

КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОГНЕЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЙ ДЛЯ ПЕНОПОЛИСТИРОЛЬНЫХ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

С.И. Боровик, И.П. Палатинская, А.И. Солдатов

Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск, Россия

В настоящей работе представлены результаты исследований по снижению пожарной опасности теплоизоляционных пенополистирольных материалов (ППС) путем нанесения огнезащитных покрытий двумя способами: поверхностным – образующим на поверхности объекта защитный слой, и объемным – пропитывающий состав проникает внутрь структуры материала. В качестве огнезащитных покрытий применялись водные композиции неорганических веществ, в качестве добавок к ним – негорючие вещества минерального происхождения. Для исследования применялись образцы, изготовленные из плит пенополистирола марок ППС-20 (по ГОСТ 15588-2014) или ПСБ-С-25-самозатухающий (по ГОСТ 15588-1986). Изучены особенности поведения материала, обработанного огнезащитными составами, при испытаниях на горючесть, воспламеняемость, дымообразование. Предложены критерии оценки эффективности применения огнезащитных покрытий для ППС.

Ключевые слова: пенополистирол, пожароопасность, критерии оценки, время самостоятельного горения, степень выгорания, сажеобразование.

В соответствии с Федеральным законом № 384-ФЗ [1] к теплозащите зданий предъявляются жесткие требования, исключаящие в процессе эксплуатации нерациональный расход энергетических ресурсов. Это обуславливает повсеместное использование в строительстве улучшенных видов и разработку новых теплоизоляционных материалов. Поэтому массовое строительство как жилых, так и нежилых объектов в нашей стране с применением теплоизоляционных плит из ППС за последние годы увеличивается. ППС – это один из лучших теплоизоляционных материалов, который обладает рядом преимуществ по сравнению со стекловатой, каменной ватой и другими традиционными теплоизолирующими материалами. Так, по данным Ассоциации производителей и поставщиков пенополистирола, применение материала с 2010 года в России увеличилось до полутора раз [2] и продолжает расти.

ППС – это класс материалов, представляющий собой вспененные пластические массы [2]. Основными достоинствами материала являются низкая теплопроводность, водонепроницаемость, прочность, звукоизоляция, легкость в обработке, низкий вес плит и низкая стоимость.

Однако, несмотря на достоинства ППС, в сравнении с другими изоляционными материалами он обладает существенными недостатками – является материалом с высокими показателями пожароопасности, токсичности, дымообразования, разрушается под действием прямых ультрафиолетовых лучей, эфиров, кетонов, хлорированных и ароматических углеводородов, набухает в бензине и маслах [3, 4].

Пенополистирол отличается от обычных твердых материалов. Основным объемом в нем зани-

мает газ (соотношение С:Н \approx 1:1). Поэтому ППС легко загорается, горит интенсивно с выделением токсичных продуктов, образующихся при их неполном сгорании [4–9].

Применение плит пенополистирольных теплоизоляционных в России регламентируется ГОСТ 15588-2014 [10], и с вводом его в действие с 01.06.2015 ужесточились требования пожарной безопасности в области их применения. Для плит должны быть определены следующие пожарнотехнические показатели: группа горючести – Г, группа воспламеняемости – В, группа по токсичности продуктов горения – Т, группа по дымообразующей способности – Д, время самостоятельного горения. Допускается применение плит ППС для теплоизоляции наружных ограждающих конструкций, тепловой защиты отдельных элементов строительных конструкций и промышленного оборудования при отсутствии контакта плит с внутренними помещениями, а также в фасадных теплоизоляционных композиционных системах с наружными штукатурными слоями.

Следовательно, в соответствии с ГОСТ 15588-2014 [10] легкий и прочный теплоизоляционный материал пенополистирол, обладающий наилучшими показателями теплопроводности ($\lambda = 0,030–0,052$ Вт/м² [11]) при низкой плотности, не может применяться во внутренних ограждающих конструкциях, а только в наружных. Считается, что тогда пожарная опасность такого материала должна быть минимальной.

Однако статистика причин пожаров [13], а также проведенные исследования [4–9] установили, что главная опасность наружных фасадных систем с пенополистирольными плитами – их способность к распространению огня на выше- и ни-

Строительные материалы и изделия

жерасположенные этажи здания, когда пламя вырывается на его фасад.

