

УДК 621.186.4:543.7

*А. Г. Тарасова, А. А. Алалыкин,
Р. Л. Веснин, Е. С. Широкова*

НОВЫЕ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ НЕОРГАНИЧЕСКОГО СВЯЗУЮЩЕГО

В основе строительства жилых и производственных помещений всегда лежали требования пожарной безопасности. Следовательно, всегда останется необходимость в экологически- и пожаробезопасной теплоизоляции. Целью данных исследований является создание теплоизоляционного материала на основе неорганического полимера (жидкого стекла).

Для достижения поставленной цели было необходимо разработать варианты композиций, при относительно невысокой стоимости, устойчивые к горению и биологическому воздействию и провести исследование полученных материалов.

Образцы композиций исследовали на сжатие по ГОСТ 8462-85 «Материалы стеновые. Методы определения пределов прочности при сжатии и изгибе», определяли их теплопроводность измерителем теплопроводности материалов «МИТ-1», оценивали их влагостойкость и поведение в пламени горелки.

В статье приводятся результаты исследований теплоизоляционных материалов, в основе которых неорганическое связующее – жидкое стекло. Исследовались материалы, полученные тремя способами: вспененные материалы, пористая структура которых получена методом химического вспенивания; вспененные материалы, пористая структура которых получена методом механического вспенивания, монолитные материалы.

Ключевые слова: теплоизоляционный материал, жидкое стекло, вспенивание, микросферы.

Ежегодно в нашей стране происходит много пожаров, например, по данным статистики МЧС России в 2015 г в жилом секторе (жилые дома,

общежития, дачи, садовые домики, надворные постройки и т. п.) произошло 72779 пожаров, в которых погибли или были травмированы люди [2]. Известно, что при возгорании огромный вред здоровью людей оказывают продукты горения полимерных материалов, в том числе теплоизоляции. Поэтому важно использовать для утепления зданий использовать негорючие теплоизоляционные и другие материалы. В настоящее время существуют следующие виды негорючих утеплителей: базальтовая и стекловата, пеностекло.

Особый интерес представляют теплоизоляционные материалы на основе неорганических полимеров. В частности, возможно использование так называемого «жидкого стекла», которое по своей природе представляет истинный раствор неорганических полимеров.

Теплоизоляционные материалы, получаемые на основе жидкого стекла, экологически чистые, не горючие, в отличие от органических материалов, не дают усадку при эксплуатации, в отличие от стекловолокна. Технология изготовления теплоизоляционного материала из такого неорганического полимера достаточно простая и не требует сложного оборудования. В качестве наполнителя данного материала можно использовать стеклянные микросферы, они имеют низкий коэффициент теплопроводности и хорошее сродство к жидкому стеклу.

Материалы на основе жидкого стекла – группа высокопористых материалов, продукт термического или химического вспучивания гидратированного растворимого стекла (гидратированных щелочных силикатов).

Жидкое стекло (ГОСТ 13078-81) – это раствор стеклообразных щелочных силикатов натрия или калия, реже лития. Наиболее дешёвым является натриевое жидкое стекло. По своей природе жидкое стекло представляет истинный раствор неорганических полимеров [1].

В качестве наполнителей теплоизоляционных материалов использовали вещества, которые имеют хорошее сродство к жидкому стеклу (белая сажа,

стеклянные микросферы, стекловолокно, каолин), вещества. Кроме этого в качестве наполнителей вводили отходы некоторых производств с целью их утилизации (лигнин, шлам металлургического комбината). Для придания образцам получаемых теплоизоляционных материалов большей прочности использовали волокнистые наполнители (асбест).

Особенно интересно использование микросфер. По составу их можно классифицировать на керамические, стеклянные, алюмосиликатные и др. Одним из достоинств этих материалов является очень низкий коэффициент теплопроводности и хорошая адгезия к различным связующим, то есть микросферы являются прекрасным наполнителем для теплоизоляционных материалов.

