнозирование влияния вещественного состава и структуры, геометрических и топологических характеристик компонентов неоднородных строительных материалов и изделий на их эксплуатационные свойства. Для этого применяли планирование эксперимента, которое позволяет, используя минимальное количество опытов, выбрать именно те условия, которые оптимизируют выходные параметры. В качестве параметров оптимизации, характеризующие физико-

механические показатели ВНВ, были приняты плотность, прочность при изгибе и на сжатие. На данные параметры влияет количество кремнеземистого компонента и количество вво-

димой добавки–пластификатора, которые и были приняты в качестве варьируемых факторов (табл. 1).

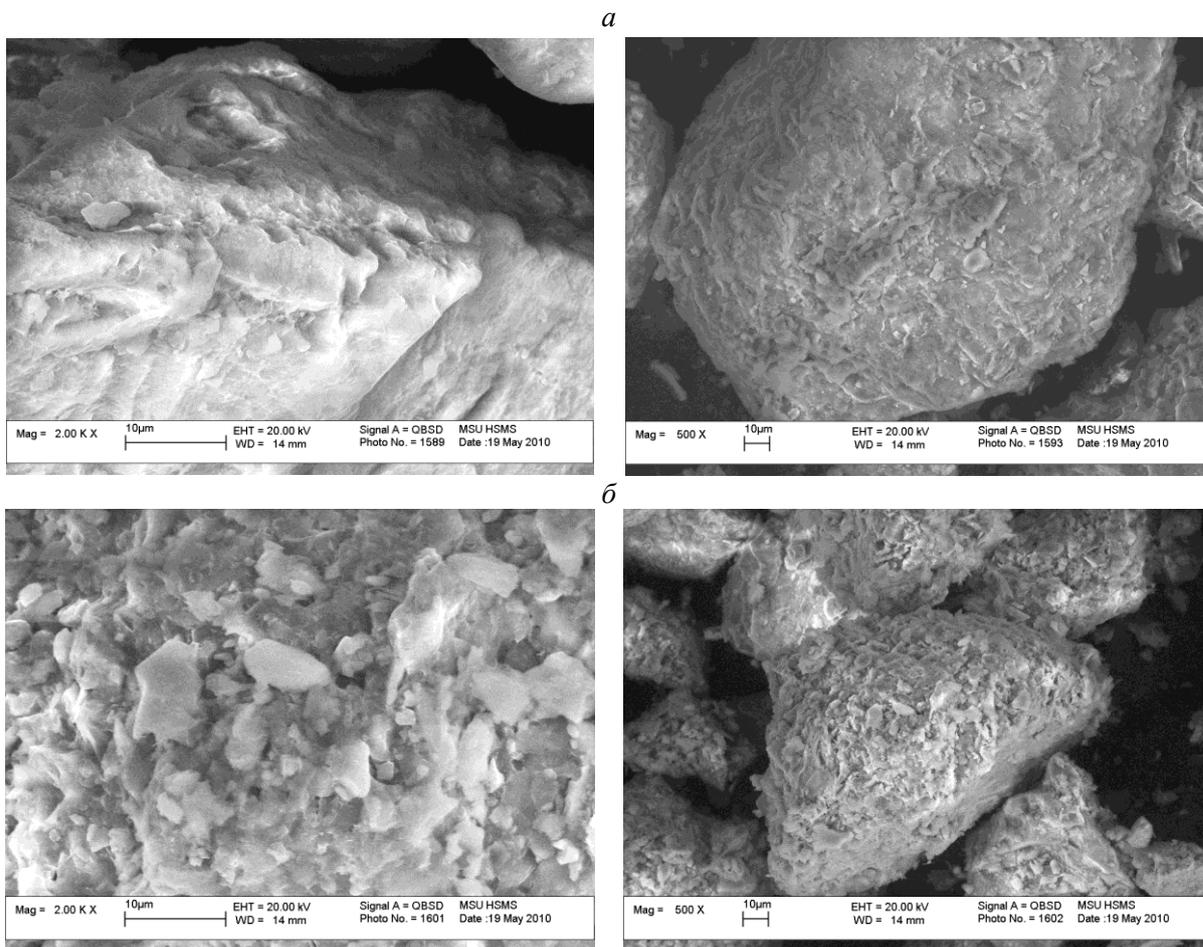


Рисунок 1. Микроструктура зерен песка:
а – Эссого; б – Махневского месторождений

Таблица 1

Условия планирования эксперимента

Факторы		Уровни варьирования			Интервал варьирования
натуральный вид	кодированный вид	1	0	1	
Количество кремнеземистого компонента, %	X ₁	30	45	60	15
Количество добавки, %	X ₂	0,44	0,5	0,56	0,06

В соответствии с принятым планом установлено пять уровней варьирования факторов: - 1 – минимальный, 0 – средний, +1 – максимальный.

