

УДК 691.8

Габидуллин М.Г. – доктор технических наук, профессор

E-mail: gabmah@mail.ru

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1

Габидуллина А.Н. – старший научный сотрудник

Институт механики и машиностроения Казанского научного центра РАН

Адрес организации: 420111, Россия, г. Казань, ул. Лобачевского, д. 2/31

Расчетно-графический метод разработки базовых показателей свойств газокерамики с использованием «коэффициента технологичности»

Аннотация

Впервые для учета особенностей технологии производства газокерамики и их взаимосвязи с разработанными базовыми нормативными значениями основных свойств газокерамики введен «коэффициент технологичности» N , что позволило на основании данных литературного обзора для конструкционных, конструкционно-теплоизоляционных и теплоизоляционных газокерамических материалов расчетно-графическим методом установить базовые показатели предела прочности при сжатии, представленные в виде номограмм и таблиц.

Ключевые слова: газокерамика, прочность при сжатии, теплопроводность, «коэффициент технологичности», номограмма.

В свете реализации программ по энерго- и ресурсосбережению в строительстве одним из перспективных направлений являются исследования по созданию эффективных керамических материалов заданной пористости и разработке теоретических аспектов влияния пористости на прочность и теплопроводность [1].

В последние годы наблюдается интенсивное расширение номенклатуры высокопористых керамических материалов, в том числе и ячеистых [2-5], как за счет расширения сырьевой базы, разнообразия составов шихты, совершенствования технологии, разнообразия по геометрическим размерам, формам, цвету [6], так и за счет улучшения качественных характеристик материалов и изделий: повышения марочности по прочности [6-9], снижения плотности и теплопроводности [6, 10, 11], повышения долговечности и т.д.

Хотя основной строительной керамической продукцией в России является конструкционный штучный кирпич, камни и блоки с плотностью более 1300 кг/м^3 , все большим спросом начинают пользоваться облегченные конструкционные и конструкционно-теплоизоляционные пористо-пустотелые стеновые изделия с плотностью $650-850 \text{ кг/м}^3$ и теплопроводностью $0,15-0,2 \text{ Вт/(м}^\circ\text{C)}$, т.к. их использование позволяет создавать однослойные теплые стены для многих регионов РФ, не превышая установленные нормативами требования термического сопротивления. При дальнейшем ужесточении этих норм большим спросом для ограждающих конструкций будут пользоваться уже изделия с плотностью менее $500-650 \text{ кг/м}^3$, которые пока практически не производятся, но научные разработки и опытно-промышленные партии их производства уже имеются в России и за рубежом. В связи с этим актуальным является разработка и развитие производства нового класса стеновой керамики – ячеистой керамики с теплопроводностью менее $0,12-0,14 \text{ Вт/(м}^\circ\text{C)}$, для реализации которой представляет интерес использование опыта производства ячеистых бетонов пониженной плотности на минеральных вяжущих. Следует подчеркнуть, что при прочих равных свойствах изделия из ячеистой керамики превосходят ячеистые бетоны по морозостойкости и долговечности. При этом необходимо расширить номенклатуру эффективных стеновых керамических

материалов в сторону снижения их плотности менее 800-900 кг/м³ путем разработки новых технологий, обеспечивающих выпуск изделий с теплопроводностью менее 0,2 Вт/(м·°С).

Несмотря на то, что в настоящее время все большее число исследований посвящено разработке новых технологий, обеспечивающих получение материалов с пониженной теплопроводностью для их использования в новых конструктивных решениях стен [12-16], до настоящего времени ни в мире, ни в РФ не разработана совершенная технология производства конструкционно-теплоизоляционных и теплоизоляционных высокопористых керамических материалов, имеющих структуру ячеистых бетонов.

В настоящей работе представлены данные анализа результатов технологических и теоретических разработок, результаты лабораторной и опытно-промышленной апробации возможности производства различных эффективных керамических строительных материалов, в особенности газокерамических:

- конструкционных с плотностью 900-1900 кг/м³,
- конструкционно-теплоизоляционных 500-800 кг/м³,
- теплоизоляционных 100-400 кг/м³.

На основании обобщения данных многочисленных исследований, проведенных отечественными и зарубежными авторами, была разработана классификация стеновых керамических материалов, представленная в табличной форме (табл. 1), и впервые были разработаны обобщенные зависимости изменения основных физико-механических свойств пенокерамики [17, 18], газокерамики, порокерамики и легких бетонов на обжиговой связке от состава и технологии их производства.

