

## Повышение энергоэффективности наружных стен малоэтажных зданий применением поризованных конструктивных материалов

Зыков Анатолий Петрович, доктор технических наук, профессор, доцент кафедры «Теплоэнергетика и водоснабжение на транспорте»

Кадыков Олег Владимирович, магистрант кафедры «Теплоэнергетика и водоснабжение на транспорте»; ФГБОУ ВО «Российский университет транспорта (МИИТ)», г. Москва

*Показана перспективность поризованных материалов в повышении энергоэффективности наружных стен. Представлены преимущества автоклавных газобетонов относительно традиционных монолитных и полых материалов. Охарактеризованы теплофизические свойства современных поризованных керамических блоков.*

**Ключевые слова:** энергоэффективность, конструктивные материалы, газобетон, керамика, наружные стены

Сокращение потребления невозобновляемых энергоресурсов является одним из приоритетных направлений обеспечения устойчивого развития и поддержания энергетической безопасности страны. В современных условиях роста цен на энергоносители необходимым является использование энерго-сберегающих технологий и материалов при возведении зданий. В Российской Федерации принятие закона «Об энергосбережении» и нормативных документов в сфере тепловой защиты, требует учета принципов энергоэффективности при выборе материалов для строительства.

Эксплуатация индивидуальных малоэтажных зданий сопряжена с высоким расходом энергоресурсов, что требует использования материалов и технологий, обеспечивающих снижение теплопотерь. В связи со значительными теплопотерями через наружные стены, составляющими до 35% от общих потерь тепла для малоэтажных строений [1], актуальными являются исследования конструктивных материалов, обеспечивающих повышенную энергоэффективность наружных стен. Целью статьи является представление возможностей применения поризованных конструктивных материалов с высоким сопротивлением теплопередаче.

Традиционные монолитные кирпичные и бетонные материалы не соответствуют современным нормативам по теплозащите, что требует значительного утолщения стен при строительстве. Даже для пустотелого кирпича и керамзитобетона, достижение термического сопротивления  $2,8-3,3 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$  требует толщины стен  $1,2-2,5$  метра, при этом вес  $1 \text{ м}^2$  составит  $1150-4500 \text{ кг}$  [2]. Повышение энергоэффективности конструктивных материалов обеспечивается за счет создания поризованных и наполненных изделий. Например, в публикациях рассматриваются усовершенствованные виды бетонов – автоклавный газобетон, теплоизоляционный пенобетон, поризованный бетон, бетоны, наполненные фиброматериалами [3, 4].

Энергоэффективность поризованных материалов обеспечивается тем, что показатели плотности, которые по нормативам должны быть до  $600 \text{ кг}/\text{м}^3$  коррелируют с теплопроводностью. В отличие от монолитных бетонов пористые изделия отличаются пониженной теплопроводностью. Однако снижение

плотности требует учета изменений других важных характеристик – прочности, морозостойкости и др. Так, энергоэффективный полистиролбетон с плотностью до  $350 \text{ кг}/\text{м}^3$ , обладает недостаточной для несущих стен прочностью (до  $1,2 \text{ МПа}$ ) и морозостойкостью, а также дороговизной технологии получения.

Оптимальным сочетанием физико-механических и теплофизических характеристик обладает ячеистый бетон. Ячеистый бетон, наиболее популярной разновидностью которого является автоклавный газобетон (АГБ), отличается лучшей прочностью, плотностью, морозостойкостью, теплопроводностью, усадкой и пониженным водопоглощением. Однако его свойства сильно дифференцированы от технологических параметров производства, где нарушения стабильности технологии (превышение плотности выше  $400 \text{ кг}/\text{м}^3$ ) могут, с одной стороны, привести к меньшей теплопроводности, а с другой, к значительному снижению прочности и морозостойкости. Исследования конструкций наружных стен из АГБ показали, что для моноизделия  $0,4-0,5 \text{ м}$  достигается достаточное термическое сопротивление  $3,1-4,5 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$  для большинства регионов, а энергоэффективность может быть повышена за счет облицовки кирпичом, керамической плиткой и навесными фасадами [5].

В работе Брынзина Е.В., Паруты В.А. отмечено, что даже многослойные конструкции из кирпича или керамзитобетона с волокнистыми утеплителями недостаточно эффективны в связи с неоднородностью по плотности, прочности и теплопроводности, а также в связи со сложностью крепления и стоимостью. Использование АГБ представляется авторам предпочтительным по критериям теплозащиты, энергоёмкости производства, стоимости и трудоемкости работ. Достигается снижение расхода тепловой энергии до 45% [2].

Сравнение некоторых теплофизических характеристик наиболее распространенных конструктивных материалов для наружных стен, в частности пустотелых кирпичных и керамических изделий (таблица 1), показывает, что АГБ имеет существенные преимущества по показателям плотности, теплопроводности, термического сопротивления.

Таблица 1. Сравнительные характеристики конструктивных материалов [2]

Характеристика	Керамзито-бетон	Керамический кирпич пустотелый	Силикатный кирпич пустотелый	АГБ
Средняя плотность, кг/м <sup>3</sup>	100	1400	1400	300-600
Теплопроводность, Вт/м·К	0,41	0,58	0,64	0,11-0,16
Традиционная толщина стен, м	0,35	0,51-0,62	0,51-0,62	0,375-0,5
Термическое сопротивление, R, м <sup>2</sup> ·К/Вт	1,02	1,04-1,23	0,96-1,13	3,1-4,5

Наряду с охарактеризованным выше АГБ, в современном малоэтажном домостроении активно применяется поризованная керамика, пустоты в которой формируются при выгорании различных наполнителей глины. Поризованная керамика является альтернативой традиционным кирпичным и керамическим материалам при возведении наружных стен малоэтажных зданий в связи с их схожей архитектурной выразительностью и со значительно более высокой энергоэффективностью керамических блоков. Отверстия в поризованной керамике, расположенные определенным образом, способствуют росту сопротивления теплопередаче до 2 раз, относительно монолитных изделий. Бейделлитовая глина в сочетании с минеральным наполнителем, например ватой, позволяет получать экономичные, легкие, энергоэффективные керамические изделия [6].

