

## ОПТИМИЗАЦИЯ СОСТАВА НЕАВТОКЛАВНОГО ГАЗОБЕТОНА НА КОМПОЗИЦИОННОМ ВЯЖУЩЕМ\*

ludmilasuleimanova@yandex.ru

*Проведены оптимизационные исследования для неавтоклавных газобетонов на композиционных вяжущих с использованием метода математического планирования эксперимента. Разработан оптимальный состав неавтоклавного газобетона на композиционном вяжущем со средней плотностью 270...300 кг/м<sup>3</sup> и прочностью на сжатие 1,5...1,7 МПа.*

**Ключевые слова:** неавтоклавный газобетон, оптимальный состав, метод математического планирования эксперимента

Одним из способов повышения качества бетона и изделий на его основе, снижения их стоимости является рациональный подбор составов бетонов.

Целью подбора составов бетонов является установление таких соотношений между компонентами, которые обеспечивали бы получение материала с требуемыми показателями качества при минимально возможном расходе вяжущего.

Для достижения цели были проведены оптимизационные исследования для неавтоклавных газобетонов на композиционных вяжущих с использованием метода математического планирования эксперимента.

Сущность планирования экспериментов и оптимизации состава газобетонов с применением методов математической статистики заклю-

чается в установлении математической зависимости между заданными свойствами материала и расходом, свойствами составляющих компонентов и технологическими факторами.

Эффективность эксперимента зависит от содержательной постановки задачи, правильности выбора методики исследования, основных факторов и их вариаций, а также от глубины физической интерпретации результатов. Выбор факторов и параметров оптимизации неавтоклавного газобетона производился исходя из технологической и экономической целесообразности.

Запланирован трехфакторный эксперимент квадратичной зависимости, условия планирования которого представлены в табл. 1.

Таблица 1

**Условия планирования эксперимента**

Фактор		Уровень варьирования			Интервал варьирования
натуральный вид	кодированный вид	- 1	0	+1	
В/Т	$X_1$	0,45	0,55	0,65	0,1
А1 паста, % от массы композиционного вяжущего	$X_2$	0,4	0,6	0,8	0,2
Мел, %	$X_3$	0	10	20	10

В качестве варьируемых независимых технологических факторов были выбраны: водотвердое отношение В/Т ( $X_1$ ); количество алюминиевой пасты СТАРА Alpor ( $X_2$ ) и мела ( $X_3$ ). Факторы, не вошедшие в план эксперимента, приняты постоянными.

В качестве контролируемых выходных параметров газобетона были выбраны средняя плотность ( $\rho_{ср}$ ) и прочность на сжатие ( $R_{сж}$ ).

Эксперимент проводился по трехуровневому плану, результаты которого представлены в табл. 2.

Для получения математических моделей, отражающих связь между выходными параметрами ( $\rho_{ср}$ ,  $R_{сж}$ ) и основными факторами (В/Т, количество алюминиевой пасты и мела), проведена статистическая обработка эксперименталь-

ных данных, рассчитаны коэффициенты уравнений регрессии и оценена их адекватность по критерию Фишера.

В эксперименте применялись разработанные композиционные вяжущие, в состав которых входили клинкер (ТУ 5739-002.0022284339-94) ЗАО «Белгородский цемент»; гипс ОАО «Кубанский гипс-Кнауф», Краснодарский край; суперпластификатор «Полипласт П-1» ООО «Полипласт Новомосковск»; отсеvy дробления кварцито-песчаника ОАО «Лебединский ГОК» (Белгородская обл.); мел технический дисперсный МТД-2 (ТУ 5743-008-05120542-96) ОАО «Мелстром», Белгородская обл. [1]. При получении неавтоклавных газобетонов применяли известь воздушную кальциевую негашеную производства ОАО «Стройматериалы»

(ГОСТ 9179-77) и в качестве газообразователя – пасту алюминиевую STARA Alupor производства фирмы ESKART, Германия.

В результате статистической обработки полученных данных (табл. 2) выявлены оптимальные дозировки компонентов и получены математические модели:

– средней плотности:

$$\rho_{\text{ср}} = 252,4 - 18 \cdot X_1 - 31 \cdot X_2 - 22,3 \cdot X_3 + 171,02 \cdot X_1^2 + 136,02 \cdot X_2^2 + 49,52 \cdot X_3^2 + 100 \cdot X_1 \cdot X_2 + 25 \cdot X_1 \cdot X_3 + 7,5 \cdot X_2 \cdot X_3;$$

– прочности на сжатие:

$$R_{\text{сж ср}} = 1,43 - 0,85 \cdot X_1 - 0,39 \cdot X_2 - 0,25 \cdot X_3 + 0,49 \cdot X_1^2 + 0,26 \cdot X_2^2 + 0,07 \cdot X_3^2 + 0,31 \cdot X_1 \cdot X_2 + 0,18 \cdot X_1 \cdot X_3 + 0,06 \cdot X_2 \cdot X_3.$$

Для комплексного анализа влияния исследуемых факторов: В/Т, количества алюминиевой пасты и мела на выходные параметры: среднюю плотность и прочность неавтоклавного газобетона построены с применением полученных математических моделей их графические интерпретации – номограммы (рис. 1, 2), позволяющие оптимизировать технологический процесс и эффективно им управлять, поддерживая на заданном уровне выходные параметры, изменяя соответствующим образом факторы, входящие в уравнения регрессии.

