

ИНФОРМАЦИОННЫЙ ЛИСТОК 13

Изоляционные пеноматериалы

1. Описание сектора использования

Данный сектор включает пеноматериалы, используемые для теплоизоляции зданий, бытового и торгового оборудования, труб и корпусов. Изоляционные пеноматериалы с закрытыми воздушными ячейками производятся с использованием вспенивателей, которые создают ячеистую структуру в полимерной основе. В настоящее время используется несколько ГФУ-вспенивателей.

Основные направления использования

Сектор пеноматериалов можно разделить по **типу** и **сфере применения пеноматериала**.

Основные **типы пеноматериалов**, в которых используются ГФУ-вспениватели:

- 1) экструдированный полистирол (XPS)
- 2) полиуретановые (PU)
- 3) полиизоцианатные (PIR)
- 4) фенолформальдегидные (или фенольные) (PF)

Данные 4 типа пеноматериалов делятся на две основные группы. Это (а) экструдированный полистирол (XPS), который является термопластичным материалом и (б) полиуретановые (PU), полиизоцианатные (PIR) и фенолформальдегидные (или фенольные) (PF) пеноматериалы, которые являются термореактивными материалами. В данном Информационном листке вторая группа именуется «Полиуретановые пеноматериалы». При производстве экструдированного полистирола (XPS) используются газообразные вспениватели. При производстве большинства пенополиуретанов используются жидкие вспениватели, хотя в некоторых случаях используются газообразные.

Основные **сферы применения пеноматериалов**:

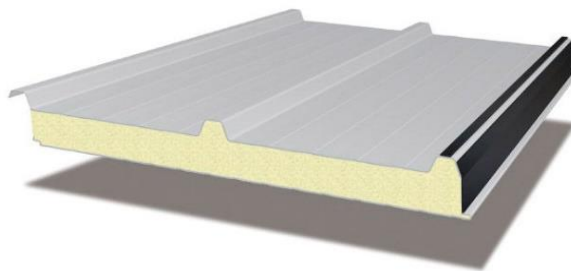
- 1) Панели и плиты, используемые для изоляции стен, пола и крыши (ламинированные и неламинированные)
- 2) Сэндвич-панели с жестким покрытием, используемые для изоляции зданий (например, холодильного склада), транспортных средств или дверей
- 3) Пеноизоляционные материалы, используемые для изоляции труб и емкостей
- 4) Тепло-звукоизоляция оборудования, например, бытовых холодильников, торговых витрин и водонагревателей
- 5) Флотационная пена для использования на морских судах
- 6) Монтажные пены, используемые для изоляции кровли и заполнения пустот и проемов в стенах
- 7) Пенополиуретановые покрытия, например, для автомобильных рулевых колес/приборных панелей



Ламинированные плиты



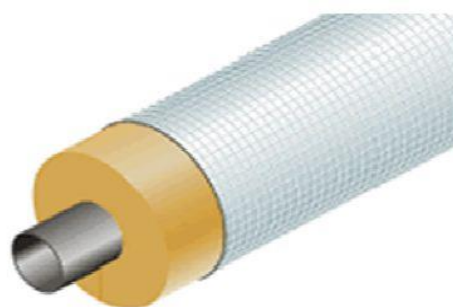
Панель из экструдированного пенополистирола



Сэндвич-панель со стальным покрытием



Использование монтажной пены



Изоляция «труба-в-трубе»



Продукция с пенополиуретановым покрытием

За исключением производства монтажной пены, во всех вышеуказанных сферах применения пеноматериалов используются готовые материалы, изготовленные на специализированных предприятиях. Монтажная пена производится по месту (т.е. с применением переносного оборудования по месту проведения изоляционных работ). Это важный аспект, поскольку он требует соблюдения мер безопасности, связанных с воспламеняющимися вспенивателями.

Альтернативные технологии

Во многих сферах применения пеноматериалов существуют конкурирующие замещающие альтернативы. Различные изоляционные материалы, например из минерального волокна,

могут использоваться вместо изоляционных пеноматериалов для изоляции стен зданий, труб и оборудования. В секторах применения, где существует конкуренция между различными типами изоляции, ключевыми факторами являются эффективность изоляции (величина термического сопротивления при заданной толщине) и стоимость. В случае наличия пространственных ограничений (например, толщина теплоизоляции), высокое термическое сопротивление некоторых типов изоляционных пеноматериалов является важным преимуществом, особенно при ужесточении требований к необходимому уровню изоляции.

Следует отметить, что в отношении некоторых сфер использования, а именно тепло-звукоизоляция оборудования и сэндвич-панелей со стальным покрытием, замещающие альтернативы практически отсутствуют, потому что высокая структурная прочность изоляционных пеноматериалов имеет решающее значение в этих сферах применения. Точно так же влагостойкость плит из экструдированного пенополистирола делает их наиболее целесообразными для изоляции пола.