Для удобства планирования эксперимента составлена матрица двухфакторного эксперимента (табл. 2), в соответствии с которой проводили исследование.

Таким образом, были выбраны необходимые уровни варьирования факторов так, чтобы

любое их сочетание, которое предусмотрено планом, было реализуемо на разработанных моделях и учитывало реальные технологические условия.

На основании результатов испытаний были получены уравнения регрессии, выражающие зависимость кинетики изменения плотности и прочности в зависимости от количества кремнеземистого компонента и добавки.

Таблица 2

Матрица планирования

	X ₁	X ₂	X ₁ ²	X ₂ ²	X ₁ X ₂
1	-1	-1	1	1	1
2	1	-1	1	1	-1
3	-1	1	1	1	1
4	1	1	1	1	1
5	-1	0	1	0	0
6	1	0	1	0	0
7	0	-1	0	1	0
8	0	1	0	1	0
9	0	0	0	0	0

Для прочности на сжатие с использованием системы «кремнеземистый компонент + добавка» уравнение регрессии в кодированном виде имеет вид:

$$y=35,6-1,560,6x_1-5,52x_2+0,78x_1^2+3,98x_2^2 \quad 1$$

Уравнение регрессии в кодированном виде для прочности при изгибе с использованием системы «кремнеземистый компонент + добавка» имеет следующий вид:

$$y=5,12-0,33x_1-0,73x_2+0,27x_1^2+0,5x_2^2-0,4x_1x_2 \quad 2$$

В кодированном виде уравнение регрессии для плотности при использовании системы «кремнеземистый компонент + добавка» имеет вид:

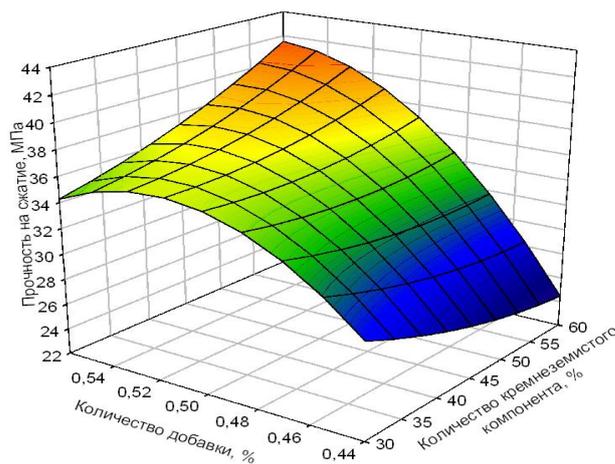
$$y=2341-17,337x_1+5x_2+3.358x_1^2+9.642x_2^2 \quad 3$$

В соответствии с уравнениями регрессии получены графики изменения физико-механических свойств мелкозернистого бетона (рис. 2). Трехмерные графики, отображающие влияние основных факторов на характеристики бетона являются поверхностями 2-го порядка, ориентированы на оси изменения количества кремнеземистого компонента и добавки.

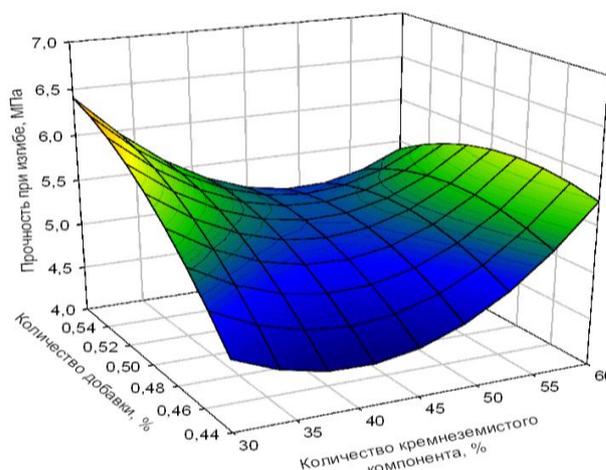
Основной целью получения математической модели и построения трехмерных графиков являлось прогнозирование физико-механических свойств мелкозернистого бетона для различных составов.

