

# СТЕНОВОЙ МОНОЛИТНО-СЛОИСТЫЙ МАТЕРИАЛ ОБЪЁМНОГО ПРЕССОВАНИЯ С ПЕРЕХОДНОЙ ЗОНОЙ И ФАСОННОЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ

**А. Э. Бегляров, А. В. Орлов, А. А. Пташкин**

Московский государственный строительный университет

ООО «Технократ»

г. Москва

Современное состояние развития экономики характеризуется всё возрастающей ролью задач энергосбережения. На отопление зданий и сооружений сегодня расходуется 70% тепловой энергии потребляемой в России. Потери при этом составляют 30% всего расхода теплоресурсов страны или 360 млн.т. условного топлива в год. В связи с этим, весьма актуальной проблемой является разработка высокоэффективных ограждающих конструкций с повышенным сроком службы.

С приходом нового тысячелетия в нашей стране вступили в действие требования второго этапа энергосбережения, определённые СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий» [1]. Согласно им приведённое сопротивление теплопередаче стен, покрытий и перекрытий зданий повышено в 3 – 3,5 раза по сравнению с ранее действующими нормами. Это повлекло за собой переоценку всех существующих конструктивных решений ограждающих конструкций с целью увеличения теплоизоляционных свойств и эксплуатационной долговечности.

При переходе к новым требованиям по теплозащите оказалось неэффективным использование однослойных ограждающих конструкций. Наиболее реальным и перспективным выходом из создавшегося положения представляется создание двух- и трёхслойных материалов с применением высокоэффективных теплоизоляторов, преимущественно волокнистых и пенопластовых. По такому пути идут во многих развитых странах.

Анализ литературных данных показал, что большинство существующих решений стен с утеплителями недолговечны из – за деструкции утеплителя при эксплуатации. Это происходит вследствие накопления конденсата в толще утеплителя или на границе слоёв из – за различных значений их коэффициентов паропроницаемости, что, в свою очередь, ведёт к снижению теплозащитных свойств материалов и скорому выходу их из строя. Кроме этого, связи, объединяющие внешние слои образуют «мостики холода»

снижая, тем самым, коэффициент теплотехнической однородности конструкции и увеличивая дополнительные затраты на их защиту от коррозии. Ещё один недостаток конструкций со связями – повышенная трудоёмкость изготовления из – за раскладки утеплителя вручную и необходимости защиты полимерного материала негорючим минераловатным слоем с целью обеспечения противопожарной безопасности [2].

Одним из наиболее эффективных путей снижения этих недостатков является применение трёхслойных ограждающих конструкций с наружными слоями из конструкционных бетонов (керамзитобетон) и средним слоем из низкотеплопроводных бетонов (полистиролбетон) [3]. Существенным преимуществом таких панелей является снижение расхода рабочей арматуры за счёт передачи нагрузки не только на внутренний несущий слой, а на сечение в целом. Так же происходит уменьшение трудоёмкости изготовления и повышение долговечности.

Технология изготовления данных изделий включает следующие операции: укладка арматуры в подготовленные формы, заливка нижнего конструкционного слоя и среднего слоя из полистиролбетона с уплотнением каждого на вибростоле 30–40 с. При этом, промежуток между укладкой слоёв доходит до 2х часов. После чего идёт укладка конструкционного бетона верхнего слоя с уплотнением 15–20 с. Далее следует выдержка и тепло-влажностная обработка (ТВО).

Столь длительное время технологического цикла (около 3х часов+ТВО) снижает производительность работы предприятия и увеличивает расход энергоресурсов [4]. Так же, при использовании подобных конструкций выявляются такие недочёты, как появление на границах слоёв напряжений, вследствие того, что наружные слои препятствуют свободной усадке среднего слоя. Кроме этого, отсутствует возможность создания фасонных изделий вследствие низкой прочности бетона в соединительных гребнях.

## СТЕНОВОЙ МОНОЛИТНО-СЛОИСТЫЙ МАТЕРИАЛ ОБЪЁМНОГО ПРЕССОВАНИЯ С ПЕРЕХОДНОЙ ЗОНОЙ И ФАСОННОЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ

**Целью данной исследовательской работы** является разработка монолитно-слоистых фасонных изделий с повышенными физико-техническими свойствами и энерго-сберегающей технологии их ускоренного производства, основанной на эффекте самоуплотнения при использовании внутренних потенциальных возможностей полистирола в процессе тепловой обработки.