Изменения, вызванные выводом из обращения ОРВ

До 1990 года основным вспенивателем для полиуретановых пеноматериалов являлся ХФУ-11, а ХФУ-12 использовался для производства экструдированного пенополистирола. Страны, не действующие в рамках статьи 5, в 1995-2010 гг. перешли на использование ГХФУ-вспенивателей. ГХФУ-141b использовался для производства полиуретановых пеноматериалов, а ГХФУ-142b и ГХФУ-22 использовались для производства изделий из экструдированного пенополистирола. С 2000 года в некоторых сферах применения стали применяться ГФУ-вспениватели (см. табл. 1). Со времени вывода из обращения ХФУ, значительная доля сектора пеноматериалов переведена на нефторуглеродные альтернативы, включая УВ и CO₂.

ГФУ-вспениватели, используемые для производства изоляционных пеноматериалов

Основные ГФУ-вспениватели, ныне используемые при производстве изоляционных пеноматериалов, приведены в таблице 1.

Таблица 1: ГФУ-вспениватели

Вспениватель	ПГП ¹	Категория воспламеняемости	Тип пеноматериала
ГФУ-134a	1430	Негорючие	Экструдированный пенополистирол и некоторые полиуретановые пеноматериалы
Смеси ГФУ-134a/ГФУ-152a	варьируется		Экструдированный пенополистирол
ГФУ-245fa	1030		Полиуретановые пеноматериалы
Смеси ГФУ-365mfc/ГФУ-227ea	960 - 1100		Полиуретановые пеноматериалы
Смеси ГФУ-134a/ГФУ-245fa	1100 - 1300		Некоторые виды полиуретановой монтажной пены

¹ Все значения ПГП приведены в Четвертом докладе об оценке МГЭИК

Все ГФУ-вспениватели относятся к категории негорючих². Это важный фактор при их выборе с точки зрения обеспечения безопасности процесса производства пеноматериалов и огнестойкости готовой продукции. Стоимость ГФУ-вспенивателей обычно выше, чем альтернативных вспенивателей (например, углеводородов), однако в некоторых сферах использования и отдельных географических регионах использование негорючих вспенивателей является преимуществом или требованием.

2. Альтернативы ныне используемым ГФУ-вспенивателям

Альтернативы ГФУ-вспенивателям, обладающие более низким ПГП приведены в таблице 2. Следует отметить, что:

- a) все альтернативы имеют очень низкий ПГП (в большинстве случаев - ниже 10). Это очень отличается от ситуации в секторе холодильного оборудования и оборудования кондиционирования воздуха, где многие рассматриваемые альтернативы имеют ПГП в диапазоне 200-1000.
- b) ряд альтернатив обладают высокой воспламеняемостью.

Со времени вывода из обращения ОРВ-вспенивателей в 1990-х годах, в секторе пеноматериалов, где это было технически и экономически приемлемо, начали использоваться нефторуглеродные альтернативы. Во многих сферах глобального сектора пеноматериалов уже используются альтернативы с более низким ПГП, приведенные в таблице 2. Часто их использование связано с более низкой стоимостью УВ-вспенивателей для пеноматериалов. Однако в некоторых сферах сектора проблемы, связанные с безопасностью или производительностью, создали постоянный спрос на ГФУ, приведенные в таблице 1.

Нынешнее использование альтернатив с более низким ПГП также варьируется в зависимости от региона. В частности, в США меньше используются горючие вспениватели, а в большинстве стран статьи 5, по-прежнему используются ГХФУ.

При производстве изоляционных **плит, панелей, материалов и монтажных пен на базе полиуретановых композиций** часто используются углеводороды.

При производстве **полиуретановой монтажной пены** в основном используются ГФУ, иногда используется CO₂ и сверхкритический CO₂ в Японии.

При производстве **экструдированного пенополистирола** по-прежнему используется значительное количество ГФУ-134а, хотя в некоторых регионах широко используется CO₂/смеси CO₂ и иногда используется ГФО-1234ze. В Японии также широко используется изобутан. Тем не менее, в регионах, где приоритетом являются термоизоляционные характеристики экструдированного пенополистирола и возросли строительные нормы в части требований к пожарной безопасности, например, в США и Канаде, CO₂ или горючие вспениватели не являются подходящей альтернативой для всех направлений применения.

² Примечание: ГФУ-365mfc – горючее вещество. Он используется в смесях с ГФУ-227ea (7% или 13%), которые являются негорючими. Аналогично, ГФУ-152a является горючим, но он используется в негорючих смесях с ГФУ-134а.

