

УДК 691.175.746

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ УМЕНЬШЕНИЯ ГОРЮЧЕСТИ И ДЫМООБРАЗОВАНИЯ ПРИ ОБРАБОТКЕ ПЕНОПОЛИСТИРОЛА СОСТАВАМИ С НАТРИЕМ КРЕМНЕФТОРИСТЫМ

*В.А. Качур, И.П. Палатинская, С.И. Боровик, Р.Т. Аскаргов*

В работе представлены экспериментальные результаты обработки пенополистирола водными растворами натрия кремнефтористого поверхностным способом с целью снижения его горючести и дымообразования. Показана эффективность применения в качестве пропитывающего материала водных растворов неорганических веществ.

Ключевые слова: пенополистирол, горючесть, дымообразование, степень выгорания, натрий кремнефтористый.

Введение новых требований по теплозащите зданий привело к широкому использованию различных теплоизоляционных материалов. Самую большую нишу – до 80 % – занял наиболее распространенный в настоящее время теплоизоляционный материал – пенополистирол (ППС) из-за ряда положительных свойств: звуко- и теплоизоляция, морозостойкость, прочность, а так же химическая и биологическая стойкость. Основной недостаток пенополистирола – малая термостабильность, повышенная горючесть, токсичность, задымленность.

Пенополистирол – это класс материалов, представляющий собой вспененные пластические массы [1]. В зависимости от технологии изготовления ППС подразделяется: прессовый, беспрессовый и экструдированный. Существует модифицированный беспрессовый пенополистирол ПСБ-С, в состав которого введены антипирены – добавки уменьшающие горение. ППС относится к классу Г3 – Г4 по ГОСТ 12.1.044-89 [2].

Целью работы является увеличение огнестойкости и уменьшения дымообразования ППС с помощью нанесения на поверхность составов с разными композициями.

Для работы был выбран беспрессовый пенополистирол самозатухающий ПСБ-С-25 с плотностью  $18 \text{ г/м}^3$  – пять образцов с размерами:  $(140 \times 30 \times 10) \pm 1 \text{ мм}$ .

Для исследования возможности уменьшения горючести и дымообразования применялся неорганический материал – натрий кремнефтористый. Мелкий кристаллический порошок белого цвета, пожаро- и взрывобезопасен, химическая формула  $\text{Na}_2\text{SiF}_6$ . При горении образцов, обработанных натрием кремнефтористым, образуются фторид-ионы, которые высту-

пают, как пламегасители, способные уменьшать глубину и скорость прогрева, снижая воспламеняемость и замедляя процесс горения.

В качестве обработки образцов ПСБ–С применялся метод – поверхностное нанесение. Нанесение осуществлялось с помощью кисти.

Для определения более эффективных и экономичных пропитывающих композиций, был проведен опыт с различными составами натрия кремнефтористого смешанного с водой, которые представлены в таблице 1.

Таблица 1

Состав и концентрация пропитывающих растворов

№ Пропитывающего раствора	Наименование вещества	Состав раствора	Содержание компонентов, %
1	Натрий кремнефтористый	$\text{Na}_2\text{SiF}_6 + \text{H}_2\text{O}$	25+75
2			20+80
3			15+85
4			10+90
5			5+95

После сушки 24 ч при комнатной температуре 21 °С образцы были подвергнуты горению в течение 10 секунд (по ГОСТ 30244-94 [3] требуется 4 секунды). Согласно ГОСТ 15588-2014 [4], при сжигании выполнялись следующие требования:

- 1) высота пламени горелки от конца фитиля: около 50 мм;
- 2) расстояние от образца до фитиля горелки: около 10 мм.

Для количественной оценки влияния обработки на горючесть материала был применен показатель – степень выгорания образцов [5].

