

СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ / CONSTRUCTION MATERIALS

DOI: <https://doi.org/10.18454/mca.2022.26.1>

ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛИМЕРНЫХ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ В ГРАЖДАНСКОМ И ПРОМЫШЛЕННОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Научная статья

Тарасов И.Ю.^{1*}, Христофорова И.А.²

² ORCID: 0000-0002-4768-4425;

^{1,2} Владимирский государственный университет имени А. Г. и Н. Г. Столетовых, Владимир, Россия

* Корреспондирующий автор (ilya19tarasov[at]mail.ru)

Аннотация

Современный мир трудно представить без полимерных соединений. Они встречаются в любой сфере жизнедеятельности человека независимо от его проживания. Полимерные материалы настолько глубоко проникли в нашу жизнь, что мы уже не придаем значения тому, как она изменилась с их появлением. Одной из сфер, которая нуждается в использовании полимеров, является строительство. В данной статье рассматривается применение полимерных теплоизоляционных материалов в гражданском и промышленном строительстве. Приводится классификация полимерных теплоизоляционных материалов с подробным описанием каждого вида. Описываются отличительные особенности различных полимерных теплоизоляционных материалов, их основные свойства, преимущества и недостатки.

Ключевые слова: теплоизоляционные материалы, газонаполненные полимеры, пенополистирол, пенополиэтилен, пенополивинилхлорид, пенополиуретан, интегральные пенопласты.

APPLICATION OF POLYMER THERMAL INSULATION MATERIALS IN CIVIL AND INDUSTRIAL CONSTRUCTION

Research article

Tarasov I.Y.^{1*}, Khristoforova I.A.²

² ORCID: 0000-0002-4768-4425;

^{1,2} Vladimir State University named after A. G. and N. G. Stoletov, Vladimir, Russia

* Corresponding author (ilya19tarasov[at]mail.ru)

Abstract

It is difficult to imagine the modern world without polymer compounds. They are found in any sphere of human activity, regardless of his residence. Polymer materials have penetrated so deeply into our lives that we no longer attach importance to how it has changed with their appearance. One of the areas that needs the use of polymers is construction. This article discusses the use of polymer thermal insulation materials in civil and industrial construction. The classification of polymer thermal insulation materials with a detailed description of each type is given. The distinctive features of various polymer thermal insulation materials, their main properties, advantages and disadvantages are described.

Keywords: thermal insulation materials, gas-filled polymers, expanded polystyrene, polyethylene foam, polyvinyl chloride foam, polyurethane foam, integral foams.

Введение

На сегодняшний день, на рынке представлен большой ассортимент теплоизоляционных материалов, с различными эксплуатационными характеристиками. Но наиболее распространены среди них пенопласты. Применение пенопластов в строительстве обусловлено их малой стоимостью, высокими теплоизоляционными и физико-механическими характеристиками.

Изотропные пенопласты

Пенопластами называют полимерные материалы, наполненные изолированными или сообщающимися полостями с газом. Отсюда ещё одно название пенопластов – газонаполненные полимеры. Согласно [1] они подразделяются на несколько типов, по характеру пор. Например, поры в пенопластах могут быть изолированы друг от друга и не сообщаться. Такой материал называется закрытопористым. И наоборот, если в пенопласте ячейки сообщаются, его называют открытопористым. Так же существует понятие «поропласты», им принято характеризовать пенопласты с частично сообщающимися ячейками. Деление на пенопласты и поропласты весьма условно, потому что зачастую в материале присутствуют все три вида структуры ячеек. Наибольшее распространение среди этой группы получили вспененные полистирол, полиэтилен, полиуретан и поливинилхлорид. Пенопласты из других полимеров не так широко распространены в гражданском и промышленном строительстве. Чаще всего используются следующие марки пенополистирола: ПСБ-С-15, ПСБ-С-25, ПСБ-С-35, ПСБ-С-50. Плотность пенополистирола марки ПСБ-С-15 составляет 15 кг/м³. Такой пенополистирол в основном применяется в заполнении стеновых перекрытий, для утепления крыш и в других конструкциях с незначительными нагрузками.

