

Кара К. А., канд. техн. наук, инж.,
Сулейманов А. Г., канд. техн. наук, доц.

Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова

ГАЗОБЕТОН НА КОМПОЗИЦИОННОМ ВЯЖУЩЕМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОТСЕВОВ ДРОБЛЕНИЯ ИЗВЕСТНЯКА*

karina200386@yandex.ru

Разработаны газобетоны неавтоклавного твердения на композиционных вяжущих с использованием до 30 % отсевов дробления известняка с улучшенными строительно-эксплуатационными характеристиками и получены модели управления рецептурой газобетона с применением математического аппарата.

Ключевые слова: газобетоны, композиционное вяжущее, отсев дробления известняка

Развитие индивидуального домостроения делает высокоприоритетным производство высококачественных и высоко-эффективных строительных материалов, в том числе и неавтоклавных ячеистых бетонов, полученных по новым технологиям производства с использованием композиционных вяжущих, обеспечивающих более быстрый набор структурной прочности поризованной ячеистобетонной массы, и техногенного сырья [1...4].

Известен опыт применения отсевов дробления известняка на щебень при получении вяжущих низкой водопотребности (ЦНВ, ВНВ) с наполнителями из карбонатных пород (известняки, доломиты, мрамор) ЦНВ-50 с удельной поверхностью 500...700 м²/кг, активностью 60...70 МПа и ВНВ-80 с удельной поверхностью 500...600 м²/кг, активностью 90,5...96 МПа для ячеистых бетонов [5, 6].

В ряде стран – Дании, Норвегии, Канаде, США, Франции и других, накоплен достаточный опыт применения вяжущих с карбонатными наполнителями. Например, во Франции более 30 % от объема производства вяжущих, приходится на долю цементов, содержащих карбонатную добавку. В США при производстве цементов допускается введение в их состав до 50 % такой добавки.

В России предусмотрен выпуск цементов активностью не менее 20,4 МПа с содержанием до 80 % карбонатного микронаполнителя для приготовления строительных растворов, а для производства неавтоклавных газобетонов необходимо применение композиционных вяжущих с высокой активностью, обладающих свойствами, обеспечивающими стабильность поризации газобетона [7].

Разработаны композиционные вяжущие с удельной поверхностью $S_{уд} = 500$ м²/кг с заменой клинкерной составляющей отсевами дробления известняка на щебень (карбонатным наполнителем) до 30 % с прочностью на сжатие

не менее 55...60 МПа (табл. 1), в состав которых входили до 70 % клинкера (ЗАО «Белгородский цемент»); 3 % гипса (ОАО «Кубанский гипс-Кнауф», Краснодарский край); 1 % суперпластификатора Melment F10 (ЗАО «Евро-Хим», г. Москва); до 30 % отсевов дробления известняка на щебень (ООО «Минерал ресурс», г. Екатеринбург). При получении неавтоклавных газобетонов применяли известь воздушную кальциевую негашеную производства ОАО «Стройматериалы», в качестве газообразователя – пасту алюминиевую производства фирмы SCHLENK, Германия.

Таблица 1

Определение оптимального количества карбонатного наполнителя в композиционном вяжущем

Компоненты, %		Прочность на сжатие $R_{сж}$, МПа		
клинкер	карбонатный наполнитель	3	7	28
		90	10	22,6
80	20	21,7	35,8	64,7
70	30	20,1	31,9	58,7
60	40	15,9	24,7	38,1
50	50	9,5	12,0	24,7

С целью оптимизации состава неавтоклавного газобетона на разработанном композиционном вяжущем был проведен трехфакторный эксперимент квадратичной зависимости, условия планирования которого представлены в табл. 2.

В качестве контролируемых выходных параметров газобетона приняты средняя плотность ($\rho_{ср}$) и прочность на сжатие ($R_{сж}$) ячеистого бетона неавтоклавного твердения.

Варьировались основные независимые технологические факторы: известь (X_1) в пределах от 2 до 6 % от массы композиционного вяжущего с интервалом варьирования 2, количество алюминиевой пасты (X_2) в диапазоне от 0,4 до 0,8 % от массы композиционного

вяжущего с интервалом варьирования 0,2 и водотвердое отношение (X_3) от 0,4 до 0,6 с интервалом варьирования 0,1.

Эксперимент проводился в соответствии с матрицей планирования (табл. 2).