Это подтверждается исследованиями ФГБУ ВНИИПО МЧС России [13], в соответствии с которыми утеплитель воспламеняется, как правило, уже через 3–4 мин с момента начала одностороннего теплового воздействия по режиму «стандартного» пожара, после чего имеет место скрытое распространение огня по утеплителю внутри конструкций. Горение и разложение полистирола в панелях стен сопровождается образованием высокотемпературного плава, обильным выделением дыма и токсичных продуктов горения и продолжается практически до полного выгорания утеплителя даже при удалении источника теплового воздействия на конструкции.

Таким образом, поиск путей снижения пожароопасности теплоизоляционных пенополистирольных плит продолжает оставаться актуальным.

При определении группы горючести пенополистирола по ГОСТ 15588-2014 [10] установлено, что при горении образцов начинает активно образовываться плав уже с третьей секунды нахождения образца в пламени. В соответствии с требованиями ГОСТ 30244-94 [14], предъявляемыми к нормальногорючим материалам (группа горючести ГЗ), для материалов, относящихся к группам горючести Г1–ГЗ, не допускается образование горящих капель расплава при испытании. Следовательно, данная методика не позволяет сопоставить пожароопасные свойства ППС с другими твердыми строительными материалами.

Для твердых строительных материалов определяется показатель по ГОСТ 30444-97 [15] – группа по распространению пламени, оцениваемая по величине теплового потока, при которой прекращается распространение пламени. При этом образец должен находиться в испытательной камере в факеле горелки не менее 10 мин. Для ППС это невозможно из-за его быстрого превращения в плав, что вызвано особенностями его структуры. Поэтому для оценки горючести ППС по ГОСТ 15588-2014 применяется показатель «время

самостоятельного горения», который оценивают по промежутку времени, в течение которого образец продолжает гореть после удаления его из пламени горелки. Для ППС он определен всего в 4 с после воспламенения образца. Поэтому существующие методы оценки эффективности огнезащитных покрытий для твердых материалов не позволяют достоверно оценить защитные свойства покрытия у пенополистиролов. Для определения эффективности применения огнезащитных составов целесообразно разработать критерии, позволяющие оценить пожароопасные свойства ППС в сравнении с обычным строительным материалом.

Подбор критериев должен базироваться на оценке пожароопасности пенополистиролов и на нормативных требованиях, предъявляемых к определению пожарно-технических показателей строительных материалов.

Анализ требований в соответствии с действующими нормативными требованиями пожарной безопасности [1, 10, 13–17] для строительных материалов по определению и проверке пожарно-технических показателей (ПТП) выявил существенные отличия проведения оценки стойкости к горению для плит ППС по сравнению с твердыми горючими строительными материалами (табл. 1).

Проведенные авторами экспериментальные исследования по оценке горючести и воспламеняемости образцов материала ПСБ-С-25 плотностью 20 кг/м³ (данная плотность ПСБ соответствует марке ППС-20 по ГОСТ 15588-2014 [12, 18–20]) выявили, что при горении пенополистирол быстро воспламеняется и активно плавится. Плав горит, усиливает и ускоряет процесс горения. Это соответствует показателям Г4 (сильногорючие) и ВЗ (легковоспламеняемые) и совпадает с результатами экспериментальных исследований по пожароопасности пенополистиролов, изложенными в работах [5–9, 13].

Для снижения пожарной опасности пенополистирола в настоящей работе использовали методы поверхностной и объемной пропитки материала [19, 21]. Поверхностные огнезащитные покрытия

Таблица 1
Требования нормативных документов к определению пожарно-технических показателей пенополистиролов

ГОСТ 12.1.044-89* [16]	Нормативный документ	
	Плиты ППС	Твердые горючие строительные материалы
Группа горючести (Г)	ГОСТ 30244-94 [14]	
Группа воспламеняемости (В)	ГОСТ 30402-96 [17]	
Группа по токсичности продуктов горения (Т)	ГОСТ 12.1.044-89* [16]	
Группа дымообразующей способности (Д)	ГОСТ 12.1.044-89* [16]	
Стойкость к горению – оценка способности материала воспламениться, выделять тепло и распространять пламя по поверхности при воздействии внешнего теплового потока	по ГОСТ 15588-2014 [10]	ГОСТ 30444-97 [15]
	Время самостоятельного горения: после 4 с нахождения образца в пламени горелки	Группа распространения пламени: после 10 мин нахождения образца в специальной камере в пламени горелки

наносили на поверхность образцов кистью, а объемную пропитку осуществляли в автоклаве. Для проведения испытаний использовали 24 образца из пенопласта с размерами $(140 \times 30 \times 10) \pm 1$ мм. Объемная пропитка осуществлялась в автоклаве по следующим режимам: температура пропитки – 21 °С, величина вакуума – –1 атм, продолжительность вакуумирования – 5 мин, продолжительность пропитки – 5 мин, давление в автоклаве – 6 атм. Образцы независимо от способа защиты подвергали сушке в течение 24 часов при комнатной температуре. Свойства образцов пенополистирола для нанесения защитных покрытий представлены в табл. 2.