Исследования проводились на специально разработанных жёстких перфорированных формах из диэлектрического материала. Был осуществлён анализ различных методов тепловой обработки изделий, в ходе которого установили, что для форсирования тепловой обработки самоуплотняющейся массы, обеспечения быстрого и равномерного отжатия воды, необходимо применить приём, позволяющий равномерно прогреть изделие по всему его сечению с определённой скоростью до определённого значения температуры. В этом случае будут созданы условия для беспрепятственного отжатия капиллярной влаги из всей смеси, хорошего её уплотнения и достижения распалубочной прочности за короткий промежуток времени. Таким приёмом оказался электропрогрев. При электропрогреве в форму масса включается в цепь и переменный электрический ток промышленной частоты (50 Гц) пропускается непосредственно через неё. Электрическая энергия в результате сопротивления среды, по закону Джоуля – Ленца, преобразуется в тепловую, и смесь нагревается по заданному режиму, регулирование которого можно осуществлять, изменяя параметры тока [5].

Испытания изделий проводились на образцах стандартного размера 10x10x10 см, при необходимости осуществлялась интерполяция.

Суть разработанной технологии заключается в том, что в перфорированную форму заливается керамзитобетон (внутренний слой), а затем засыпается слой предварительно подвспененного полистирола (отдельно или в смеси с вяжущим) и сверху снова заливается бетонный слой (наружный слой). Форма закрывается крышкой и масса подвергается электропрогреву через металлические электроды, расположенные на противоположных сторонах формы. При температуре выше 80 °С полистирол вспенивается и осуществляется приштамповывание слоёв друг к другу, позволяющее достоверно передать поверхность используемой матрицы. Избыточное давление, вызванное тепловым воздействием, доведёт количество воды затворения механическим отжатием до значений, близких к теоретически необходи-

мым для гидратации вяжущего, создав более прочную структуру бетона и ускорив его тепловую обработку [6]. При этом материал уплотняется на величину объёма удалённой влаги, исчезает капиллярная пористость и повышается прочность межпоровых перегородок.

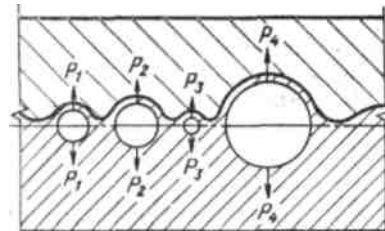


Рисунок 1 – Модель возникновения переменного поля давлений на границе наружного и теплоизоляционного слоёв в процессе уплотнения масс на полистироле, фрагмент сочленения слоёв после окончательного вспенивания полистирола

При уплотнении на стыке двух слоёв создаётся переменное поле давлений (рисунок 1), образующееся из-за различия степени вспенивания различных фракций полистирола. Это обстоятельство позволяет создать развитую удельную поверхность, способствующую прочному сцеплению и хорошей совместной работе монолита. При этом происходит проникновение в пенопласт керамзитобетона, так как при вспенивании полистирола наблюдается втапливание его в керамзитобетон. Таким образом, за один технологический приём, происходит уплотнение и создаётся переходный слой, способствующий лучшей работе изделия вследствие размытия температурных напряжений, возникающих на границах слоёв в трёхслойных материалах при эксплуатации.

Механизм фильтрационного влагопереноса, происходящий при тепловом воздействии, в целом, можно описать следующим образом. Усилие расширения полистирола передается и распределяется через прослойки минерального компонента, заполняющего все межзерновое пространство смеси. Под воздействием этого усилия из поровых ячеек и капилляров отжимается, свободная вода, способствуя сближению частиц твердой фазы, в результате чего и происходит уплотнение смеси. Однако процесс отжатия воды постепенно прекращается, так как с ростом плотности мембран и сужением каналов растёт сопротивление перемещению воды в смеси вплоть до его полного прекращения (при наступлении равновесия между гидростатическим давлением и сопротивлением движению воды) [7, 8].

Большую роль при самоуплотнении масс и фильтрации жидкости сквозь пористую систему играют температурные градиенты, возникающие в объеме изделия во время проведения тепловой обработки.

Пенопластовый средний слой помимо теплоизоляции обеспечивает восприятие сдвигающих усилий при работе материала на изгиб. Для получения необходимой прочности и жесткости этого участка использовался полистирол более крупных фракций (1 – 2 мм). Толщину слоя необходимо назначать исходя из технологического и статистического расчетов, а также и конструктивных требований.

