

Термоэффективные мелкие стеновые блоки из композиционного полистиролгазобетона

А. А. Пак, Р. Н. Сухорукова

Рассмотрены особенности технологии получения композиционных многослойных изделий на основе газобетона и пенополистирола. Показано, что в процессе тепловлажностной обработки изделия в закрытой форме без внешнего воздействия происходят, в различной последовательности, пять технологических операций: 1 — вспучивание газобетонной смеси, 2 — вспенивание полистирола, 3 — формообразование изделия, 4 — прижатие конструктивных слоев, 5 — ускорение твердения бетона. Благодаря бесшовному соединению конструктивных слоев, полученные композиционные изделия обладают улучшенными теплофизическими и эксплуатационными характеристиками.

Ключевые слова: композиционный полистиролгазобетон, термоэффективные стеновые блоки, технология, физико-механические свойства.

The paper describes details of composite multi-layered articles technology based on gas concrete and foam polystyrene. It is shown that in the course of heat and wet curing in a closed mold, the process occurs in five steps, following in different sequence. They are: 1 — expanding of gas-concrete mixture, 2 — foaming of polystyrene, 3 — article molding, 4 — compacting of structural layers, 5 — accelerated hardening of concrete. Due to seamless joining of structural layers, the resulting composite articles have improved thermal-physical and performance parameters.

Key words: composite polystyrene gas concrete, thermally effective wall blocks, technology, physical-mechanical properties.

Введение

Проблемы рационального использования топливно-энергетических ресурсов, сокращения потерь тепловой энергии при отоплении зданий и сооружений относятся к числу наиболее актуальных. В России с 1 октября 2003 года введены в действие Строительные нормы и правила — «СНиП 23-02-2003 — Тепловая защита зданий», согласно которым нормируемые значения сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций увеличены в 3–3,5 раза по сравнению с действовавшими значениями до 1.01.2000 года. Для достижения ужесточенных нормативных требований необходима разработка новых технических решений, включающих конструктивные, материаловедческие и технологические аспекты.

В настоящее время на строительном рынке появилось много фирм, предлагающих различные варианты энергосберегающих конструкций наружных стен [1–4]. В качестве утеплителей при возведе-

нии ограждающих конструкций зданий преимущественно применяют волокнистые материалы и строительные пенопласты (60% и 20% от общего числа применяемых материалов соответственно) [5].

С теплотехнической точки зрения условно различают три вида наружных стен по числу основных конструктивных слоев: однослойные, двухслойные и трехслойные. Наиболее эффективны по снижению тепловых потерь трехслойные ограждающие конструкции. Для слоистых конструкций характерен ряд недостатков: наличие зазора между слоями и образование «мостиков холода»; соединение слоев между собой с помощью различных гибких связей, усложняющих конструкцию и усиливающих их теплотехническую неоднородность [6]. Очевидно, нужен принципиально иной подход к получению многослойного композиционного материала, обеспечивающего, помимо всех необходимых физико-механических и эксплуатационных свойств (механических, гидротехнических, санитарно-гигиенических и др.),

существенное снижение теплопроводности (не менее чем в 1,5 раза), а также монолитное бесшовное соединение конструктивных слоев.

Одна из особо важных проблем в современной строительной технологии связана с применением пенополистирола (ППС). Еще до недавнего времени эта проблема не была так актуальна, и вызвана она все обостряющейся ситуацией по энергосбережению и возрастающей популярностью полистирола в строительной практике [7, 8]. ППС присущи три отрицательных качества, исходящие из его природы: это пожарная опасность, недолговечность и экологическая опасность. Тем не менее, во всех передовых странах ППС признан как высокоэффективный строительный материал, обладающий уникальными теплофизическими свойствами: низким коэффициентом теплопроводности (близким к теплопроводности воздуха), малой средней плотностью (15 – 50 кг/м³), незначительным водопоглощением (1 – 2%) [9].