Для марок ПСБ-С-25, ПСБ-С-35 и ПСБ-С-50, плотность составляет 25, 35 и 50 кг/м³ соответственно. С увеличением плотности увеличивается прочность пенополистирола. Так пенополистирол марки ПСБ-С-25 используют в строительстве стен, полов и других объектов, где от него требуется сопротивление большим нагрузкам. Плиты ПСБ-С-35 применяются в строительстве перекрытий, полов на грунте, фундаментов и в других местах со значительной нагрузкой. Пенополистирол марки ПСБ-С-50 используется в строительстве перекрытий и облицовки промышленных и общественных зданий, полов в производственных помещениях, складах и в других местах, где предполагается воздействие очень высоких напряжений. Прочность на сжатие при 10 % линейной деформации для пенополистирола изменяется от 0,04 МПа для марки ПСБ-С-15 первой категории качества, до 0,2 МПа для ПСБ-С-50 высшей категории качества. По данным [2] предел прочности при изгибе и теплопроводность при 25 °С изменяются соответственно 0,06–0,35 МПа и 0,037–0,041 Вт/(м·С).

Ассортимент пенополиэтиленов, используемых в гражданском и промышленном строительстве, представлен следующими марками: газовспененный несшитый полиэтилен НПЭ, химически сшитый полиэтилен ХС-ППЭ, физически сшитый полиэтилен ФС-ППЭ.

Сшитые пенополиэтилены ХС-ППЭ и ФС-ППЭ превосходят несшитые НПЭ как по физико-механическим, так и по теплоизоляционным свойствам. Физически сшитый пенополиэтилен превосходит по данным показателям химически сшитый. Для пенополиэтиленов предел прочности и теплопроводность при 25С изменяется соответственно от 0,015 МПа для НПЭ до 0,5 МПа для ФС-ППЭ и от 0,029 Вт/(м·С) для ФС-ППЭ до 0,5 Вт/(м·С) для НПЭ [3].

Промышленность выпускает пенополиуретаны различных марок, отличающихся по жёсткости: ST, HL, HS, EL, HR, SMHR.

Для эластичных пенополиуретанов HS, HR характерна открытопористая структура. Цвет неокрашенного пенополиуретана варьируется от белого до жёлтого. Для пенополиуретанов марки HS и HR характерны следующие свойства: негигроскопичность, маслостойкость, сохранение эластичных свойств в интервале температур от 15 до 100 °С. Благодаря своей ячеистой структуре, жёсткие пенополиуретаны марок HL, EL, ST превосходят остальные по своим теплоизоляционным качествам. Так же, для этих марок характерно длительное сохранение теплопроводности на низком уровне, без каких-либо изменений. Кроме марки SMHR, газонаполненные полиуретаны относятся к сильногорючим веществам. Это сильно ограничивает их применение в строительстве. При введении в ППУ антипиреновых добавок, возрастает плотность материала и теряется эластичность. Для тепло- и шумоизоляции в строительстве применяется только негорючий пенополиуретан. Сверхплотные виды используются для гидроизоляции в фундаментах зданий и на прочих поверхностях. Для стандартной теплоизоляционной ППУ-панели средней плотности свойственны: прочность на сжатие с деформацией до 10%–0,46 МПа, теплопроводность - 0,021 Вт/(м·С) [4], [5].

Ассортимент пенополивинилхлорида представлен для жестких пенопластов марками ПВХ-1, ПВХ-2, и для эластичных маркой ПВХ-Э.

Пенопласт ПВХ обладает жесткой замкнуто-ячеистой структурой. Цвет от белого до желтого. Преимуществом пенополивинилхлорида является относительная дешевизна сырья, трудногорючесть материала, водо-, масло-, бензо-, и хим- стойкость. Недостатком пенополивинилхлорида является его малая термостабильность и относительная сложность производства, это ограничивает его использование в строительстве. Жёсткий пенополивинилхлорид ПВХ-1 и ПВХ-2 характеризуется прочностью на сжатие при 10 % линейной деформации соответственно 0,4–0,9 МПа и 0,8–4,5 МПа. И теплопроводностью, изменяющейся от 0,026 Вт/(м·С) до 0,0052 Вт/(м·С). Пенопласт ПВХ-Э характеризуется пониженной прочностью при 10% сжатии, от 0,03 до 0,05 МПа. Его теплопроводность колеблется в пределах от 0,043 Вт/(м·С) до 0,066 Вт/(м·С) [6], [7].

