

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ОГНЕЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЙ НА СВОЙСТВА ПЕНОПОЛИСТИРОЛА

**И.П. Палатинская, С.И. Боровик, А.А. Орлов,
Е.С. Дементьева, В.А. Синтяева, Н.Е. Редькина**

Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск, Россия

Пенополистирол (ППС) является одним из лучших теплоизоляторов, оставляющим далеко позади себя в соотношении цена/качество все прочие строительные материалы. Сочетание прочностных и теплоизоляционных свойств, легкость в обработке и переработке, низкая стоимость позволяет использовать этот материал в качестве тепловой изоляции отдельных элементов строительных конструкций и промышленного оборудования.

Пенополистирол несмотря на все свои преимущества является горючим материалом. Один из эффективных способов снижения горючести – это применение огнезащитных покрытий на основе огнестойких негорючих наполнителей.

В ранее проведенных работах были экспериментально изучены и рекомендованы наиболее эффективные огнезащитные составы, позволяющие снизить пожароопасность ППС – исключить плавление материала, уменьшить степень выгорания и время самостоятельного горения.

В настоящей работе представлены исследования по оценке влияния составов огнезащитных композиций на адгезионные свойства покрытий, теплофизические и физические свойства пенополистирола.

Ключевые слова: пенополистирол, огнезащитные составы, негорючие добавки, коэффициент теплопроводности, адгезия, водопоглощение.

В качестве утепляющего материала широко применяется строительный материал пенополистирол (ППС), обладающий высокими энергосберегающими показателями [1, 2]. Однако он является легко воспламеняемым и горючим материалом. При пожаре пенополистирол активно плавится, высокотемпературный плав растекается и инициирует новые очаги возгорания [3–5].

Проведенные ранее исследования по снижению горючести пенополистирола показали целесообразность применения недорогих и доступных негорючих материалов в качестве огнезащитных покрытий [4, 5]. Были определены составы покрытий, обеспечивающие высокую эффективность огнезащиты, снижение степени выгорания и исключение плавления материала (табл. 1) [5]. Композиции огнезащитных составов включали водные растворы неорганических жаростойких материа-

лов и экспериментально подобранные к ним негорючие добавки.

Однако, несмотря на возможность снижения пожароопасных свойств ППС [5], актуальным является вопрос степени влияния огнезащитных покрытий на свойства материала.

В настоящей работе представлены исследования по оценке влияния составов огнезащитных композиций на адгезионные свойства покрытий, теплофизические и физические свойства пенополистирола.

Для оценки силы сцепления огнезащитных покрытий с поверхностью материала определяли адгезию на образцах, покрытых опытными составами огнезащитных композиций, представленных в табл. 1.

Адгезию оценивали визуальным методом и методом X-образного надреза по ГОСТ 31149-

Таблица 1

Составы огнезащитных композиций

Огнезащитный состав	Добавка к огнезащитному составу	Содержание компонентов, %
Жидкое стекло + вода	Шпатлевка «Лакра»	30 + 30 + 40
	Глина каолиновая	35 + 35 + 30
	–	50 + 50
Клей жаропрочный + жидкое стекло + вода	Побелка садовая	30 + 30 + 5 + 35
	Глина каолиновая	30 + 30 + 5 + 35
	–	45 + 45 + 10
Клей плиточный + жидкое стекло + вода	Vetonit	20 + 20 + 5 + 55
	Глина каолиновая	30 + 35 + 10 + 25
	–	40 + 45 + 15

Строительные материалы и изделия

2014 (ISO 2409:2013) [6], используя балльную оценку по степени разрушения покрытия в соответствии с ГОСТ 31149-2014 [7] (табл. 2). Данный метод является простым, доступным и позволяет количественно и качественно оценить адгезионные свойства покрытия для металлических материалов. Однако плиты из пенополистирола характеризуются достаточно высокой прочностью, жесткостью, высокой размерной стабильностью [1, 2], поэтому метод X-образного надреза возможно применить и для пенополистирола. Определение адгезии методом решетчатого надреза [7] было невозможно из-за текстурированности (шероховатости) покрытий, нанесенных кистью в один слой и высушенных при комнатной температуре. Кроме того, в соответствии с ГОСТ 31993-2013 было установлено, что толщина нанесенных покрытий от 250 мкм до 300 мкм [8].