Поризованная керамика относительно АГБ способна выдерживать повышенные нагрузки (15 МПа для керамики и 5 МПа для АГБ), обладает большей стойкостью к воздействию влаги (водопоглощение составляет до 15% для керамики и до 35% для АГБ), обладает лучшей звукоизоляцией и долговечностью. В свою очередь АГБ прост и удобен в обработке, имеет более низкую стоимость и более энергоэффективен (коэффициент теплопроводности АГБ 0,8-0,12 Вт/м·К, керамики – 0,15-0,28 Вт/м·К) [7].

Современные технологии позволяют получать поризованную керамику с повышенной энергоэффективностью. Например, по данным официального сайта, крупноформатные изделия Porotherm (производства Wienerberger) имеют повышенные теплотехнические параметры. Так, для достижения равной теплозащиты стен из Porotherm 38, традиционного кирпича и АГБ D500, толщина стен из них составит 38 см, 235 см и 48 см соответственно. Сопротивление теплопередаче Porotherm 38 –  $R_0=3,24(\text{м}^2\text{С})/\text{Вт}$ . Повышенная энергоэффективность блока Porotherm обеспечивается усиленной поризацией и специфическим распределением пор, формирующихся посредством введения мелких опилок в глину при получении изделия.

Согласно сайту компании Wienerberger, пористая структура блока формируется как за счет пустот, образующихся при изготовлении керамического изделия, так и за счет поризованных стенок блока, что приводит к дополнительному значительному сокращению энергопотерь и обеспечению необходимого

уровня теплоизоляции помещений. При повышении толщины блока снижается коэффициент теплопроводности, который не претерпевает значительных изменений во влажной среде, по сравнению АГБ. В сухом виде теплопроводность у Porotherm 38 составляет 0,133 Вт/м·К и изменяется до 0,144 Вт/м·К в условиях эксплуатации. В случае с АГБ, который чувствителен к влажности окружающей среды и характеризуется повышенным относительно Porotherm 38 водопоглощением, теплопроводность возрастает до уровня 0,28 Вт/м·К.

На основании ряда исследований отмечено, что поризованные конструктивные материалы в режиме повышенной влажности вследствие высокой гигроскопичности, теряют изначально заложенные производителем теплофизические свойства [8]; также отмечается неравномерность распределения тепловых полей в местах соединения изделий, в особенности при соединении конструктивных поризованных элементов с оконными, балконными, чердачными и пр. конструкциями.

В этой связи необходимыми для дальнейших исследований представляются теплофизические расчеты как однослойных конструкций из поризованной керамики и АГБ, так и их сочетаний с различными видами утеплителей, и разработка теплоэффективных многослойных конструкций.

Таким образом, показана необходимость использования энергоэффективных материалов в малоэтажном строительстве, в частности для наружных стен, в связи с высокими теплопотерями через данный вид ограждающих конструкций. Представлены преимущества АГБ относительно традиционных монолитных и полых материалов. Показано, что АГБ имеет лучшие теплозащитные свойства относительно керамзитобетона, полого керамического и силикатного кирпича. Отмечено, что необходимость сохранения выразительности фасадов зданий, формирует потребность в керамических материалах с улучшенной энергоэффективностью. Показано, что поризованные керамические блоки, за счет особого распределения пор, по теплофизическим показателям превосходят АГБ. Гигроскопичность поризованных материалов и неравномерность распределения тепловых полей в узлах соединения конструкций требует дальнейших исследований по применению их совместно с утеплителями.

#### Литература:

1. Пархоменко А.С. Проблемы и перспективы создания энергоэффективных кирпичных ограждающих конструкций // Форум молодых ученых. – 2018. – № 4(20). – С. 1107-1110.
2. Парута В.А., Брынзин Е.В. Ограждающие конструкции энергоэффективных зданий из автоклавного газобетона // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. – 2014. – № 2 (181). – С. 45-47.

3. Терешкин И.П., Макаров Ю.А. Технология получения энергоэффективных поризованных бетонов неавтоклавного твердения для ограждающих конструкций зданий // Устойчивое развитие науки и образования. – 2017. – № 10. – С. 240-244.

4. Klyuev S.V., Klyuev A.V., Vatin N.I. Fiber concrete for the construction industry // Magazine of Civil Engineering. – 2018. – No. 84(8). – Pp. 41-47.

5. Беляев В.С. Энергоэффективность наружных стен крупнопанельного домостроения // Жилищное строительство. – 2011. – №7. – С. 23-26.

6. Вдовина Е.В. Получение керамического кирпича на основе бейделлитовой глины и отходов минеральной ваты. Дисс. канд. техн. наук. Челябинск, 2011. – 188 с.

7. Газобетон и керамические блоки: сравнение характеристик [Электронный ресурс]: Режим доступа: URL: <https://st-par.ru/info/stati-o-gazobetone/gazobeton-i-keramicheskie-bloki/> (дата обращения 26.04.2020).

8. Горшков А.С., Ватин Н.И., Корниенко С.В., Пестряков И.И. Свойства стеновых изделий и конструкций из автоклавного газобетона [Электронный ресурс]. Режим доступа: URL: [isjournal.ru](http://isjournal.ru) > 2017/05 > статья-Горшкова-на-верстку2.pdf (дата обращения 26.04.2020).