Что бы сравнить между собой различные изотропные пенопласты определим показатели, наиболее влияющие на качество теплоизоляционного материала. Теплопроводность влажного воздуха много выше теплопроводности сухого воздуха. Поэтому первым показателем можно считать водопоглощение. Этот показатель, главным образом, характеризует длительность службы теплоизоляционного материала, без увеличения теплопроводности. Кроме характеристик, влияющих на срок службы, важно учесть непосредственно теплопроводность пенопласта.

Среди вышеописанных теплоизоляционных материалов, наименьшую теплопроводность имеет пенополиуретан 0,021 Вт/(м·С). Но при этом он сильно подвержен разрушению, под действием ультрафиолетового излучения, и обладает наибольшим показателем водопоглощения за 24 часа (1–5%). Этим обусловлено его применение в заполнении многослойных конструкций, выполнять наружные изделия из ППУ не рекомендуется. Пенополиэтилен уступает ППУ по теплоизоляционным свойствам, но превосходит его по эксплуатационным показателям. В частности, водопоглощение пенополиэтилена за 24 часа составляет 0,5–1,2%. Благодаря этому ППЭ гораздо чаще чем ППУ используется как самостоятельный теплоизоляционный материал. Пенополистирол считается универсальным теплоизолятором. По своим характеристикам он занимает промежуточное положение между пенополиэтиленом и пенополиуретаном, но ППС получил большее распространение в связи со своей прочностью. Благодаря ей ППС широко используется как конструкционный материал. ППВХ находится на одном уровне с ППС по теплопроводности, но значительно превосходит его по водопоглощению, прочности и, что не мало важно, сопротивлению горению. Основные недостатки пенополивинилхлорида заключаются в его низкой свето- и термостабильности и связанной с этим сложности производства. В связи с этим, пенополивинилхлорид используется довольно редко, только в тех случаях, когда необходима совокупность именно этих показателей (негорючесть, прочность, влагостойкость, высокие теплоизоляционные качества).

Интегральные пенопласты

Газонаполненные полимеры, в которых явно заметно уменьшение плотности (увеличение пористости) в направлении от поверхности к центру изделия, изготовленного за одну технологическую операцию, называют интегральными. В интегральных пенопластах можно условно выделить три области. Это внешний плотный слой, за

счёт которого достигаются высокие физико-механические характеристики. Пористая сердцевина, благодаря которой изделие приобретает лёгкость и теплоизоляционные свойства. И переходная область, являющаяся связующей между внешним слоем и сердцевиной. Благодаря наличию переходной области интегральные пенопласты превосходят по своим характеристикам клеёные трёхслойные панели [8]. Толщину и плотность данных слоёв можно изменять посредством варьирования технологическими режимами и количеством порообразователя.

В гражданском и промышленном строительстве используется экструдированный пенополистирол следующих марок:

Пеноплекс – данный материал имеет рабочий диапазон температур от -50 до +80 градусов. Подходит для утепления подвальных помещений, фундаментов, заглубленных резервуаров, коллекторов.

Стикерс – Данный материал редко используется как самостоятельный утеплитель. Чаще всего его применяют в составе сэндвич-панелей и в качестве заполнителя внутрестеновых кассет.

УРСА ЭППС – Материал данной марки считается лучшим среди интегральных пенополистиролов по теплоизоляционным показателям. Он часто используется для утепления фундаментов в обводненных почвах. Так же, его применяют в качестве гидро и пароизоляции строительных конструкций [9].

Для интегрального пенополистирола характерны отличные теплоизоляционные показатели. Коэффициент теплопроводности материала находится в пределах 0,029–0,034 Вт/(м·С). Прочность на сжатие материала составляет 0,018 МПа [10], [11].