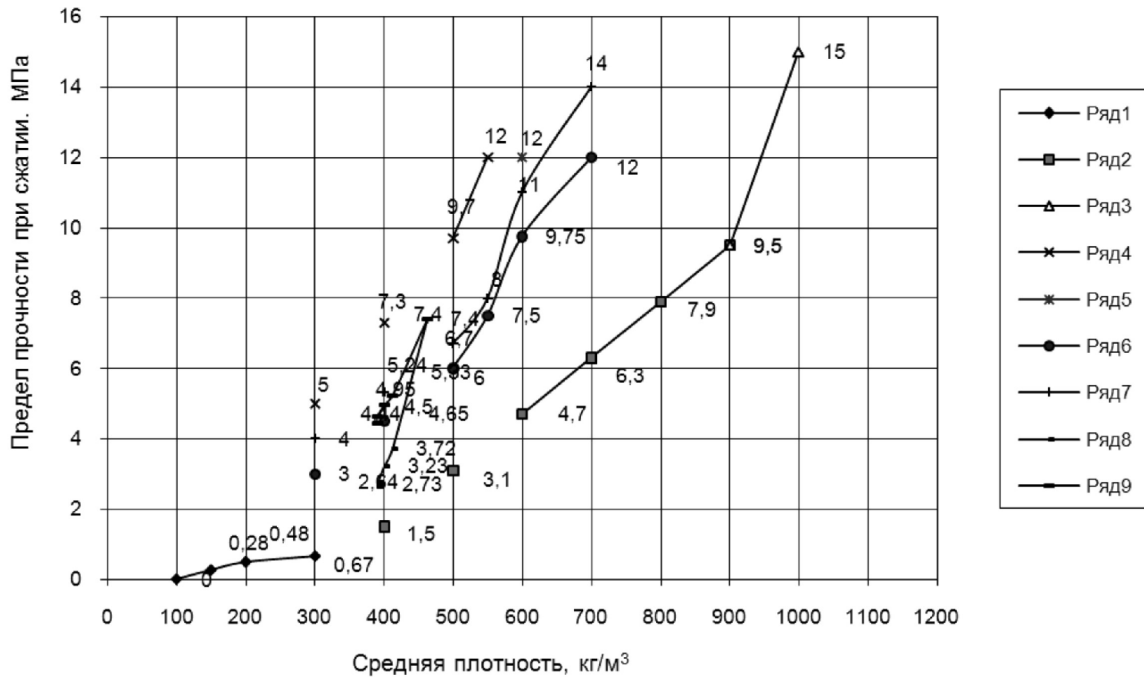
Таблица 1

Классификация эффективных стеновых керамических материалов

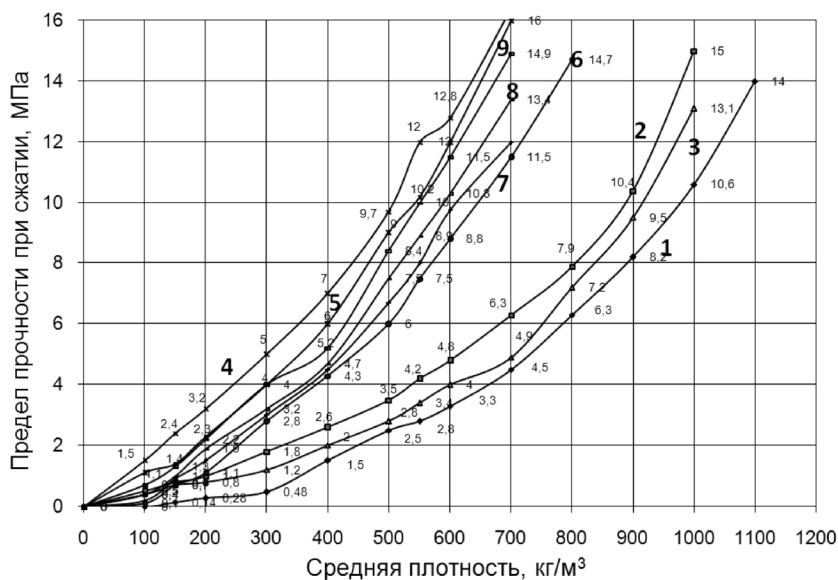
СТЕНОВЫЕ КЕРАМИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ			
ВИДЫ		РАЗНОВИДНОСТИ	СРЕДНЯЯ ПЛОТНОСТЬ, кг/м ³
КИРПИЧИ И КАМНИ ПО ГОСТ 530-2007		Обыкновенный кирпич	свыше 1600
		Эффективные пустотелые кирпичи	не более 1400
		Эффективные пустотелые камни	не более 1450
ЯЧЕИСТЫЕ КЕРАМИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ	ПЕНОКЕРАМИКА	Конструкционные	$\rho \geq 900 - 1200$
	ГАЗОКЕРАМИКА	Конструкционно-теплоизоляционные	$\rho \geq 500 - < 900$
ПОРОКЕРАМИКА		Теплоизоляционные	$\rho = 100 - < 500$
ЛЕГКИЕ БЕТОНЫ НА ОБЖИГОВОЙ СВЯЗКЕ (БОС)			

Классификация, представленная в табл. 1, не претендует на окончательность, поэтому может быть видоизменена, расширена и дополнена новыми видами керамических материалов. В [18] нами были представлены разработанные требования к основным свойствам пенокерамики. В настоящей работе продолжены исследования зависимостей изменения основных свойств ячеистых керамических материалов, в частности газокерамических, от изменения состава и технологии их производства.

Для разработки базовых нормативов основных свойств газокерамики использовались данные, взятые из следующих литературных источников: для предела прочности при сжатии [4, 19-28], для теплопроводности и водопоглощения [4, 29]. На рис. 1а представлены отдельные кривые зависимостей изменения предела прочности при сжатии газокерамики с увеличением ее средней плотности, построенные по данным литературного обзора (табл. 2).



