

# СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

DOI: 10.34031/2071-7318-2023-8-11-8-17

\*Сулейманов К.А., Погорелова И.А.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

\*E-mail: karimsuleymanov@mail.ru

## ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ ГАЗОБЕТОННЫХ СМЕСЕЙ

**Аннотация.** Энергетический потенциал газобетонных смесей – это характеристика, отражающая способность материалов выделять тепловую энергию в процессе их обработки или реакции. Этот потенциал зависит от состава смеси и других факторов, таких как теплоемкость компонентов и процесса гидратации. В контексте газобетонных материалов, которые широко используются в строительстве, энергетический потенциал играет важную роль при их производстве и применении, влияя на тепловые характеристики материала и способность сохранять или выделять тепло в зависимости от окружающих условий и процессов. В данной работе авторами проведено исследование влияния состава смеси на ее энергетическую эффективность. В рамках исследования представлен анализ производственных технологий и рецептур, используемых на различных предприятиях. Особое внимание уделено оценке номинальных составов газобетонных смесей для материалов разной плотности с учетом основных компонентов газобетонных смесей, влияющих на энергетический потенциал. Осуществляется также анализ теплоемкости газобетонных смесей с учетом массового содержания компонентов. Исследование энергетического потенциала газобетонных смесей позволяет более эффективно управлять производственными процессами, оптимизировать энергопотребление и использовать материал в различных условиях с учетом его тепловых свойств.

**Ключевые слова:** газобетонная смесь, вяжущее, теплофизические характеристики, объемная теплоемкость, энергетический потенциал.

**Введение.** Газобетон, как строительный материал, обрел широкое применение в современной индустрии строительства благодаря своим уникальным свойствам, таким как низкая плотность, высокая теплоизоляционная способность и прочность [1-4]. Однако, эффективное использование газобетонных материалов в производстве и строительстве тесно связано с пониманием и оптимизацией их энергетического потенциала.

Энергетический потенциал газобетонных смесей определяется множеством факторов, включая состав смесей, теплоемкость компонентов и характеристики производственных процессов [5–8]. Энергетический потенциал имеет решающее значение для разработки эффективных технологий производства и оптимизации энергозатрат [9–12].

Энергетический потенциал газобетонной смеси определяется преимущественно составом смеси [13–16]. На каждом отдельно взятом современном заводе автоклавного газобетона в процессе производства изделий изменяются характеристики сырья, корректируется состав смеси и варьируются технологические параметры. Эффективно меняющиеся параметры требуют оперативного управления технологическим процессом.

**Материалы и методы.** Анализ технологии производства и используемых рецептур на ряде предприятий таких, как завод ЗАО «Аэробел» (г. Белгород, Россия), ЗАО «Могилевский КСИ»

(г. Могилев, Республика Беларусь), «Сертоловский Газобетонный Завод (СГЗ)», ООО «ЛСР. Стеновые» (г. Сертолов, Ленинградская обл., Россия) и других предопределил назначение номинальных составов, анализ которых позволил определить количество твердой фазы (без учета алюминиевой пасты и гипса) и газовой фазы во вспученном массиве (рис. 1).

Твердая и газовая фазы номинальных составов газобетона отражают реальное количество компонентов в смеси для производимых газобетонных изделий с марками по средней плотности  $D400$ ,  $D500$  и  $D600$ , а также тенденцию продвижения по составам при изготовлении газобетона с маркой по средней плотности до  $D100$ . Основные компоненты в газобетонной смеси представлены известью, цементом, песком и водой. Гипс и алюминиевый газообразователь из-за малого количества не учитывали. Для строительной извести активность установлена равной 85 %. Содержание активного алюминия в пасте газообразователя принято 75 %.

Реальный вид и состав материалов, используемых при приготовлении газобетонных смесей в производственных условиях, зависит от принятой заводом технологии. Так на заводе ЗАО «Аэробел» (г. Белгород, Россия) в смеситель дозируют песчаный шлам, получаемый мокрым помолом песка с водой. Далее дозируют обратный шлам, получаемый распульпацией обрезков газо-

бетонного массива после камер предварительного твердения. На смешение в сухом виде подают цемент, известково-кремнеземистое вяжущее и полуводный гипс. Количество известково-кремнеземистого вяжущего определяет активность смеси по оксиду кальция. Температуру смеси регулируют соотношением подаваемой на замес горячей и холодной воды. За минуту до завершения перемешивания в смеситель дозируют алюминиевую суспензию. Вода является наиболее энергоемким компонентом в газобетонной смеси. На ее долю приходится от 69,2 до 81,6 % энергии, необходимой для нагрева смеси, что

указывает на преимущество ударной технологии в энергетическом плане. В ООО «ЛСР. Стеновые» (г. Сертолов, Ленинградская обл., Россия) используют порошкообразную известь. Двуводный гипс вводится при приготовлении песчаного шлама. Однако по номинальному составу смеси в ООО «ЛСР. Стеновые» соответствовали составу смеси в ЗАО «Аэробел» (г. Белгород, Россия). Показатели состава номинальных газобетонных смесей приведены в таблице 1.

Теплофизические характеристики компонентов газобетонной смеси приведены в таблице 2.