Заключение

Полимерные теплоизоляционные материалы относятся к группе наиболее эффективных. В последние годы в связи с изменением требований к термическому сопротивлению ограждающих конструкций объем производства пенопластов значительно возрос и продолжает расти. Рост промышленного производства и применения пенопластов обусловлен также значительно меньшими в сравнении с другими утеплителями удельными капитальными затратами на организацию их производства [12].

В настоящее время мировой рынок пеноматериалов продолжает активно развиваться. При этом самыми популярным пластиком на рынке является полиуретан. На его долю приходится больше половины (55%) мирового спроса. Кроме того, большие объемы берут на себя вспененные полистирол и поливинилхлорид – 25% и 15% соответственно. Так же значительный сегмент рынка занимает пенополиэтилен (10%) [13].

Conflict of Interest

None declared.

Конфликт интересов

Не указан.

Список литературы / References

1. Аралов Е.С. Эффективность теплоизоляционных материалов, применяемых при строительстве наружных ограждающих конструкций / Е.С. Аралов, Б.М. Кумицкий, Д.О. Бугаевский // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации. – 2021. – № 4(25). – С. 26–31.
2. Утепление дома [Электронный ресурс] – URL : <https://utepdom.ru/penopolistiro.html> (дата обращения: 20.03.2022)
3. Москва [Электронный ресурс] // ИНТЕМ. – URL : <http://intem-pena.ru/faq/index/4.html> (дата обращения: 20.03.2022)
4. Берлин А.А. Упрочненные газонаполненные пластмассы / А. А. Берлин, Ф. А. Шутов. - М. : Химия, 1980. - 222 с.
5. Строй Недвижка [Электронный ресурс] – URL : <http://stroynedvizhka.ru/stroitelnye-materialy/sostav-svoystva-repopoliuretana/#ank2> (дата обращения: 20.03.2022)
6. Лисиенкова Л.Н. Перспективы применения нетканых теплоизоляционных материалов / Л. Н. Лисиенкова, Л. Ю. Комарова // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2021. – № 4. – С. 26–31. DOI: 10.24412/2071-6168-2021-4-26-31.
7. Мастерская Своего Дела [Электронный ресурс] – URL : <https://msd.com.ua/tehnologiya-teploizolyacii/penoplasty-na-osnove-polivnnylxlorida/> (дата обращения: 20.03.2022)
8. Серебрякова В.А. Сравнительный анализ теплоизоляционных материалов, используемых в гражданском строительстве / В.А. Серебрякова // Высокие технологии в строительном комплексе. – 2019. – № 1. – С. 49–55.
9. Федосов С.В. Состояние и перспективы применения полимерных теплоизоляционных материалов в строительстве / С.В. Федосов, С.А. Малбиев, А.А. Кусенкова и др. // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Материалы. Конструкции. Технологии. – 2018. – № 3. – С. 26–43.
10. Сапрыкин Г.П. Перспективы применения новых теплоизоляционных материалов в современном строительстве / Г.П. Сапрыкин, А.Т. Максименко // Вестник СевКавГТИ. – 2009. – № 9. – С. 37–39.
11. Полимер инфо [Электронный ресурс] – URL : <https://polimerinfo.com/penopolistiro/ekstrudirovannyj-penopolistiro-tehnicheskie-harakteristiki.html> (дата обращения: 20.03.2022)
12. Христофорова И.А. Модификация теплоизоляционного материала из поливинилхлорида / И.А. Христофорова // Строительные материалы. – 2005 г. – № 5. – С. 56–57.
13. Новые химические технологии [Электронный ресурс] // Аналитический портал химической промышленности – URL : https://www.newchemistry.ru/letter.php?n_id=193 (дата обращения: 24.04.2022)

