

Устройство эксплуатируемых кровельных систем: инновационные материалы и технологии

М.Г. Семак, М.В. Семак, Т.Ф. Чередниченко

Институт архитектуры и строительства Волгоградского государственного технического университета

Аннотация: В статье рассматривается возможность использования в строительстве теплоизоляционных материалов нового поколения. При разработке конструктивных решений для эксплуатируемых и зеленых крыш применение плит из экструзионного пенополистирола является наиболее предпочтительным. Благодаря высокой прочности и простоте монтажа данный теплоизоляционный полимерный материал является перспективной альтернативой традиционным.

Ключевые слова: зеленые кровли, теплоизоляция, экструзионный пенополистирол, класс пожарной опасности, водопоглощение, биостойкость, прочность, долговечность.

Полимеры в строительстве – это новый мир для проектировщиков и строителей. Применение легких теплоизоляционных материалов новейшего поколения, таких как экструзионный пенополистирол (XPS) и полипеноизоцианурат (PIR), является существенным рывком в строительстве. Вследствие собственной многофункциональности и легкости, полимерные материалы нашли большое применение в практической деятельности всемирного строительства. Их активно используют при строительстве зданий в сегменте промышленного и гражданского строительства (ПГС) и коттеджного малоэтажного строительства (КМС). Это объекты жилой, офисной и производственной недвижимости, а также спортивных и оздоровительных комплексов. [1]

Полимерные материалы являются основными составляющими теплоизоляционных плит конструктивных систем зданий и сооружений. В настоящее время полимеры в номенклатуре материалов стройиндустрии занимают лидирующие позиции [2]. При монтаже фасадных, фундаментных или кровельных систем полимерные утеплители успешно используются, благодаря их высокой прочности и простоте монтажа.

Утеплитель XPS (Рис. 1) (XPS – Extruded Polystyrene Foam или ЭППС – экструзионный пенополистирол) имеет ряд достоинств в сравнении с традиционными материалами, основанными на их уникальных физико-механических свойствах [3].



Рис. 1. – Плиты XPS.

Из всех отличительных свойств можно выделить следующие.

1. Низкая теплопроводность, что позволяет эффективно препятствовать проникновению холода из внешней среды в помещение, экономя энергию в любой период года. Благодаря закрыто-пористой структуре с размером ячеек 0,05 – 0,08 мм и использованием газа CO_2 в качестве вспенивающего вещества, удалось достичь лучших показателей по теплопроводности среди всех теплоизоляционных материалов [4].

2. Устойчивость к деформации. XPS отличается высокой стойкостью к динамическим нагрузкам. Это один из самых прочных видов утеплителя. Прочность на сжатие при 10% деформации XPS в зависимости от марки составляет от 150 до 1000 кПа, что составляет от 15 до 100 тонн на квадратный метр (рис. 2). Высокие показатели прочности дают возможность применять XPS в нагружаемых конструкциях, в конструкциях фундаментов, для устройства теплоизоляции автомобильных и железных дорог, а также для устройства традиционных и инверсионных эксплуатируемых кровель, и в других конструкциях [5].



Рис. 2. – Прочность на сжатие.

3. Не впитывает влагу. XPS не впитывает воду и может работать без потери свойств во влажных условиях. Благодаря тому, что XPS имеет 95% мелких закрытых пор (рис. 3), его водопоглощение по объему находится в пределах 0,2%. Это значит, что материал не впитывает влагу.

Практически нулевое водопоглощение гарантирует стабильность показателей теплопроводности и геометрических параметров плиты XPS с течением времени, защищает материал от появления в нем плесени и грибков, а также преждевременного разрушения под воздействием перепадов температур [6].