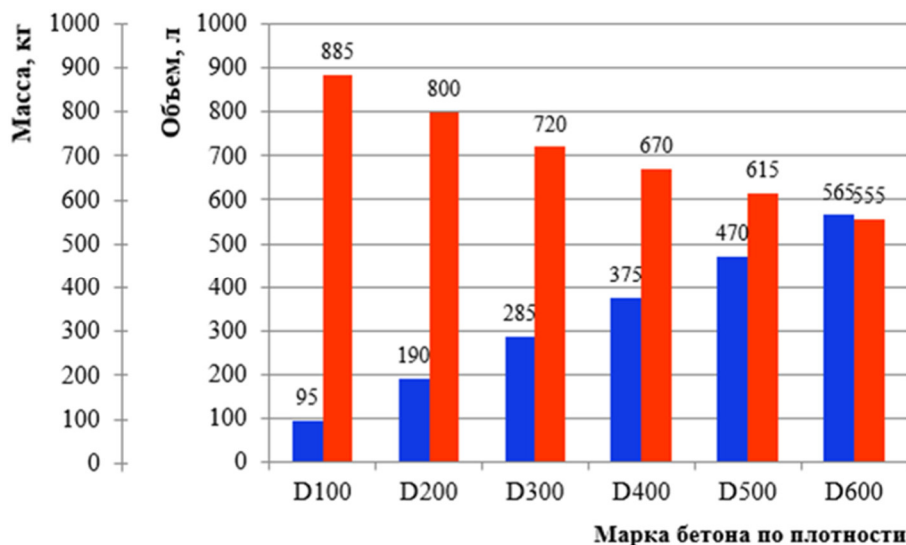


Рис. 1. Твердая и газовая фазы газобетона: ■ – твердая фаза; ■ – газовая фаза

Таблица 1

#### Показатели состава номинальных газобетонных смесей

Показатель	Ед. изм.	Марка по средней плотности					
		D100	D200	D300	D400	D500	D600
Активность	%	13,42	11,18	10,44	10,20	9,04	8,27
Содержание СаО	кг/м <sup>3</sup>	10,84	18,06	25,29	32,51	36,13	39,74
Содержание активного алюминия	кг/м <sup>3</sup>	0,76	0,68	0,62	0,58	0,53	0,48
Водотвердое отношение, В/Т	–	0,84	0,68	0,60	0,51	0,45	0,41

Таблица 2

#### Удельная теплоемкость и плотность компонентов газобетонной смеси

Компонент	Плотность, кг/м <sup>3</sup>	Удельная теплоемкость при 25°С, С <sub>р</sub> 298 Дж/(кг·град)
СаСО <sub>3</sub>	2710	818,7
Са(ОН) <sub>2</sub>	2230	1181,5
СаО	3320	763,7
SiO <sub>2</sub>	2650	740,0
СаSO <sub>4</sub> ·0,5H <sub>2</sub> O	2720	823,2
СаSO <sub>4</sub> ·2H <sub>2</sub> O	2320	1081,1
Цемент	3150	838,0
Al	2700	903,3
H <sub>2</sub> Oж	997	4181,5
H <sub>2</sub> Oг**	0,023	1864,5
Воздух*	1,292	1005,0
H <sub>2</sub> г*	0,09	14282,7
Fe	7850	447,5

Примечание: \* – при 0 °С; \*\* – при 100 °С

**Основная часть.** Теплоемкость газобетонных смесей определяли по правилу аддитивности, исходя из массового содержания компонентов в смеси, по формуле (1):

$$c = \frac{c_u m_u + c_v m_v + c_n m_n + c_g m_g}{m_u + m_v + m_n + m_g}, \quad (1)$$

где  $c_u, c_v, c_n, c_g$  – удельные теплоемкости соответственно извести, цемента, кварцевого песка и

воды, Дж/(кг·°C);  $m_u, m_v, m_n, m_g$  – массовое содержание извести, цемента, кварцевого песка и воды в 1 м<sup>3</sup> газобетонной смеси, кг.

Объемная доля газа в смеси от 50 до 90 %, при этом массовое количество незначительно и не влияет на теплоемкость газобетонной смеси.

Объемная теплоемкость газобетонных смесей и теплоемкость составляющих смесь компонентов приведены в таблице 3.

Таблица 3

### Объемная теплоемкость газобетонных смесей

Наименование	Объемная теплоемкость, кДж/(м <sup>3</sup> ·°C) для марки по средней плотности					
	D100	D200	D300	D400	D500	D600
Газобетонная смесь	409,7	693,3	930,7	1083,2	1236,8	1390,5
Вода смеси	<u>334,5</u> *81,6	<u>543,6</u> *78,4	<u>710,9</u> *76,4	<u>794,5</u> *73,3	<u>878,1</u> *71,0	<u>961,8</u> *69,2
Твердая фаза смеси	<u>75,2</u> 18,4	<u>149,7</u> 21,6	<u>219,8</u> 23,6	<u>288,7</u> 26,7	<u>358,7</u> 29,0	<u>428,7</u> 30,8
Известь	11,6	19,3	27,0	34,7	38,6	42,5
Цемент	37,7	71,2	75,4	83,8	79,6	75,4
Песок	25,9	59,2	118,4	170,2	240,5	310,8

Примечание: \* – % в газобетонной смеси

Значения удельных теплоемкостей, а также величины других характеристик газобетонных

смесей с марками по средней плотности от D100 до D600 приведены в таблице 4.

Таблица 4

### Характеристики газобетонных смесей

Показатель	Ед. изм.	Марка по средней плотности					
		D100	D200	D300	D400	D500	D600
Средняя плотность	кг/м <sup>3</sup>	175	320	455	565	680	795
Газовая пористость	%	88,5	80,0	72,0	67,0	61,5	55,5
Удельная теплоемкость	Дж/(кг·°C)	2341	2167	2046	1917	1819	1749
Теплопроводность	Вт/(м·°C)	0,25	0,30	0,33	0,36	0,39	0,42

Значения удельной и объемной теплоемкостей газобетонных смесей связаны соотношением:

$$C = c \cdot \rho, \quad (2)$$

где  $c$  – удельная теплоемкость газобетонной смеси, кДж/(кг·°C),  $\rho$  – средняя плотность газобетонной смеси, кг/м<sup>3</sup>. Величины удельной и объемной теплоемкостей газобетонных смесей приведены в таблице 5.

