

Пак А. А., канд. техн. наук, ст. науч. сотр.,

Сухорукова Р. Н., науч. сотр.

Институт химии и технологии редких элементов и минерального сырья им. И. В. Тананаева  
Кольского научного центра РАН

## СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ СЦЕПЛЕНИЯ КОНСТРУКТИВНЫХ СЛОЕВ В МНОГОСЛОЙНОМ СТРОИТЕЛЬНОМ ИЗДЕЛИИ

[pak@chemy.kolasc.net.ru](mailto:pak@chemy.kolasc.net.ru)

*В результате выполненных исследований предложен способ изготовления многослойных композиционных изделий с тепловлажностной обработкой по «обратному» режиму, обеспечивающему опережающее вспенивание полистирола по отношению к твердению газобетона, вследствие чего повышается сцепление конструктивных слоев и улучшаются эксплуатационные свойства композиционного материала.*

**Ключевые слова:** композиционные изделия, газобетон, пенополистирол, термовлажностная обработка, конструктивный и теплоизоляционный слой, прочность сцепления.

Введение новых требований по теплозащите зданий привело к широкому использованию различных теплоизоляционных материалов. В современной строительной практике одним из самых эффективных, дешевых и технологичных в получении и применении теплоизоляционных материалов является пенополистирол (ППС). В то же время перспективы его применения вызывают острейшие дебаты на страницах технической литературы и различных научных конференциях. Многочисленной армии противников применения полистирола и материалов на его основе, подчеркивающих недолговечность полистирола, пожароопасность, выделение отравляющих веществ при горении и т.д., противостоит не меньшая армия его сторонников, утверждающих, что при использовании качественного сырья, соблюдении технологии, требований пожарной безопасности, контроля производства - это абсолютно безопасный, долговечный материал. В общем объеме применяемых утеплителей изделия из ППС занимают около 80%!

В ИХТРЭМС КНЦ РАН разработана технология многослойных композиционных изделий из полистиролгазобетона (ПГБ), которые по конструктивному исполнению отличаются от известных материалов с ППС. В этих изделиях «проблемный» ППС защищен со всех сторон безопасным негорючим газобетоном, позволяющим значительно уменьшить негативные качества ППС. Однако в процессе исследований нового материала возникли некоторые особенности, специфичные этой технологии.

При изготовлении многослойных строительных изделий возникает проблема прочного монолитного соединения конструктивных слоев, поскольку наличие зазора между слоями приводит к ухудшению эксплуатационных характеристик изделий - возникновению «мостиков холода», повышению водопоглощения, теплопроводности и

т.п. В технологии многослойных изделий на основе пенобетона и полистирола обеспечение прочного соединения конструктивных слоев существенно осложняется по причине разнородности структуры и свойств этих материалов. В этой связи представляется перспективным использовать в рамках единой технологии специфику температурного расширения контактирующих материалов.

Известен способ изготовления многослойного строительного изделия [1], включающий перемешивание компонентов бетонной смеси с водой и газообразующей добавкой, укладку смеси в форму с образованием конструкционного слоя, размещение слоя гранулированного (невспененного или частично вспененного) полистирола на поверхности конструкционного слоя с образованием теплоизоляционного слоя, закрытие формы крышкой и размещение ее в предварительно разогретой до 40-45 °С пропарочной камере. Форму выдерживают при этой температуре в течение 0,3-0,5 ч для вспучивания и начального твердения газобетонной смеси. Затем температуру повышают до 70-95 °С в течение 0,7-0,8 ч для вспенивания полистирола и продолжения твердения газобетонной смеси, после чего в течение 6-8 ч осуществляют одностадийную изотермическую выдержку при этой повышенной температуре для набора прочности газобетона. На последнем этапе тепловлажностной обработки температуру в пропарочной камере снижают до 35-40 °С в течение 3-4 ч.

Известный способ не обеспечивает надежного сцепления полистирола с газобетоном, так как при тепловлажностной обработке сначала вспучивают газобетонную смесь, для чего делается выдержка в течение 0,3-0,5 ч при 40-45 °С, и затем в течение 0,7-0,8 ч продолжают разогрев изделия до 70-95 °С. За эти 1,0-1,3 ч подъема температуры газобетон набирает прочность при сжатии

от 0,02 до 0,15 МПа [2], переходя из вязкопластичного состояния в твердое. Авторами установлено, что давление расширения полистирола при достижении температуры 95 °С приближается к набранной прочности газобетона. Вследствие этого имеет место механическое прижатие контактирующих материалов без взаимного проникновения друг в друга с незначительной прочностью сцепления.