В результате комплексного анализа был предложен оптимальный состав неавтоклавного газобетона на основе композиционного вяжущего,

содержащий: клинкерную составляющую – 70 % (в том числе гипс – 5 %, суперпластификатор Полипласт П-1 – 1 %), отсеvy дробления кварцитопесчаника – 20 %, мел – 10 %, известь – 4 % от массы композиционного вяжущего, газообразователь – алюминиевую пасту STARA Alupor – 0,6 % от массы композиционного вяжущего. Получен неавтоклавный газобетон с маркой по средней плотности D300 и классом по прочности на сжатие В1.

Таблица 2

Матрица планирования и экспериментальные данные

№ опыта	Фактор			$\rho_{\text{ср}}$ , кг/м <sup>3</sup>	$R_{\text{сж ср}}$ , МПа
	$X_1$	$X_2$	$X_3$		
1	+1	+1	+1	680	1,2
2	+1	+1	-1	660	1,1
3	+1	-1	+1	540	1,1
4	+1	-1	-1	550	1,6
5	-1	+1	+1	440	1,8
6	-1	+1	-1	520	2,8
7	-1	-1	+1	700	3,3
8	-1	-1	-1	810	4,2
9	+1	0	0	340	1,2
10	-1	0	0	480	2,6
11	0	+1	0	370	1,35
12	0	-1	0	380	2,0
13	0	0	+1	267	1,21
14	0	0	-1	310	1,47
15	0	0	0	270	1,51
16	0	0	0	265	1,47
17	0	0	0	270	1,41

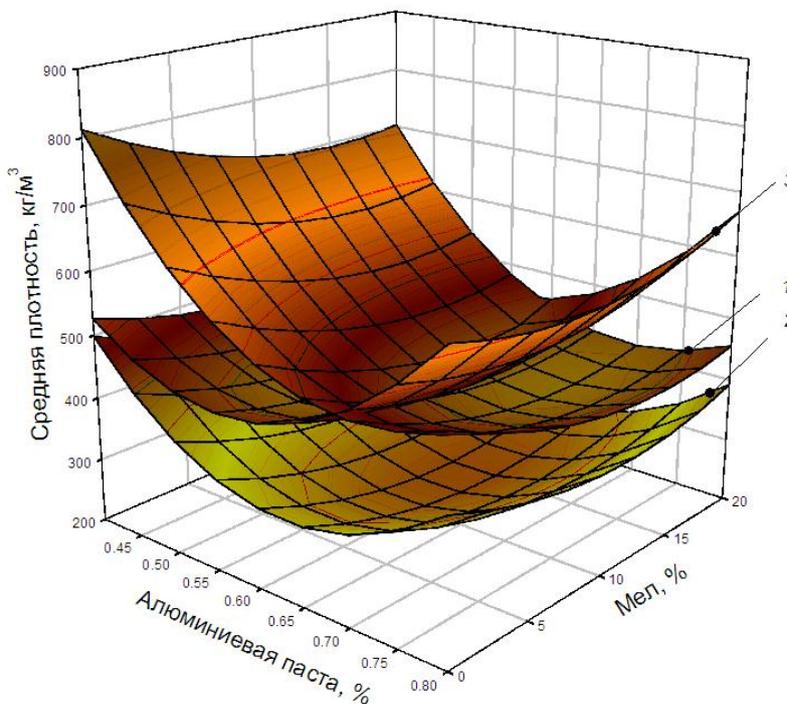


Рис. 1. Зависимость средней плотности газобетона на композиционном вяжущем от В/Т, количества алюминиевой пасты и мела: 1 – В/Т = 0,45; 2 – В/Т = 0,55; 3 – В/Т = 0,65