В качестве огнезащитных покрытий применены водные композиции неорганических веществ, применяемые как жаропрочные и жаростойкие связующие при изготовлении цементов, красок: жидкое стекло, натрий кремнефтористый, ортофосфорная кислота. В качестве добавок в водные композиции использовались негорючие вещества минерального происхождения: карбонат кальция, оксид магния, полисорб (табл. 3).

Растворы на основе жидкого стекла и ортофосфорной кислоты наносили поверхностным способом и объемным. Растворы на основе натрия кремнефтористого только поверхностным способом.

Известно, что горение пенополистирола происходит в трех агрегатных состояниях – твердое вещество, жидкость (плавящиеся горящие капли) и газ (продукты деструкции и горения) [3–9, 12, 13].

Поэтому для оценки эффективности огнезащитных покрытий при сжигании образцов были предложены следующие критерии: степень выгорания образцов, σ %, время самостоятельного горения образца после 10 с нахождения его в пламени горелки, образование плава и контроль продуктов сгорания.

Степень выгорания образцов предложено определять по изменению площади образца при сжигании его в течение 10 с. Время самостоятельного горения предложено оценивать после 10 с нахождения образца в пламени горелки, что в 2,5 раза превышает время нахождения образца в пламени горелки в соответствии с требованиями ГОСТ 15588-2014 [10].

Образование плава оценивалось визуально: (++) – сильный, (+) – средний, (–) – отсутствует.

Контроль продуктов сгорания в отходящих газах предложено проводить по содержанию фенола [22], формальдегида [23] и сажи. Оценка сажеобразования проводилась по сопоставлению изменения интенсивности цвета фильтра в соответствии со шкалой «Градация серого» [24] (цвет фильтра: (+) черный; (±) серо-черный; (–) серый).

На основании анализа экспериментальных исследований, представленных в табл. 4, можно считать, что из числа исследованных материалов наиболее эффективными огнезащитными композициями являются композиции № 1, 3, 6, 7, 8, 12, табл. 3. Так, например, образцы, обработанные огнезащитными композициями № 1, 3, 6, 8, в сравнении с исходным необработанным образцом

Таблица 2

Свойства исходных образцов пенополистирола

№ п/п	Наименование показателей	35/4
		Марка ПСБ-С-25
1	Плотность, кг/м ³	20,0
2	Прочность на сжатие при 10 % линейной деформации, МПа, н/м	0,1
3	Предел прочности при изгибе, МПа, н/м	0,18
4	Теплопроводность в сухом состоянии при (25 ± 5) °С, Вт/(м·К), н/б	0,039
5	Влажность, %, н/б	12,0
6	Водопоглощение за 24 ч, % по объёму, н/б	2,0
7	Время самостоятельного горения, с, н/б	4,0

Таблица 3

Состав и концентрация водных композиций

№ композиции	Состав водной композиции	Содержание компонентов, %
1	Жидкое стекло – вода	50/50
2	Жидкое стекло – вода – оксид магния	50/35/15
3	Жидкое стекло – вода – полисорб	50/45/5
4	Жидкое стекло – вода – карбонат кальция	50/35/15
5	Ортофосфорная кислота – вода	50/50
6	Ортофосфорная кислота – вода – полисорб	50/45/5
7	Ортофосфорная кислота – вода – карбонат кальция	50/35/15
8	Натрий кремнефтористый – вода	25/75
9	Натрий кремнефтористый – вода	20/80
10	Натрий кремнефтористый – вода	15/85
11	Натрий кремнефтористый – вода	10/90
12	Натрий кремнефтористый – вода	5/95

