

Информационно-аналитическая записка о переводе сектора производства сэндвич-панелей на озонобезопасные вещества и технологии

Краткое описание сектора производства сэндвич-панелей

Основные крупные производители сэндвич-панелей в Российской Федерации (ЗАО «Ариада», г. Волжск, Республика Марий-Эл, ЗАО «Вентиляционный завод ЛИССАНТ», г. Санкт-Петербург и др.) уже перешли на использование озонобезопасного циклопентана в качестве вспенивателя пенополиуретановой изоляции. Предполагается, что другие предприятия этого сектора либо осуществят поэтапный переход с промежуточным внедрением технологий на основе ГХФУ-22 и смеси ГХФУ-22 / ГХФУ-142b, производство которых сохранится в Российской Федерации до 2020 г., либо сразу перейдут на применение озонобезопасных вспенивателей на основе циклопентана, метилформиата или гидрофторолефинов (ГФО).

Под наименованием «сэндвич-панели» подразумевается целый класс многослойных конструкций. Конкретнее – многослойные панели. Слово «сэндвич» (от англ. sandwich – сущ.: бутерброд или гл.: слоить) в названии объясняется «слоистым» строением материала. Чаще всего конструкционный «сэндвич» состоит из трех основных функциональных слоев: изолирующего (тепло-, шумо-) сердечника и внешних (обеспечивающих защиту от внешних воздействий, конструктивную жесткость, декоративную функцию) слоев.

Для большинства видов сэндвич-панелей важнейшей функцией является термоизоляция ограждаемого объема. Основу такой панели составляет теплоизолирующий сердечник из высокоэффективных теплоизолирующих материалов. Толщина этого слоя варьирует в зависимости от назначения и климатических условий, в которых будет эксплуатироваться изделие.

Помимо эффективности технических и конструкционных характеристик при высокой технологичности строительно-монтажных работ (СМР), сэндвич-панели отличаются архитектурной выразительностью.

Все эти факторы и определяют постоянство роста популярности этого строительного материала.

Облицовка сэндвич-панелей может быть самой разнообразной в зависимости от назначения панелей и пожеланий заказчика.

Основными облицовочными материалами для «сэндвич-панелей» являются:

- металл (как правило – тонколистовая нержавеющая или оцинкованная сталь толщиной 0,35-0,50 мм с полимерным покрытием из полиэстера, пластизола, поливинилхлорида или со специальным гигиеническим покрытием, допускающим непосредственный контакт с пищевыми продуктами);
- гипсокартон;
- фанера;
- пластик;
- бумага.

Различают два типа крепления сэндвич-панелей к несущим конструкциям – скрытое (когда основное крепление находится под крепежным листом панели) и видимое, когда крепление видно снаружи. Для крепления используются специальные самонарезающие винты или специальные крепежные элементы (клямеры).

Высокие эксплуатационные характеристики зданий и сооружений с применением сэндвич-панелей во многом зависят от стыка панелей, так называемого «замка», который должен:

- обеспечивать прочность соединения конструкции;
- гарантировать отсутствие «мостиков холода» (ограниченные по объему части строительных элементов, через которые осуществляется повышенная теплоотдача);
- не допускать проникновения паров влаги в утеплитель;
- воспринимать термические изменения размеров сэндвич-панелей.

Замки для холодильного оборудования:

- замок шип-паз;
- эксцентриковый замок – встроенный в торцы панелей по периметру крючковый замок, позволяющий стягивать панели между собой.

Швы и стыки могут дополнительно заполняться герметизирующей мастикой, прокладками из полиуретана, неопрено-полиуретановой лентой или полиуретановой пеной. В некоторых системах также дополнительно устанавливается алюминиевая фольга. Торцевые швы панелей заполняются монтажной пеной или минеральной ватой и закрываются нащельником.

Продуктовая линейка сэндвич-панелей зависит от:

- функционального назначения панелей;
- материала сердечника;
- материала облицовки;
- способа производства и монтажа.

По функциональному назначению сэндвич-панели можно разделить следующие подвиды:

- строительные (стеновые, кровельные, облицовочные (для реконструкции и утепления старых зданий и помещений, с созданием современного дизайна или приданием повышенных гигиенических свойств) и утеплительные);
- панели для холодильных камер;
- панели для автофургонов;
- панели для столешниц и других элементов интерьеров.