Полые стеклянные микросферы представляют собой тонкостенные шарики диаметром 20-160 мкм и толщиной стенки менее 2 мкм. Состав стекла и почти правильная сферическая форма микросфер обеспечивают их очень высокую прочность при сжатии, низкое водопоглощение, малую теплопроводность, высокую химическую стойкость [3].

В качестве методов испытания для образцов теплоизоляционных материалов были выбраны испытания на прочность при сжатии, испытания на теплопроводность, влагостойкость и горючесть. Подобный выбор объясняется тем, что качественная теплоизоляция должна быть достаточно прочной, чтобы выдерживать механические нагрузки, которые возникают при монтаже и эксплуатации, иметь низкую теплопроводность. Теплоизоляция не должна впитывать воду и разрушаться от нее и должна быть негорючей, чтобы обеспечить пожаробезопасность. Коэффициент теплопроводности и прочность оценивали только у образцов, свойства которых вызывали особый интерес.

Чтобы обеспечить низкий коэффициент теплопроводности композиций на основе неорганического полимера, нужно создать в объеме готового изделия воздушные полости. Это можно сделать путем механического вспенивания

массы, путем химического вспенивания или используя наполнитель, который сам имеет воздушные полости (полые микросферы).

Поскольку механическое вспенивание – простой и экономически выгодный способ создания теплоизоляционных материалов, вначале была отработана технология получения образцов именно этим методом.

За основу приняли рецептуру, представленную в таблице 1.

Таблица 1

**Ингредиенты, необходимые для приготовления
газонаполненного материала**

Ингредиент	Количество, % масс.
Жидкое стекло	80-85
Отвердитель кремнефтористый натрий	9-11
Пенообразователь ПБ-2000	0,8-1,2
Наполнитель	2-4
Вода	3-4

Технология изготовления включает в себя механическое перемешивание и вспенивание, помещение массы в формы, сушку. Результаты исследований образцов на сжатие представлены в таблице 2.

Таблица 2

Результаты испытаний образцов на сжатие

Вид наполнителя	Особенности внешнего вида образца	Предел прочности при сжатии, МПа	Плотность, г/см ³
Каолин	Неравномерная пористость, трещины	0,02	0,11
Лигнин	Поры средние, неравномерные	0,02	0,08
Асбест	Хрупкий, мелкие поры	0,03	0,09
Стекловолокно	Мелкие поры	0,05	0,12
Шунгит	Очень крупные поры	0,07	-
Шлам + трилон Б	Мелкие поры, трещины	0,07	0,17

Без наполнителя	Хрупкий, средние поры. Форма искажена	0,08	-
Белая сажа	Крупные поры	0,11	0,10
Белая сажа + трилон Б	Плотный, имеются трещины	0,19	0,11

Из результатов испытаний видно, что наибольшую прочность при сжатии имеют образцы с белой сажой в качестве наполнителя, особенно с добавлением трилона Б, затем идут образцы без наполнителя, со шламом и трилоном Б. Самую низкую прочность имеют образцы с каолином в качестве наполнителя.

Зависимости между плотностью и прочностью образцов не наблюдается.

Поскольку лучшими свойствами обладали образцы с белой сажой и трилоном Б, определили их коэффициент теплопроводности. Результаты испытаний образцов на теплопроводность представлены в таблице 3.

Таблица 3

Результаты испытаний на теплопроводность

Образец	Плотность, кг/м ³	Значение коэффициента теплопроводности, Вт/(м·К)
Теплоизоляционный материал с наполнителем белая сажа и модифицирующей добавкой трилон Б	207	0,0691
	215	0,0722
	273	0,0824

Таким образом, полученный теплоизоляционный материал имеет довольно низкую теплопроводность, достаточную для использования по назначению (подобные значения теплопроводности имеет утеплитель – минеральная вата). С увеличением плотности увеличивается значение коэффициента теплопроводности, что можно объяснить уменьшением количества пор в материале.