а)



б)

Рис. 1. Зависимости изменения предела прочности при сжатии газокерамики с увеличением средней плотности по отдельным данным литературного обзора (а) и после их математического преобразования (б): 1 – для [30], 2 – [31-34, 25], 3 – [35, 36], 4 – [37], 5 – [38, 39], 6; 7; 8 и 9 – [40]

Таблица 2

**Динамика увеличения предела прочности при сжатии газокерамики
с изменением способа их производства**

№ п/п	Способ изготовления	Свойства газокерамики			Авторы работ и источник	Номер кривой на рис. 1(4,6)
		Прочность при сжатии, МПа	Средняя плотность, кг/м ³	Теплопроводность, Вт/(м ⁰ С)		
1	Вспучивание гранул во вращающейся печи с последующей подпрессовкой	0,28-0,67	150-300	0,28-0,67	ВНИИСтром, Гиндина В.Е. Ивашенко П.А. [26]	Кривая 1
2	Продувка гранулированного сырья в нагретых формах	До 15	350-1000	-	Пагенг Германии [23, 24]	Кривая 3
3	Ступенчатый обжиг послойно укладываемых сырцовых гранул	1,5-9,5	400-900	-	Оганесян Р.Б. [19-21]	Кривая 2
4	Введение в шликер SiC и кокса до 3 %	2,64-7,4	330-462	-	ВЗИСИ, Черепанов Б.С. [25]	Кривая 6
5	Подготовка шликера с газообразователем, сушка, прессовка плиток с их стопированием, вспучивание и формование валками	3-12	300-700	0,2-0,4	ВЗИСИ, Черепанов Б.С. [25]	Кривая 7
6	Введение в шликер SiC и графита до 3 %	4,44-7,4	390-462	-	ВЗИСИ, Черепанов Б.С. [25]	Кривая 8
7	То же, что и в п. 5 (состав 2)	4-14	300-700	0,25-0,5	ВЗИСИ, Черепанов Б.С. [25]	Кривая 9
8	Предварительный обжиг глины до 1400 ⁰ С, охлаждение, смещение с газообразователем и повторное вспучивание	12	600	-	Бутт Л.М., Демидович Б.К. [27, 28]	Кривая 5
9	Безопалубочное вспучивание при обжиге смеси глина-перлит-стеклобой и формирование изделия валками	5-12	300-550	0,18-0,23	[23, 24]	Кривая 4

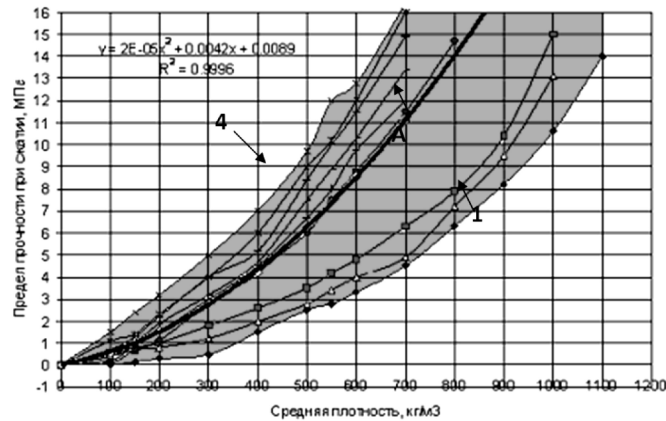


Рис. 2. Область распределения предела прочности при сжатии газокерамических материалов в интервале средней плотности от 100 до 1200 кг/м³ по данным литературного обзора: 1 – кривая минимальных значений прочности по [30], 4 – кривая максимальных значений прочности по [37], А – кривая корреляции $R = f(\rho)$

Анализ табличных данных и характера кривых показывает, что прочностные свойства газокерамики очень чувствительны к способу их изготовления, так как они изменяются для изделий с одинаковой плотностью в широких пределах. Так, для теплоизоляционной газокерамики при плотности изделий 300 кг/м³ их прочность изменяется от 0,67 до 5 МПа, а для конструктивно-теплоизоляционной газокерамики при плотности 700 кг/м³ прочность изделий с одинаковой средней плотностью, но изготовленных при разных технологиях, меняется от 6,3 до 14 МПа, или увеличение составляет в 2,2-7,6 раз.

С целью охвата всего установленного интервала от 100 до 1200 кг/м³ и определения корреляционных зависимостей между средней плотностью и прочностью газокерамики данные, по которым построены кривые, представленные на рис. 1б, были интерполированы и экстраполированы. После математического преобразования и усреднения данных построена кривая корреляции А (рис. 2), описываемая уравнением $Y = 2 \cdot 10^{-5} x^2 + 0,0042x + 0,0089$ и характеризующая взаимосвязь между прочностью и средней плотностью газокерамики.

Из рис. 2 видно, что, как и для пенокерамики [17, 18], область распределения показателей прочности при сжатии газокерамики (рис. 1б) распределяется на значительной площади (рис. 2). Это показывает возможность целенаправленного регулирования свойств газокерамики использованием различных технологий.