Высокими адгезионными свойствами к поверхности ППС (табл. 2) характеризуются покрытия на основе водного раствора жидкого стекла и огнеупорных добавок. С добавкой в раствор каолиновой глины достигается максимальная адгезия покрытия к материалу (0 баллов), на покрытии без добавок отмечено незначительное отслоение 6–8 % площади решетки (1 балл), с добавкой шпатлевки «Лакра» площадь отслоений достигает примерно 10 % (2 балла). С более низкими адгезионными свойствами характеризуются покрытия на основе водного раствора клея плиточного и жидкого стекла (1–2 балла). Для пенополистирола с защитными покрытиями на основе водного раствора клея жаропрочного и жидкого стекла отмечено сильное отслаивание покрытия от 20 до 50 % (3–4 балла).

Следовательно, из всех огнезащитных покрытий наиболее высокими адгезионными свойствам обладают покрытия на основе водного раствора жидкого стекла с добавкой каолиновой глины и без добавки, и на основе водного раствора клея плиточного и жидкого стекла с добавкой глины.

Для стеновых и теплоизоляционных строительных материалов одной из главных характеристик является коэффициент теплопроводности, который применяется в качестве оценки их теплозащитных свойств. Пенополистирол отличается от

всех утеплительных материалов самой низкой теплопроводностью, которая по ГОСТ 15588-2014 [2] для материала плотностью 20 кг/м³ не должна превышать 0,035 Вт/(м·К), плотностью 28 кг/м³ – 0,033 Вт/(м·К).

Неорганические вещества, входящие в состав исследуемых огнезащитных покрытий, имеют более высокую теплопроводность, например, теплопроводность жаростойких клеев составляет 1,0–1,2 Вт/(м·К), глины каолиновой – 0,1–0,3 Вт/(м·К), шпатлевки и садовой побелки – в пределах 0,1–0,7 Вт/(м·К), что предполагает изменение теплофизических свойств при нанесении огнезащитных составов на поверхность ППС.

В работе для определения теплопроводности образцов ППС, покрытых огнезащитными составами, использовался прибор ИТС-1 [9, 10]. Метод определения коэффициента теплопроводности основан на создании проходящего через исследуемый плоский образец стационарного теплового потока, направленного перпендикулярно к лицевым граням образца, рис. 1. Температура окружающей среды при проведении экспериментов 21–24 °С, относительная влажность 40–45 %. В ходе эксперимента фиксируется стационарный тепловой поток q и разность температур между противоположными гранями образца ΔT . Для определения теплопроводности использовали образцы в форме прямоугольного параллелепипеда размером 150×150×18 мм.

Коэффициент теплопроводности (λ) вычисляется по формуле:

$$\lambda = d \cdot q / \Delta T,$$

где q – плотности теплового потока, проходящего через образец, Вт/м² (рис. 1, б); d – толщина образца, мм (рис. 1, б); ΔT – разность температур между противоположными гранями образца (рис. 1, б).

Результаты полученных измерений представлены в табл. 3.

Из табл. 3 следует, что независимо от огнезащитного состава и добавок коэффициент теплопроводности практически не отличается от исходных образцов без покрытий. Это объясняется тем, что огнезащитные составы, нанесенные на поверхность материала, образуют тонкую защитную

Таблица 2

Адгезия огнезащитных покрытий с поверхностью ППС

Огнезащитный состав	Добавка к огнезащитному составу	Адгезия, балл
Водный раствор жидкого стекла	Шпатлевка «Лакра»	2
	Глина каолиновая	0
	–	1
Водный раствор клея жаропрочного и жидкого стекла	Побелка садовая	4
	Глина каолиновая	4
	–	3
Водный раствор клея плиточного и жидкого стекла	Vetonit	2
	Глина каолиновая	1
	–	2