По виду теплоизоляционного материала сэндвич-панели можно разделить на три основные группы:

- с утеплителем из стекловаты;
- с утеплителем из минеральной ваты;
- с утеплителем из пенополистирола;
- с утеплителем из пенополиуретана.

Стекловата представляет собой минеральное волокно, которое по технологии получения и свойствам имеет много общего с минеральной ватой. Для получения стеклянного волокна используют то же самое сырье, что и для обычного стекла, или отходы стекольной промышленности. Продукция из

стекловолокна представлена следующими производителями – Saint-Gobain Isover (Финляндия) и Ursa (Германия).

Минеральная вата – это волокнистый материал, получаемый из силикатных расплавов горных пород, металлургических шлаков и их смесей. Ведущие мировые производители минераловатной продукции в качестве сырья используют исключительно горные породы, что позволяет получать минеральную вату высокого качества с длительным сроком эксплуатации. Именно такой материал рекомендуется применять для ответственных конструкций – в случае, когда требуется многолетняя надежная работа данных строений. Минеральная вата, полученная из доменных шлаков, не обладает достаточной долговечностью в условиях знакопеременных температур, повышенной влажности, действия высоких нагрузок и деформаций. Ее применение оправдано в дачном строительстве, при возведении временных сооружений и для конструкций, в которых легко выполняются ремонтные работы. Большая часть предприятий – поставщиков минеральной ваты расположена на территории Российской Федерации, крупнейший из которых ROCKWOOL Russia ЗАО «Минеральная вата», г. Железнодорожный Московской обл. Исключение составляют компании Paroc (Финляндия), Saint-Gobain Isover (Финляндия), Izomat (Словакия), ОАО «Гомельстройматериалы» (Республика Беларусь) и Rockwool (Дания).

Пенополистирол уже более 40 лет неизменно занимает прочное место в мире как теплоизоляционный материал для современного строительства. Пенополистирол в Европе, Америке и Азии называют стиропором, по названию исходного материала, применяющегося для его производства. Существуют два вида пенополистирола: вспененный (ППС) и экструдированный (ЭПС). Крупными производителями пенополистирола являются заводы ОАО «Мосстройпластмасс», г. Москва и ОАО «ГК «Мосстрой-31», г. Москва. Крупные производители расположены также в Северо-Западном регионе: ООО «Завод Пластпром», г. Псков, ООО «Пеноплекс Спб», г. Санкт-Петербург, ООО «СтироБалт», г. Санкт-Петербург. Основные иностранные производители – Dow Chemical (США), Basf (Германия) и Austrotherm (Австрия) и компания Knauf, заводы которой расположены также в Российской Федерации.

Полиуретан является неплавкой термореактивной пластмассой с ярко выраженной ячеистой структурой. Только 3% от его объема занимает твердый материал, образующий каркас из ребер и стенок. Эта кристаллическая структура придает материалу механическую прочность. Остальные 97% объема занимают полости и поры, заполненные газом (вспенивателем) с низкой теплопроводностью. Пенополиуретан предлагают следующие иностранные компании – BASF (Германия), Bayer AG (Германия), Huntsman Polyurethanes (Голландия), Dow Chemical (США), NESTAAN (Голландия) и ООО «Интерфом» (Украина).

Таблица 1 – Сравнение теплоизоляционных материалов при соответствующих толщинах

Материал	Толщина
Пенополиуретан	1 см
Пенополистирол	1,4 – 1,8 см
Минеральная вата, стекловата	1,75 см
Дерево	5 – 8 см
Кирпич	12 – 25 см
Бетон	40 – 60 см

Как следует из таблицы, пенополиуретан является наиболее технологичным и энергоэффективным сердечником для сэндвич-панелей.

Пенополиуретан представляет собой готовую к переработке жидкую смесь, поставляемую производителям сэндвич-панелей в виде двух- или многокомпонентных систем. Нанесение осуществляется методом заливки с помощью заливочных машин. Максимум объема (до 95-97 %) занимают полости и поры, заполненные газом с низкой теплопроводностью, причем доля замкнутых пор достигает 90-95 %. Остальные 3-5 % занимает твердая полимерная матрица.

