

3. Braas : официальный сайт компании. URL: <http://www.braas.ru/> (дата обращения: 28.12.2015).
4. СТБ EN 1304-2009. Черепица кровельная глиняная и доборные элементы. Определения и технические условия на продукцию. Минск : Госстандарт, 2009. 55 с.
5. Евстигнеева Ю. А. История керамической черепицы // Кровельные и изоляционные материалы. 2007. № 3 (15). С. 34–36.
6. Салахов А. М., Туктарова Г. Р., Мочалов А. Ю., Салахова Р. А. Керамическая черепица в России была и должна быть // Строительные материалы. 2007. № 9. С. 18–19.
7. ОСТ 21-31-84. Черепица керамическая. М. : Стройиздат, 1984.
8. Столбушкин А. Ю. Стеновые керамические материалы матричной структуры на основе обогащения отходов углистых аргиллитов // Известия вузов. Строительство. 2013. № 2–3. С. 28–36.
9. Котляр А. В., Талпа Б. В. Камневидные глинистые породы Восточного Донбасса – перспективное сырье для производства стеновой керамики // Актуальные проблемы наук о Земле : сборник трудов научной конференции студентов и молодых ученых с международным участием. Ростов-на-Дону : Изд-во ЮФУ, 2015. С. 49–51.
10. Котляр А. В., Талпа Б. В. Особенности аргиллитоподобных глин юга России как сырья для производства клинкерного кирпича // Актуальные проблемы наук о Земле : сборник трудов научной конференции студентов и молодых ученых с международным участием. Ростов-на-Дону : Изд-во ЮФУ, 2015. С. 51–53.
11. Талпа Б. В., Котляр А. В. Минерально-сырьевая база литифицированных глинистых пород Юга России для производства строительной керамики // Строительные материалы. 2015. № 4. С. 31–33.
12. Котляр В. Д., Терехина Ю. В., Котляр А. В. Методика испытаний камневидного сырья для производства стеновых изделий компрессионного формования // Строительные материалы. 2014. № 4. С. 24–27.

© Г. Н. Еременко, К. А. Лапунова, Я. В. Лазарева

**Ссылка для цитирования:**

Еременко Г. Н., Лапунова К. А., Лазарева Я. В. Керамическая черепица на основе аргиллитоподобных глин // Инженерно-строительный вестник Прикаспия : научно-технический журнал / Астраханский инженерно-строительный институт. Астрахань : ГАОУ АО ВПО «АИСИ», 2015. № 4 (14). С. 41–46.

УДК 691.42

## **СРАВНИТЕЛЬНАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ СТЕНОВЫХ ИЗДЕЛИЙ ПЛОТНОСТЬЮ МЕНЕЕ 800 кг/м<sup>3</sup>**

**Ю. А. Божко, В. Д. Котляр, М. В. Rogochaya**

*Ростовский государственный строительный университет*

Проведен сравнительный анализ эффективности использования стеновых материалов, плотность которых менее 800 кг/м<sup>3</sup>. Используются данные по теплотехническим расчетам, прочностным показателям, морозостойкости и паропроницаемости. Рассмотрены положительные и отрицательные стороны каждого материала, сделаны выводы об их эффективности.

**Ключевые слова:** энергоэффективность, ячеистые бетоны, крупноформатные керамические блоки, аргиллитоподобные глины, отходы углеобогащения.

## **COMPARATIVE EFFICIENCY OF APPLICATION IN THE CONSTRUCTION OF WALL PRODUCTS WITH DENSITY LESS THAN 800 kg/m<sup>3</sup>**

**U. A. Bozhko, V. D. Kotlyar, M. V. Rogochaya**

*Rostov State University of Civil Engineering*

Are comparative analyzed the efficiency of wall materials with a density less than 800 kg/m<sup>3</sup>. Are described the data used for heat engineering calculations, strength indices, frost resistance and water vapor permeability. Also are considered the positive and negative aspects of each material and draw conclusions about their effectiveness.