Результаты эффективности применения защитных покрытий

№ композиции	Состав водной композиции (способ нанесения покрытия)	Степень выгорания σ , %	Образование плава	Контроль продуктов сгорания		
				Концентрация продуктов сгорания в отходящих газах, мг/м ³		Сажеобразование (цвет фильтра)
				C ₆ H ₅ OH	CH ₂ O	
1	Жидкое стекло – вода (поверхностный)	20	+	0,58	0,40	+
3	Жидкое стекло – вода – полисорб (объемный)	10	+	1,01	0,55	+
6	Ортофосфорная кислота – вода – полисорб (поверхностный)	30	+	0,93	0,44	+
7	Ортофосфорная кислота – вода – карбонат кальция (поверхностный)	10	–	0,57	0,23	–
8	Натрий кремнефтористый – вода (25%+75%) (поверхностный)	30	+	0,53	0,37	±
12	Натрий кремнефтористый – вода (5%+95%) (поверхностный)	40	++	0,33	0,35	±
	Исходный образец	75	++	0,14	0,17	+

характеризуются незначительным образованием плава и невысокой (10–30 %) степенью выгорания.

Минимальная степень выгорания и отсутствие плава отмечается при поверхностном нанесении огнезащитного состава на основе ортофосфорной кислоты с добавкой карбоната кальция (композиция № 7). Хотя покрытие на основе натрия кремнефтористого (композиция № 12) и не обеспечивает уменьшения образования плава, но оно существенно снижает степень выгорания образца (практически в два раза) по сравнению с исходным необработанным образцом.

Учитывая, что горение пенополистирола представляет собой сложный комплекс процессов – плавление и деструкцию твердого материала, деструкцию расплава, испарение расплава, окисление расплава, частичную деструкцию газообразных компонентов, окисление (горение) газообразных продуктов, образующихся на этапах деструкции и испарения, поэтому охарактеризовать весь этот комплекс процессов ограниченным числом показателей достаточно затруднительно.

Было принято следующее предположение, что содержание в продуктах горения фенола в некоторой степени характеризует степень деструкции пенополистирола, тогда как содержание в газовой фазе формальдегида и сажи характеризует полноту сгорания продуктов испарения.

Исходя из этой предпосылки проведен анализ результатов экспериментов, представленных в табл. 4, и поведения каждого образца в процессе его горения.

Исходный образец, который не имеет дополнительной защиты в условиях эксперимента, легко плавился, образуя горящие капли, при этом сте-

пень окислительной деструкции полимера (исходя из содержания PhOH) была достаточно низкой, тогда как термическая деструкция (исходя из генерации сажи) происходила интенсивно, образовавшиеся газообразные продукты сгорали достаточно полно (исходя из остаточного количества CH₂O). Это объясняется свободным доступом окислителя (воздуха) к поверхности пенополистирола, его высокопористой структурой (высокой степенью выгорания) и свободным истеканием расплавленной капли.

Поверхностное нанесение на образец растворов жидкого стекла (образец 1) и кремнефтористого натрия (образец 8) проявляет себя примерно одинаково – снижает, по сравнению с исходным необработанным образцом, образование плава, увеличивает степень окислительной деструкции, причем сгорание газообразных образующихся продуктов происходит в меньшей степени.

Подобное поведение может быть объяснено тем, что при данных видах обработки на поверхности образца формируется достаточно плотная пленка, которая препятствует свободному проникновению окислителя к поверхности образца, причем эта пленка связывает фрагменты образца и при его расплавлении не позволяет достаточно свободно стекать плаву. Снижение степени термической деструкции при обработке кремнефторидом натрия связано с тем, что галогенсодержащие соединения взаимодействуют с активными радикалами и снижают их концентрацию, что способствует затуханию цепного процесса окисления.

Поведение образцов с увеличенным содержанием в покрытии кремнефторида натрия до 95 % (образец 12) в целом согласуется с вышеизложен-

ным объяснением и приводит к росту степени выгорания образца и образования плава, снижению доли образования продуктов окислительной деструкции, но практически не изменяет степень сгорания газообразных компонентов.

Введение в состав композиции (образец 1) дополнительно полисорба и изменение поверхностного способа нанесения на объемную пропитку (образец 3) приводит к снижению степени выгорания материала, но существенно не влияет на образование плава и степень термической деструкции, тогда как степень окислительной деструкции возрастает почти вдвое и значительно уменьшается доля сгорания образовавшихся паров. По всей видимости, это связано с тем, что при таком варианте использования композиции внутри материала происходит образование достаточно большого количества внутренних пор образца, покрытых стеклопленкой, которая препятствует как окислению материала, так и вытеканию жидкой капли. При более сильном прогреве и испарении материала происходит выброс летучих продуктов, которые не успевают полностью окислиться, что ведет к росту концентрации продуктов сгорания (табл. 4).