Таблица 2

Матрица планирования и экспериментальные данные

№ опыта	Фактор			$\rho_{\text{ср}}$, кг/м ³	$R_{\text{сж ср}}$, МПа
	X_1	X_2	X_3		
1	+1	+1	+1	300	0,4
2	+1	+1	-1	560	2,3
3	+1	-1	+1	590	1,8
4	+1	-1	-1	735	3,8
5	-1	+1	+1	685	2,2
6	-1	+1	-1	560	3,5
7	-1	-1	+1	830	2,7
8	-1	-1	-1	900	5,7
9	+1	0	0	420	1,9
10	-1	0	0	530	3,8
11	0	+1	0	470	2,7
12	0	-1	0	535	3,0
13	0	0	+1	340	1,1
14	0	0	-1	530	2,9
15	0	0	0	380	1,3
16	0	0	0	370	1,2
17	0	0	0	380	1,3

Для получения математических моделей, отражающих связь между выходными параметрами ($\rho_{\text{ср}}$, $R_{\text{сж}}$) и основными факторами (количеством извести, алюминиевой пасты и водотвердым отношением), проведена статистическая обработка экспериментальных данных и рассчитаны коэффициенты уравнений регрессии и их значимость, на основании которых получены адекватные уравнения регрессии:

– средней плотности:

$$\rho_{\text{ср}} = 379,58 - 90,45 \cdot X_1 - 100,86 \cdot X_2 - 54,74 \cdot X_3 + 6,09 \cdot X_1^2 + 83,44 \cdot X_2^2 + 31,04 \cdot X_3^2 + 4,93 \cdot X_1 \cdot X_2 - 58,83 \cdot X_1 \cdot X_3 + 10,56 \cdot X_2 \cdot X_3;$$

– прочности на сжатие:

$$R_{\text{сж ср}} = 1,72 - 0,749 \cdot X_1 - 0,59 \cdot X_2 - 1,004 \cdot X_3 + 0,12 \cdot X_1^2 + 0,46 \cdot X_2^2 - 0,18 \cdot X_3^2 - 0,015 \cdot X_1 \cdot X_2 + 0,02 X_1 \cdot X_3 + 0,228 \cdot X_2 \cdot X_3.$$

Для комплексного анализа влияния исследуемых факторов: количества извести, алюминиевой пасты и водотвердого отношения на выходные параметры (среднюю плотность и прочность теплоизоляционного неавтоклавного газобетона) построены графические интерпретации полученных математических моделей (рис. 1, 2), позволяющие управлять технологическим процессом и обеспечивать получение высокопоризованного эффективного ячеистого бетона неавтоклавного твердения.

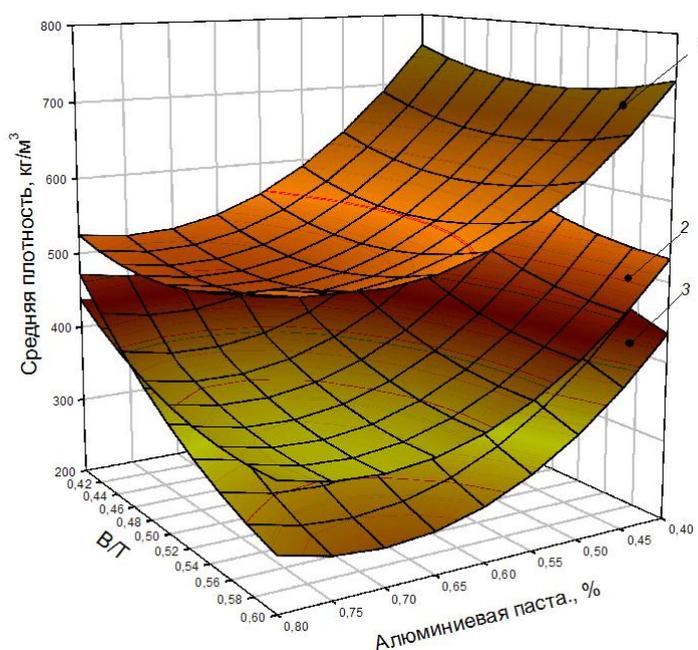
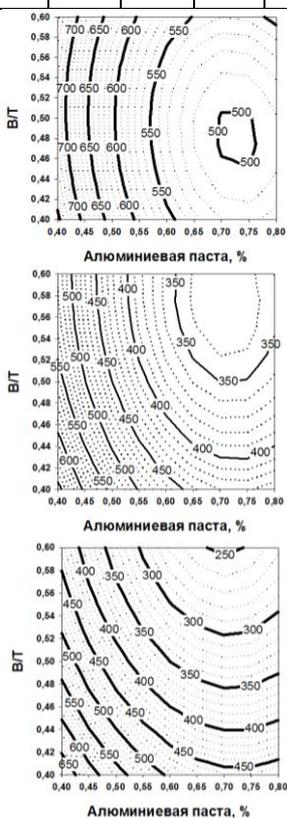


Рис. 1. Зависимость средней плотности газобетона на композиционном вяжущем от количества извести, алюминиевой пасты и водотвердого отношения: 1 – известь – 2 %; 2 – известь – 4 %; 3 – известь – 6 %