Принимая кривые, представленные на рис. 1 и 2, подобными, для них рассчитывали «коэффициенты технологичности» и строили номограммы прочности газокерамики, представленные на рис. 3.

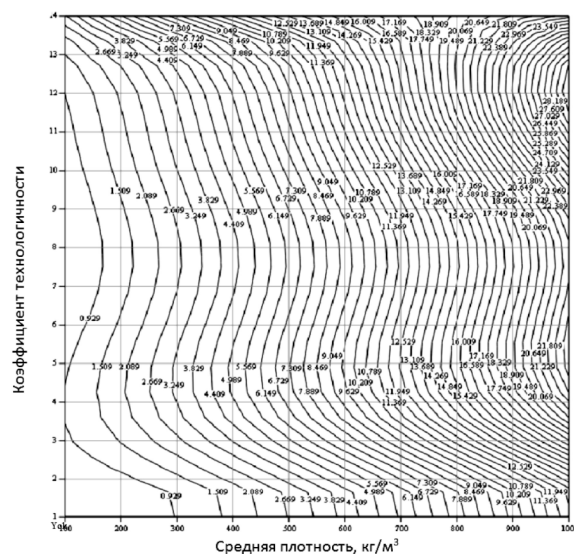


Рис. 3. Номограммы зависимостей изменения предела прочности при сжатии газокерамики при изменении средней плотности от 200 до 1200 кг/м³ и «коэффициента технологичности» N от 1 до 9, установленного по данным литературного обзора

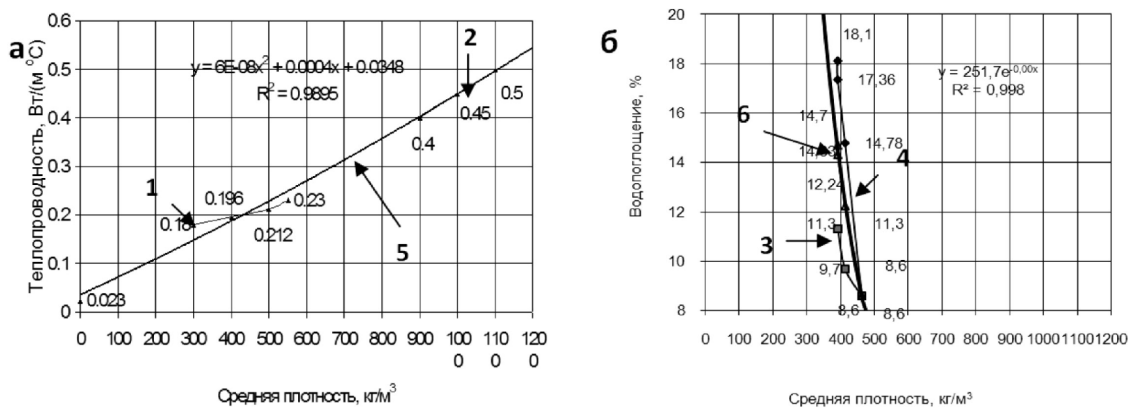


Рис. 4. Обобщенные зависимости изменения теплопроводности (а) и водопоглощения (б) газокерамики с увеличением средней плотности по данным литературного обзора: 1 – для [37]; 2 – для [26]; 3 и 4 – для [40]; 5 и 6 – линии корреляции

Учитывая, что данные по теплопроводности для газокерамики приводятся только в трех источниках, то ориентировочные значения нормативных данных рассчитаны по корреляционной зависимости $y = 6 \cdot 10^{-8} \cdot x^2 + 0,0004x + 0,0348$, полученной на основании кривой, представленной на рис. 4а. Аналогичным образом установлена корреляционная зависимость для показателей водопоглощения $y = 251,75e^{-0,0073x}$ (рис. 4б). Анализ характера кривой функции на рис. 4б показывает, что она не корректна и не применима для расчета нормативных базовых показателей водопоглощения. Поэтому для уточнения базовых нормативов по водопоглощению газокерамики необходимо проведение дополнительных экспериментов.

Таблица 3

Разработанные ориентировочные нормативные требования к основным свойствам газокерамики, полученные по данным литературного обзора

Средняя плотность, кг/м³	Предел прочности при сжатии, МПа		Теплопроводность, Вт/(м·°С)		Водопоглощение, %	
	min	max	min	max	min	max
Теплоизоляционные (100-400 кг/м³)						
100	0,6	0,66	0,145	0,161	Нет	Нет
200	1,57	1,73	0,152	0,168	Нет	Нет
300	2,92	3,22	0,164	0,182	Нет	Нет
400	4,65	5,13	0,182	0,202	Нет	Нет
Конструкционно-теплоизоляционные (500-800 кг/м³)						
500	6,75	7,47	0,206	0,228	Нет	Нет
600	9,24	10,22	0,236	0,26	Нет	Нет
700	12,11	13,39	0,271	0,299	Нет	Нет
800	15,36	16,98	0,312	0,344	Нет	Нет
Теплоизоляционные (900-1200 кг/м³)						
900	18,99	20,99	0,358	0,396	Нет	Нет
1000	23	25,42	0,41	0,454	Нет	Нет
1100	27,39	30,27	0,468	0,518	Нет	Нет
1200	32,16	35,54	0,532	0,588	Нет	Нет
Обобщенные функции	$y = 2 \cdot 10^{-5}x^2 + 0,0042x + 0,0089$ $R^2 = 0,9996$		$y = 6 \cdot 10^{-8}x^2 + 0,0004x + 0,0348$ $R^2 = 0,9895$		$y = 251,75e^{-0,0073x}$ (не корректно) $R^2 = 0,9984$	
Источники данных	[19, 22, 24-27, 37, 41]		[4, 29]		[25]	

