

УДК 691.175.746

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ УМЕНЬШЕНИЯ ГОРЮЧЕСТИ И ДЫМООБРАЗОВАНИЯ ПРИ ОБРАБОТКЕ ПЕНОПОЛИСТИРОЛА СОСТАВАМИ С ЖИДКИМ СТЕКЛОМ

*Н.Е. Владимирова, И.П. Палатинская,
С.И. Боровик, Р.Т. Аскарлов*

Приведены результаты исследования возможности снижения пожароопасности пенополистирола путем обработки растворами на основе жидкого стекла. У обработанных образцов проведена оценка степени выгорания и оценка дымообразования. Установлено, что с помощью нанесения покрытий на основе жидкого стекла возможно улучшить пожарно-технические показатели пенополистирола.

Ключевые слова: пенополистирол, пожароопасность, жидкое стекло, автоклав, степень выгорания, дымообразование.

В настоящее время при строительстве используют конструкции и материалы, обладающие высоким уровнем возгораемости. Например, одним из широко используемых в строительстве материалов является пенополистирол (ППС), который является одним из самых лучших теплоизоляторов, оставляющим далеко позади себя в соотношении цена/качество все прочие строительные материалы. Но, несмотря на все свои преимущества, он имеет существенные недостатки: высокая пожароопасность, токсичность, высокая задымленность.

Пожары, обусловленные воспламенением и горением полимерных материалов, ежегодно наносят большой ущерб различным отраслям экономики. Примерами пожаров, причинами которых явилось возгорание пенополистирола при нарушении требований пожарной безопасности являются: пожар в клубе «Хромая лошадь», г. Пермь, 2009 г.; Хабаровский край, пожар 3-х этажного дома, 2014 г.; пожар таунхаусов, г. Челябинск, 19.09.2015 г.

Одним из методов снижения горючести полимерных материалов является обработка огнегасящими составами [1], которая может осуществляться поверхностным нанесением составов на изделия кисточкой, краскопультом или окунанием в жидкий состав, а также объемной обработкой.

Целью настоящей работы являлись экспериментальные исследования состава на основе водного раствора жидкого стекла с различными минеральными добавками, применяемого для повышения огнестойкости пенополистирола, путём поверхностного нанесения и глубокой пропитки в вертикальном автоклаве [3].

Проведенный патентный поиск выявил наибольшее предложение по неорганическим огнезащитным средствам. Поэтому для исследований, было выбрано неорганическое вещество – жидкое стекло.

Жидкие стекла – растворы щелочных силикатов натрия и калия – относятся к обширному классу водорастворимых силикатов и жидких стекол. Жидкое стекло удачно подходит для склеивания и связки строительных материалов, изготовления кислотоупорных, огнестойких и огнеупорных силикатных масс, образует на поверхности защитную пленку.

Для усиления ожидаемого эффекта в состав растворов из жидкого стекла (ЖС) добавлялись минеральные негорючие вещества – оксид магния (MgO), полисорб (SiO₂), карбонат кальция (CaCO₃).

Эксперимент проводился в три стадии: обработка составами образцов, оценка выгорания образцов, оценка опасности дымообразования.

Для проведения испытаний было взято 8 образцов пенополистирола ПСС20 с плотностью 20 кг/м³, с размерами (140x30x10)±1 мм [4]. Образцы были обработаны четырьмя растворами, состав которых представлен в табл. 1, поверхностным способом и с помощью пропитки (технология пропитки в автоклаве включает вакуумирование образцов, затем пропитку под давлением 6 кгс/см²).

Таблица 1

Составы пропитывающих растворов

Образцы, №	0	1	2	3
Компоненты	ЖС+ H ₂ O	ЖС+ H ₂ O + MgO	ЖС+H ₂ O + SiO ₂	ЖС+H ₂ O + CaCO ₃
	50 % + 50 %	50 % + 35 % + 15 %	50 % + 45 % + 5 %	50 % + 35 % + 15 %

После сушки в течение 24 часов при комнатной температуре образцы были подвергнуты горению в открытом пламени спиртовки при следующих условиях:

✓ высота пламени горелки от конца фитиля: около 50 мм (по ГОСТ 15588-2014);

✓ расстояние от образца до фитиля горелки: около 10 мм (по ГОСТ 15588-2014).

✓ исследуемый образец выдерживали в пламени горелки **в течение 10 с** (по ГОСТ 30244-94 [6] требуется 4 с).