Таблица 2: Альтернативы с более низким ППП для вспенивателей пеноматериалов

Вспениватель	ППП	Категория воспламеняемости	Тип пеноматериала
Углеводороды			
Ц-пентан	5	Горючие	Полиуретановые пеноматериалы (кроме монтажной пены)
изопентан	5		
n- пентан	5		
Смеси пентанов	5		
Пропан / бутан	3	Горючий	Однокомпонентные монтажные пены в аэрозольной упаковке Экструдированный пенополистирол (Япония)
Кислородсодержащие углеводороды			
Диметилэфир	1	Горючий	Компонент вспенивателей экструдированного полистирола
Метилформиат	<25	Горючие	Полиуретановые пеноматериалы (кроме монтажной пены) Полиуретановая монтажная пена
Метилаль	<25		
ГФО (гидрофторолефины, называемые ненасыщенными ГФУ)			
ГФО-1234ze	7	Негорючий ³	Экструдированный пенополистирол и некоторые виды полиуретановой монтажной пены
ГФО-1336mzz	9	Негорючие	Полиуретановые пеноматериалы (включая некоторые виды полиуретановой монтажной пены)
ГФО-1233zd	5		
Другие			
CO ₂	1	Негорючий	Экструдированный пенополистирол Полиуретановые пеноматериалы
CO ₂ с дополнительным компонентом	1	Горючий	Спирты и эфиры иногда используются с CO ₂ в качестве компонентов вспенивателя
Сверхкритический CO ₂	1	Негорючий	Монтажная пена

³ В большинстве регионов в секторе применения пеноматериалов ГФО-1234ze считается негорючим. В Японии, а также в секторе холодильного и кондиционерного оборудования он считается хладагентом, обладающим низкой воспламеняемостью.

3. Рассмотрение основных вопросов

Безопасность и практичность

Производство пеноматериалов

Полиуретановые пеноматериалы. Большинство из них производится на специализированных заводах. При высоком уровне производства (например, непрерывное производство плит/панелей), было продемонстрировано, что однократное капитальное вложение, необходимое для обеспечения безопасного использования вспенивателей, обладающих высокой воспламеняемостью, может быть оправдано уменьшением объема текущих производственных затрат. В значительной доле мирового производства УВ уже используются при производстве больших объемов пенополиуретановой продукции. При низком уровне производства (например, прерывное производство панелей), в большинстве случаев по-прежнему технически целесообразным является безопасное использование УВ, однако инвестиционные расходы сложнее оправдать. Переход на негорючие ГФО-вспениватели может быть подходящим вариантом для заводов с низкими объемами производства. Этот вопрос особенно важен, если безопасное использование УВ не является технически целесообразным, при использовании газообразных вспенивателей, а также для стран статьи 5, где многие заводы имеют низкие объемы производства.

Полиуретановая монтажная пена. Данный тип пены всегда производится по месту проведения изоляционных работ. Не рекомендуется использовать воспламеняющиеся вспениватели. В некоторых подсекторах могут использоваться недавно появившиеся композиции ГФО с CO₂ (водой). Другим вариантом для некоторых подсекторов является использование сверхкритического CO₂, который уже используется в Японии.

Пеноматериалы из экструдированного пенополистирола. Основными альтернативами с низким ППП для производства экструдированного пенополистирола являются либо негорючие вещества (CO₂), либо вещества, обладающие низкой воспламеняемостью (ГФО-1234ze), поэтому соблюдение мер безопасности в процессе производства не является серьезной проблемой. Могут возникнуть трудности практического характера, связанные с обеспечением хорошего качества пеноматериалов при использовании исключительно CO₂-вспенивателя. Поэтому иногда, в качестве дополнительных компонентов в состав вспенивателей включаются спирты и эфиры. Эфиры (в частности, диметилловый эфир) также более широко используются в качестве дополнительных компонентов в составе вспенивателей, и в таких условиях горючесть может стать большей проблемой.

Применение пеноматериалов

Испытания показали, что большинство УВ-пеноматериалов могут иметь примерно одинаковые с ГФУ-пеноматериалами характеристики горючести, однако может потребоваться большее количество антипиренов или полиизоцианатов.

Наличие на рынке

Многие вспениватели пеноматериалов, приведенные в таблице 2, широко используются уже несколько лет и доступны в большинстве регионов.

ГФО только недавно начали применяться в этом секторе, и может пройти несколько лет, прежде чем они станут доступны для широкого применения в производстве разных пеноматериалов. Их использование в Северной Америке быстро растет в некоторых подсекторах применения полиуретановых пеноматериалов.