Рис. 1. Измеритель теплопроводности ИТС-1: а) прибор с образцом для испытаний; б) схема принципа действия прибора

Таблица 3

Коэффициент теплопроводности ППС с огнезащитным покрытием

Огнезащитный состав	Добавка к огнезащитному составу	Коэффициент теплопроводности λ , Вт/(м·К)	
		20 кг/м ³	28 кг/м ³
Водный раствор жидкого стекла	Шпатлевка «Лакра»	0,035	0,035
	Глина каолиновая	0,035	0,034
	–	0,034	0,035
Водный раствор клея жаропрочного и жидкого стекла	Побелка садовая	0,035	0,034
	Глина каолиновая	0,036	0,035
	–	0,034	0,034
Водный раствор клея плиточного и жидкого стекла	Vetonit	0,034	0,034
	Глина каолиновая	0,035	0,035
	–	0,035	0,034
Исходный образец		0,035	0,033

пленку, которая, как показывают экспериментальные данные (табл. 3), не оказывает влияние на коэффициент теплопроводности ППС.

Другим важным показателем строительных материалов является водопоглощение. В соответствии с ГОСТ [3] водопоглощение за 24 часа по объему не должно превышать 2,0–4,0 % в зависимости от плотности материала. Несмотря на то что пенополистирол по своей структуре не гигроскопичен, не растворяется и не деформируется (не разбухает) в воде, под действием механизма капиллярной диффузии она может проникнуть в полости между гранулами пенопласта.

Водопоглощение образцов ППС с защитными покрытиями определяли по ГОСТ 15588-2014 (табл. 4).

В данном исследовании показатель водопоглощения позволяет оценить водостойкость огнезащитного покрытия. На основании полученных результатов (табл. 4) следует, что водопоглощение исходного материала составляет 0,2 % и не превышает установленных требований. Образцы ППС с огнезащитными покрытиями на основе водного раствора жидкого стекла и негорючих добавок характеризуются величиной водопоглощения 0,05–0,47 %, т. е. огнезащитная пленка на поверхности

образца является водонепроницаемой и устойчивой к влаге.

Водопоглощение образцов, покрытых составами на основе водных растворов жаропрочного и плиточного клея, за исключением состава с добавкой побелки садовой, имеет, хоть и незначительное по величине, но отрицательное значение (–0,40–0,08 %). Это объясняется, по-видимому, тем, что пластификаторы, модифицированные добавки и поверхностно-активные вещества, входящие в состав клея и шпаклевки Vetonit, способны незначительно растворяться в воде. Кроме того, учитывая низкую адсорбционную способность покрытий (см. табл. 2), под действием воды может нарушаться сплошность покрытия и частичное его отслаивание. Однако даже эти факторы не оказывают существенного влияния на огнезащитные свойства покрытия, которое при повторных огневых испытаниях сохраняет свою первоначальную эффективность.

Заключение

Применение ППС в качестве тепловой изоляции наружных ограждающих конструкций, тепловой защиты отдельных элементов строительных конструкций и промышленного оборуду-

Водопоглощение образцов ППС с защитными покрытиями

Огнезащитный состав	Добавка к огнезащитному составу	Водопоглощение за 24 ч, %
Водный раствор жидкого стекла	Шпатлевка «Лакра»	0,47
	Глина каолиновая	0,06
	Без добавок	0,05
Водный раствор клея жаропрочного и жидкого стекла	Побелка садовая	0,04
	Глина каолиновая	-0,40
	Без добавок	-0,08
Водный раствор клея плиточного и жидкого стекла	Vetonit	-0,38
	Глина каолиновая	-0,11
	Без добавок	-0,26
Исходный образец		0,20

«-» – снижение веса образца после 24 ч выдержки в воде.

дования при отсутствии контакта плит с внутренними помещениями, для теплоизоляции в фасадных теплоизоляционных композиционных системах с наружными штукатурными слоями предъявляет требования к уровню свойств теплоизоляционного материала в соответствии ГОСТ 15588-2014.