В связи с вышеизложенным, с целью повышения прочности сцепления конструктивных слоев и исключения трещинообразования, представляется целесообразным создать такие условия, чтобы пенополистирол при вспенивании **вдавливается** в вязко-пластичную газобетонную смесь. Это может быть достигнуто таким режимом тепловлажностной обработки, при котором **вначале** вспенивается полистирол, а потом уже вспучивается газобетонная смесь. Как известно, все режимы тепловлажностной обработки бетона ведутся плавным подъемом температуры в тепловом агрегате от низкой - начальной до высшей - изотермической выдержки. При пропаривании композиционного изделия на основе газобетона и пенополистирола по таким режимам неизбежно первоочередное вспучивание газобетонной смеси, т.к. оптимальная температура ее вспучивания находится в пределах 35-45 °С, а оптимальная температура вспенивания полистирола гораздо выше – 95-100 °С.

В результате выполненных экспериментальных исследований, с целью повышения прочности сцепления конструктивных слоев, предложен способ изготовления многослойного композиционного изделия, обеспечивающий опережающее вспенивание полистирола по отношению к вспучиванию и затвердеванию газобетонной смеси. Для этого изделие сразу после окончания формо-

вания, без предварительной выдержки, размещают в пропарочной камере, **предварительно разогретой до 80-85 °С**. Для полного вспенивания полистирола температуру в камере с возможной максимальной скоростью повышают до 95-100 °С. Изотермическую выдержку при повышенной температуре ведут в две стадии, при этом на первой стадии выдержку при 95-100 °С ведут в течение 0,5-0,7 ч, после чего температуру в камере понижают до 70-75 °С в течение 1,0-1,5 ч и производят вторую стадию изотермической выдержки в течение 4-5 ч.

При разогреве до температуры 95-100 °С и выдержке в течение 0,5-0,7 ч на стадии изотермической выдержки изделие прогревается по всему объему и происходит полное вспенивание полистирола, который в условиях закрытой формы впрессовывается в еще не затвердевший газобетон, обеспечивая надежное сцепление между конструкционным и теплоизоляционным слоями изделия.

Известно, что длительное вспенивание и пребывание полистирола при максимальной температуре ведет к ухудшению его технических свойств (усадке, увеличению плотности и т.п.) [3]. Поэтому осуществляется вторая стадия со снижением температуры до 70-75 °С и выдержкой в течение 4-5 ч для набора прочности газобетона при сохранении пенополистиролом его свойств. Понижение температуры в камере до 70-75 °С в течение 1,0-1,5 ч обусловлено необходимостью исключения деструктивных процессов в конструкционном бетонном слое и завершения кондиционирования пенополистирола в теплоизоляционном слое. На рисунке 1 приведены графики тепловлажностной обработки композиционного строительного изделия по предлагаемому способу и по патенту №2286249.

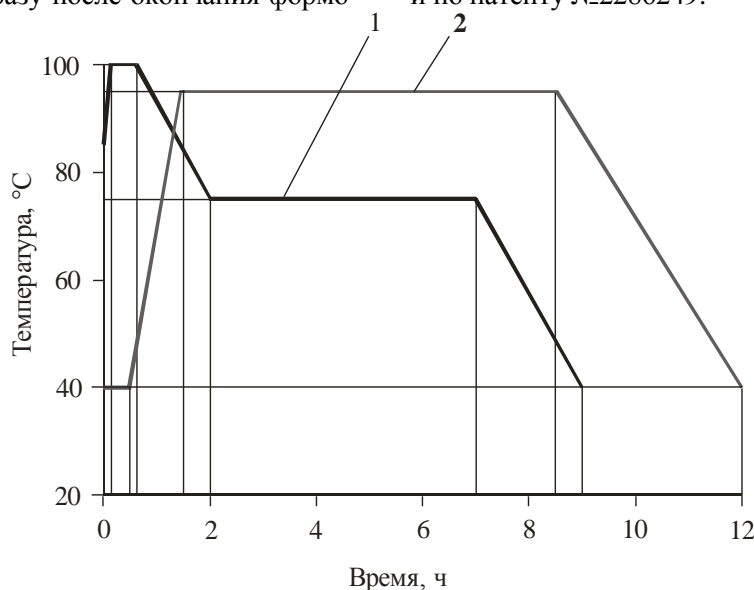


Рис. 1. График термовлажностной обработки композиционного бетона:  
1 - по предлагаемому способу, 2 - по патенту

Прочность сцепления конструкционного и теплоизоляционного слоев изделия определяли в соответствии с ГОСТ 28089-89 «Конструкции строительные стеновые. Метод определения прочности сцепления облицовочных плиток с основанием» с помощью прибора ОНИКС-АП, принцип работы которого основан на измерении усилия отрыва стальных дисков и вычислении соответствующей прочности сцепления. Испытания показали, что в результате опережающего вспенивания полистирола по отношению к твердению газобетонной смеси прочность сцепления конструкционного и теплоизоляционного слоев полистиролгазобетонного изделия увеличивается в 1,9-2,9 раза. При этом продолжительность тепловлажностной обработки может быть сокращена на 2,75 ч.