**Keywords:** energy efficiency, porous concrete, ceramic blocks, argilla, waste coal.

Прогрессивный век новых технологий и материалов предполагает использование в строительстве высокоэффективных материалов для возведения несущих стен. К их числу относят крупноформатные керамические блоки и блоки из ячеистого бетона. Использование таких изделий объясняется довольно просто. Они позволяют быстро и без особых сложностей собрать капитальное сооружение, которое будет отвечать всем современным требованиям гражданского строительства. За счет применения этих элементов при строительстве можно и значительно сэкономить. Экономия отражается не только в низкой себестоимости материала и стоимости работ, но и во времени возведения

одних и тех же конструкций и сооружений. Самые эффективные на сегодняшний день стеновые материалы и изделия – это изделия из ячеистых бетонов и крупноформатные керамические блоки.

Ячеистые бетоны по условиям твердения делятся на бетоны автоклавного и неавтоклавного твердения. По назначению бетоны подразделяют на конструкционные, конструкционно-теплоизоляционные, теплоизоляционные [1]. В качестве материала несущих стен используют преимущественно конструкционные или конструкционно-теплоизоляционные бетоны автоклавного твердения. На практике чаще всего встречаются бетоны марок D400, D500 и D600.

Ячеистый бетон автоклавного твердения – это искусственный каменный материал пористой структуры, изготовленный из вяжущего, тонкомолотого кремнеземистого компонента, порообразователя и воды и прошедший тепловлажностную обработку при повышенном давлении [2]. Он является одной из разновидностей легкого бетона.

Раньше основным предназначением ячеистого бетона являлось утепление по железобетонным плитам перекрытий и чердачных перекрытий, а также в качестве теплоизоляционного слоя многослойных стеновых конструкций зданий различного назначения. Но в последние годы блоки из ячеистого бетона набирают популярность именно в качестве конструкционного стенового материала. Коттеджи и многоэтажные дома, построенные из ячеистого бетона, имеют хорошие теплотехнические характеристики. Достигается это во многом благодаря правильной геометрии современных блоков. За счет четких размеров ( $\pm 2$  мм) блоки можно укладывать на специальный клей слоем не более 3 мм, а не на слой цементного раствора, который служит «мостиком холода».

По способу порообразования ячеистые бетоны подразделяют на газобетоны, пенобетоны, газопенобетоны [1]. Также в отдельную группу можно выделить фибропенобетон – это пенобетон, армированный фиброволокном. Внешне блоки из этих материалов очень похожи, поэтому не все понимают разницу между пенобетоном и газобетоном, которая обусловлена технологией производства. У газоблоков

и пеноблоков различная структура пористости. В пенобетоне воздух закрыт внутри пузырьков, поскольку создается он путем равномерного перемешивания пузырьков воздуха по всей массе бетона. В результате этот материал не пропускает воздух и не дышит. Зато он малогигроскопичен, является лучшим теплоизолятором и более морозостоек, чем газобетон. Однако область его применения сильно ограничена механической прочностью стройматериала. Если газобетон за счет автоклавной обработки обладает пределом прочности при сжатии 2,5–4,5 МПа, то пенобетон – всего лишь 0,7–1,2 МПа, поэтому несущие конструкции из него не возводятся, зато он не требует и дополнительной теплоизоляции. Для газобетона в качестве утеплителя рекомендуется использовать минеральную вату.

Крупные блоки из легких бетонов применяются для возведения самонесущих стен с поэтажной разрезкой в многоэтажных жилых домах и для кладки наружных стен при строительстве малоэтажного жилья усадебного типа. Фибропенобетон способен обеспечить повышение герметичности утепляемых конструкций при сохранении требуемого уровня паропроницаемости. Высокая морозостойкость позволяет использовать его практически во всех температурных и климатических зонах страны. Фасадные системы из фибропенобетона годятся как для строительства новых зданий со сложным архитектурным обликом, так и для реконструкции или ремонта устаревших зданий [3].