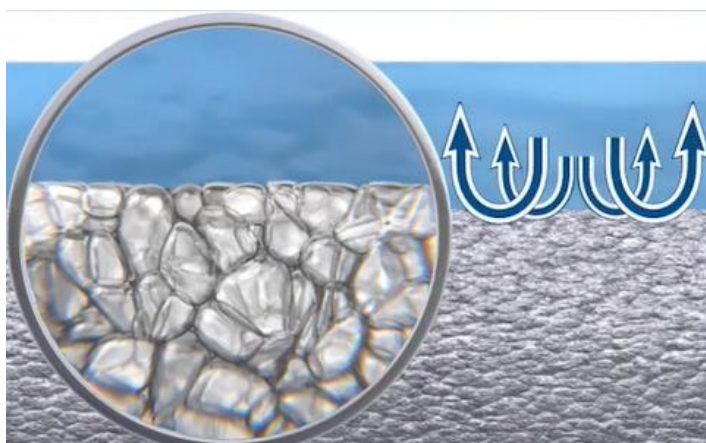


Рис. 3. – Закрыто-пористая структура XPS.

4. Легкий вес. XPS имеет очень низкую плотность – от 26 кг/м^3 , это значит, что с ним легко справится любой рабочий и не возникнет трудностей с погрузкой и транспортировкой.

5. Биостойкость. XPS не подвержен процессам гниения и разложения – синтетический продукт, поэтому для его разложения нужны сотни лет, что подтверждено в Испытательном центре «Биостойкость» Экоцентра МГУ.

6. Долговечность. Согласно техническому заключению ЦНИИПромзданий по результатам испытания XPS на тепловое старение, прогноз долговечности XPS в ограждающих конструкциях зданий и сооружений составляет не менее 50 лет, что в будущем позволит существенно сэкономить на капитальном ремонте зданий [7].

7. Простота монтажа. Для монтажа XPS не требуется специализированного оборудования. Наличие L-кромки на плитах XPS (рис. 1) позволяет укладывать материал без дополнительной герметизации швов, при этом мостики холода не образуются. Благодаря малому весу плит, работы по утеплению можно выполнить своими руками.

8. Данный материал также решает проблему вторичной переработки промышленных и бытовых отходов. Сырье, применяемое для изготовления XPS, является экологически чистым. Для изготовления XPS используются полистирол общего назначения. Плиты XPS производятся методом экструзии из гранул полистирола (рис.4), из этого же компонента изготавливаются одноразовая посуда, медицинские емкости и даже детские игрушки. [8].



Рис. 4. – Гранулы полистирола.

При разработке конструктивных решений для эксплуатируемых и зеленых крыш в качестве основной системы была принята инверсионная система устройства плоской кровли. В отличие от традиционной, эта система предусматривает устройство теплоизоляционного слоя поверх гидроизоляции. Это возможно при использовании в качестве утеплителя материала, обладающего низким водопоглощением, высокой устойчивостью к длительному воздействию влаги, а также прочностью [9].

Рассмотрим физико-механические показатели приведенных утеплителей из XPS [10], каменной ваты (КВ) [11] и PIR [12] (таблица №1)

Таблица №1

Физико-механические свойства.

Наименование	XPS	КВ	PIR	Метод испытаний
Прочность на сжатие при 10% деформации, кПа	250	65	150	ГОСТ EN 826-2011
Теплопроводность в условиях эксплуатации А / Б, Вт/м•К	0,032	0,041 0,043	0,022 0,023	ГОСТ Р 54855-2011, ГОСТ 7076-99, СП 23-101-2004, ГОСТ 7076-99
Водопоглощение по объему [13], не более, %	0,2	1,5	1	ГОСТ 15588-2014, ГОСТ 9573-2012
Водопоглощение по объему за 28 суток, не более, %	0,18	-	1	ГОСТ EN 12087-2011
Группа горючести	Г4/Г3	НГ	Г1	ГОСТ 30244-94

Согласно п. 5.1 ГОСТ 30244-94, строительные материалы в зависимости от значений параметров горючести, определяемых по методу I,

подразделяют на негорючие (НГ) и горючие (Г). Исходя из приведенных в таблице 1 данных, можно сделать вывод, что наиболее энергоэффективным является утеплитель из PIR, КВ в свою очередь имеет НГ степень горючести, что позволит с легкостью снизить класс пожарной опасности на любом объекте.

Основными характеристиками инверсионных кровельных систем являются: прочность на сжатие при 10% линейной деформации, водопоглощение по объему и водовоглощение при длительном полном погружении (28 суток).