Таким образом, математические преобразования численных данных средней плотности, предела прочности при сжатии и теплопроводности газокерамики,

полученных из различных источников, позволили установить ориентировочные нормативные требования к этим свойствам для теплоизоляционной, конструкционно-теплоизоляционной и конструкционной газокерамики в интервале средней плотности от 100 до 1200 кг/м³, представленные в табл. 3.

Анализ численных значений свойств газокерамики, полученных разными авторами по данным литературного обзора, позволил установить следующее:

- свойства газокерамики очень чувствительны к изменениям режимов технологии и могут изменяться в очень широких пределах для изделий с одинаковой средней плотностью, поэтому разработка единых нормативных показателей для газокерамики, изготовленной по разным технологиям, является некорректной задачей;

- впервые для учета особенностей технологии производства газокерамики и их взаимосвязи с разработанными базовыми нормативными значениями основных свойств газокерамики введен «коэффициент технологичности» N_t ;

- введение «коэффициента технологичности» позволило на основании данных литературного обзора для конструкционных, конструкционно-теплоизоляционных и теплоизоляционных газокерамических материалов расчетно-графическим методом разработать базовые показатели предела прочности при сжатии, представленные в виде номограмм и таблиц;

- по данным литературного обзора разработаны и представлены в табличной форме примерные ориентировочные данные теплопроводности и водопоглощения газокерамики.

Тем не менее, с целью уточнения разработанных ориентировочных нормативов по теплопроводности и их установления для водопоглощения газокерамики требуется их проверка дополнительными лабораторно-технологическими испытаниями.

Список литературы

1. Баженов Ю.М., Рахимов Р.З. Достижения, проблемы и направления развития теории и практики строительного материаловедения // Мат-лы Десятых академических чтений РААСН «Достижения, проблемы и направления развития теории и практики строительного материаловедения». – Пенза-Казань, 2006. – С. 3-7.
2. Чентемиров М.Г., Давидюк А.Н., Забродин И.В., Тамов М.Ч. Новая технология производства строительной порокерамики // Строительные материалы, 1997, № 11. – С. 14-16.
3. Черепанов Б.С., Хресина В.В., Давидович Д.И. Зависимость прочности высокопористой порокерамики от ее макроструктуры // Сб. научных трудов «Совершенствование технологии в производстве строительной керамики». – М.: ГНИИСтроительной керамики, 1981. – С. 100-108.
4. Гогосашвили Н.В. Строительная порокерамика на основе горных пород Грузии: автореф. дис. ... канд. техн. наук, ВЗИСИ. – М., 1990.
5. Черепанов Б.С., Давидович Д.И., Фарсиянц С.Ю. Взаимосвязь структуры и свойств пористой керамики // Промышленность строительных материалов. Сер. 5. Керамическая промышленность / ВНИИЭСМ. – М., 1986, Вып. 1. – С. 2-4.
6. А. с. № 527399 СССР МКИ С 04 В 33/02. Способ изготовления изделий из ячеистой керамики // Оганесян Р.Б. Оpubл. 5.09.76, Бюл. № 33.
7. Гуров Н.Г., Котляров Л.В. Выбор эффективных технологий при производстве стеновых керамических изделий в современных условиях // Строительные материалы, 2004, № 2. – С. 6-7.
8. Черепанов Б.С. Особенности технологии пенокерамических материалов // Промышленность строительных материалов. Сер. 5. Керамическая промышленность. Обзор. – М.: ВНИИЭСМ, 1992, Вып. 1. – С. 9-11.
9. Соков В.В. Кварцевые легковесы на основе микрокремнезема // Материалы X межд. науч.-тех. конф. «Информационная среда вуза». – Иваново, 2003. – С. 270-272.
10. Кукса П.Б., Акберова А.А. Высокопористые керамические изделия, полученные нетрадиционным способом // Строительные материалы, 2004, № 2. – С. 34-35.