Список литературы на английском языке / References in English

1. Aralov E.S. Effektivnost' teploizolyacionnyh materialov, primenyaemyh pri stroitel'stve naruzhnyh ograzhdayushchih konstrukcij [Efficiency of thermal insulation materials used in the construction of external enclosing structures] / E.S. Aralov, B.M. Kumickij, D.O. Bugaevskij // Gradostroitel'stvo. Infrastruktura. Kommunikacii [Urban planning. Infrastructure. Communications]. – 2021. – № 4(25). – PP. 26–31. [in Russian]

2. Uteplenie doma [Home insulation] [Electronic resource] – URL: <https://utepdom.ru/penopolistirol.html> (accessed: 20.03.2022) [in Russian]
3. Moskva [Moscow] [Electronic resource] // INTEM. – URL: <http://intem-pena.ru/faq/index/4.html> (accessed: 20.03.2022) [in Russian]
4. Berlin A.A. Uprochnennye gazonapolnennye plastmassy [Reinforced gas-filled plastics] / A. A. Berlin, F. A. Shutov. - M.: Himiya, 1980. – 222p. [in Russian]
5. Stroj Nedvizhka [Construction Real estate] [Electronic resource] – URL: <http://stroynedvizhka.ru/stroitelnye-materialy/sostav-svoystva-penopoliuretana/#ank2> (accessed: 20.03.2022) [in Russian]
6. Lisienkova L.N. Perspektivy primeneniya netkanyh teploizolyacionnyh materialov [Prospects for the use of non-woven thermal insulation materials] / L.N. Lisienkova, L.Yu. Komarova // Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Tekhnicheskie nauki [Proceedings of Tula State University. Technical sciences]. – 2021. – № 4. – pp. 26–31. DOI: 10.24412/2071–6168–2021–4–26–31 [in Russian]
7. Masterskaya Svoego Dela [Workshop of Your Business] [Electronic resource] – URL: <https://msd.com.ua/tekhnologiya-teploizolyacii/penoplasty-na-osnove-polivnnykhlorida/?> (accessed: 20.03.2022) [in Russian]
8. Serebryakova V.A. Sravnitel'nyj analiz teploizolyacionnyh materialov, ispol'zuemyh v grazhdanskom stroitel'stve [Comparative analysis of thermal insulation materials used in civil construction] / V.A. Serebryakova // Vysokie tekhnologii v stroitel'nom komplekse [High technologies in the construction complex]. – 2019. – № 1. – pp. 49–55. [in Russian]
9. Fedosov S.V. Sostoyanie i perspektivy primeneniya polimernyh teploizolyacionnyh materialov v stroitel'stve [The state and prospects of the use of polymer thermal insulation materials in construction] / S.V. Fedosov, S.A. Malbiev, A.A. Kusenкова et al. // Vestnik Povolzhskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta. Seriya: Materialy. Konstrukcii. Tekhnologii. [Bulletin of the Volga State Technological University. Series: Materials. Constructions. Technologies] – 2018. – № 3. – pp. 26–43. [in Russian]
10. Saprykin G.P. Perspektivy primeneniya novyh teploizolyacionnyh materialov v sovremennom stroitel'stve [Prospects for the use of new thermal insulation materials in modern construction] / G.P. Saprykin, A.T. Maksimenko // Vestnik SevKavGTI [Bulletin of SevKavGTI]. – 2009. – № 9. – pp. 37–39. [in Russian]
11. Polimer info [Polymer info] [Electronic resource] – URL: <https://polimerinfo.com/penopolistirol/ekstrudirovannyj-penopolistirol-tehnicheskie-harakteristiki.html> (accessed: 20.03.2022) [in Russian]
12. Hristoforova I.A. Modifikaciya teploizolyacionnogo materiala iz polivinilhlorda [Modification of thermal insulation material from polyvinyl chloride] / I.A. Hristoforova // Stroitel'nye materialy [Building materials]. – 2005 – № 5. – pp. 56–57. [in Russian]
13. Novye himicheskie tekhnologii [New chemical technologies] [Electronic resource] // Analiticheskij portal himicheskoy promyshlennosti [Analytical portal of the chemical industry] – URL: https://www.newchemistry.ru/letter.php?n_id=193 (accessed: 24.04.2022) [in Russian]