Таблица 5

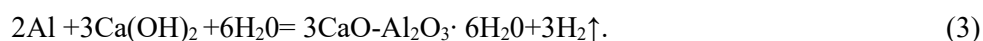
### Величины удельной и объемной теплоемкостей газобетонных смесей

Показатель	Ед. изм.	Марка по средней плотности					
		D100	D200	D300	D400	D500	D600
Средняя плотность	кг/м <sup>3</sup>	175	320	455	565	680	795
Удельная теплоемкость	Дж/(кг·°C)	2341	2167	2046	1917	1819	1749
Объемная теплоемкость	кДж/(м <sup>3</sup> ·°C)	409,7	693,3	930,7	1083,2	1236,8	1390,5

Полученные результаты по теплофизическим характеристикам газобетонных смесей позволяют дать оценку энергетического потенциала смесей за счет экзотермии реакции гидратообразования.

Исследования системы CaO - Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> - H<sub>2</sub>O согласуются с известными представлениями и свидетельствуют о том, что первой экзотермической

реакцией в смеси автоклавного газобетона является взаимодействие металлического алюминия и гидроксида кальция с образованием шестиводного гидроалюмината кальция и газообразного водорода:



В гидратирующихся системах теплоту гидратации приравнивают к изменению энтальпии реакции  $\Delta H_0$  в адиабатическом процессе. Энтальпия реакции (3) составляет  $\Delta H_0 = -879,14$  кДж/моль или 16280 кДж тепла на 1 кг активного алюминия в смеси.

Второй экзотермической реакцией является гидратация извести:



Энтальпия данной реакции равна  $\Delta H_0 = -63,7$  кДж/моль или 1136 кДж на 1 кг активного CaO в газобетонной смеси.

Третьим процессом, определяющим энергетический потенциал газобетонных смесей, является тепловыделение за счет гидратации цемента. На величину тепловыделения при гидратации цемента оказывает влияние минералогический состав клинкера.

Минералогический состав цемента и значения удельного тепловыделения при его гидратации приведены в таблице 6.

Таблица 6

**Минералогический состав цемента и их удельное тепловыделение при гидратации**

№ п/п	Наименование цемента	Содержание минералов, %				Удельное тепловыделение, кДж/кг
		C <sub>3</sub> S	C <sub>2</sub> S	C <sub>3</sub> A	C <sub>4</sub> AF	
1	Новороссийский ЦЕМ I 42,5 Н	65	12	4	13	502
2	Белгородский ЦЕМ I 42,5 Н	61	17	5	12	505
3	Себряковский ЦЕМ I 42,5 Н	62	12	9	12	560

Для интегральной величины тепловыделения в процессе гидратации цемента существенное значение имеет содержание C<sub>3</sub>A. У цемента Себряковский ЦЕМ I 42,5 Н количество C<sub>3</sub>A составляет 12 % и величина удельного тепловыделения практически на 10 % или на 55 кДж/кг выше, чем у двух других низкоалюминатных цемента. Повышенная начальная температура газобетонной смеси (43 °С) и ее быстрый рост при выдерживании массива в камере предварительного твердения способствуют увеличению степени гидратации и значимости выделяемой энергии при гидратации цемента в термическом потенциале газобетонных смесей.

В процессе формирования структуры газобетонной смеси происходит изменение ее состава: алюминиевый газообразователь преобразуется в кальциевые гидраты; из оксида кальция образуется гидроксид; появляются первичные продукты гидратации цемента. Однако существенного изменения теплоемкости смесей за счет протекания реакций гидратообразования не происходит, так как удельная теплоемкость безводных компонентов и гидратных фаз находится на одинаковом уровне.

Энергетический потенциал газобетонных смесей марок по средней плотности от D100 до D600 приведен на рисунке 2.

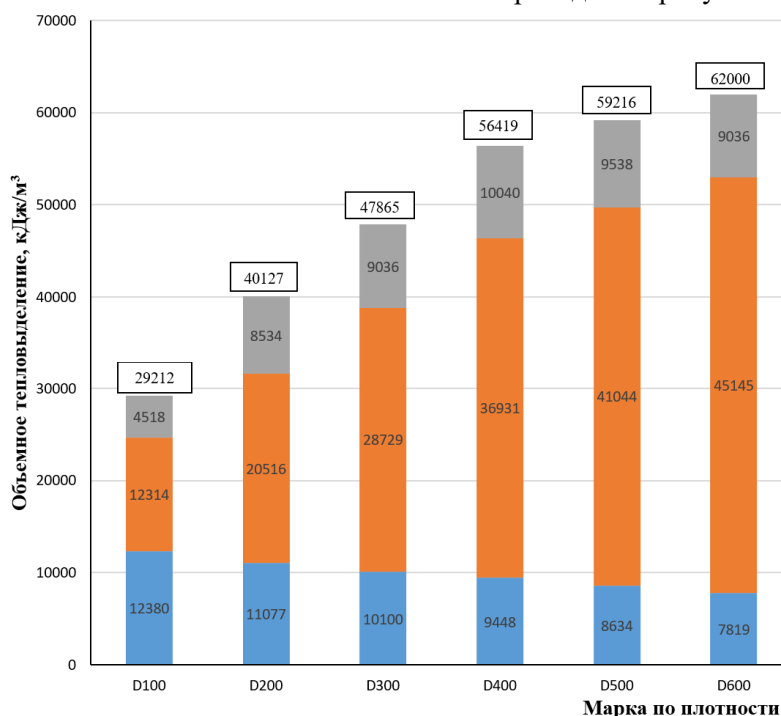


Рис. 2. Тепловыделение в газобетонных смесях: ■ – алюминий – газообразователь; ■ – оксид кальция; ■ – цемент ЦЕМ I 42,5 Н, □ – суммарный потенциал

По полученным данным (рис. 2), для низких марок газобетонных смесей по средней плотности (*D100*) существенный вклад на тепловыделение в смеси вносит реакция с алюминиевым газообразователем. Однако начиная с марки по средней плотности *D200*, величина тепловыделения реакции составляет уже четверть от суммарного объемного тепловыделения, а в газобетонной смеси для марки по средней плотности *D500* – 15 %. Чем меньше проектная марка по средней плотности, тем существенней роль дисперсного алюминия в формировании теплового режима в газобетонной смеси.