11. Комов В.М. Теоретические и технологические принципы производства крупноразмерной поризованной керамики: автореф. дис... д-ра техн. наук. – СПб., 2004. – 47 с.
12. Гончаров Ю.И., Варенникова Т.А. Разработка технологии высококачественного кирпича на основе суглинков с повышенным содержанием оксида кальция // Строительные материалы, 2004, № 2. – С. 46-47.
13. Патент № 2082692 РФ МКИ С 04 В 33/02. Способ производства керамического кирпича // Рассказов В.Ф., Рассказов А.В.. Оpubл. 27.06.97, Бюл. № 18.
14. А.с. № 1433941 СССР МКИ С 04 В 33/02. Способ изготовления кирпича // Будиловский Ю.Я., Станайтис В.Ю., Имбрасене Б.Ю., Вербавичюс Е.Б., Жвирблис В.Б., Пташекас М.Р. Оpubл. 30.10.88, Бюл. № 40.
15. Патент № 2005111 РФ МКИ С 04 В 32/00. Способ получения смеси для изготовления керамических изделий // Шепелев Н.В., Тетерин М.А., Бобрик М.Я., Арбитман И.В., Мечкало А.М. Оpubл. 30.12.93, Бюл. № 47-48.
16. Патент № 2087449 РФ С 04 В 33/02, 38/06. Способ получения стеновой строительной керамики / Мередов Т.Р., Крупа А.А., Палейчук В.С., Рудиченко В.Ф. Оpubл. 20.08.97, Бюл. № 23.
17. Габидуллин М.Г. Научные и технологические основы управления структурой и свойствами энерго- и ресурсосберегающей строительной керамики // Автореф. дисс. на соис. уч. ст. д.т.н. – Казань: КГАСУ, 2007. – С. 51.
18. Габидуллин М.Г., Мавлюбердинов А.Р., Габидуллина А.Н. Разработка требований к основным свойствам пенокерамики // Известия КГАСУ. – Казань, 2011, № 4 (18). – С. 224-231.
19. А. с. № 370190 СССР МКИ С 04 В 33/02. Способ изготовления изделий из ячеистой керамики / Оганесян Р.Б., Сухачев И.А., Нехорошев А.В., Бобрик Ю.Л.. – Оpubл. 15.11.73, Бюл. № 11.
20. Оганесян Р.Б. Производство эффективных керамических изделий и конструкций из легкоплавких кирпичных глин для сельского строительства. – М., 1973.
21. Оганесян Р.Б. Исследование режимов обжига глинистых пород на пористую керамику для стеновых изделий // Совершенствование технологии производства бетона и железобетона для сельскохозяйственного строительства: сб. научных трудов ЦНИИЭПсельстроя. – М., 1986.
22. Оганесян Р.Б., Большаков В.Н. Технологическая схема по производству бесцементных поризованных керамических изделий на основе легкоплавких глин: сб. научных трудов ЦНИИЭПсельстроя. – М., 1975.
23. Патент № 1945811 ФРГ МКИ С 04 В 38/06. Expanded clay objects / Sundermann E. Оpubл. 11.03.71.
24. Патент № 2548983 ФРГ МКИ С 04 В 38/06. Оpubл. 21.04.77.
25. Черепанов Б.С. Разработка и внедрение технологии производства стеклокристаллической пенокерамики // Отчет по НИР. № Гос. рег. 01870078762. Инв. № 028.90018344., 1988. – С. 44.
26. Гиндина В.Е., Иващенко П.А., Грудяев В.И. К вопросу о получении пористокерамических изделий пониженной объемной массы // В сб. трудов ВНИИстром. – М., 1988, Вып. 64 (92).
27. Бутт Л.М. Производство пеностекла // Труды совещания по расширению производства и ассортимента теплоизоляционных и акустических материалов. – Рига, 1958.
28. Демидович Б.К. Пеностекло. – Минск: Наука и техника, 1975. – С. 248.
29. Грошев И.А. Получение теплоизоляционной керамики из лессового сырья Казахстана: автореф. дис... канд. техн. наук. – М.: МУТИ, 1984.
30. А.с. № 75102 СССР МКИ 80 b. Способ изготовления пористых строительных деталей / Онацкий С.П., Оpubл. 30.04.49.
31. Кабатова М.А. Технология и свойства бетона на обжиговой связке для стеновых камней: автореф. дис... канд. техн. наук. – М., 1988.
32. Перегудов В.Н. Новые стеновые материалы из глины // Строительные материалы, 1956, № 10. – С. 14.
33. Балкевич В.А. Техническая керамика. – М.: Стройиздат, 1984. – С. 255.

34. Чентемиров М.Г., Давидюк А.Н., Забродин И.В., Тамов М.Ч. Новая технология производства эффективной порокерамики для стеновых и теплоизоляционных материалов // Промышленное и гражданское строительство, 1997. – № 9.
35. Габидуллин М.Г., Рахимов Р.З. Новые технологии изготовления керамических материалов с плотностью 250-800 кг/м³ // Новые технологии - 96. Материалы междуна. науч.-тех. семинара: тез. докл. – Казань, 1996. – С. 11-12.
36. Бурлаков Г.С. Разработка теоретических основ проектирования ИСК на обжиговой связке // Отчет о НИР «Технология и свойства ИСК на обжиговой связке с использованием местных ресурсов». № Гос. Рег. 01.87.0072343. Инв. № 02890022752. – Ростов-на-Дону, 1988. – С. 25.
37. Заявка № 3538783 ФРГ МКИ С 04 В 38/00. Способ производства пористых керамических изделий с использованием отпрессованных гранул. Опубл. 07.06.87.
38. Заявка № 96101615/20 РФ МКИ 38/14, U1, 6F, 27B7/00 Установка для производства строительных изделий / Еворенко Г.И. Б.И. Опубл, 1997, Бюл. № 3.
39. Заявка № 4326615 ФРГ МКИ С 04 В 38/08, С 04 В 38/06. Способ изготовления температуростойких легковесных камней // Verfahren zum Herstellen von temperaturbeständigen Leichtsteinen. / Krauze S., Ulbricht I., Iorepk F., Bohot V. Ieuerfestwerke Wetrol GmbH, № 4326615.0, 1995.
40. Разработки в области огнеупоров и печного припаса / Developments in Refractories and Kiln Furniture // Ceramic Industries International, 1992, Vol.102, № 1091. – P. 28. (Великобритания) // Промышленность строительных материалов. Сер. 5. Керамическая промышленность. Экспресс-информация. – М.: ВНИИЭПСМ, 1992, Вып. 6. – С. 16-17.
41. Калугина Л.В. Крупноразмерная стеновая керамика из алтайских суглинков с применением воздухововлекающих добавок: автореф. дис... канд. техн. наук. – М., 1974.