Обладая превосходными теплоизоляционными характеристиками, небольшой массой, отличной адгезией к внешним листам, высокой химической стойкостью и термостойкостью, пенополиуретан

является абсолютным лидером среди материалов, используемых в качестве энергоэффективного наполнителя.

Анализ перспектив использования безопасных для озонового слоя и климата Земли вспенивателей в производстве сэндвич-панелей

Использование в качестве вспенивателя циклопентана дает возможность создавать теплоизоляцию меньшей плотности. Заливочная плотность пены на циклопентане составляет 42 кг/м³ против 45-50 кг/м³ в случае водного вспенивания. Это означает, что при одинаковых размерах сэндвич-панель с заполнением пентан-вспененным полиуретаном, будет более легкой по сравнению с CO₂-вспененным полиуретаном, а равномерная пористость пены с пузырьками маленького размера дает возможность получить максимальные теплоизоляционные характеристики.

В случае применения водного вспенивания основным агентом является диоксид углерода, образующийся в результате реакции одного из компонентов полиуретана (изоцианата) с водой.

Таблица 2 – Сравнение характеристик ППУ-изоляции, получаемой при изготовлении сэндвич-панелей с помощью углеводородного и водного типа вспенивания

Параметр	Углеводородное вспенивание	Водное вспенивание
Вспенивающий агент	Вода и углеводороды (циклопентан, н-пентан, изо-пентан или изобутан)	Вода (диоксид углерода, образующийся в реакции изоцианата с водой)
Тип вспенивания	Химический (в стадии инициации) и физический (в стадии роста пены)	Химический на всех стадиях
Коэффициент теплопроводности газа, мВт/м.К (для н-пентана)	13,7 при 10 оС 15,0 при 25 оС	15,3 при 10 оС 16,1 при 25 оС
Коэффициент теплопроводности пены, мВт/м.К (для н-пентана)	18-20	23-27
Заливочная плотность пены, кг/м ³ (для н-пентана)	38-42	45-55

Пенополиуретаны относятся к органическим горючим материалам. В сэндвич-панели пенополиуретан всегда изолирован от открытого пламени уплотнениями и листами металла, поэтому его горение сводится к химическому разложению с выделением дыма. Горючесть пенополиуретана, а, соответственно, и количество дымных веществ, выделяемых при повышении температуры, определяется плотностью пенополиуретана и наличием пламягасящих добавок.

Сэндвич-панели также могут изготавливаться с утеплителем из минеральной ваты или пенополистирола, каждый из которых обладает рядом существенных недостатков.

У пенополистирола достаточно низкие механические свойства, он химически нестоек, часто становится местом нахождения грызунов, так что его применение в пищевой промышленности весьма ограничено. Коэффициент теплопроводности материала 0,04-0,055 Вт/м². Кроме того, этот материал обладает низкой пожаробезопасностью.

Минеральная вата является теплоизоляционным материалом с волокнистой структурой. Пространство между волокнами заполнено воздухом, который, собственно, и является теплоизолятором. Основным недостаток материала – большая впитываемость и значительная масса (в панелях применяют вату с плотностью не менее 100 кг/м³). Опыт использования минеральной ваты в районах с резкими колебаниями влажности и температуры показал, что эффективную теплозащиту этот материал обеспечивает не более чем на 1-2 сезона, после чего начинает набирать влагу и терять свои теплоизоляционные свойства. Применение этого теплоизолятора широко распространено в России, так как у него есть преимущество – по российским

нормам он считается негорючим материалом. Следует отметить, что чистая минеральная вата является негорючей, но для обеспечения уменьшения влаговпитываемости волокна обычно пропитывают специальными органическими добавками, которые в свою очередь горючи, при производстве панелей для скрепления наполнителя с покровными листами используют полиуретановые клеи (до двух кг на м²), которые также горючи. Поэтому, если рассматривать панель с наполнителем из минеральной ваты, как конструкцию, то между листами металла находится до 10 % горючих составляющих, так что абсолютная негорючесть достаточно условна.