Примерно аналогично ведет себя и материал, подвергнутый поверхностной обработке с использованием раствора ортофосфорной кислоты и полисорба (образец 6). Это может быть объяснено тем, что полисорб плохо растворяется в растворе фосфорной кислоты и полученная суспензия обладает низкой устойчивостью, что, в свою очередь, не позволяет получить непроницаемую пленку на поверхности, а обеспечивает некоторую защиту только на локальных участках.

Лучше всего себя показала композиция с участием раствора ортофосфорной кислоты и карбоната кальция (образец 7), которая обеспечила значительное снижение степени выгорания материала, практически исключила образование плава и существенно сократила термическую деструкцию самого полимера. При этом степень окислительной деструкции находилась на уровне, соответствующем образцам 1 и 8, тогда как доля сгорания газообразных продуктов почти достигла результатов необработанных исходных материалов. Это может быть объяснено тем фактом, что при взаимодействии карбоната кальция и фосфорной кислоты происходит образование малорастворимого плотного продукта – фосфата кальция и диоксида углерода, который, с одной стороны, препятствует поверхностному окислению полимера, а с другой стороны, фосфаты играют ту же роль, что и ранее описанные фториды. При этом образующиеся радикалы за счет выделения оксида фосфора при его термическом разложении будут способствовать снижению сажеобразования и степени выгорания образца, но этот же компонент практически не оказывает влияния на процессы, протекающие в газовой фазе.

Заключение

Проведенные исследования показали, что пенополистирол, несмотря на антипиреновые добавки, является пожароопасным материалом с высокими показателями горючести и воспламеняемости (Г4 и В3). При горении пенополистирола образуется плав, который усиливает и ускоряет процесс горения.

Экспериментально установлено, что с помощью нанесения покрытий на основах жидкого стекла, ортофосфорной кислоты, натрия кремнефтористого и минеральных добавок можно снизить пожарную опасность пенополистирола и замедлить процесс горения.

Для определения эффективности защитных покрытий предложены количественные и качественные критерии оценки материала: степень выгорания с учетом времени самостоятельного горения, образование плава контроль продуктов сгорания по фенолу, формальдегиду и саже. Для экспресс-оценки предлагается применять степень выгорания с учетом времени самостоятельного горения, образование плава и сажеобразование. Предложенные критерии позволяют проводить комплексную оценку пожароопасности обработанных огнезащитными покрытиями пенополистирольных образцов на горючесть, воспламеняемость и дымообразование.

По результатам исследований наиболее эффективной огнезащитной композицией является водный раствор на основе натрия кремнефтористого с добавкой карбоната кальция, нанесенный поверхностным способом. Образцы пенополистирола, обработанные таким покрытием, при сгорании не образуют плава, характеризуются минимальной степенью выгорания и сажеобразования.

Литература

1. Федеральный закон от 30.12.2009 № 384-ФЗ (ред. от 02.07.2013) «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений».
2. Официальный сайт «Ассоциация производителей и поставщиков пенополистирола» – <http://epsrussia.ru/sites/>.
3. Коканин, С.В. Исследование долговечности теплоизоляционных материалов на основе пенополистирола: дис. ... канд. техн. наук / С.В. Коканин. – Иваново, 2011. – 170 с.
4. Абдюжанов, Р. Пенополистирол и его свойства / Р. Абдюжанов // Строительный эксперт. – 2010. – № 09–10 (306). – С. 13–15.
5. Кетов, А.А. К вопросу пожарной опасности пенополистирола / А. Кетов, М.П. Красновских, Н.Г. Максимович // Экология и промышленность России, сентябрь. – 2013. – С. 41–45.
6. Камалова, Е. Теплоизоляционные материалы: нет дыма без огня? / Е. Камалова // Кровля. Фасады. Изоляция. – 2007. – № 6. – С. 60–66.
7. Гуюмджян, П.П. О пожароопасности полистирольных пенопластов строительного назна-

чения / П.П. Гуюмджян, С.В. Коканин, А.А. Пискунов // *Пожаровзрывоопасность веществ и материалов*. – 2011. – Т. 20, № 8. – С. 4–7.

8. Жуков, Д. Пенополистирол: доводы против. – <http://www.nestor.minsk.by/sn/2010/06/00609.html>

9. Етумян, А.С. Пожарная опасность теплоизоляционных материалов из пенополистирола / А.С. Етумян, О.И. Молчадский, Н.И. Константинова // *Пожарная безопасность*. – 2006. – № 6. – С. 66–68.