Степень гидратации для цемента принята  $\alpha = 0,2$ . Вклад твердеющего цемента в суммарное тепловыделение при предварительном твердении массива для технологии автоклавного газобетона

незначительна. Для марок по плотности от *D200* до *D600* тепловыделение практически не меняется, составляя соответственно 8534 кДж/м<sup>3</sup> и 9036 кДж/м<sup>3</sup>.

Основную роль в формировании теплового режима массива играет негашеная молотая известь. Если для газобетонной смеси марки по средней плотности *D100* экзотермия от реакций CaO и Al сопоставима, то уже для смесей марки по средней плотности *D200* вклад CaO в суммарное тепловыделение в 2 раза больше. Для марки по средней плотности *D500* объемное тепловыделение за счет извести составляет 41044 кДж/м<sup>3</sup> или 70 % от суммарного.

Приращения температуры в газобетонных смесях с марками по средней плотности от *D100* до *D600* приведены на рисунке 3.

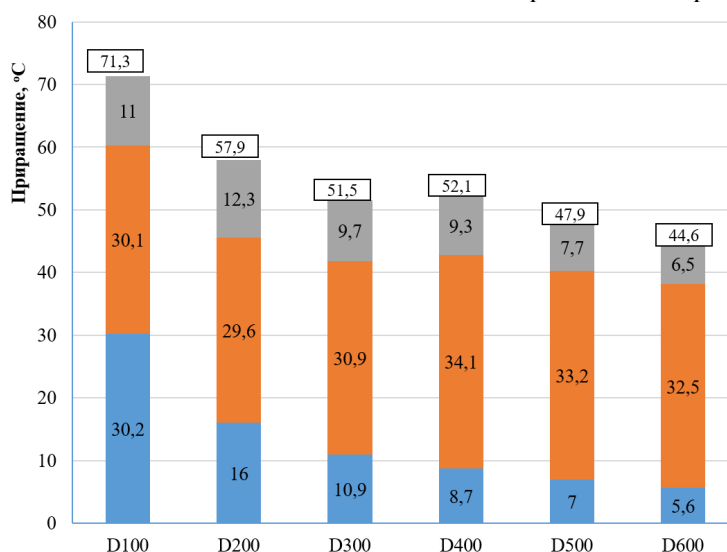


Рис. 3. Температурные приращения в газобетонных смесях: ■ – алюминий – газообразователь; ■ – оксид кальция; ■ – цемент ЦЕМ I 42,5 Н; □ – суммарный потенциал

На рисунке 4 даны расчетные температуры в газобетонных смесях и массиве для исходной

температуры смеси при ее заливке в форму, равной 43 °С.

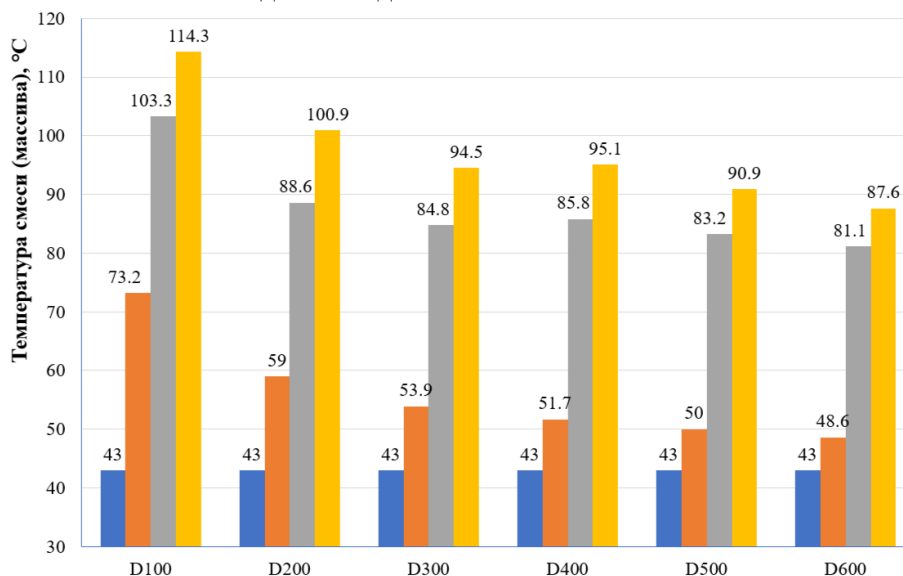


Рис. 4. Расчетные температуры в газобетонных смесях и массиве:

■ – заливка смеси в форму; ■ – газообразование в смеси; ■ – формирование первичной структуры (гидратация CaO); ■ – завершение структурообразования

Технологический процесс от момента заливки газобетонной смеси в форму до распада массива предлагается разделить на три стадии.

Первая – газообразование в смеси с формированием пористой структуры массива. Экзотермия в смеси за счет дисперсного алюминия наиболее значима для низких плотностей и составляет 30,2 °С у газобетонной смеси с маркой по средней плотности D100 или 42,4 % суммарного прироста температуры. У газобетонных смесей с маркой по средней плотности от D300 и выше экзотермия газообразователя повышает температуру газобетонной смеси менее чем на 10 °С, что составляет не более 20 % в суммарном градиенте температуры.