Цель настоящей работы — получение термоэффективного строительного материала оптимальной структуры с улучшенными эксплуатационными характеристиками путем совмещения нескольких технологических операций и сокращения общего цикла изготовления композиционного изделия.

Технология изготовления термоэффективных стеновых и теплоизоляционных материалов

Разработана технология изготовления термоэффективных стеновых и теплоизоляционных материалов:

в качестве материалов для формирования конструктивных слоев выбраны газобетонная смесь и суспензионный бисерный полистирол, которые при повышении температуры увеличиваются в объеме: при температурах 35 – 45°C газобетонная смесь вспучивается, увеличиваясь в объеме в 1,3 – 2 раза, а полистирол при температурах свыше 85°C (оптимально при 95 – 100°C) вспенивается с увеличением в 30 и более раз;

материалы конструктивных слоев изделия раздельно укладывали в форму и закрывали крышкой;

формообразование изделия в окончательном виде происходит в процессе термовлажностной обработки в пропарочной камере при температурах 85 – 100°C;

вследствие объемного расширения материалов во время термовлажностной обработки изделия происходит подпрессовывание конструктивных слоев друг к другу, обеспечивая их бесшовное соединение без применения дополнительных скрепляющих

элементов. Для надежного сцепления конструктивных слоев разработаны специальные приемы создания стыковочного соединения и режимы термовлажностной обработки.

В разрабатываемой технологии во время выполнения пропаривания бетона происходят, без внешнего воздействия, в разной последовательности пять технологических операций:

- вспучивание газобетонной смеси;
- вспенивание ППС;
- формообразование изделия;
- взаимное прижатие конструктивных слоев;
- ускорение твердения бетона.

Новому композиционному материалу было присвоено название полистиролгазобетон (ПГБ).

Методика исследований

Экспериментальную отработку технологических параметров и режимов получения, исследование физико-механических свойств термоэффективного материала проводили в соответствии с действующими стандартами на типовом лабораторном оборудовании.

Газобетонную смесь литой консистенции (расплав по цилиндру Суттарда 24 – 26 см) приготавливали в лабораторном бетоносмесителе турбулентного действия со скоростью вращения вертикального вала 750 об./мин. Частичное вспенивание полистирола (до коэффициента вспенивания 8 – 10) производили паром в водяной бане. В подготовленную форму укладываются послойно сначала газобетонная смесь, толщина слоя которой зависит от требуемой прочности композиционного материала, затем на нее засыпается частично вспененный полистирол (неполное вспенивание полистирола для его довспенивания во время термообработки изделия) — двухслойный вариант. При трехслойном варианте на слой полистирола укладывается лист рубероида и затем на него наливается второй газобетонный слой. После окончания формования форма закрывается крышкой, которая жестко фиксируется

Взаимодействия газобетона и ППС рассмотрено с помощью системы анализа изображений, включающей бинокляр МБС-2, состыкованный с персональным компьютером и цветной аналоговой видеокамерой JVC ТК-С1 380.

Результаты экспериментов

В результате разработанной технологии получен термоэффективный композиционный материал из

Физико-механические свойства ПГБ и газобетона

Свойства	ПГБ				Газобетон			
	расчетной плотностью, кг/м ³				расчетной плотностью, кг/м ³			
	300	400	500	600	400	500	700	800
Фактическая средняя плотность, кг/м ³	302	426	491	636	384	504	707	851
Прочность при сжатии, МПа	1,5	2,8	2,6	5,2	1,0	2,0	4,7	7,9
Водопоглощение:								
масс. %	48,7	31,9	28,3	25,0	92,8	72,6	40,4	28,7
об. %	11,9	12,1	12,8	15,6	40,1	35,3	31,5	25,3
Капиллярный подсос, %	19,8	13,8	14,2	8,9	25,3	19,6	18,1	—
Морозостойкость, циклы	35 – 50	50 – 75	50 – 75	75 – 100	5	25	50	75
Теплопроводность, Вт/(м·°С)	0,058	0,060	0,063	0,072	0,088	0,100	0,148	0,175

газобетона и ППС — ПГБ, превосходящий по основным физико-механическим свойствам традиционный ячеистый бетон — газобетон (таблица).