10. ГОСТ 15588-2014. Плиты пенополистирольные теплоизоляционные. Технические условия (Введен с 1 июля 2015 года взамен ГОСТ 15588–86).

11. ГОСТ Р 56734–2015. Национальный стандарт РФ. Здания и сооружения. Расчет показателя теплозащиты ограждающих конструкций с отражательной теплоизоляцией (Введен с 1 июля 2016 г.)

12. Палатинская, И.П. Анализ горючести плит из пенополистирола / И.П. Палатинская, С.И. Боровик, Н.Е. Владимирова, Е.С. Дементьева, В.А. Качур // *Межд. научно-практ. конф. «Наука сегодня: проблемы и пути решения»*. – Вологда: ООО «Маркер», 2016. – Ч. 1. – С. 58–60.

13. Огнестойкость и пожарная опасность конструкций покрытий на основе стального профилированного листа с полимерным утеплителем: Рекомендации. – М.: ФГБУ ВНИИПО, 2015. – 29 с.

14. ГОСТ 30244–94. Материалы строительные. Методы испытаний на горючесть.

15. ГОСТ 30444–97. Материалы строительные. Метод испытания на распространение пламени.

16. ГОСТ 12.1.044–89*. *Пожароопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения*.

17. ГОСТ 30402-96. Материалы строительные. Метод испытания на воспламеняемость.

18. Боровик, С.И. Снижение горючести пенополистирола / С.И. Боровик, А.И. Солдатов, С.С. Калиниченко, Р.Р. Гарифьянов // *Межд. научно-практ. конф «БЖД в третьем тысячелетии»*, Челябинск, ЮУрГУ, 2015. – С. 148–161.

19. Палатинская, И.П. Исследование эффективности огнезащитных покрытий для пенополистирола / И.П. Палатинская, С.И. Боровик, В.А. Синтяева и др. // *Вестник ЮУрГУ. Серия «Строительство и архитектура»*. – 2017. – Т. 17, № 4. – С. 44–51.

20. Палатинская, И.П. Исследование влияния огнезащитных покрытий на свойства пенополистирола / И.П. Палатинская, С.И. Боровик, А.А. Орлов и др. // *Вестник ЮУрГУ. Серия «Строительство и архитектура»*. – 2018. – Т. 18, № 1. – С. 47–52.

21. Боровик, С.И. Установка для пропитки пористых материалов / С.И. Боровик, Ю.С. Семенцова, А.С. Толмачев // *Сборник материалов 5-й Международной конференции «БЖД в третьем тысячелетии»*, ЮУрГУ, г. Челябинск, 3 окт. 2012 г. – Челябинск, 2012. – Т. 2. – С. 409–412,

22. М 02–01–2005. Методика выполнения измерений массовой концентрации фенолов в воздухе рабочей зоны и атмосферном воздухе населенных мест.

23. М 02–02–2005. Методика выполнения измерений массовой концентрации формальдегида в воздухе рабочей зоны и атмосферном воздухе населенных мест.

24. Градация серого. – <http://thebestartt.com/gradacii-serogo-cveta>.

Боровик Светлана Ивановна, доцент, кандидат технических наук, доцент кафедры «Безопасность жизнедеятельности», Южно-Уральский государственный университет (Челябинск), s2305028@yandex.ru.

Палатинская Ирина Петровна, доцент, кандидат технических наук, доцент кафедры «Безопасность жизнедеятельности», Южно-Уральский государственный университет (Челябинск), palatinskaya@mail.ru.

Солдатов Александр Иванович, доцент, кандидат технических наук, доцент кафедры «Безопасность жизнедеятельности», Южно-Уральский государственный университет (Челябинск), bgd-susu@yandex.ru

Поступила в редакцию 7 июня 2019 г.