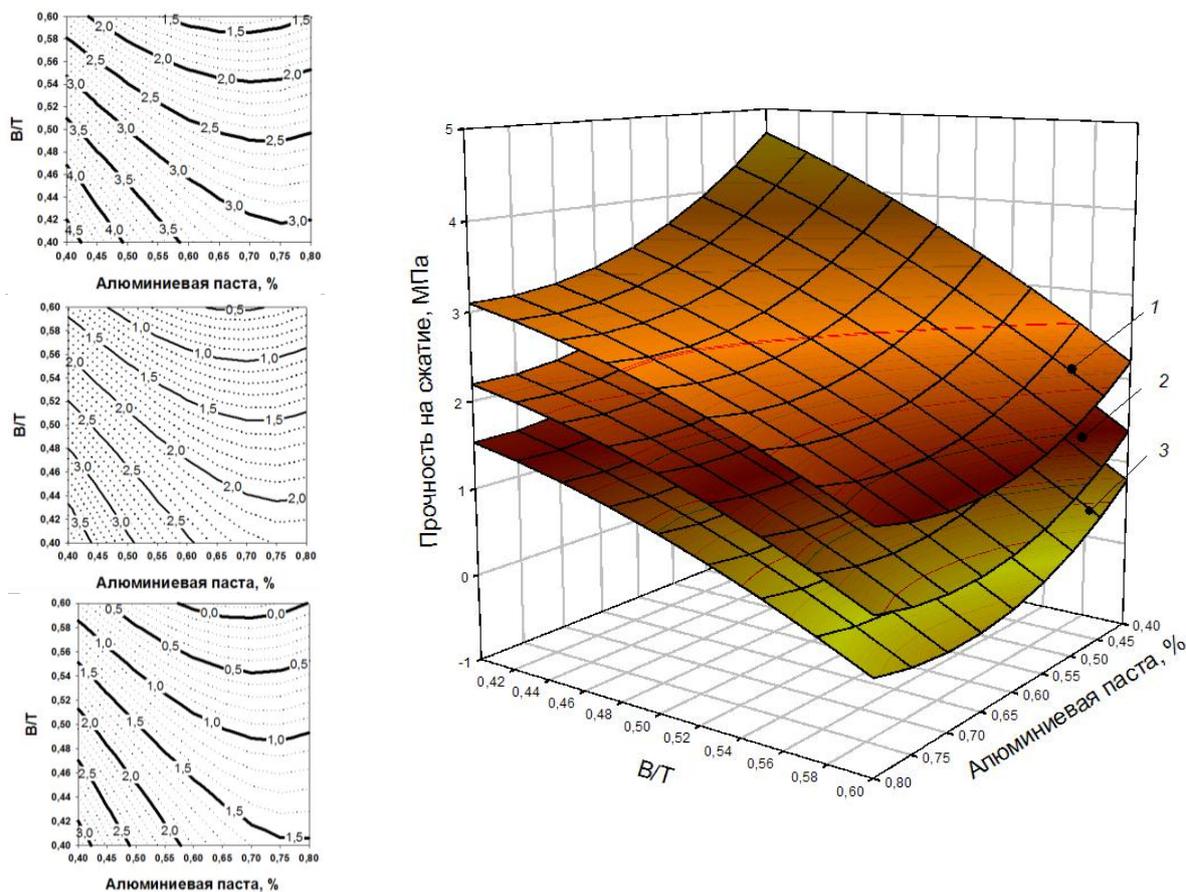


Рис. 2. Зависимость прочности на сжатие газобетона на композиционном вяжущем от количества извести, алюминиевой пасты и водотвердого отношения: 1 – известь – 2 %; 2 – известь – 4 %; 3 – известь – 6 %

Таким образом, получен неавтоклавный газобетон с улучшенной поровой структурой со средней плотностью 300...400 кг/м³, прочностью на сжатие 1,1...1,9 МПа и теплопроводностью 0,079...0,081 Вт/(м·°С) на композиционном вяжущем с использованием отсеков дробления известняка с возможностью его применения при индивидуальном малоэтажном строительстве.

**Работа выполнена в рамках выполнения Программы стратегического развития на 2012–2016 годы.*

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сулейманова Л.А. Non-autoclaved aerated concrete at composite binding // Ibausil: 18. Internationale Baustofftagung. Weimar, 2012. – В.2. – Р. 2-0830–2-0835.
2. Сулейманова Л.А., Лесовик В.С., Кара К.А. Энергоэффективные газобетоны на композиционных вяжущих для монолитного строительства // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2012. № 3. С. 10–20.
3. Хархардин А.Н., Сулейманова Л.А., Лесовик В.С. Топологические свойства полидисперсных композиционных вяжущих

для неавтоклавных ячеистых бетонов // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2013. № 2. С. 46–50.

4. Шейченко М.С., Лесовик В.С., Алфимова Н.И. Композиционные вяжущие с использованием высокомагнезиальных отходов Ковдорского месторождения // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2009. № 1. С. 30–33.

5. Сулейманова Л.А., Погорелова И.А. Сухие смеси для ячеистого бетона неавтоклавного твердения / Бетон и железобетон в третьем тысячелетии: материалы пятой Междунар. науч.-практ. конф. Махачкала, 2010. С. 137–144.

6. Бабаев Ш.Т., Башлыков Н.Ф., Юдович Б.Э. Эффективность вяжущих низкой водопотребности и бетонов на их основе // Бетон и железобетон. 1998. №6. С. 3–6.

7. Воробьев А.А. Бетоны и растворы с карбонатными микронаполнителями / Обзорно-аналитический доклад. Строительство и архитектура. М.: ВНИИТПИ, 2007. 33 с.