Использование огнезащитных покрытий для снижения пожароопасности пенополистирола, независимо от их компонентного состава, не влияет на теплофизические свойства материала.

Наиболее эффективными, с точки зрения водонепроницаемости, являются огнезащитные составы, приготовленные на основе водного раствора жидкого стекла и негорючих добавок. Нанесение таких покрытий на поверхность материала обеспечит защиту материала от проникновения воды во влажных условиях эксплуатации.

Наиболее высокими адгезионными свойствами характеризуются огнезащитные покрытия на основе водного раствора жидкого стекла с добавкой и без добавки каолиновой глины, а также на основе водного раствора клея плиточного и жидкого стекла с добавкой глины.

На основании результатов проведенных исследований установлено, что применение негорючих и жаростойких материалов в составах огнезащитных покрытий обеспечивает снижение пожарной опасности и не влияет на физические свойства пенополистирола.

Литература

1. *Официальный сайт «Ассоциация производителей и поставщиков пенополистирола»*. – <http://epsrussia.ru/sites/>.

2. *ГОСТ 15588-2014. Плиты пенополистирольные теплоизоляционные. Технические условия.*

3. *Огнестойкость и пожарная опасность сэндвич-панелей и предложения по внесению изменений в нормативные правовые акты по пожарной безопасности в части их применения в зданиях и сооружениях различного функционального назначения / В.В. Ушанов, В.Е. Фадеев, В.С. Харитонов и др. // Пожарная безопасность. – 2016. – № 4. – С. 119–121.*

4. *Experimental study on proportioning of flame retardant material for reducing the flammability of expanded polystyrene / I.P. Palatinskaya, S.I. Borovik, N.E. Vladimirova et al. // Modern Science. – 2016. – № 10. – P. 22–26.*

5. *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.*

6. *ГОСТ 32702.2-2014 (ISO 16276-2:2007). Материалы лакокрасочные. Определение адгезии методом X-образного надреза.*

7. *ГОСТ 31149-2014 (ISO 2409:2013). Материалы лакокрасочные. Определение адгезии методом решетчатого надреза (с поправкой).*

8. *ГОСТ 31993-2013 (ISO 2808:2007). Материалы лакокрасочные. Определение толщины покрытия.*

9. *ГОСТ 7076-99. Материалы и изделия строительные. Метод определения теплопроводности и термического сопротивления при стационарном тепловом режиме.*

10. *ИТС-1. Измеритель теплопроводности: Руководство по эксплуатации. – <https://www.interpribor.ru/assets/userfiles/11/126/Its-1.pdf>.*

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

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

Орлов Александр Анатольевич, доцент, кандидат технических наук, доцент кафедры «Строительные материалы и изделия», Южно-Уральский государственный университет (Челябинск), orlovaa@susu.ru

Дементьева Елена Сергеевна, магистрант кафедры «Безопасность жизнедеятельности» П-267, Южно-Уральский государственный университет (Челябинск), dementor.el.ru@mail.ru

Синтяева Виктория Андреевна, магистрант кафедры «Безопасность жизнедеятельности» П-267, Южно-Уральский государственный университет (Челябинск), viksa_09@mail.ru.

Редькина Надежда Евгеньевна, магистрант кафедры «Безопасность жизнедеятельности» П-267, Южно-Уральский государственный университет (Челябинск), gal4onok1994@mail.ru

Поступила в редакцию 25 декабря 2017 г.

DOI: 10.14529/build180104

STUDY OF INFLUENCE OF FIRE RETARDANT COATINGS ON EXPANDED POLYSTYRENE PROPERTIES

I.P. Palatinskaya, palatinskaya@mail.ru

S.I. Borovik, s2305028@yandex.ru

A.A. Orlov, orlovaa@susu.ru

E.S. Dementyeva, dementor.el.ru@mail.ru

V.A. Sintyayeva, viksa_09@mail.ru

N.E. Redkina, gal4onok1994@mail.ru

South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation

Expanded polystyrene (EPS) is one of the best heat insulators, leaving all other building materials far behind with regards to the price/quality ratio. The combination of strength and heat insulation properties, ease of processing and low cost makes it possible to use this material as thermal insulation of individual elements of building structures and industrial equipment.