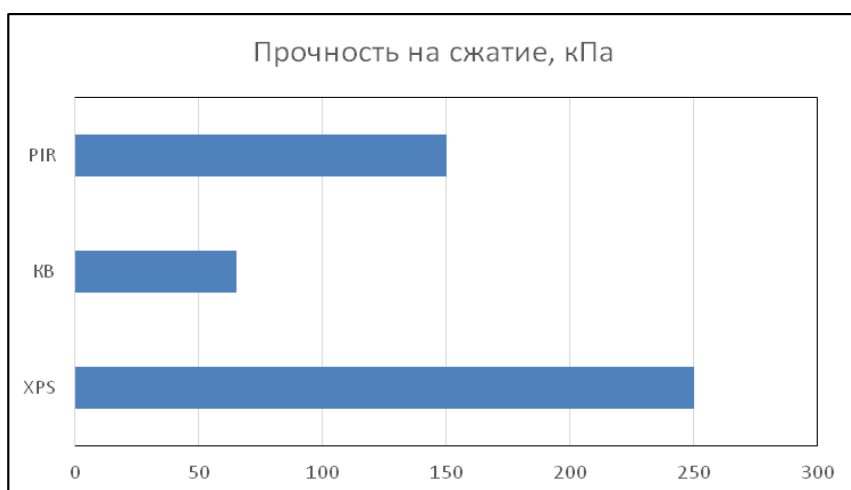


Рис. 5. – Сравнение теплоизоляции по прочности на сжатие при 10% линейной деформации (диаграмма составлена по данным таблицы 1)

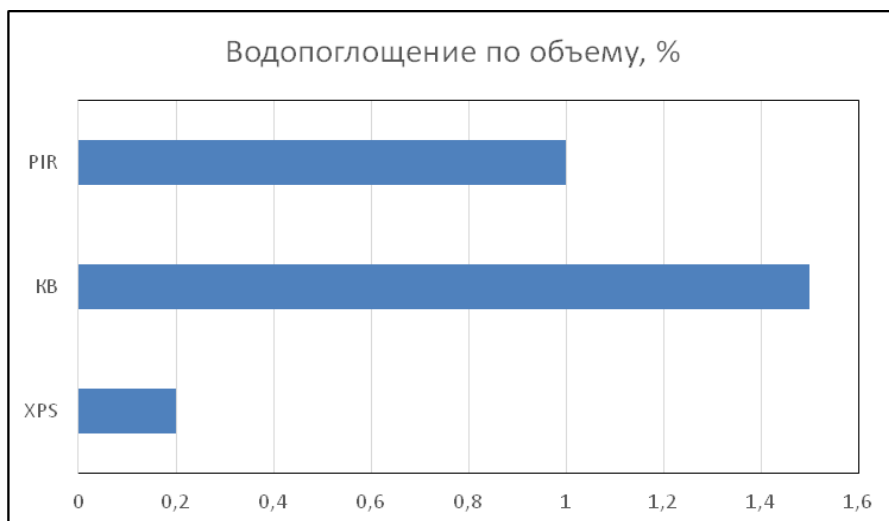


Рис. 6. – Сравнение теплоизоляции по водопоглощению по объему (диаграмма составлена по данным таблицы 1)

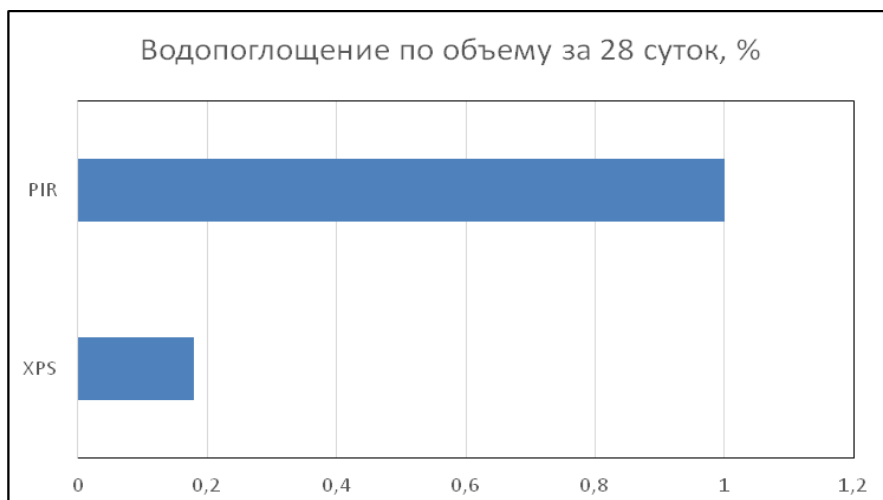


Рис. 7. – Сравнение теплоизоляции по водопоглощению по объему за 28 суток (диаграмма составлена по данным таблицы 1)