Технические характеристики ячеистых бетонов приведены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1

Показатели физико-механических свойств бетонов

Вид бетона	Марка бетона по средней плотности	Бетон автоклавный		Бетон неавтоклавный	
		Класс по прочности на сжатие	Марка по морозостойкости	Класс по прочности на сжатие	Марка по морозостойкости
Теплоизоляционный	D300	B0,75	Не нормируется	—	—
		B0,5			
	D350	B1			
		B0,75			
D400	B1,5	—	B0,75	Не нормируется	
	B1		B0,5		
D500	—	—	B1		
	—		B0,75		
Конструкционно-теплоизоляционный	D500	B2,5	От F15 до F35	—	—
		B2			
		B1,5			
		B1			
	D600	B3,5	От F15 до F75	B2	От F15 до F35
		B2,5		B1	
		B2		—	
		B1,5		—	
	D700	B5	От F15 до F100	B2,5	От F15 до F50
		B3,5		B2	
		B2,5		B1,5	
		B2		—	
D800	B7,5	—	B3,5	От F15 до F75	
	B5		B2,5		
	B3,5		B2		
	B2,5		—		

	D900	B10 B7,5 B5 B3,5	От F15 до F75	B5 B3,5 B2,5		
Конструкционный	D1000	B12,5 B10 B7,5	От F15 до F50	B7,5 B5	От F15 до F50	
		D1100		B15 B12,5		B10 B7,5
				B10		
	D1200	B15 B12,5		B12,5 B10		

**Таблица 2**
**Нормируемые показатели физико-технических свойств бетонов**

Вид бетона	Марка бетона по средней плотности	Коэффициент				Сорбционная влажность бетона, % не более			
		теплопроводности, Вт/(м·°C), не более, бетона в сухом состоянии, изготовленного		паропроницаемости, мг/(м·ч·Па), не менее, бетона, изготовленного		при относительной влажности воздуха 75 %		при относительной влажности воздуха 97 %	
		на песке	на золе	на песке	на золе	Бетон, изготовленный			
		на песке	на золе	на песке	на золе	на песке	на золе	на песке	на золе
Теплоизоляционный	D300	0,08	0,08	0,26	0,23	8	12	12	18
	D400	0,10	0,09	0,23	0,20	8	12	12	18
	D500	0,12	0,10	0,20	0,18	8	12	12	18
Конструкционно-теплоизоляционный	D500	0,12	0,10	0,20	0,18	8	12	12	18
	D600	0,14	0,13	0,17	0,16	8	12	12	18
	D700	0,18	0,15	0,15	0,14	8	12	12	18
	D800	0,21	0,18	0,14	0,12	10	15	15	22
Конструкционный	D900	0,24	0,20	0,12	0,11	10	15	15	22
	D1000	0,29	0,23	0,11	0,10	10	15	15	22
	D1100	0,34	0,26	0,10	0,09	10	15	15	22
	D1200	0,38	0,29	0,10	0,08	10	15	15	22

Наиболее актуально будет принять во внимание только изделия из бетона, которые имеют плотность менее 800 кг/м<sup>3</sup>, то есть бетоны, имеющие марку по средней плотности D700, D600, D500, D400 и D300. На основании приведенных выше данных можно сделать следующие выводы:

- изделия из бетона автоклавного твердения имеют марку по морозостойкости от F15 до F75;
- теплопроводность блоков из бетона колеблется от 0,08 до 0,12 Вт/(м·°C) у теплоизоляционных и от 0,12 до 0,18 Вт/(м·°C) у конструкционно-теплоизоляционных. Стоит отметить, что данные показатели приведены только для сухого состояния изготовленного бетона. Сорбционная влажность бетона при относительной влажности воздуха 97 % может достигать до 18 %;
- коэффициент паропроницаемости от 0,18 до 0,23 мг/(м·ч·Па) для теплоизоляционных и от 0,14 до 0,20 мг/(м·ч·Па) для конструкционно-теплоизоляционных бетонов.

Согласно ГОСТ 530–2012, керамический камень – это крупноформатное пустотелое керамическое изделие номинальной толщиной 140 мм и более, предназначенное для устройства кладок. Камень имеет пазогребневое соединение, позволяющее использовать раствор только для горизонтальных швов [4].

Керамический камень изготавливают только пустотелым и рядовым с пазогребневым и с пазовым соединением.

По ГОСТ 530–2012 к керамическим камням предъявляют следующие требования:

- марка по прочности не менее M25;
- по морозостойкости не менее F25;
- по показателю средней плотности – 0,7 и 0,8 (высокой эффективности) или 1,0 (повышенной эффективности).

Примем во внимание камни с показателями средней плотности 0,7 (до 700 кг/м<sup>3</sup>) и 0,8 (710–800 кг/м<sup>3</sup>), марки по прочности M75–M100 и марки по морозостойкости F35–F50.