В таблице 1 приведены результаты испытаний на сцепление газобетона с полистиролом в зависимости от температуры разогрева пропарочной камеры.

Таблица 1

**Прочность сцепления газобетона с полистиролом в зависимости от температуры разогрева пропарочной камеры**

№ п/п	Начальная температура разогрева камеры, °С	Прочность сцепления, МПа
1	20	0,02
2	40	0,04
3	60	0,07
4	80	0,10

В экспериментах для приготовления бетонной смеси использовались следующие компоненты бетонной смеси: портландцемент марки М400D0, известково-песчаное вяжущее активностью по CaO + MgO = 25-32%, золошлаковая смесь из отвала Апатитской ТЭС с насыпной плотностью 1000 кг/м<sup>3</sup> и удельной поверхностью 220 м<sup>2</sup>/кг, алюминиевая пудра марки ПАП-2 и вода водопроводная.

Изготовление композиционного строительного изделия осуществляли путём перемешивания в лабораторном бетоносмесителе турбулентного действия вышеуказанных компонентов, взятых в следующем соотношении, % мас: портландцемент - 25-40; известково-песчаное вяжущее - 10-15; золошлаковая смесь - 45-55, алюминиевая пудра - 0,02-0,06; вода - 48-55 сверх 100% твердых материалов. Приготовленную газобетонную смесь заливали в металлическую форму слоем, толщина которого зависит от заданной прочности готового композиционного изделия. На поверхность сформированного конструкционного слоя засыпают частично вспененный полистирол с коэффициентом вспенивания  $K_{всп} = 8-12$  для образования теплоизоляционного слоя. Толщину слоя полистирола вы-

бирают с учетом требуемой теплопроводности изделия и его средней плотности. Затем форму закрывают крышкой и жестко соединяют стяжными болтами с боковыми стенками. Закрытую форму сразу же помещают в пропарочную камеру, предварительно разогретую до 80-85°С. После герметизации пропарочной камеры в ней повышают температуру до 95-100°С (в наших экспериментах - в течение 0,20-0,25 ч) и осуществляют первую стадию изотермической выдержки при этой температуре в течение 0,5-0,7 ч. Затем производят снижение температуры в камере до 70-75°С в течение 1,0-1,5 ч и осуществляют вторую стадию изотермической выдержки при 70-75°С в течение 4-5 ч, после чего снижают температуру в камере до 30-35°С за 2-3 ч с получением готового композиционного изделия.

Следует отметить, что такой «обратный» режим тепловлажностной обработки композиционного изделия без разрушения структуры бетона, когда прогрев начинается сразу с максимальной температуры, возможен при наличии двух условий:

- изделие формируется в жесткой, закрытой со всех сторон форме, которая исключает внешний тепломассообмен и препятствует объемному температурному расширению компонентов бетонной смеси;

- конструкционный слой образуется из газобетонной смеси, отличающейся высоким водосодержанием и литой консистенцией, благодаря чему она дольше, чем другие виды бетонов, находится в вязко-пластичном состоянии, в котором не закрепляются остаточные деформации.

Таким образом, предложенный режим тепловлажностной обработки позволяет повысить сцепление конструктивных слоев без применения дополнительных средств и улучшить эксплуатационные свойства многослойного композиционного материала.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Пак А.А., Сухорукова Р.Н., Ковалевский В.П., Жумагулов А.С. Способ изготовления многослойного строительного изделия /Патент РФ №2286249, В28В 1/50, СО4В 40/00. Опубл. 27.10.2006. Бюл. № 30, 2006.
2. Пак А.А., Сухорукова Р.Н. Особенности технологии стеновых многослойных изделий из полистиролгазобетона. /Известия ВУЗов. Строительство, 2010. - №5. - С.30-34.
3. Вайсбурд А.М., Тер-Осипянц Р.Г. Применение полистиролбетона в СССР и за рубежом (обзор). /Ташкент: НИИ технической информации и технико-экономических исследований Госплана Уз ССР, 1976. - С.39.