На второй стадии экзотермическим процессом является гидратация CaO с формированием коагуляционной структуры межпоровых перего-

родок. Заводы автоклавного газобетона замедляют гидратацию извести добавкой гипса. Тем самым разделяются этапы формирования пористой структуры и первичной структуры – пластической прочности массива. Независимо от марки по средней плотности приращение температуры смеси от гидратации CaO составляет величину порядка 30 °С.

Третьей стадией является завершение структурообразования в массиве за счет твердения цемента. Экзотермические реакции гидратации цемента способствуют, но не существенно, приращению температуры в газобетонной смеси. Образование игольчатых AFt и пластинчатых AFm-фаз придает газобетонному массиву пластическую прочность, необходимую для резки.

Показатели газобетонной смеси марки по средней плотности D100 и D500 при изменении водотвердого отношения приведены на рисунках 5, 6.

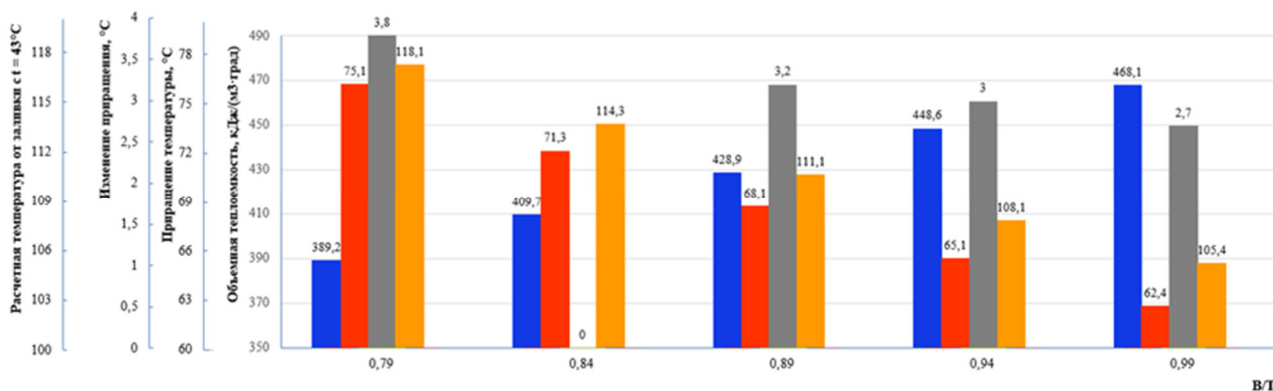


Рис. 5. Показатели газобетонной смеси марки по средней плотности D100 при изменении водотвердого отношения: ■ – объемная теплоемкость; ■ – приращение температуры; ■ – изменение приращения; ■ – расчетная температура от заливки с t = 43 °С

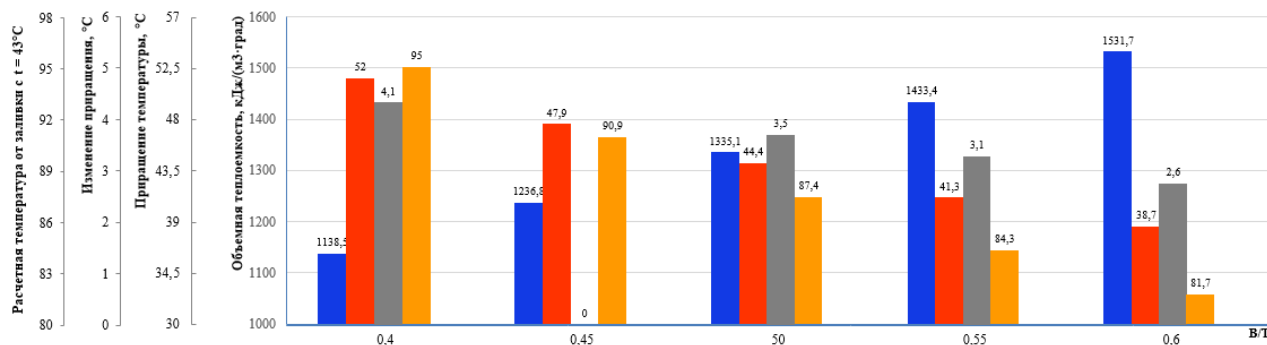


Рис. 6. Показатели газобетонной смеси марки по средней плотности D500 при изменении водотвердого отношения: ■ – объемная теплоемкость; ■ – приращение температуры; ■ – изменение приращения; ■ – расчетная температура от заливки с t = 43 °С

Вода является самым теплоемким компонентом газобетонной смеси. Водотвердое отношение служит одним из основных факторов в технологии автоклавного газобетона: при высоком В/Т литевая технология, при низком В/Т – ударная. Количество воды в смеси можно рассматривать и как прием воздействия на температуру газобетонной смеси. Так в газобетонной смеси марки по средней плотности D500 увеличение В/Т с 0,4 до

0,6 снижает расчетную температуру смеси после предварительного твердения с 95,0 °С до 81,7 °С при начальной температуре заливки 43 °С (рис. 6). В газобетонной смеси с маркой по средней плотности D100 изменение В/Т с 0,79 до 0,99 снижает приращение температуры с 75,1 до 62,4 °С.

Из рецептурных характеристик существенное влияние на температуру газобетонной смеси

оказывает активность извести. Показатели газобетонной смеси марки по средней плотности  $D500$  при изменении активности извести приведены на рисунке 7, а для газобетонной смеси с

маркой по средней плотности  $D100$  – на рисунке 8.