В 2009 г. лабораторией кирпичных, блочных и панельных зданий ЦНИИСК им. В. А. Кучеренко были произведены испытания керамических крупноформатных поризованных камней производства компании «Винербергер Кирпич». На основании данных испытаний были выпущены «Рекомендации по применению камней Porotherm для наружных несущих стен. Методика расчета несущей способности. Исследование прочности и деформативности кладки при центральном сжатии». В них говорится, что крупноформатный камень рекомендуется применять для кладки жилых домов, общественных и производственных зданий в качестве несущих

наружных и внутренних, самонесущих и ненесущих (заполнение каркасов). Поризованный керамический камень с пустотами как материал, обладающий повышенным сопротивлением теплопередаче, следует использовать в первую очередь для кладки наружных стен отапливаемых зданий (жилых, общественных). Конструкция наружных стен сплошной кладки принимается однослойной или двухслойной (с облицовкой) [5]. Получены следующие коэффициенты теплопроводности кладки из камней Porotherm:

- Porotherm 51 – 0,143 Вт/(м·°С);
- Porotherm 44 – 0,136 Вт/(м·°С);
- Porotherm 38 – 0,145 Вт/(м·°С);
- Porotherm 25 – 0,24 Вт/(м·°С);
- Porotherm 2 НФ – 0,19 Вт/(м·°С).

Значения прочности на сжатие (марки) были получены следующие: 75, 100 и 125 кгс/м<sup>2</sup>. Марка по морозостойкости 35 и 50 циклов. Плотность 800 кг/м<sup>3</sup>.

В 2015 г. у компании «Винербергер Кирпич» начался серийный выпуск крупноформатного блока Porotherm 51 GreenLine, его показатели превосходят все предыдущие. Он имеет формат 14,3НФ, геометрические размеры 250 х 510 х 219 мм, марку по прочности М100, марку по морозостойкости F50, коэффициент теплопроводности 0,16 Вт/(м·°С) и группу 0,7 по показателю средней плотности [7].

В 2012 г. ЦНИИСК им В. А. Кучеренко были также проведены исследования возможности применения керамических камней производства «Славянский кирпич» в сейсмических регионах Российской Федерации. В результате работы получены следующие данные о работе конструкций из кирпича и керамических камней – прочностные и деформативные свойства кладки при действии сил, моделирующих сейсмические:

- кладка из керамического кирпича Poroporm-1 соответствует II категории кладки, согласно СНиП II-7-81;

- кладка из керамического камня Poroporm-2 соответствует II категории кладки, согласно СНиП II-7-81;

- кладка из крупноформатного камня Porotax-250 может применяться в сейсмических районах РФ в случае соблюдения требований п. 3.39 СНиП II-7-81;

- разрушение образцов кладки из керамического камня Porotax-250, не усиленных железобетонными включениями, произошло при средней нагрузке 13 т;

- средняя разрушающая нагрузка для образцов из керамического камня Porotax-250 с железобетонными включениями составила 28,3 т [8].

Форматы блока выбраны не случайно: по высоте он кратен трем кирпичам формата 1НФ, а по толщине – кратен толщине полкирпича. Все это связано с удобством кладки и возможностью перевязки с облицовочным кирпичом.

Комплексная система каменной кладки из керамических блоков позволяет возводить здания по проектам заказчика, то есть со свободной планировкой и использованием современных архитектурных форм: дугообразных стен, стен с расчлененной поверхностью, башенок, эркеров неправильной формы, полукруглых окон и дверей. При этом никаких затруднений не вызовут перестройки, пристройки и другие изменения. Строительный комплекс отлично дополняют керамические перемычки, керамическое балочное перекрытие, а также облицовочные кирпичи, напольные плиты, сухие смеси для раствора и штукатурки.

Основное предназначение таких блоков – использование их в качестве материала несущих стен и перегородок как в частных домах и коттеджах, так и в многоквартирном строительстве.

На основании всего вышесказанного можно сделать вывод о положительных и отрицательных свойствах каждого материала (см. табл. 3).