Обращают внимание существенное снижение теплопроводности (при плотности 400 кг/м³ — в 1,47 раза, 500 кг/м³ — в 1,59 раза) и высокая морозостойкость ПГБ, особенно малых плотностей: теплоизоляционный ПГБ плотностью 300 кг/м³ выдерживает 35-50 циклов попеременного замораживания и оттаивания.

Высокую морозостойкость ПГБ можно объяснить тем, что замораживанию подвергается в основном только газобетонный слой, а ППС с водопоглощением менее 1% практически не успевает промерзнуть за цикл замораживания. Так как многослойные ПГБ изготавливали из газобетонной смеси с расчетной плотностью 800 – 900 кг/м³, а переменная плотность ПГБ создавалась изменением толщины бетонного слоя, то следовательно и морозостойкость соответствует этой плотности газобетона. Высокие значения ПГБ по морозостойкости (особенно ПГБ пониженной плотности 300 – 400 кг/м³),

получены потому, что замораживалось мало бетона из-за его тонкого слоя. ПГБ больших плотностей, где больше бетона, имеют относительно (не в абсолютных величинах) меньшую морозостойкость, но все равно больше, чем у обычного ячеистого бетона.

На рис. 1 приведена зависимость коэффициента теплопроводности от плотности разных видов композиционных материалов. Как следует из рис. 1, зависимость теплопроводности от плотности двух- и трехслойных образцов ПГБ, как и следовало ожидать, различается незначительно, так как толщина газобетонного слоя в обоих случаях одинакова. Абсо-

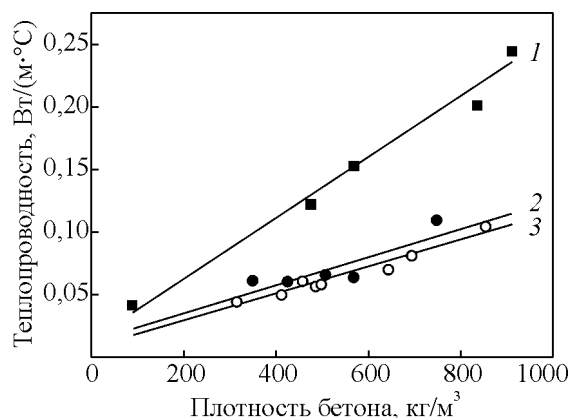


Рис. 1. Зависимость теплопроводности от плотности бетона для образцов: 1 — контрольного газобетона (однослойного), 2 — двухслойного ПГБ, 3 — трехслойного ПГБ.

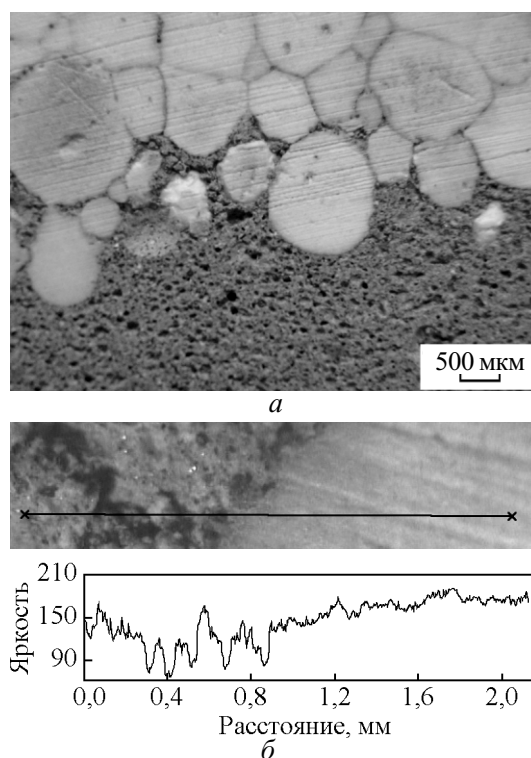


Рис. 2. а — структура образца двухслойного ПГБ, полученного по разработанной технологии, в поперечном сечении, б — характер взаимодействия газобетона с ППС.