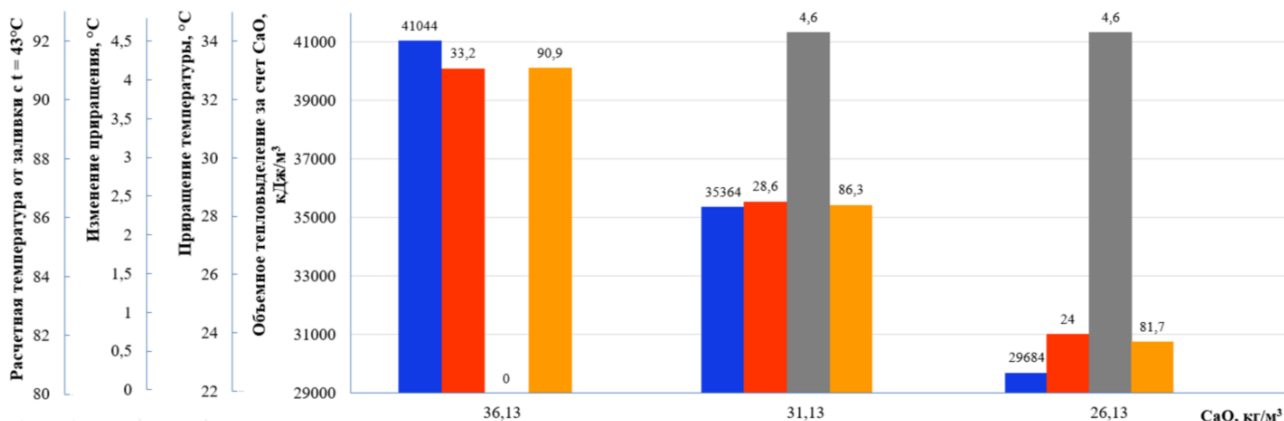


Рис. 7. Показатели газобетонной смеси марки по средней плотности  $D500$  при изменении активности извести:

■ – объемная теплоемкость; ■ – приращение температуры; ■ – изменение приращения; ■ – расчетная температура от заливки с  $t = 43\text{ }^{\circ}\text{C}$

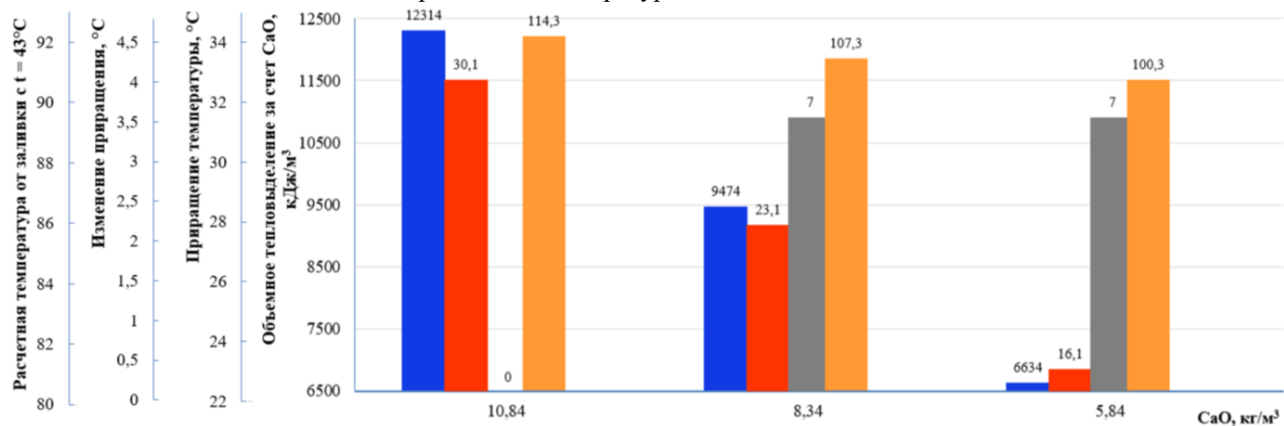


Рис. 8. Показатели газобетонной смеси марки по средней плотности  $D100$  при изменении активности извести:

■ – объемная теплоемкость; ■ – приращение температуры; ■ – изменение приращения; ■ – расчетная температура от заливки с  $t = 43\text{ }^{\circ}\text{C}$

В газобетонной смеси с маркой по средней плотности  $D500$  изменение количества активного  $\text{CaO}$  на  $1\text{ кг/м}^3$  приводит к соответствующему изменению температуры газобетонной смеси на  $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ . При низких плотностях роль извести еще более значительна. Изменение количества извести в газобетонной смеси марки по средней плотности  $D100$  на  $2,5\text{ кг/м}^3$  создает градиент температуры в  $7\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Большое влияние на температуру газобетонной смеси оказывает начальная температура борта и днища формы.

Показатели для газобетонной смеси марки по средней плотности  $D500$  в форме приведены в таблице 7.

Таблица 7

**Показатели газобетонной смеси марки по средней плотности  $D500$  в форме**

Наименование	Смесь	Борт	Днище
Начальная температура, $^{\circ}\text{C}$	43,0	54,0	79,0
Теплоемкость, $\text{кДж/град}$	8387	1902	577
Температура после газообразования, $^{\circ}\text{C}$	50,0	54,0	79,0
Температура после гидратации $\text{CaO}$ , $^{\circ}\text{C}$	75,6	75,6	79
Температура завершения выдержки массива, $^{\circ}\text{C}$	81,7		

При запуске технологии производства формы холодные, и значительное количество

тепла от экзотермических реакций в газобетонной смеси идет на их нагрев. В стабильном тех-



нологическом процессе температура борта принята 54 °С, днища 79 °С. При таких температурах формооснастки температура газобетонной смеси марки по средней плотности D500 снижается с 90,9 °С до 81,7 °С к моменту завершения выдержки и распалубки массива.