CRITERIA OF ASSESSING THE EFFICIENCY OF FIRE-RETARDANT COATINGS FOR POLYSTYRENE FOAM HEAT-INSULATION MATERIALS

S.I. Borovik, s2305028@yandex.ru

I.P. Palatinskaya, palatinskaya@mail.ru

A.I. Soldatov, bgd-susu@yandex.ru

South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation

This work presents the results of studies on reducing the fire hazard with regard to heat-insulation polystyrene foam materials by applying fire-retardant coatings to them using two methods: surface method, with which a protective layer is formed on the surface; and the whole-volume method, with which the saturating composition penetrates inside the material's structure. As fire-retardant coatings, water-based compositions of inorganic substances have been used; and non-combustible mineral substances have been used as additives. Samples of polystyrene foam plates of grade PPS-20 (as per GOST 15588-2014) or (PSB-S-25-sel-extinguishing as per GOST 15588-1986) have been used for the research. The behavior specifics of the material treated with fire-retardant compositions have been studied during the tests on combustibility, flammability, and smoke generation. The criteria of assessing the efficiency of using fire-retardant coatings for polystyrene foam materials have been suggested.

Keywords: polystyrene foam, fire hazard, assessment criteria, afterflame time, burn-up range, soot formation.

References

1. *Federal'nyy zakon ot 30.12.2009 N 384-FZ (red. ot 02.07.2013). "Tekhnicheskiy reglament o bezopasnosti zdaniy i sooruzheniy"* [Federal Law of 12/30/2009 N 384-ФЗ (as Amended on 07/02/2013) "Technical Regulations on the Safety of Buildings and Structures"].
2. *Assotsiatsiya proizvozhiteley i postavshchikov penopolistirola* [Association of Producers and Suppliers of Expanded Polystyrene]. Available at: <http://epsrussia.ru/sites/> (accessed 3 October 2017).
3. Kokanin S.V. *Issledovaniye dolgovechnosti teploizolyatsionnykh materialov na osnove penopolistirola. Dis. kand. tekhn. nauk* [Research of Durability of Heat-Insulating Materials on the Basis of Polystyrene Foam. Cand. sci. diss.]. Ivanovo, 2011. 170 p.
4. Abdyuzhanov R. [Polystyrene Foam and its Properties]. *Stroitel'nyy ekspert* [Construction Expert]. Moscow, 2010, no. 09–10 (306), pp. 13–15. (in Russ.).
5. Ketov A.A., Krasnovskikh M.P., Maksimovich N.G. [To the Question of Fire Danger of Expanded Polystyrene]. *Ekologiya i promyshlennost' Rossii* [Ecology and Industry of Russia]. Moscow, 2013, pp. 41–45. (in Russ.).
6. Kamalova E. [Thermal Insulation Materials: no Smoke without Fire?]. *Krovlya. Fasady. Izolyatsiya* [Roof. Facades. Insulation], 2007, no. 6, pp. 60–66. (in Russ.).
7. Guyumdzhyan P.P., Kokanin S.V., Piskunov A.A. [About the Fire Danger of Polystyrene Foams for Construction Purposes]. *Pozharovzryvoopasnost' veshchestv i materialov* [Fire and Explosion Hazard of Substances and Materials], 2011, vol. 20, no. 8, pp. 4–7. (in Russ.).
8. Zhukov D. *Penopolistirol: dovody protiv* [Styrofoam: Arguments Against]. Available at: <http://www.nestor.minsk.by/sn/2010/06/00609.html>
9. Etumyan A.S., Molchadskiy O.I., Konstantinova N.I. [Fire Hazard of Thermal Insulation Materials from Polystyrene Foam]. *Pozharnaya bezopasnost'* [Fire Safety]. Moscow, 2006, no. 6, pp. 66–68. (in Russ.).
10. *GOST 15588–2014. Plity penopolistirol'nyye teploizolyatsionnyye. Tekhnicheskiye usloviya* [Foam Polystyrene Heat-Insulating Plates. Technical Conditions]. Moscow, Standartinform Publ., 2015. 13 p.
11. *GOST R 56734–2015. Natsional'nyy standart RF. Zdaniya i sooruzheniya. Raschet pokazatelya teplozashchity ograzhdayushchikh konstruktiv s otrazhatel'noy teploizolyatsiyey* [Buildings and Constructions. The Calculation of Thermal Protection of Walls with Reflective Insulation]. Moscow, Standartinform Publ., 2016. 12 p.
12. Palatinskaya I.P., Borovik S.I., Vladimirova N.E., Dement'yeva E.S., Kachur V.A. [Analysis of Combustibility of the Boards of Polystyrene]. *Mezhd. nauchno-prakt. konf. "Nauka segodnya: problemy i puti resheniya"* [International Scientific Practice. Conf. "Science Today: Problems and Solutions"]. Vologda, OOO "Marker" Publ. 2016, part 1, pp. 58–60. (in Russ.).