На рисунке 2 изображён образец монолитно – слоистого изделия с чётким изображением переходной зоны.

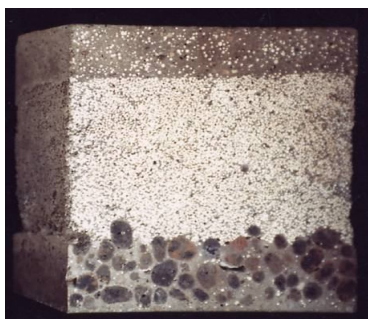


Рисунок 2 – Изображение слоистого монолитного материала с переходной зоной

Использование предлагаемой технологии позволяет отказаться от вибрирования свежесложенной смеси и при относительно низком давлении, создаваемом внутри массы, получать равномерную плотность и прочность по всему объёму изделия, которые недостижимы при её формовании виброуплотнением. Также, способность самоуплотняющихся масс выжимать через перфорацию форм воду затворения открывает возможность для использования литых смесей, что позволяет заполнять массой опалубку для монолитных конструкций без использования принудительных средств. Вследствие наличия фасонной поверхности происходит сокращение тепловых потерь ввиду уменьшения площади мостиков холода. Создание переходной зоны исключает резкий перепад значений паропроницаемости соседних слоёв и препятствует выпадению большого количества конденсата. Изделия, получаемые данным способом, не ограничены в выборе конфигурации и объёма.

В таблице 1 дано сравнение показателей производства предлагаемых изделий и традиционных трёхслойных панелей со средним слоем из полистиролбетона. В качестве

несущих слоёв использовался тяжёлый бетон.

Основываясь на вышеизложенном, можно сделать вывод, что создание монолитно-слоистых изделий по скоростной технологии методом объёмного прессования взамен традиционных трёхслойных изделий создаёт существенные преимущества и является весьма перспективным для строительной индустрии.

Основные идеи научной работы защищены приоритетной справкой № 2010126889 выданной Федеральной службой по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам. В настоящее время поданная заявка положительно прошла формальную экспертизу и находится в процессе рабочей переписки при проведении экспертизы по существу.

Таблица 1 – Сравнение свойств изделий

Свойства	Монолитно-слоистые изделия	Трёхслойные панели со средним полистиролбетонным слоем
Средняя плотность, кг/м <sup>3</sup>		
Теплоизоляционного слоя	30 – 50	200 – 600
Плотных слоёв	2300 – 2500	2300 – 2500
Предел прочности при сжатии, МПа	0,12 – 0,29	0,64 – 1,0
Теплоизоляционного слоя	25,3 – 35,5	21,1 – 29,6
Плотных слоёв		
Теплопроводность, Вт/м °С		
Теплоизоляционного слоя	0,036 – 0,04	0,082 – 0,131
Плотных слоёв	1,88 – 1,92	1,85 – 1,9
Расход энергии на 1 м <sup>3</sup> изделий, кг пара	75	154
Время технологического цикла, ч	7	15

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СНиП 23-02-2003 «ТЕПЛОВАЯ ЗАЩИТА ЗДАНИЙ»
2. Пугач Е.М. Технология изготовления трёхслойных блоков для возведения энергоэффективных ограждающих конструкций. Дисс.... канд. тех. наук. – М., 122 стр., 2005
3. Король Е.А. Трёхслойные ограждающие железобетонные конструкции из лёгких бетонов и особенности их расчёта. – М.: АСВ, 256 стр., 2001
4. Бегляров А.Э., Соков В.Н., Белоусов С.В. Высокотемпературные т/и материалы синтезируемые в гидротеплосиловом поле, «Сборник научных трудов ИСА МГСУ», М., 2009
5. Абрамов В.С., Данилов Н.Н., Красновский Б.М., Электротермообработка бетона, М., 1975
6. Бегляров А.Э. Новые энергоэффективные монолитно-слоистые материалы с переходным слоем, М., НТТМ-2010, 2010.
7. Мишин В.М., Соков В.Н. Теоретические и технологические принципы создания теплоизоляционных материалов нового поколения в гидротеплосиловом поле. – М.: Молодая гвардия, 2000.
8. Соков В.Н., Мишина Г.В. Самоуплотнённый гипсополистиролбетон. – М.: МПА, 1999.