**Выводы.** Газобетонная смесь за счет экзотермических процессов взаимодействия дисперсного алюминия, гидратации извести и начального твердения цемента имеет высокий энергетический потенциал с расчетным увеличением температуры смеси свыше 90 °С. Основным вклад в тепловыделение в смеси вносит оксид кальция. Значимыми показателями для теплового режима массива являются проектная марка по средней плотности, расход извести и водотвердое отношение. Расход тепла газобетонной смеси на нагрев формы и окружающей среды является негативным фактором, создающим термический градиент в массиве и связанные с этим напряжения. Использование энергетического потенциала газобетонных смесей позволит увеличить производительность технологической линии, снизить расход вяжущего за счет положительного эффекта на прочностные характеристики газобетона. Управление теплофизическими характеристиками позволит повышать качество выпускаемой продукции.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гринфельд Г.И., Коркина Е.В., Пастушков П.П., Павленко Н.В., Ерофеева И.В. Система ограждающих конструкций, обеспечивающая повышенное энергосбережение в зданиях // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Строительство и архитектура. 2016. № 3(43). С. 25–35.
2. Сулейманова Л.А., Коломацкий А.С., Погорелова И.А., Марушко М.В. Повышение эффективности производства и применения ячеистых бетонов // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2017. № 11. С. 34–42.
3. Сулейманова Л.А., Погорелова И.А., Кондрашев К.Р., Сулейманов К.А., Пириев Ю.С. Энергосберегающие газобетоны на композиционных вяжущих // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2016. № 4. С. 73–83.
4. Micheli E., Ferretti D., Miccoli L., Parisi F. Autoclaved aerated concrete masonry for energy efficient buildings: State of the art and future developments // Construction and Building Materials. 2023. Vol. 402. 132996. DOI:10.1016/j.conbuildmat.2023.132996
5. Сулейманова Л.А. Управление процессом формирования пористой структуры ячеистых бетонов // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2016. № 2. С. 69–76.
6. Шабров А.А., Гаркави М.С. Эволюция активных центров в процессе твердения вяжущих веществ // Цемент. 2000. № 1. С. 17–19.
7. Fratini E. Hydration water and microstructure in calcium silicate and aluminate hydrates / Emiliano Fratini, Francesca Ridi, Sow-Hsin Chen, Piero Baglioni // J. Phys.: Condens. Matter. 2006. Vol. 18. No. 36. Pp. 2467–2483.
8. Украинский И.С., Каменчуков А.В. Динамика набора прочности искусственного камня на основе цементного вяжущего [Электронный ресурс]. // Интернет-журнал «Транспортные сооружения», 2020 №2. URL: <https://t-s.today/PDF/07SATS220.pdf>.
9. Khunt Y., Nathwani V., Patel H., Joshi T., Gandhi D. Investigation on properties of autoclave aerated concrete using different pre-curing and curing techniques // Materials Today: Proceedings. 2023. DOI:10.1016/j.matpr.2023.04.047.
10. Kamal M.A. Analysis of Autoclaved Aerated Concrete (AAC) Blocks with Reference to its Potential and Sustainability // Journal of Building Materials and Structures. 2020. No. 7. Pp. 76-86. DOI:10.5281/zenodo.3950489
11. Kalpana M., Mohith S., Study on autoclaved aerated concrete: review // Mater. Today. 2019. No. 22. Pp. 894–896.
12. Сулейманова Л.А. Газобетон неавтоклавно твердения на композиционных вяжущих. дис. ... доктора технических наук. Белгород, 2013. 390 с.
13. Xia J., Chen Y., Chen J., Li A., Chen T. Preparation of autoclaved aerated concrete from construction waste // IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 2021. No. 687. Pp. 1–6.
14. Chen Y.L., Chang J.E., Lai Y.C., Chou M.I.M. A comprehensive study on the production of autoclaved aerated concrete: effects of silica-lime-cement composition and autoclaving conditions // Constr. Build. Mater. 2017. No. 153. Pp. 622–629.
15. Ropelewski L., Neufeld R.D. Thermal inertia properties of autoclaved aerated concrete // J. Energy Eng. 1999. No. 125(2) P. 59–75. DOI:10.1061/(ASCE)0733-9402
16. Schreiner J., Jansen D., Ectors D., Goetz-Neunhoeffler F., Neubauer J., Volkmann S. New analytical possibilities for monitoring the phase development during the production of autoclaved aerated concrete // Cement Concr. Res. 2018. No. 107. Pp. 247–252. DOI:10.1016/j.cemconres.2018.02.028



## Информация об авторах

**Сулейманов Карим Абдуллаевич**, аспирант кафедры строительного материаловедения, изделий и конструкций. E-mail: karimsuleymanov@mail.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

**Погорелова Инна Александровна**, кандидат технических наук, доцент кафедры строительства и городского хозяйства. E-mail: innapogorelova@yandex.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Поступила 04.10.2023 г.

© Сулейманов К.А., Погорелова И.А., 2023

**\*Suleymanov K.A., Pogorelova I.A.**

*Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov*

*\*E-mail: karimsuleymanov@mail.ru*

## ENERGY POTENTIAL OF AERED CONCRETE MIXTURES

**Abstract.** *The energy potential of aerated concrete mixtures is a characteristic that reflects the ability of materials to release thermal energy during their processing or reaction. This potential depends on the composition of the mixture and other factors such as the heat capacity of the components and the hydration process. In the context of aerated concrete materials, which are widely used in construction, energy potential plays an important role in their production and application, influencing the thermal performance of the material and the ability to store or release heat depending on environmental conditions and processes. In this work, the authors conducted a study of the influence of the composition of the mixture on its energy efficiency. The study presents an analysis of production technologies and recipes used at various enterprises. Particular attention is paid to assessing the nominal compositions of aerated concrete mixtures for materials of different densities, taking into account the main components of aerated concrete mixtures that affect the energy potential. The heat capacity of aerated concrete mixtures is also analyzed taking into account the mass content of the components. Studying the energy potential of aerated concrete mixtures makes it possible to more effectively manage production processes, optimize energy consumption and use the material in various conditions, taking into account its thermal properties.*