При внесении в пламя образца газонаполненного материала с неорганическим наполнителем не наблюдалось дыма, образец почти не потерял форму (вначале было небольшое растрескивание зоны, непосредственно

подвергшейся воздействию пламени – из-за резкого повышения температуры до 1000° С). Материал не горит в пламени и после его удаления. Наблюдается только небольшое оплавление. Все образцы можно отнести к категории негоряемые.

Таким образом, материалы полученные методом механического вспенивания имеет хорошую теплоизолирующую способность, но низкую прочность и влагостойкость. Кроме того в ходе работы выяснилось, что качество таких материалов очень зависит от качества жидкого стекла, что очень неудобно для масштабирования производства. Для того, чтобы свойства получаемых материалов не зависели от качества жидкого стекла, были разработаны монолитные материалы, воздушные полости в которых получали за счет введения в состав полых микросфер.

Монолитные композиционные материалы на основе жидкого стекла обладают лучшей влагостойкостью и прочностью, чем газонаполненные материалы. Для снижения теплопроводности монолитных материалов использовались наполнители, имеющие низкий коэффициент теплопроводности: микросферы и крошку полимерных материалов.

Образцы изготавливали, смешав навеску отвердителя с жидким стеклом до исчезновения комочков, постепенно добавляли наполнитель, до получения плотной, эластичной, однородной массы. Затем выливали массу в форму. После сушки в течение суток при комнатной температуре раскрывали форму и продолжали сушку ещё в течение нескольких дней. Состав композиций приведен в таблице 4.

Таблица 4

Состав монолитных композиционных материалов

Ингредиент	Количество, % масс.
Жидкое стекло	55-75
Кремнефтористый натрий	7-9
Наполнитель	17-35

Монолитные материалы на основе жидкого стекла очень прочные (прочность при сжатии более 2 МПа), влагостойкие и гораздо менее «капризные» к качеству жидкого стекла, их можно готовить из жидкого стекла с низким силикатным модулем.

Однако такие образцы имеют очень высокую теплопроводность. Чтобы решить эту проблему, нами была разработана композиция, пористость которой увеличивали за счет химического вспенивания.

В качестве вспенивающих агентов были выбраны алюминиевая пудра, перекись водорода. Алюминиевая пудра при смешивании с жидким стеклом не вступила в реакцию, поскольку производитель, видимо, нанес на нее слой смазки. Состав композиций приведен в таблице 5

Таблица 5

Состав композиций, полученных методом химического вспенивания

Ингредиент	Количество, %
Жидкое стекло	65-75
Кремнефтористый натрий	8-10
Стеклоферы	10-22
ПБ-2000	0-1
Перекись водорода 30 %	5-10

Образцы готовили одинаково: смешивали навеску отвердителя с жидким стеклом до исчезновения комочков, добавляли поверхностно активное вещество ПБ-2000 (способствует лучшему пенообразованию), постепенно вводили наполнитель, перемешивали до получения однородной массы. Добавляли перекись водорода, тщательно перемешивали, выливали массу в форму. После сушки в течение суток при комнатной температуре раскрывали форму и продолжили сушку ещё в течение нескольких дней.

Для того, чтобы подобрать соотношение стеклофер, перекиси водорода в композиции, были приготовлены образцы, состав которых представлен в таблице 6.

Таблица 6

**Состав и свойства композиций для приготовления образцов
с перекисью и стеклосферами**

Ингредиент	Количество, %		
	Образец №1	Образец № 3	Образец № 4
Жидкое стекло	72,2	64,6	64,6
Кремнефтористый натрий	9,4	8,4	8,4
Стеглосферы	11,7	15,7	21,0
ПБ-2000	0,8	0,7	0,7
Перекись водорода 30 %	5,9	10,5	5,2
Особенности внешнего вида	Отсутствие трещин, прочный, ровный, равномерные поры	Отсутствие трещин, прочный, равномерные поры	Отсутствие трещин, прочные, ровный
Плотность, г/см ³	0,21	0,16	0,27
Прочность при сжатии, МПа	-	-	0,85
Водостойкость	Хорошая	Плохая	Хорошая
Поведение в пламени	Несгораемый	Несгораемый	Несгораемый