Таблица 2

Степень выгорания образцов

Образцы	Номер пропитывающего раствора, №					Исходный образец (исх.)
	1	2	3	4	5	
Степень выгорания, %	30	32	35	38	40	75
Сравнение с исходным	2,5	2,3	2,1	2	1,9	

С увеличением содержания в растворе  $\text{Na}_2\text{SiF}_6$ , степень выгорания уменьшается, но не значительно, что видно из рис. 1. Образец № 1 с содержанием  $\text{Na}_2\text{SiF}_6$  25 % сгорел на 10 % меньше, чем образец № 5 с содержанием  $\text{Na}_2\text{SiF}_6$  5 %. Следовательно, чем выше содержание  $\text{Na}_2\text{SiF}_6$ , тем меньше степень выгорания (табл. 2).

Было выявлено, что при горении образцы пенополистирола без обработки сильно плавятся. Плав, в свою очередь, горит (рис. 2а). Распределение степени плава представлено в табл. 3.

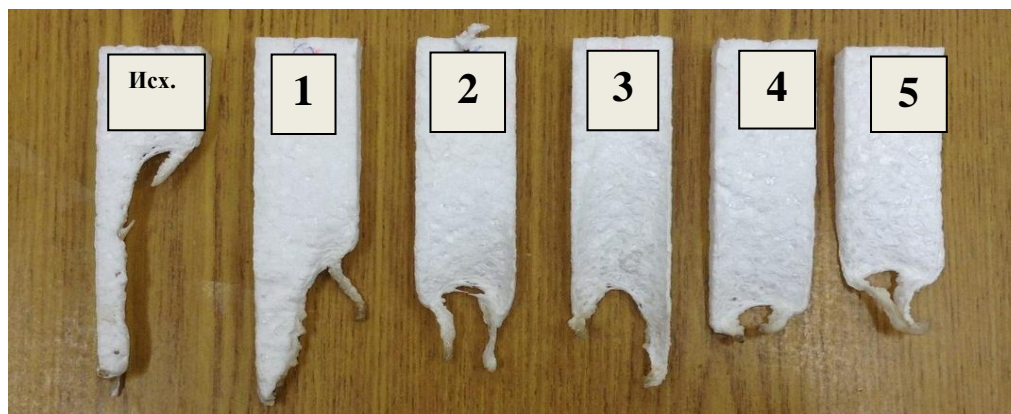


Рис. 1. Степень выгорания образцов

Таблица 3

Распределение степени плава у образцов

Образцы	Номер пропитывающего раствора, №					Исходный образец (исх.)
	1	2	3	4	5	
Наличие плава	+	+	+	++	++	+++
	(средний)	(средний)	(средний)	(выше среднего)	(выше среднего)	(сильный)

При нанесении водных растворов натрия кремнефтористого, плавление образцов уменьшается. Чем выше содержание  $\text{Na}_2\text{SiF}_6$ , тем меньше образуется плава (табл. 3). Образующиеся капли не горят (рис. 2б).

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) [6]. 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 образец без обработки и образцы, покрытые растворами №1 и №5, имеющие в составе 25% и 5%  $\text{Na}_2\text{SiF}_6$  соответственно (табл.1). Такой выбор составов объяснялся возможностью выявления из них более экономичного.



а)



б)

Рис. 2. Наличие плава:  
а) образец без обработки; б) обработанный образец

Сжигание проводилось до полного сгорания образцов.

Отбор проб в отходящих газах проводился по методикам [7, 8]. На рис. 3 представлена лабораторная установка.