Gabidullin M.G. – doctor of technical sciences, professor

E-mail: gabmah@mail.ru

Kazan State University of Architecture and Engineering

The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya str., 1

Gabidullina A.N. – senior researcher

Institute of Mechanics and Engineering, Kazan Science Center RAS

The organization address: 420111, Russia, Kazan, Lobachevsky str., 2/31

Graphical and calculational method of gas ceramics' basic values determination using «manufacturability factor»

Resume

Nowadays the general effective wall construction materials are a perforated cellular brick and a block, including a large-size block, which have low density and thermal conductivity. Therefore these materials make it possible to build entire walls from ceramics only in a number of «warm» regions of Russia and help to avoid the construction of multilayer walls using mineral fiber insulation. Maintenance of buildings with multilayer walls revealed a number of shortcomings, particularly a low durability of the insulating layer. At the same time increase of wall thermal conductivity standards forces to develop more effective wall materials, than the ceramic block is. Thereby the results of our investigation are topical, because for the first time an attempt of gas ceramics standards development was made. This is going to help designers and production engineers to deal with properties of gas ceramics and to apply it for the construction of entire ceramic walls due to its higher competitiveness as compared with the ceramic block.

Keywords: gas ceramics, compressive strength, thermal conductivity, manufacturability factor, nomogram.

References

1. Bazhenov Yu.M., Rakhimov R.Z. Achievements, challenges and directions of development of the theory and practice of building materials // Materials of tenth academic readings RAASN «Achievements, challenges and directions of development of the theory and practice of building materials». – Penza-Kazan, 2006. – P. 3-7.
2. Chentemirov M.G., Davidiuk A.N., Zabrodin I.V., Tamov M.Ch. New technology of porous ceramics construction // Construction Materials, 1997, № 11. – P. 14-16.
3. Cherepanov B.S., Hresina V.V., Davidovich D.I. Dependence of highly porous ceramics strength on its macrostructure / Coll. of scientific papers «Improved technology in the production of building ceramics». – M., GNIItroitelnoy ceramics, 1981. – P. 100-108.
4. Gogosashvili N.V. Construction porous ceramics on the basis of Georgia rocks / Abstract of thesis, VZISI. – M., 1990.
5. Cherepanov B.S., Davidovich D.I., Farsiyants S.J. The relationship of the structure and properties of porous ceramics // Industry of building materials, Ser. 5, Ceramic Industry / VNIIESM. – M., 1986, Issue 1. – P. 2-4.
6. A.s. № 527399 USSR MKI From 04 to 33/02. A method of manufacturing products from cellular ceramics // Oganessian R.B. Publ. 05.09.76. Bull. № 33.
7. Gurov N.G., Kotlyarov L.V. Choosing effective techniques for the production of wall ceramics in modern conditions // Building Materials, 2004, № 2. – P. 6-7.
8. Cherepanov B.S. Features of foamed ceramics manufacturing // Industry of building materials, Ser. 5, Ceramic industry, Browse. – M., VNIIEPSM, 1992, Issue 1. – P. 9-11.
9. Sokov V.V. Quartz lightweight based on silica fume // Proceedings of the X Int. Scientific-tech. Conf. «University's Information Environment». – Ivanovo, 2003. – P. 270-272.
10. Kuksa P.B., Akberova A.A. Highly porous ceramics obtained by unconventional way // Building Materials, 2004, № 2. – P. 34-35.
11. Komov V.M. Theoretical and technological principles of large-size porous ceramics manufacturing: Abstract of thesis. – St. Petersburg, 2004. – 47 p.
12. Goncharov Y.I., Varennikova T.A. Development of high-quality brick technology based on loam with a high content of calcium oxide // Building Materials, 2004, № 2. – P. 46-47.
13. Patent № 2082692 RF MKI From 04 to 33/02. Technology of ceramic bricks production // Stories V.F., Stories A.V. Publ. 27.06.97, Bull. № 18.
14. A.s. № 1433941 USSR MKI From 04 to 33/02. Technology of ceramic bricks production // Budilovsky Y.Y., Stanaytis V.J., Imbrasene B.J., Verbavichyus E.B., Zhvirblis V.B., Ptashkas M.R. Publ. 30.10.88, Bull. № 40.
15. Patent № 2005111 RF MKI From 04 to 32/00. Technology for the production of a mixture as a raw material for ceramic products manufacturing // Shepelev N.V., Teterin M.A., Bobrik M.A., Arbitman I.V., Mechkalo A.M. Publ. 30.12.93. Bull. № 47-48.
16. Patent № 2087449 Russia From 04 to 33/02, 38/06. A method of wall construction ceramics production // Meredov T.R., Krupa A.A., Paleychuk V.S., Rudichenko V.F. Publ. 20.08.97. Bull. № 23.
17. Gabidullin M.G. Scientific and technological basis for controlling the structure and properties of the energy- and resource- efficient building ceramics // Abstract of thesis. – Kazan, 2007. – P. 51.
18. Gabidullin M.G., Mavlyuberdinov A.R., Gabidullina A.N. Development of requirements for the basic properties of foam ceramics // Proceedings of the Kazan State Architectural University. – Kazan, 2011, № 4 (18). – P. 224-231.
19. A.s. № 370190 USSR MKI From 04 to 33/02. The method of manufacturing of products from cellular ceramics // Oganessian R.B., Suhachev I.A., Nehoroshev A.V., Bobrik Y.L. Publ. 15.11.73. Bull. № 11.
20. Oganessian R.B. Production of effective ceramic products and components made of fusible brick clays for rural construction. – M., 1973.
21. Oganessian R.B. Investigation of porous wall ceramics firing // Improved technology of concrete and reinforced concrete for agricultural construction: Coll. of scientific papers TsNIIEPselstroya. – M., 1986.