13. *Ognestoykost' i pozharnaya opasnost' konstruksiy pokrytiy na osnove stal'nogo profilirovannogo lista s polimernym uteplitelem: Rekomendatsii* [Fire Resistance and Fire Hazard of Coating Structures Based on Steel Profiled Sheet with Polymer Insulation: Recommendations]. Moscow, 2015. 29 p.
14. *GOST 30244-94. Materialy stroitel'nyye. Metody ispytaniy na goryuchest'* [Building Materials. Methods for Combustibility Test]. Moscow, Standartinform Publ., 2006. 16 p.
15. *GOST 30444-97. Materialy stroitel'nyye. Metod ispytaniya narasprostraneniye plameni* [Building Materials. Spread Flame Test Method]. Moscow, 1998. 18 p.
16. *GOST 12.1.044-89*. Pozharoopasnost' veshchestv i materialov. Nomenklatura pokazateley i metody ikh opredeleniya* [Occupational Safety Standards System. Fire and Explosion Hazard of Substances and Materials. Nomenclature of Indices and Methods of their Determination]. Moscow, Standartinform Publ., 2006. 26 p.
17. *GOST 30402-96. Materialy stroitel'nyye. Metod ispytaniya na vosplamenyayemost'* [Building Materials. Ignitability Test Method]. 1996, 29 p.
18. Borovik S.I., Soldatov A.I., Kalinichenko S.S., Garif'yanov R.R. [Decrease of Combustibility of Expanded Polystyrene]. *Mezhd. nauchno-prakt. konf "BZHD v tret'yem tysyacheletii"* [International Scientific and Practical Conference "BDZ in the Third Millennium"]. Chelyabinsk, South Ural St. Univ. Publ., 2015, pp. 148–161. (in Russ.)
19. Palatinskaya I.P., Borovik S.I., Sintyayeva V.A., Red'kina N.E., Dement'yeva E.S. [The Study of Efficiency of Fire-Proof Coatings for Foam Polystyrene]. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Construction Engineering and Architecture*, 2017, vol. 17, no. 4, pp. 44–51. (in Russ.)
20. Palatinskaya I.P., Borovik S.I., Orlov A.A., Demytyeva E.S., Sintyayeva V.A., Redkina N.E. Study of Influence of Fire Retardant Coatings on Expanded Polystyrene Properties. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Construction Engineering and Architecture*. 2018, vol. 18, no. 1, pp. 47–52. (in Russ.)
21. Borovik S.I., Sementsova Yu.S., Tolmachev A.S. [Installation for Impregnation of Porous Materials]. *Sbornik materialov 5-y Mezhdunarodnoy konferentsii "BZHD v tret'yem tysyacheletii"* [Collection of Materials of the 5th International Conference "BZHD in the Third Millennium"]. Chelyabinsk, South Ural St. Univ. Publ., 2012, vol. 2, pp. 409–412. (in Russ.)
22. *M 02-01-2005. Metodika vypolneniya izmereniy massovoy kontsentratsii fenolov v vozdukhke rabochey zony i atmosfernom vozdukhke naseleennykh mest* [Technique of Performance of Measurements of Mass Concentration of Phenols in Air of the Work Area and Atmospheric Air of the Inhabited Places].
23. *M 02-02-2005. Metodika vypolneniya izmereniy massovoy kontsentratsii formal'degida v vozdukhke rabochey zony i atmosfernom vozdukhke naseleennykh mest* [Technique of Performance of Measurements of Mass Concentration of Formaldehyde in Air of the Work Area and Atmospheric Air of the Inhabited Places].
24. *Gradatsiya serogo* [Gradation of Gray]. Available at: <http://thebestartt.com/gradacii-serogo-cveta>.

Received 7 June 2019

ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ

Боровик, С.И. Критерии оценки эффективности огнезащитных покрытий для пенополистирольных теплоизоляционных материалов / С.И. Боровик, И.П. Палатинская, А.И. Солдатов // Вестник ЮУрГУ. Серия «Строительство и архитектура». – 2019. – Т. 19, № 3. – С. 29–36. DOI: 10.14529/build190305

FOR CITATION

Borovik S.I., Palatinskaya I.P., Soldatov A.I. Criteria of Assessing the Efficiency of Fire-Retardant Coatings for Polystyrene Foam Heat-Insulation Materials. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Construction Engineering and Architecture*. 2019, vol. 19, no. 3, pp. 29–36. (in Russ.). DOI: 10.14529/build190305