Результаты горения образцов представлены на рис. 1.

Для количественной оценки степени выгорания был применен показатель – степень выгорания σ , % [6], табл. 2. На рис. 1 для сравнения приведен результат горения исходного образца без применения обработки.

В процессе горения образцов было выявлено, что при действии пламени газовой горелки образцы ППС без обработки легко воспламеняются и активно плавятся. Плавление, в свою очередь, горит – рис. 2а.



Рис. 1. Выгорание образцов

Таблица 2

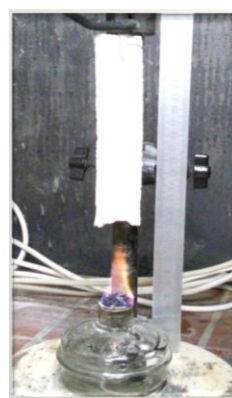
Степень выгорания образцов пенополистирола ПСС20

Образцы		Степень выгорания образца, %				Исходный образец
		Номер пропитывающего раствора, №				
		0	1	2	3	
Способ пропитки	Поверхностный	20	50	75	20	75
	Объемный	25	50	10	50	

Применение обработки жидким стеклом снижает воспламеняемость и, кроме того, снижается плавкость образцов – рис. 2б. Распределение степени плавления представлено в табл. 3.



а)



б)

Рис. 2. Плавление образцов: а – исходный образец; б – обработанный образец

Таблица 3

Распределение степени плава у образцов

Образцы		Номер пропитывающего раствора, №				Исходный образец
		0	1	2	3	
Способ пропитки	Поверхностный	± (слабый)	++ (выше среднего)	+++ (сильный)	± (слабый)	+++ (сильный)
	Объемный	+ (средний)	++ (выше среднего)	± (слабый)	++ (выше среднего)	

Оценка опасности дымообразования проводилась с целью комплексной оценки опасности предложенного состава и его композиций.

Экспериментальные исследования выявили, что горение пенополистирола происходит в трех агрегатных состояниях – твердое вещество, жидкость (плавящиеся горящие капли) и газ (продукты сгорания) [7]. Поэтому был проведен контроль продуктов сгорания в отходящих газах по фенолу, формальдегиду и саже. Фенол показывает деструкцию твердой фазы, формальдегид окисление жидкой и газообразной фазы, а сажа отвечает за полноту сгорания материала.

Для оценки дымообразования были взяты образцы, покрытые следующими растворами: ЖС+ H₂O (способ обработки – поверхностный) и ЖС+H₂O+полисорб (способ обработки – пропитка в автоклаве), так как они показали лучшие результаты по степени выгорания.

Отбор проб в отходящих газах проводился по методикам [8, 9].

На рис. 3 представлена лабораторная установка.

Сжигание проводилось в открытом пламени спиртовки в условиях:

✓ высота пламени горелки от конца фитиля: около 50 мм (по ГОСТ 15588-2014 [4]);

✓ расстояние от образца до фитиля горелки: около 10 мм (по ГОСТ 15588-2014 [4]);

✓ образцы выдерживали в пламени горелки **до полного сгорания**.

После проведения опыта, фильтры с образовавшейся сажой в результате горения образцов, были вынуты из держателя и проанализированы, сравнены со шкалой «градации серого цвета» [9].

Цвет фильтра по горению исходного образца имел жгуче-черный цвет и по шкале «градации серого цвета» отнесен к значению № 23 (рис. 4, 5). Цвета фильтров обработанных образцов имеют цвет черный, по шкале отнесены к значению № 22.

Для оценки эффективности огнезащитных покрытий была предложена комплексная оценка, учитывающая:

1) степень выгорания;

- 2) наличие плава;
- 3) опасность дымообразования.