22. Oganesyanyan R.B., Bolshakov V.N. Flow sheet for the production of a cementless porous ceramic products based on fusible clays: Coll. of scientific papers TsNIIEPselstroya. – M., 1975.
23. Patent № 1945811 Germany MKI From 04 to 38/06. Expanded clay objects // Sundermann E. Publ. 11.03.71.
24. Patent № 2548983 Germany MKI From 04 to 38/06. Publ. 21.04.77.
25. Cherepanov B.S. Development and implementation of manufacturing glass-foam ceramics // Report of SB. State number. Reg. 01870078762. Inv. № 028.90018344, 1988. – P. 44.
26. Gindin V.E., Ivaschenko P.A., Grudyaev V.I. On the issue of production of porous ceramic low bulk density products // Proc. VNIISTROM works. – M., 1988, № 64 (92).
27. Butt L.M. Production of foam glass // Proceedings of the Meeting on expanding production and range of heat insulation and acoustic materials. – Riga, 1958.
28. Demidovich B.K. Foam glass. – Minsk: Science and technology, 1975. – P. 248.
29. Groshev I.A. Manufacturing of heat insulating ceramics from loess raw of Kazakhstan: abstract of thesis, MUTI. – M., 1984.
30. A.s. № 75102 USSR MKI 80 b. A method of manufacturing porous construction elements // Onatsky S.P. Publ. 30.04.49.
31. Kabatova M.A. Technology and properties of kiln-bonded concrete for masonry: abstract of thesis. – M., 1988.
32. Peregudov V.N. New wall materials from clay // Building Materials, 1956, № 10. – P. 14.
33. Balkevich V.A. Technical ceramics. – M.: Stroyizdat, 1984. – P. 255.
34. Chentemirov M.G., Davidyuk A.H., Zabrodin I.V., Tamov M.Ch. New production technology of effective porous ceramics for wall and heat isolating materials // Industrial and civil construction, 1997, № 9.
35. Gabidullin M.G., Rahimov R.Z. New technology of ceramic materials production with density of 250-800 kg/m³ // New Technologies-96. Proceedings of international sci-tech: proc. reports. – Kazan, 1996. – P. 11-12.
36. Burlakov G.S. Development of the theoretical foundations of kiln-bonded construction materials design // Research Report «Technology and properties of kiln-bonded construction materials with the use of local resources». State number. Reg. 01.87.0072343. Inv. Number 02890022752. – Rostov-on-Don, 1988. – P. 25.
37. Patent application 3538783 Germany MKI From 04 to 38/00. Production technology of porous ceramics using pressed granules. Publ. 07.06.87.
38. Patent application 96101615/20 MKI RF 38/14, U1, 6F, 27V7/00. The plant for the production of building products / Evorenko G.I. B.I., Publ, 1997. Bull. № 3.
39. Patent application 4326615 Germany MKI From 04 to 38/08, with O4 in 38/06. The method for manufacturing heat-resistant lightweight stone // Verfahren zum Herstellen von temperaturbeständigen Leichtsteinen. / Kgauze S., Ulbricht I., Iogepk F., Bohot V.I. euerfestwerke Wetro GmbH. № 4326615.0., 1995.
40. Developments in Refractories and Kiln Furniture // Ceramic Industries International, 1992, Vol. 102, № 1091. – P. 28. (UK) // The industry of building materials, Ser. 5. Ceramic industry. Express information. – M.: VNIIEPSM, 1992, № 6. – P. 16-17.
41. Kalugina L.V. Large-scale wall ceramics from Altai loam using air-entraining agents: abstract of thesis. – M., 1974.