Таблица 3

Сравнительная характеристика положительных и отрицательных свойств стеновых материалов

Положительные свойства	Отрицательные свойства
<b>Ячеистые бетоны</b>	
Высокие теплоизоляционные свойства	Хрупкость (противопоказаны ударные нагрузки)
Высокие звукоизоляционные свойства	Очень гигроскопичен, из-за этого ухудшаются его теплоизоляционные свойства и прочность
Хорошая геометрия	Обязательно требуется облицовывать фасад
Паропроницаемость	Нельзя возводить здания, высотой больше 3-х этажей
Малая плотность	Нет отверстий для захвата
<b>Керамические блоки</b>	
Высокие тепло- и звукоизоляционные свойства	Хрупкость (противопоказаны ударные нагрузки)
Низкое водопоглощение	Использование химических анкеров для крепления предметов мебели и т. д.
Хорошая геометрия	Относительная дороговизна
Малая плотность	Рекомендованное использование теплого кладочного раствора
Паропроницаемость	Необходимость использования штроборезов для прокладки коммуникаций
Система «паз-гребень» уменьшает количество «мостиков холода»	Необходимость укладки нескольких рядов строительного кирпича для опоры плит перекрытия
Хорошее сцепление со штукатуркой	Использование специальной мелкой строительной сетки

На сегодняшний день широкое распространение получила технология трехслойных стен, в которых используют строительный кирпич внутри, облицовочный кирпич снаружи, а посередине – утеплители различного рода. Хочется сразу отметить, что данная конструкция крайне неэффективна. Связано это, прежде всего, с тем, что кирпич и утеплитель имеют абсолютно разные коэффициенты паропроницаемости. Вследствие этого образуется так называемая «точка росы», где скапливается конденсат, стена начинает излишне увлажняться, появляется плесень, и стена постепенно начинает разрушаться.

Наиболее же эффективными с точки зрения теплопроводности и паропроницаемости являются однослойные конструкции, например, использование керамического блока и облицовочного керамического кирпича. Они имеют одинаковые показатели по паропроницаемости, что позволяет лишней влаге внутри помещения беспрепятственно уходить через стены, не задерживаясь в них. Тем самым в доме создается благоприятный микроклимат, летом сохраняется прохлада, а зимой – тепло [9–12].

Стены любого дома должны «дышать», но не должны выбрасывать лишнюю энергию. Использование неэффективных конструктивных материалов приводит к тому, что большое количество тепла поступает в атмосферу, накапливается в ней, создавая так называемый «парниковый эффект». Ученые всего мира обеспокоены проблемой глобального потепления.

Керамические блоки являются перспективным направлением развития строительной индустрии. Использование крупноформатных керамических блоков в частном и гражданском строительстве завоевывает с каждым годом все большую популярность. И это вполне объяснимо, так как материал обладает уникальными свойствами: теплопроводностью, паропроницаемостью, прочностью, морозостойкостью, малым весом, большим объемом. В несколько раз уменьшаются сроки возведения кладки из круп-

ноформатных блоков, снижается расход раствора за счет использования вертикальной системы «паз-гребень». Единственным сдерживающим фактором, мешающим их широкому внедрению на потребительский рынок, является относительно высокая цена. Для снижения стоимости конечного продукта необходимо снизить затраты на сырье и производство. Нами предлагается использовать в качестве основного сырьевого компонента аргиллитоподобные глины. Данное минеральное сырье широко распространено во многих регионах России, в том числе в Ростовской области, Краснодарском и Ставропольских краях, республиках СКФО. Аргиллитоподобные глины ранее мало использовали в качестве сырья для производства керамических изделий, однако много месторождений уже разведано и изучено для других целей [13–17]. В качестве добавок планируется использование угольных шламов и соломенной муки. Угольные шламы – доступное и дешевое сырье. Огромные запасы отходов углеобогащения накопились в Ростовской области, это связано с активной угледобычей в прошлые годы [9]. Помимо всего этого, юг России – это аграрный край, где нет недостатка в соломе, основная часть которой, как правило, запахивается. Это позволит значительно сократить расход газа на обжиг и снизит себестоимость конечного продукта, а также получить пористый черепок с низкой плотностью.

Использование аргиллитоподобных глин в качестве сырья для производства керамических блоков является особенно перспективным направлением развития промышленности стеновой керамики именно для Ростовской области. Это обусловлено, прежде всего, географическим фактором. Большое количество месторождений на юге России позволяет создать мощную сырьевую базу для производства керамических изделий высокой эффективности разнообразной номенклатуры с широким диапазоном физико-механических свойств.