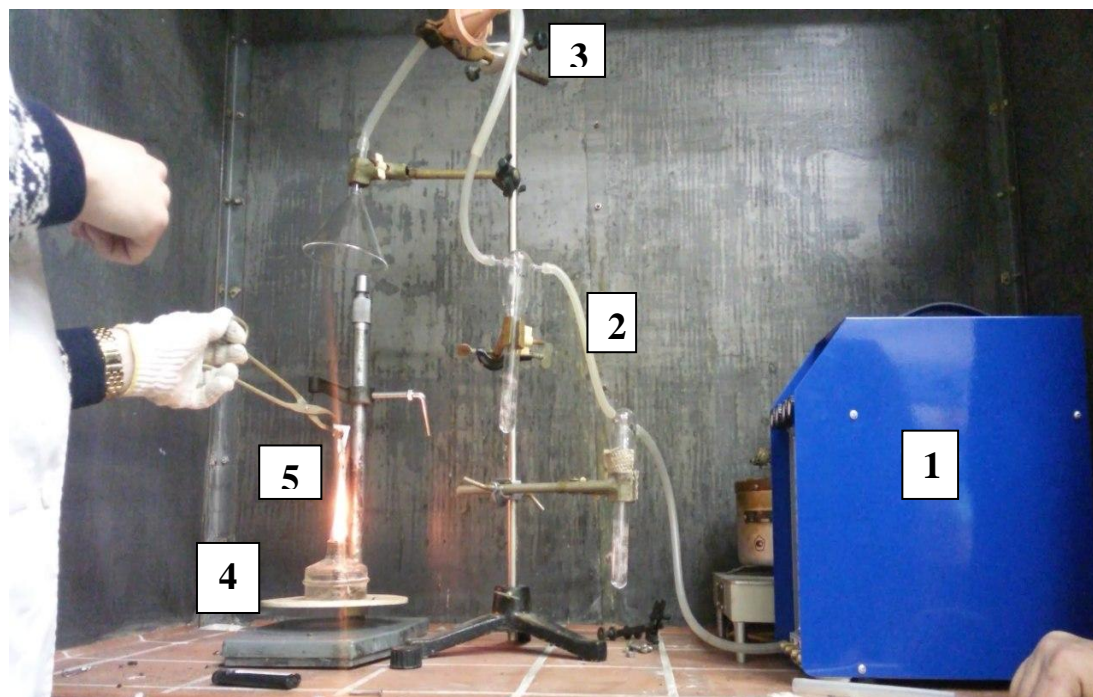


Рис. 3. Отбор проб: 1 – газоанализатор ИРА-10; 2 – сосуды Зайцева;  
3 – держатель с фильтрами; 4 – спиртовая горелка; 5 – образец

После проведения опыта, фильтры с образовавшейся сажей 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 черно-серый, по шкале отнесены к значению № 19.