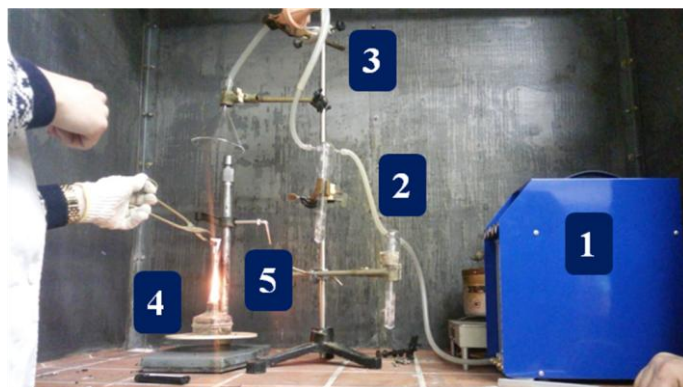


Рис. 3. Отбор отходящих газов:
1 – газоанализатор ИРА-10; 2 – сосуды Зайцева;
3 – держатель с фильтрами; 4 – спиртовая горелка; 5 – образец

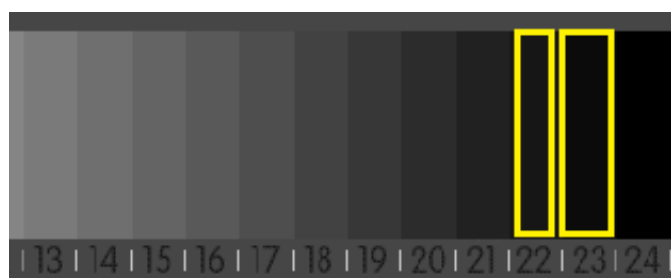


Рис. 4. Градация серого цвета



Рис. 5. Фильтры

Полученные результаты по экспериментам представлены в табл.4

Таблица 4

Полученные результаты

Состав раствора	№ образца	Оценка выгорания образца		Оценка опасности дымообразования		
		σ, %	Плав	Концентрация в выбрасываемом воздухе, мг/м ³		Цвет фильтра
				Фенол	Формальдегид	
Исходный образец		75	+++	0,14	0,17	23
ЖС+Н ₂ О +полисорб (автоклав)	2	10	±	1,01	0,55	22
ЖС+Н ₂ О (поверхностный)	0	20	±	0,58	0,40	22

Заключение. В результате экспериментальной работы было выявлено следующее:

- у обработанных образцов снижается степень выгорания. Образцы покрытые растворами на основе жидкого стекла горят медленнее, чем исходный образец. Из чего можно сделать вывод, что жидкое стекло действительно снижает скорость горения, создает на поверхности негорючую пленку;

- из двух способов обработки ПСС20 составами на основе (ЖС+Н₂О) лучшие результаты по степени выгорания у объемного;

- по обрабатываемым композициям лучшие результаты обеспечивает объемная пропитка составом «жидкое стекло + вода + полисорб», а поверхностная обработка – «жидкое стекло + вода»;

- применение составов на основе жидкого стекла уменьшает плав и дымообразование у образцов.

Было выявлено, что образец без обработки, имеет сильный плав, малую деструкцию (концентрация фенола 0,14 мг/м³), низкую степень окисления жидкой и газообразной фазы (концентрация формальдегида 0,17 мг/м³), а также сажу жгуче-черного цвета. Это наихудший результат горения. Образец, покрытый составом № 0, имеет среднюю деструкцию твердой фазы, слабый плав, окисление жидкой и газообразной фазы ниже среднего, сажеобразование черное. Образец, покрытый составом № 2, имеет плав выше среднего, деструкцию твердой фазы ниже среднего, окисление жидкой и газообразной фазы ниже среднего, сажеобразование черное. Это лучший результат горения.

Таким образом, экспериментально установлено, что с помощью нанесения покрытий на основе жидкого стекла можно улучшить пожарно-технические показатели пенополистирола (ППС).

Библиографический список

1. Бек-Булатов, А.И. Пенополистирол – история создания и долговечность / А.И. Бек-Булатов // Научно-технический и производственный журнал. – 2010. – С. 92.
2. ГОСТ 12.1.044-89. Пожароопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения».
3. 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, 03.10.2012. – Челябинск, 2012. – Т. 2. – С. 409–412.
4. ГОСТ15588-2014. Плиты пенополистирольные теплоизоляционные. Технические условия.
5. ГОСТ 30244-94. Материалы строительные. Методы испытаний на горючесть.
6. 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.
7. 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.
8. По М 02-01-2005 Методика выполнения измерений массовой концентрации фенолов в воздухе рабочей зоны и атмосферном воздухе населенных мест.
9. М 02-02-2005 Методика выполнения измерений массовой концентрации формальдегида в воздухе рабочей зоны и атмосферном воздухе населенных мест.
10. Градация серого [Электронный ресурс]. – URL: <http://thebestartt.com/gradacii-serogo-cveta>.

[К содержанию](#)