#### Список литературы

1. ГОСТ 25485-1989. Бетоны ячеистые. Технические условия. М. : Издательство стандартов, 2001. 15 с.
2. ГОСТ 31359-2007. Бетоны ячеистые автоклавного твердения. Технические условия. М. : МНТКС, 2008. 15 с.
3. Моргун Л. В. Об эффективности энерго- и ресурсосбережения при использовании фибропенобетона в строительстве // Строительные материалы. 2004. № 11. С. 27–28.
4. ГОСТ 530-2012. Кирпич и камень керамические. Общие технические условия. М. : Стандартинформ, 2012. 40 с.
5. Рекомендации по применению камней Porotherm для наружных несущих стен. Методика расчета несущей способности. Исследование прочности и деформативности кладки при центральном сжатии. М. : ЦНИИСК им. В. А. Кучеренко, 2009. 104 с.
6. Материалы для проектирования стен зданий, возводимых в сейсмических районах Российской Федерации с применением керамических камней производства ОАО «Славянский кирпич». М. : ЦНИИСК им. В. А. Кучеренко, 2012. 89 с.
7. Электронный каталог продукции. Характеристики блока PorothermGreenLine / ООО «Винербергер кирпич». 2015. URL: <http://www.wienerberger.ru/porotherm-51-gl-green-line>
8. Технология кладочных работ / ОАО «Славянский кирпич». 2015. URL: <http://slavkirp.ru/content/hidden/primeneniye-i-projektirovaniye-sten-iz-poromax>
9. Котляр В. Д., Устинов А. В., Ковалев В. Ю., Терехина Ю. В., Котляр А. В. Керамические камни компрессионного формования на основе опок и отходов углеобогащения // Строительные материалы. 2013. № 4. С. 44–48.
10. Котляр В. Д., Козлов А. В., Котляр А. В. Высокоэффективная стеновая керамика на основе пористо-пустотелого силикатного заполнителя // Научное обозрение. 2014. № 10, ч. 2. С. 392–395.
11. Салахов А. М. Керамика для строителей и архитекторов. Казань : Парадигма, 2009. 296 с.

12. Кондратенко В. А. Керамические стеновые материалы: оптимизация их физико-технических свойств и технологических параметров производства. М. : Композит, 2005. 509 с.
13. Котляр А. В., Талпа Б. В. Камневидные глинистые породы Восточного Донбасса – перспективное сырье для производства стеновой керамики // Актуальные проблемы наук о Земле : сборник трудов научной конференции студентов и молодых ученых с международным участием. Ростов-на-Дону : Изд-во ЮФУ, 2015. С. 49–51.
14. Котляр А. В., Талпа Б. В. Особенности аргиллитоподобных глин юга России как сырья для производства клинкерного кирпича // Актуальные проблемы наук о Земле : сборник трудов научной конференции студентов и молодых ученых с международным участием. Ростов-на-Дону : Изд-во ЮФУ. 2015. С. 51–53.
15. Котляр В. Д., Козлов А. В., Котляр А. В., Терехина Ю. В. Особенности камневидных глинистых пород Восточного Донбасса как сырья для производства стеновой керамики // Вестник МГСУ. 2014. № 10. С. 95–105.
16. Талпа Б. В., Котляр А. В. Минерально-сырьевая база литифицированных глинистых пород Юга России для производства строительной керамики // Строительные материалы. 2015. № 4. С. 31–33.
17. Котляр В. Д., Терехина Ю. В., Котляр А. В. Методика испытаний камневидного сырья для производства стеновых изделий компрессионного формования // Строительные материалы. 2014. № 4. С. 24–27.

© Ю. А. Божко, В. Д. Котляр, М. В. Рогочая

**Ссылка для цитирования:**

Божко Ю. А., Котляр В. Д., Рогочая М. В. Сравнительная эффективность применения в строительстве стеновых изделий плотностью менее 800 кг/м<sup>3</sup> // Инженерно-строительный вестник Прикаспия : научно-технический журнал / Астраханский инженерно-строительный институт. Астрахань : ГАОУ АО ВПО «АИСИ», 2015. № 4 (14). С. 46–51.