**Keywords:** *aerated concrete mixture, binder, thermophysical characteristics, volumetric heat capacity, thermal potential.*

### REFERENCES

1. Grinfeld G.I., Korkina E.V., Pastushkov P.P., Pavlenko N.V., Erofeeva I.V. System of enclosing structures that ensure increased energy saving in buildings [Sistema ograzhdayushchih konstrukcij, obespechivayushchaya povyshennoe energosberezhenie v zdaniyah]. Scientific Bulletin of the Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering. Construction and architecture. 2016. No. 3(43). Pp. 25–35. (rus)
2. Suleymanova L.A., Kolomatsky A.S., Pogorelova I.A., Marushko M.V. Increasing the efficiency of production and application of cellular concrete [Povyshenie effektivnosti proizvodstva i primeneniya yacheistykh betonov]. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2017. No. 11. Pp. 34–42. (rus)
3. Suleymanova L.A., Pogorelova I.A., Kondrashev K.R., Suleymanov K.A., Piriev Yu.S. Energy-saving aerated concrete with composite binders [Energosberegayushchie gazobetonny na kompozitsionnykh vyazhushchih]. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2016. No. 4. Pp. 73–83. (rus)
4. Michelini E., Ferretti D., Miccoli L., Parisi F. Autoclaved aerated concrete masonry for energy efficient buildings: State of the art and future developments. Construction and Building Materials. 2023. Vol. 402. 132996. DOI:10.1016/j.conbuildmat.2023.132996.
5. Suleymanova L.A. Control of the process of formation of the porous structure of cellular concrete [Upravlenie processom formirovaniya poristoj struktury yacheistykh betonov]. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2016. No. 2. Pp. 69–76. (rus)
6. Shabrov A.A., Garkavi M.S. Evolution of active centers in the process of hardening of binders [Evolyuciya aktivnykh centrov v processe tverdeniya vyazhushchih veshchestv]. Cement. 2000. No. 1. Pp. 17–19. (rus)
7. Fratini E. Hydration water and microstructure in calcium silicate and aluminate hydrates / Emiliano Fratini, Francesca Ridi, Sow-Hsin Chen, Piero Baglioni. J. Phys.: Condens. Matter. 2006. Vol. 18. No. 36. Pp. 2467–2483.

8. Ukrainsky I.S., Kamenchukov A.V. Dynamics of strength gain of artificial stone based on cement binder [Electronic resource]. Internet magazine "Transport Facilities", 2020 No. 2. URL: <https://ts.today/PDF/07SATS220.pdf>. (rus)
9. Khunt Y., Nathwani V., Patel H., Joshi T., Gandhi D. Investigation on properties of autoclave aerated concrete using different pre-curing and curing techniques. *Materials Today: Proceedings*. 2023. DOI:10.1016/j.matpr.2023.04.047.
10. Kamal M.A. Analysis of Autoclaved Aerated Concrete (AAC) Blocks with Reference to its Potential and Sustainability. *Journal of Building Materials and Structures*. 2020. No. 7. Pp. 76–86. DOI:10.5281/zenodo.3950489.
11. Kalpana M., Mohith S., Study on autoclaved aerated concrete: review. *Mater. Today*. 2019. No. 22. Pp. 894–896.
12. Suleymanova L.A. Non-autoclaved aerated concrete with composite binders [Gazobeton neavtoklavnogo tverdeniya na kompozicionnyh vyazhushchih]. dissertation ... Doctor of Technical Sciences. Belgorod, 2013. 390 p. (rus)
13. Xia J., Chen Y., Chen J., Li A., Chen T. Preparation of autoclaved aerated concrete from construction waste. *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci*. 2021. No. 687. Pp. 1–6.
14. Chen Y.L., Chang J.E., Lai Y.C., Chou M.I.M. A comprehensive study on the production of autoclaved aerated concrete: effects of silica-lime-cement composition and autoclaving conditions. *Constr. Build. Mater*. 2017. No. 153. Pp. 622–629.
15. Ropelewski L., Neufeld R.D. Thermal inertia properties of autoclaved aerated concrete. *J. Energy Eng*. 1999. No. 125(2) Pp. 59–75. DOI:10.1061/(ASCE)0733-9402
16. Schreiner J., Jansen D., Ectors D., Goetz-Neunhoeffler F., Neubauer J., Volkmann S. New analytical possibilities for monitoring the phase development during the production of autoclaved aerated concrete. *Cement Concr. Res*. 2018. No. 107. Pp. 247–252. DOI:10.1016/j.cemconres.2018.02.028.

#### *Information about the authors*

**Suleymanov, Karim A.** Assistant. E-mail: [karimsuleymanov@mail.ru](mailto:karimsuleymanov@mail.ru). Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

**Pogorelova, Inna A.** PhD, Assistant professor. E-mail: [innapogorelova@yandex.ru](mailto:innapogorelova@yandex.ru). Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

---

*Received 04.10.2023*

#### **Для цитирования:**

Сулейманов К.А., Погорелова И.А. Энергетический потенциал газобетонных смесей // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2023. №11. С. 8–17. DOI: 10.34031/2071-7318-2023-8-11-8-17

#### **For citation:**

Suleymanov K.A., Pogorelova I.A. Energy potential of aered concrete mixtures. *Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov*. 2023. No. 11. Pp. 8–17. DOI: 10.34031/2071-7318-2023-8-11-8-17