Стоимость

Стоимость – важный вопрос, особенно в сферах применения, где есть конкуренция с замещающими альтернативами.

УВ-пеноматериалы, как правило, являются конкурентоспособными в отношении стоимости, хотя первоначальные инвестиционные затраты создают значительный барьер для заводов с низкими объемами производства.

Использование ГФО будет более дорогостоящим, чем использование УВ. Данный барьер может быть преодолен путем: а) улучшения тепловых характеристик ГФО-пеноматериалов по сравнению с УВ-пеноматериалами и (б) смешивания ГФО с другими более дешевыми вспенивателями. Поскольку данные продукты являются новыми для сектора, существует потребность в большом количестве технологических разработок и испытаний продукции, необходимых для оптимизации технологии производства ГФО-пеноматериалов.

Энергоэффективность

Изоляционные пеноматериалы должны обладать низким коэффициентом теплопроводности, и, поскольку энергетическая политика в сфере изменения климата направлена на улучшение стандартов теплоизоляции зданий, этот фактор будет приобретать все большее значение.

Вопросы энергоэффективности тесно связаны с вопросами стоимости – использование изоляционных материалов с улучшенными тепловыми характеристиками требует меньшей толщины слоя материала по сравнению с конкурирующими продуктами. Это может обеспечить более низкую общую стоимость, даже если при производстве пеноматериала будет применяться более дорогой вспениватель.

Тепловые характеристики углеводородов несколько хуже, чем у ГФУ, приведенных в таблице 1, хотя УВ-технология значительно улучшилась за последние 20 лет благодаря оптимизации размеров и однородности ячеек. Использование ГФО на раннем этапе в некоторых сферах указывает на то, что их тепловые характеристики будут лучше, чем у ныне используемых ГФУ и существенно лучше, чем у УВ.

Важность тепловых характеристик является спецификой сферы использования. При отсутствии ограничений по толщине, более низкое тепловое сопротивление может быть компенсировано за счет использования более толстого слоя продукта. Однако если есть ограничения по толщине (например, бытовых холодильников, автомобилей-рефрижераторов или полостей в стенах), то высокое термическое сопротивление ГФО-вспенивателя может стать преимуществом.

Возможность применения в странах с жарким климатом

Нет особых проблем с использованием пеноматериалов в условиях жаркого климата.

Использование полиольных композиций в качестве вспенивателей может быть проблематичным в условиях высокой температуры окружающей среды (выше точки кипения вспенивателя). Производителям смесей полиолов/вспенивателей могут потребоваться заводы с регулируемой температурой.

Обучение

Заводским операторам необходимо будет пройти обучение, если завод по производству пеноматериалов перейдет на использование УВ.

Операторам производства монтажной пены может быть необходимо пройти обучение, но

при условии использования негорючих вспенивателей, а именно ГФО, это не создаст серьезных проблем.

Нет дополнительных проблем, связанных с прохождением обучения монтажу заводских пеноматериалов на местах.

Сведение к минимуму выбросов ГФУ из пеноматериалов

В существующих зданиях и оборудовании имеется большое количество пеноматериалов. Значительная доля - это ХФУ- или ГХФУ-пеноматериалы, и небольшая доля содержит ГФУ.

Во время срока эксплуатации из этих пеноматериалов происходит определенная миграция вспенивателя в окружающую среду и никакие меры не могут быть приняты для уменьшения объема таких выбросов, поскольку вмешательство их только увеличит.

В конце срока эксплуатации значительная часть вспенивателя все еще остаётся в пеноматериале. Существует возможность рециклировать и уничтожить определенное количество, при этом экономическая эффективность зависит от типа продукта. Пеноматериалы, используемые в оборудовании и сэндвич-панелях со стальным покрытием, часто могут быть демонтированы в конце срока эксплуатации и отправлены на специализированные заводы для рециклирования. Пенокартон и ламинированные панели (например, используемые для изоляции крыш, стен или пола) гораздо сложнее экономически эффективно демонтировать в процессе сноса здания. Они часто оказываются на полигоне для строительных отходов. Полиуретановая монтажная пена является особо проблемной из-за ее адгезионных свойств.

Финансирование и координация работ по переводу на русский язык и подготовке Информационного листка к изданию осуществлена Региональным центром Программы развития ООН для стран Европы и СНГ в рамках проекта ПРООН-ГЭФ «Содействие в реализации ускоренного вывода из обращения ГХФУ в странах с переходной экономикой».

Перевод: Елена Карпенко, «Globe MPS Group»

Рецензия: Александр Бамбиза, технический координатор проекта ПРООН-ГЭФ в Беларуси

Координация: Селимкан Азизоглу, руководитель регионального проекта, Региональный центр Программы развития ООН для стран Европы и СНГ