лутное значение коэффициента теплопроводности однослойного газобетона и многослойных образцов ПГБ различаются почти вдвое. Такое существенное различие теплопроводности вызвано низкой теплопроводностью ППС слоя. Выполненные исследования показывают, что слоистое строение, без смешивания конструктивных слоев, способствует существенному снижению теплопроводности композиционного материала.

Кривая взаимодействия газобетона и ППС, представленная на рис. 2б, отображает изменение пористости в двухслойном ПГБ при переходе от крупнопористого газобетона к спрессованному полистиролу. Плавность перехода (без резкого скачка на кривой) свидетельствует об отсутствии зазора между ними, а также о получении сплошного, монолитного сечения, что наглядно подтверждается структурой поперечного сечения образцов ПГБ (рис. 2а): гранулы ППС вдавлены в пограничный слой газобетонной смеси.

Обсуждение результатов

Основное отличие композиционного изделия из ПГБ от известных многослойных материалов состоит в том, что отдельные слои в изделии создаются путем объемного расширения газобетонной смеси и полистирола во время тепловлажностной обработки в закрытой форме, в результате чего происходит бесшовное соединение конструктивных слоев.

При возведении стены из трехслойных ПГБ-блоков “проблемный” ППС слой защищен с внутренней и наружной поверхности стены от непосредственного воздействия огня, ультрафиолетовых лучей и окисления газобетонными слоями, что предопределяет долговечность и пожаробезопасность блока.

Варианты возведения стены двухслойными блоками также предусматривают защиту ППС от внешних воздействий. Если стену выкладывают по толщине из одного блока, то пенополистирольный слой располагают с внешней стороны стены и закрывают защитными фасадными покрытиями с различными техническими решениями (кирпич, сайдинг, с гидроизоляционным покрытием, вентилируемым зазором и др.). А внутренний газобетонный слой стены (на который укладывают перекрытия) закрывают отделочным покрытием, например, листами сухой гипсовой штукатурки. Если толщину стены выкладывают из двух двухслойных блоков, то блоки стыкуют друг с другом на клею ППС слоями. В этом случае ППС надежно защищен от агрессивного воздействия внешней среды наружными газобетон-

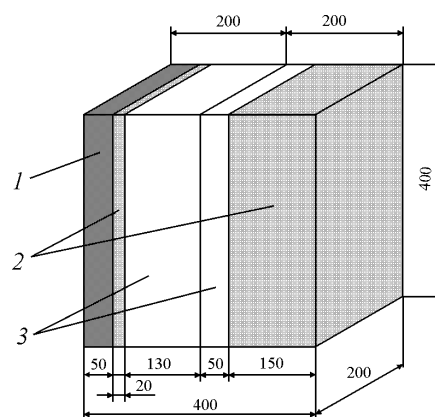


Рис. 3. Схема стыковки двухслойных ПГБ-блоков в кладке: 1 — защитный слой из тяжелого декоративного мелкозернистого бетона, 2 — газобетон, 3 — ППС

ными слоями (как в трехслойном блоке). Причем в блоке, образующем внутреннюю поверхность стены, газобетонный слой имеет толщину, необходимую для обеспечения требуемой несущей способности стены. А в блоке, образующем наружную поверхность стены, бетонный слой может состоять из защитного слоя из декоративного тяжелого мелкозернистого бетона (раствора), газобетонной прослойки (для обеспечения сцепления с пенополистирольным слоем). Общая толщина ППС слоев должна обеспечить требуемую теплозащиту здания (рис. 3).