Анализ полученной зависимости для прочности на сжатие показал, что наибольшей прочностью обладает вяжущее полученное при максимальном количестве введенной добавки и кремнеземистого компонента. При уменьшении количества добавки значения прочности на сжатие снижается. Практически такого же эффекта можно добиться и при введении 50 % кремнеземистого компонента при получении ВНВ.

а



б



в

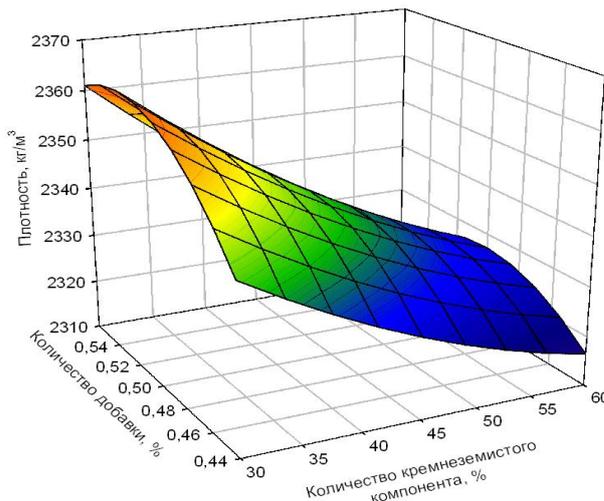


Рисунок 2. Номограммы зависимости физико-механических свойств бетона от варьируемых факторов:
 а – прочности на сжатие;
 б – прочности при изгибе;
 в – плотности

По результатам оценки номограммы прочности при изгибе можно сделать вывод, что характер ее изменения отличается. Значения прочности при изгибе увеличивается либо при максимальном количестве вводимого кремнеземистого компонента, при этом количество добавки сильно не влияет на данный показатель, либо при минимальном содержании кремнеземистого компонента и максимальной дозировке добавки.

При рассмотрении номограммы плотности наблюдается прямолинейная зависимость ее снижения при увеличении количества вводимого кремнеземистого компонента и уменьшения дозировки добавки. Так, при введении добавки в количестве 0,54 % при минимальном использовании кремнеземистого компонента достигается максимальная плотность.

Таким образом, экспериментальные данные подтверждают целесообразность использования композиционного вяжущего при условии комбинации его с полифункциональным модификатором, усиливающие технологические свойства композиционного вяжущего, для производства бетонов различного назначения. Полученные математические зависимости изменения свойств вяжущего низкой водопотребности и их графические интерпретации позволяют дать количественную и качественную оценку влияния каждого фактора в отдельности, а также в их совокупности на изменение системы «состав – свойства» и могут быть использованы для производственных рецептур получения модифицированного вяжущего и прогнозирования его физико-механических свойств.

**Работа выполнялась при финансовой поддержке в рамках ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013 годы и АВЦП «Развитие научного потенциала высшей школы» на 2009-2010 годы.*

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Трембицкий, С.М.* Условия достижения высоких темпов и качества строительства зданий из монолитного железобетона [Текст] / С.М. Трембицкий, Л.Н. Беккер, П.Г. Кебадзе // Бетон и железобетон, – М., 2008. – № 5. – С.8–11.

2. *Штраух, Е.А.* К вопросу о повышении эффективности строительных технологий при возведении многоэтажных монолитных жилых зданий [Текст] / Е.А. Штраух // Промышленное и гражданское строительство, – М., 2010. – № 2. – С. 43–45.

3. *Лесовик, Р.В.* Оценка качества мелкого заполнителя бетонов [Текст] / Р.В. Лесовик, Н.И. Алфимова, М.Н. Ковтун // Научные исследования, наносистемы и ресурсосберегающие технологии в стройиндустрии (XVIII научные чтения): сб. докл. Междунар. науч.-практ. конф. – Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2007. – Ч. 1. – С. 152–155.

4. *Гринев, А.П.* Получение композиционных вяжущих с использованием природных песков Ханты–Мансийского АО [Текст] / А.П. Гринев, Д.Ю. Гриньков // Создание новых материалов для эксплуатации в экстремальных условиях: Сб. тр. междунар. конференции с элементами науч. шк. для молодежи, 16–19 ноября 2009 г. – Якутск: ПаблИш Групп, 2009. – С. 62–64.