В результате сравнения различных видов теплоизоляционных материалов, авторами статьи был сделан вывод о том, что XPS является наиболее оптимальным вариантом для создания теплоизоляционного слоя на инверсионных зеленых кровлях, так как по сравнению с КВ и PIR (рис. 5-7), имеет наибольшую прочность на сжатие, наименьшее водопоглощение по объему и по объему за 28 суток, что соответствует требованиям п.5.4.3 СП 17.13330.2017. Теплоизоляцию предусматривают из материалов с низким водопоглощением (не более 0,7% по объему за 28 сут.) и прочностью на сжатие не менее 100 кПа, при этом она должна быть однослойной, т.к. блокирование тонких слоев воды в многослойном утеплителе снижает его теплозащитные свойства и исключает испарение влаги.

Все вышеперечисленные свойства утеплителя из XPS позволяют использовать его в строительстве практически безгранично.

Однако, как и любой строительный материал, теплоизоляция из XPS имеет и определенные недостатки:

- высокая стоимость;

- низкая степень пожарной опасности;
- при контакте XPS с некоторыми видами лаков, ацетона или олифы способны полностью его растворить;
- невысокая звукоизоляция;

Анализ плюсов и минусов полимерных теплоизоляционных материалов позволяет сделать однозначный вывод в пользу использования этих материалов в строительстве. Это кровли, фасады и фундаменты с применением материалов XPS. Данные материалы и технологии являются инновационной и перспективной альтернативой традиционным.

Литература

1. Шерешевский И.А. Конструирование гражданских зданий. М.: Архитектура-С, 2019. 176 с.
2. Пахаренко В. А., Пахаренко В. В., Яковлева Р. А. Пластмассы в строительстве. СПб.: Науч. основы и технологии, 2010. 350 с.
3. Weiler S., Scholz-Barth K. Green Roof Systems: A Guide to the Planning, Design, and Construction of Landscapes over Structure. Hoboken, New Jersey: Wiley & Sons, 2009. 320 p.
4. Абрамян С. Г., Михайлова Н. А., Котляревский А. А., Семочкин В. О. Теплоизоляционные материалы, обеспечивающие энергоэффективность фасадных систем // Инженерный вестник Дона. 2018. № 4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2018/5331 (дата обращения: 02.04.2021).
5. Иванов Д.В., Андрианов К.А., Ярцев В.П. Исследование долговечности и теплофизических характеристик экструзионного пенополистирола в строительстве // Научная электронная библиотека «КиберЛенинка». URL: cyberleninka.ru/article/n/issledovanie

- dolgovechnosti-i-teploffizicheskikh-harakteristik-ekstruzionnogo-penopolistirola-v-stroitelstve/viewer (дата обращения: 02.04.2021).
6. Шеина С.Г., Миненко Е.Н. Разработка алгоритма выбора энергоэффективных решений в строительстве // Инженерный вестник Дона URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4p1y2012/1099 (дата обращения: 02.04.2021).
 7. Бобров Ю.Л. Долговечность теплоизоляционных минераловатных материалов. М.: Стройиздат, 1987. 168 с.
 8. Жуков А.Д., Матвеев А.В., Аристов Д.И., Пятаев Е.Р. Экструзионный пенополистирол в системах плоских кровель // Научная электронная библиотека. URL:cyberleninka.ru/article/n/ekstruzionnyu-penopolistirol-v-sistemah-ploskih-krovel/viewer (дата обращения: 02.04.2021).
 9. Nguyen, D.L. A critical review on Energy Efficiency and Conservation policies and programs in Vietnam // Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2015 № 52 pp. 623-634.
 10. Экструзионный пенополистирол Технониколь CARBON PROF. Технониколь навигатор. Россия. URL: nav.tn.ru/catalog/teploizolyatsiya/xps-teploizolacia/ekstruzionnyu-penopolistirol-tekhnonikol-carbon-prof/ (дата обращения: 02.04.2021).
 11. Каменная вата. Технониколь навигатор. Россия. URL:shop.tn.ru/media/brochures/file_1457.pdf (дата обращения: 02.04.2021).
 12. Плиты теплоизоляционные LOGICPIR PROF. Технониколь навигатор. Россия. URL:nav.tn.ru/catalog/teploizolyatsiya/pir/plity-teploizolyatsionnye-pir/?sphrase_id=335663 (дата обращения: 02.04.2021).
 13. Водопоглощение материалов. Технониколь навигатор. Россия. URL:nav.tn.ru/knowledge-base/chasto-zadavaemye
-