Expanded polystyrene, in spite of all its advantages, is a combustible material. One of the effective ways to reduce combustibility is to use flame retardant coatings based on fire-resistant noncombustible fillers.

In the earlier experiments, the most effective flame retardants were experimentally studied and recommended. They can reduce fire hazard of EPS – eliminate material melting, reduce combustion degree and self-burning time.

Evaluation studies of the effect of fire retardant composition on the adhesion, thermal and physical properties of expanded polystyrene is presented in the paper.

Keywords: expanded polystyrene, fire retardant compounds, noncombustible additives, thermal conductivity coefficient, adhesion, water absorption.

References

1. *Ofitsial'nyy sayt «Assotsiatsiya proizvoditeley i postavshchikov penopolistirola»* [Association of Producers and Suppliers of Expanded Polystyrene]. Available at: <http://epsrussia.ru/sites/> (accessed 20 December 2017).

2. GOST 15588-2014. *Plity penopolistirolnye teploizolyatsionnye. Tekhnicheskie usloviya* [Polystyrene Insulating Slabs. Specification]. Moscow, Standartinform Publ., 2014 (in Russ.).

3. Ushanov V.V., Fadeev V.E., Kharitonov V.S., Shchelkunov V.I., Pavlovskiy A.V., Kosachev A.A. [Fire Resistance and Fire Hazard of Sandwich Panels and a Proposal for Changes in Normative Legal Acts for Fire Safety in Terms of Their Application in Buildings of Different Functional Purposes]. *Pozharnaya bezopasnost'* [Fire Safety]. Balashikha, Izd-vo FGBU VNIPO MChS RF Publ., 2016, no. 4, pp. 119–121 (in Russ.).

4. Palatinskaya I.P., Borovik S.I., Vladimirova N.E., Dementieva E.S., Sintyayeva V.A. [Experimental study on proportioning of flame retardant material for reducing the flammability of expanded polystyrene]. Moscow, *Modern Science*, 2016, no. 10, pp. 22–26.

5. Palatinskaya I.P., Borovik S.I., Sintyaeva V.A., Redkina N.E., Demytyeva 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.).
6. GOST 32702.2-2014 (ISO 16276-2:2007). *Materialy lakokrasochnye. Opredelenie adgezii metodom Kh-obraznogo nadreza* [Paint Materials. Determination of Adhesion by X-Cut Test Method]. Moscow, Standartinform Publ., 2014 (in Russ.).
7. GOST 31149-2014 (ISO 2409:2013). *Materialy lakokrasochnye. Opredelenie adgezii metodom reshetchatogo nadreza (s Popravkoy)* [Paint Materials. Determination of Adhesive by Cross-Cut Method (with Correction)]. Moscow, Standartinform Publ., 2014 (in Russ.).
8. GOST 31993-2013 (ISO 2808:2007). *Materialy lakokrasochnye. Opredelenie tolshchiny pokrytiya* [Paint Materials. Determination of Film Thickness]. Moscow, Standartinform Publ., 2013 (in Russ.).
9. GOST 7076-99. *Materialy i izdeliya stroitel'nye. Metod opredeleniya teploprovodnosti i termicheskogo soprotivleniya pri statsionarnom teplovom rezhime* [Building Materials and Products. Method of Determination of Steady-State Thermal Conductivity and Thermal Resistance]. Moscow, Standartinform Publ., 1999 (in Russ.).
10. *Rukovodstvo po ekspluatatsii ITS-1 Izmeritel' teploprovodnosti* [Instruction Manual ITS-1 Thermal Conductivity Meter]. Available at: <https://www.interpribor.ru/assets/userfiles/11/126/Its-1.pdf>.

Received 25 December 2017

ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ

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. DOI: 10.14529/build180104

FOR CITATION

Palatinskaya I.P., Borovik S.I., Orlov A.A., Demytyeva E.S., Sintyaeva 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.). DOI: 10.14529/build180104