Представленная технология получения композиционных изделий имеет следующие преимущества:

- не затрачивается энергия на подогрев воды для затворения газобетонной смеси и предварительное вспенивание полистирола;
- исключаются дополнительные элементы для скрепления конструктивных слоев;
- формообразование изделия в закрытой форме улучшает эксплуатационные свойства изделия (уплотнение и упрочнение поверхностных слоев изделия);
- благодаря совмещению операций, снижаются энергетические затраты и сокращаются продолжительность технологического процесса изготовления изделия на 2–3 ч (отсутствие выдержки газобетонной смеси для ее вспучивания и предварительного вспенивания полистирола, ускоренный разогрев изделия в закрытой форме в обжатом со всех сторон состоянии).

Выводы

1. Получен термоэффективный композиционный материал с улучшенными теплофизическими и

эксплуатационными характеристиками, позволяющей возводить ограждающие конструкции зданий в соответствии с требованиями СНиП 23-02-2003.

2. Предложены способы изготовления термоэффективных композиционных строительных изделий путем послышной укладки в форму газобетонной смеси и пенополистирола с последующей тепловлажностной обработкой в закрытой форме (патенты РФ № 2259272, 2286249).

3. Установлено, что благодаря объемному расширению газобетонной смеси и ППС в процессе тепловлажностной обработки происходят без внешнего воздействия, в разной последовательности, пять технологических операций: вспучивание газобетонной смеси, вспенивание полистирола, формообразование изделия, взаимное прижатие конструктивных слоев, ускорение твердения бетона.

Литература

1. Граник Ю.Г. Теплоэффективные ограждающие конструкции жилых и гражданских зданий. Строительные материалы, 1999, № 2, с. 4 – 6.
2. Завадский В.Ф. Комплексный подход к решению проблемы теплозащиты стен отапливаемых зданий. Строительные материалы, 1999, № 2, с. 7 – 8.
3. Рекомендации по применению и проектированию стен зданий из теплоэффективных трехслойных блоков. М.: Изд-во ЦНИИСК им.Кучеренко, 2006, 43 с.
4. Пономарев О.И., Ломова Л.М., Заикин А.Ф. Блоки трехслойные теплоэффективные в малоэтажном строительстве. Строительные материалы, 2007, № 3, с. 48 – 49.
5. Баринова Л.С. Тенденции развития промышленности строительных материалов за рубежом. Строительные материалы, 2004, № 11, с. 2 – 6.
6. Кокшаров В.В., Левин А.В., Дворкина Е.И и др. Изготовление теплых наружных стеновых панелей для жилых домов в Северо-Западном регионе. Строительные материалы, 2000, № 6, с. 4 – 6.
7. Бек-Булатов А.И. Пенополистирол — история создания и долговечность. Строительные материалы, 2010, № 3, с. 92 – 93.
8. Баталин Б.С., Евсеев Л.Д. Эксплуатационные свойства пенополистирола вызывают опасения. Строительные материалы, 2009, № 10, с. 55 – 58.
9. Ясин Ю.Д., Ясин В.Ю., Ли А.В. Пенополистирол. Ресурс старения материала. Долговечность конструкций. Строительные материалы, 2002, № 5, с. 33 – 35.

Статья поступила в редакцию 19.12.2012 г.

***Пак Аврелий Александрович** — Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт химии и технологии редких элементов и минерального сырья им. И.В. Тананаева Кольского научного центра Российской академии наук (г. Апатиты Мурманской обл.), кандидат технических наук, старший научный сотрудник. Специалист в области технологии строительных материалов и изделий. E-mail: pak@chemy.kolasc.net.ru.*

***Сухорукова Раиса Николаевна** — Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт химии и технологии редких элементов и минерального сырья им. И.В. Тананаева Кольского научного центра Российской академии наук (г. Апатиты Мурманской обл.), научный сотрудник. Специалист в области технологии строительных материалов и изделий. E-mail: suhorukova@chemy.kolasc.net.ru.*