voprosy/penopoliizotsianurat-logicpir/kakoe-vodopogloshchenie-u-materiala-pir-logicpir/?sphrase_id=338523 (дата обращения: 02.04.2021).

References

1. Shereshevskij I.A. Konstruirovaniye grazhdanskix zdaniy [Design of civil buildings]. M.: Arxitektura-S, 2019. 176 p.
2. Paxarenko V. A., Paxarenko V. V., Yakovleva R. A. Plastmassy` v stroitel`stve [Plastics in construction]. SPb.: Nauch. osnovy` i texnologii, 2010. 350 p.
3. Weiler S., Scholz-Barth K. Green Roof Systems: A Guide to the Planning, Design, and Construction of Landscapes over Structure. Hoboken, New Jersey: Wiley & Sons, 2009. 320 p.
4. Abramyan S. G., Mixajlova N. A., Kotlyarevskij A. A., Semochkin V. O. Inzhenernyj vestnik Dona. 2018. № 4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2018/5331 (accessed 02/04/2021).
5. Ivanov D.V., Andrianov K.A., Yarcev V.P. Nauchnaya e`lektronnaya biblioteka «KiberLeninka». URL: cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-dolgovechnosti-i-teplofizicheskix-harakteristik-ekstruzionnogo-penopolistirola-v-stroitelstve/viewer (accessed 02/04/2021).
6. Sheina S.G., Minenko E.N. Inzhenernyj vestnik Dona. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4p1y2012/1099 (accessed 02/04/2021).
7. Bobrov Yu.L. Dolgovechnost` teploizolyacionny`x mineralovatny`x materialov [Durability of thermal insulation mineral wool materials]. M.: Strojizdat, 1987. 168 p.
8. Zhukov A.D., Matveev A.V., Aristov D.I., Pyataev E.R. Nauchnaya e`lektronnaya biblioteka «KiberLeninka». URL: cyberleninka.ru/article/n/ekstruzionnyy-penopolistirol-v-sistemah-ploskih-krovel/viewer (accessed 02/04/2021).



9. Nguyen, D.L. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2015, № 52. pp. 623-634.
10. E`kstruzionny`j penopolistirol Texnonikol` CARBON PROF [Extrusion expanded polystyrene Texnonikol CARBON PROF]. Texnonikol` navigator Rossiya. URL: nav.tn.ru/catalog/teploizolyatsiya/xps-teploizolacia/ekstruzionnyy-penopolistirol-tekhnonikol-carbon-prof/ (accessed 02/04/2021).
11. Kamennaya vata [Stone wool]. Texnonikol. Navigator. Rossiya. URL: shop.tn.ru/media/brochures/file_1457.pdf (accessed 02/04/2021).
12. Plity` teploizolyacionny`e Logicpir Prof [Thermal insulation boards Logicpir Prof]. Texnonikol`. Navigator. Rossiya. URL: nav.tn.ru/catalog/teploizolyatsiya/pir/plity-teploizolyatsionnye-pir/?sphrase_id=335663 (accessed 02/04/2021).
13. Vodopogloshhenie materialov [Water absorption of materials]. Texnonikol. Navigator. Rossiya. URL: nav.tn.ru/knowledge-base/chasto-zadavaemye-voprosy/penopoliizotsianurat-logicpir/kakoe-vodopogloshchenie-u-materiala-pir-logicpir/?sphrase_id=338523 (accessed 02/04/2021).