Образец удвоенным содержанием перекиси имел несколько меньшую плотность, но отличался большей хрупкостью и худшей влагостойкостью, следовательно, увеличение содержания перекиси водорода в композиции не целесообразно. Образец с удвоенным содержанием наполнителя (стеклосферы) выглядел более прочным, поэтому увеличение содержания наполнителя имеет смысл. Все образцы при внесении в пламя не загорались и не выделяли дыма.

Чтобы выбрать микросферы, были изготовлены образцы со стеклянными микросферами диаметром 150 мкм, 500 мкм. Состав композиций представлен в таблице 7.

Таблица 7

Состав композиции для приготовления образцов

Ингредиент	Количество, %	
	Стеглосферы 150 мкм	Стеглосферы 500 мкм

Химические науки

Жидкое стекло	51,5	65,1
Кремнефтористый натрий	6,7	8,5
Наполнитель	37,6	21,1
Перекись водорода	4,2	5,3
Особенности внешнего вида	Неравномерные поры, прочный, трещины	Равномерные поры, есть трещины
Плотность, г/см ³	0,25	0,25
Теплопроводность, Вт/(м·К)	0,0694	0,0687
Водостойкость	Хорошая	Хорошая
Поведение в пламени	Несгораемый	Несгораемый

Из таблицы видно, что введение сфер большего диаметра не уменьшает теплопроводность готового изделия, следовательно, нецелесообразно.

Таким образом, в ходе исследований были созданы и отработаны три рецептуры получения теплоизоляционного материала на основе неорганического полимера: вспененные материалы, пористая структура которых получена методом химического вспенивания; вспененные материалы, пористая структура которых получена методом механического вспенивания, монолитные материалы.

В ходе работы было исследовано влияние на свойства получаемых материалов различных видов наполнителей и модифицирующих добавок. Показана перспективность использования полученных теплоизоляционных материалов в качестве наружной теплоизоляции жилых и производственных помещений, поскольку такая теплоизоляция является негорючей, следовательно, она безопаснее применяемой обычно теплоизоляции на основе пенополистирола и карбамидоформальдегидных смол.

Список литературы

1. Материалы на основе вспученного жидкого стекла // Мастерская своего дела URL: <http://msd.com.ua/tehnologiya-teploizolyacii/materialy-na-osnove-vspuchennogo-zhidkogo-stekla/> (дата обращения: 9.10.15).

2. Пожары 2015 год // МЧС России. URL: <http://www.mchs.gov.ru/folder/4026801> (дата обращения: 30.01.2017).

3. Полые стеклянные микросферы // НПО «Стеклопластик». URL: http://www.advtech.ru/npostekloplastik/prod3_stekl_microsfery.php (дата обращения: 04.11.15).

ТАРАСОВА Анна Геннадьевна – магистрант II курса, Вятский государственный университет. 610000, г. Киров, ул. Московская, 36.

E-mail: tarasovanura@ya.ru

АЛАЛЫКИН Александр Алексеевич – кандидат химических наук, инженер, Вятский государственный университет. 610000, г. Киров, ул. Московская, 36.

E-mail: al-wood@list.ru

ВЕСНИН Роман Леонидович – кандидат технических наук, доцент кафедры химии и технологии переработки полимеров, Вятский государственный университет. 610000, г. Киров, ул. Московская, 36.

E-mail: vesninroman@mail.ru

ШИРОКОВА Евгения Сергеевна – кандидат химических наук, доцент кафедры химии и технологии переработки полимеров, Вятский государственный университет. 610000, г. Киров, ул. Московская, 36.

E-mail: clevergirl@mail.ru, 8-961-567-34-94.