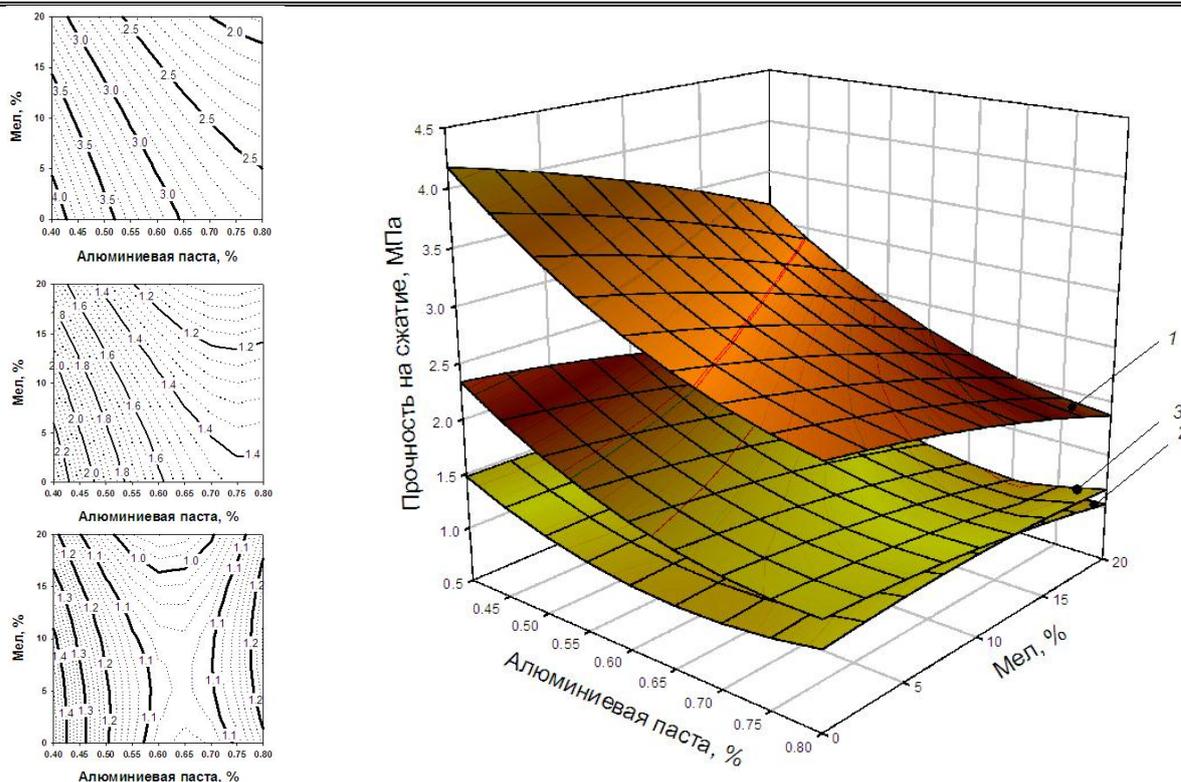


Рис. 2. Зависимость прочности на сжатие газобетона на композиционном вяжущем от В/Т, количества алюминиевой пасты и мела: 1 – В/Т = 0,45; 2 – В/Т = 0,55; 3 – В/Т = 0,65

Оптимизация проведена при наличии экспериментально-статистических моделей влияния управляющих рецептурно-технологических факторов, совокупность которых определила качество неавтоклавного газобетона на композиционном вяжущем.

Изучены основные эксплуатационные свойства газобетона на композиционном вяжущем: средняя плотность  $\rho_{\text{ср}} = 270 \dots 300 \text{ кг/м}^3$ , прочность на сжатие  $R_{\text{сж}} = 1,5 \dots 1,7 \text{ МПа}$ , марка по морозостойкости F15, теплопроводность  $\lambda = 0,078 \dots 0,08 \text{ Вт/(м}^\circ\text{C)}$ , которые соответствуют нормативным значениям, предъявляемым ГОСТ 25485, и превосходят характеристики традиционных неавтоклавных газобетонов, что объясняется оптимизацией структуры газобетона за счет использования разработанного композиционного вяжущего и оптимизации состава.

Для производства неавтоклавного газобетона на композиционном вяжущем разработана технологическая схема, включающая прием и хранение сырьевых компонентов; подготовку сырья; дозирование компонентов; получение композиционного вяжущего (совместный сухой помол в центробежном помольно-смесительном агрегате); приготовление газобетонной смеси на композиционном вяжущем; заливку смеси в предварительно подготовленную опалубку

(съемную или несъемную, в кладку из скорлуп), вспучивание и набор прочности.

*\*Данная работа выполнена при финансовой поддержке в рамках федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» (2009-2013 годы):*

*Мероприятие 1.1 «Проведение научных исследований коллективами научно-образовательных центров»: № 2010–1.207–075 «Создание нового класса минеральных наноструктурированных вяжущих негидрационного типа твердения для производства высококачественных строительных материалов различного назначения»;*

*Мероприятие 1.3.1 «Проведение научных исследований молодыми учеными – кандидатами наук»: № 16.740.11.0770 «Создание высокоэффективных силикатных материалов автоклавного твердения с использованием наноструктурированных модификаторов».*

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сулейманова, Л.А. Специальное композиционное вяжущее для газобетонов неавтоклавного твердения [Текст] / Л.А. Сулейманова, И.В. Жерновский, А.В. Шамшуров // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. – 2012. – № 1. – С. 39–45.