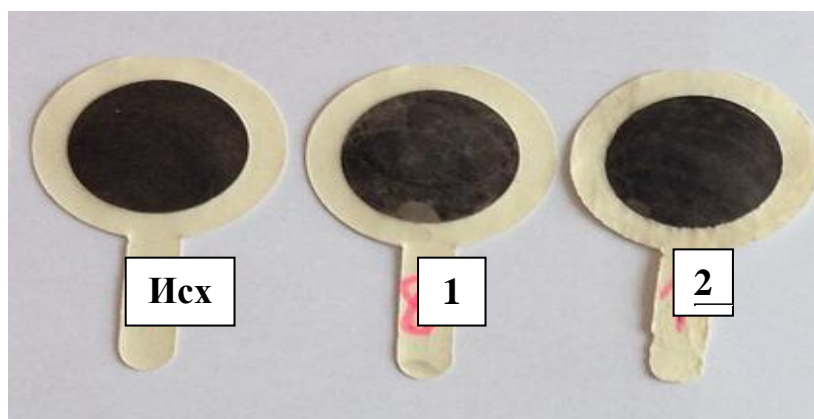


Рис. 4. Полученные цвета фильтров

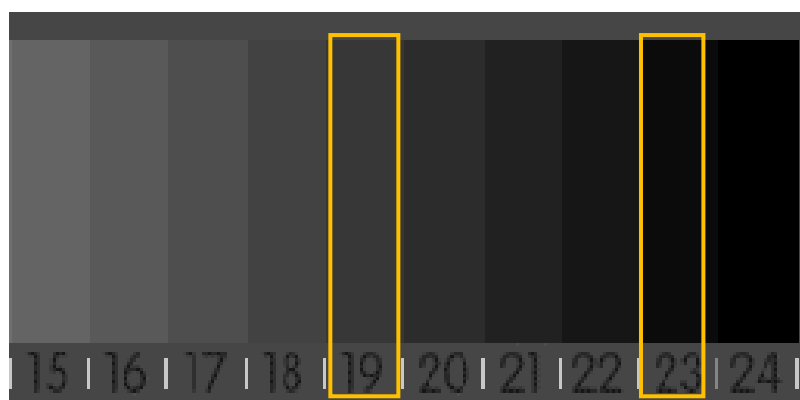


Рис. 5. Градация серого цвета

Для комплексной оценки пожароопасности образцов пенополистирола проанализируем полученные результаты по следующим показателям: степень выгорания образцов, наличие плава, концентрация формальдегида, концентрация фенола, наличие сажи.

Полученные результаты по экспериментам представлены в табл. 4.

Таблица 4

Полученные результаты

Образцы	Оценка выгорания образца		Оценка опасности дымообразования		
			Концентрация в выбрасываемом воздухе, мг/м <sup>3</sup>		№ цвета фильтра рис. 4, 5
	σ, %	Плав	Фенол	Формальдегид	
Исходный образец	75	+++	0,14	0,17	23
1. Na <sub>2</sub> SiF <sub>6</sub> +H <sub>2</sub> O (25 % + 75 %)	30	+	0,53	0,37	19
2. Na <sub>2</sub> SiF <sub>6</sub> +H <sub>2</sub> O (5 % + 95 %)	40	++	0,33	0,35	19

**Заключение.** В результате работы было выявлено, что образцы покрытые растворами на основе натрия кремнефтористого горят медленнее, чем исходный образец. В сравнении с исходным образцом степень выгорания обработанных образцов находится в интервале от 30 % до 40 %. Из чего можно сделать вывод, что Na<sub>2</sub>SiF<sub>6</sub> действительно снижает скорость горения и является пламегасителем.

Кроме того, применение составов с Na<sub>2</sub>SiF<sub>6</sub> уменьшает плав и дымообразование у образцов пенополистирола. Было выявлено, что образец без обработки, имеет сильный плав, малую деструкцию (концентрация фенола 0,14 мг/м<sup>3</sup>), низкую степень окисления жидкой и газообразной фазы (концентрация формальдегида 0,17 мг/м<sup>3</sup>), а также сажу жгуче-черного цвета. Это наихудший результат горения. Образец, покрытый составом № 1, имеет среднюю деструкцию твердой фазы, средний плав, окисление жидкой и газообразной фазы ниже среднего, сажеобразование серо-черное. Это лучший результат горения. Образец, покрытый составом № 5, имеет плав выше среднего, деструкцию твердой фазы ниже среднего, окисление жидкой и газообразной фазы ниже среднего, сажеобразование серо-черное. Сравнение с результатами горения образца, покрытого раствором № 1, определяет неприменимость составов с содержанием Na<sub>2</sub>SiF<sub>6</sub> менее 15 %.

Таким образом, проведенные исследования подтверждают возможность применения для пенополистиролов ПСБ–С в качестве огнезащитного покрытия составов натрия кремнефтористого и воды. Комплексная оценка выявила, что лучшим составом является водный раствор Na<sub>2</sub>SiF<sub>6</sub> 25 %.

Библиографический список

1. Абдюжанов, Р. Пенополистирол и его свойства / Р. Абдюжанов // Строительный эксперт. – 2010. – № 09–10 (306). – С. 13–15.
2. ГОСТ 12.1.044-89. Пожароопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения.



3. ГОСТ 30244-94. Материалы строительные. Методы испытаний на горючесть.

4. ГОСТ 15588-2014. Плиты пенополистирольные. Технические условия.

5. 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.

6. 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.

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

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

9. Градация серого [Электронный ресурс]. – URL: <http://thebestartt.com/gradacii-serogo-cveta>.

[К содержанию](#)