В 1990-х гг. рынок сэндвич-панелей был разделен между перспективным рынком облицовочных панелей и рынком торгового холодильного оборудования (передвижного и стационарного), на котором панели с полиуретановым наполнением используются в малых холодильных камерах и холодильном транспорте. В этот период существенная часть этого рынка обслуживалась предприятиями с периодическим циклом производства. По мере увеличения спроса со стороны строительного сектора, обеспечившего постоянную загрузку мощностей и экономии за счет масштаба, предприятия с непрерывным циклом производства стали доминировать на рынке.

Как и в случае с другими изоляционными пеноматериалами, до 1990 г. основным вспенивателем был ХФУ-11. Поскольку на этом этапе на большинстве предприятий использовался периодический цикл производства, существовало значительное сопротивление экспериментам с углеводородами и естественной заменой стал ГХФУ-141b. Первоначальный переход в большинстве развитых стран (за исключением Российской Федерации, Республики Беларусь, Украины и др.) произошел одновременно с переходом в других секторах пеноматериалов в период с 1994 по 1996 гг. Оказалось, что по мере расширения мощностей непрерывного цикла производства стало возможным проектировать оборудование для использования углеводородов при минимальном изменении инвестиционных затрат. В то время низкие тепловые характеристики углеводородов в секторе панелей имели меньшее значение, чем в секторе листового полиуретана. Это отражает тот факт, что толщина панелей в основном зависит от требований к конструкционной прочности длинных пролетов, а не только от тепловых характеристик.

Таблица 3 – Сравнение озонобезопасных альтернативных вспенивателей, рекомендуемых для применения в секторе производства сэндвич-панелей

Вспениватель	Преимущества	Недостатки	Примечание
Непрерывный метод производства сэндвич-панелей			
Циклопентан и н-пентан	Низкий ПГП	Горючи	Высокие суммарные капитальные затраты, которые приемлемы для крупных предприятий сектора
	Низкие эксплуатационные затраты		
	Хорошие теплоизоляционные и механические характеристики пеноматериалов		
ГФУ-245fa, ГФУ-365mfc / ГФУ-227ea	Негорючи	Высокий ПГП	Низкие суммарные капитальные затраты
	Хорошие теплоизоляционные и механические характеристики пеноматериалов	Высокие эксплуатационные затраты	Отработанная технология
ГХФО / ГФО	Низкий ПГП	Высокие эксплуатационные затраты	Апробированная в последние годы технология
	Негорючи		Многообещающие показатели энергоэффективности (равны или лучше, чем у насыщенных ГФУ)
			Низкие суммарные капитальные затраты
Периодический метод производства сэндвич-панелей			

Циклопентан и н-пентан	Низкий ПГП	Горючи	Высокие суммарные капитальные затраты, которые не приемлемы для предприятий малого и среднего бизнеса
	Низкие эксплуатационные затраты		
	Хорошие теплоизоляционные и механические характеристики пеноматериалов		
ГФУ-245fa, ГФУ-365mfc / ГФУ-227ea, ГФУ-134a	Негорючи	Высокий ПГП	Низкие суммарные капитальные затраты
	Хорошие теплоизоляционные и механические характеристики пеноматериалов	Высокие эксплуатационные затраты	Отработанная технология
СО2 (вода)	Низкий ПГП	Средние характеристики пеноматериалов: высокая теплопроводность и высокая плотность пены	Низкие суммарные капитальные затраты
	Негорючи	Высокие эксплуатационные затраты	Не используются в охлаждаемых прицепах
Метилфтор-миат	Низкий ПГП	Средние характеристики пеноматериалов: высокая теплопроводность и высокая плотность пены	Средние суммарные капитальные затраты (рекомендована защита от коррозии)
	Горюч, но в смесях с полиолами может быть негорючим	Высокие эксплуатационные затраты	
ГХФО / ГФО	Низкий ПГП	Высокие эксплуатационные затраты	Апробированная в последние годы технология
	Негорючи		Многообещающие показатели энергоэффективности (равны или лучше, чем у насыщенных ГФУ)
			Низкие суммарные капитальные затраты

Основными производителями автомобильных фургонів в Российской Федерации являются: ООО «Центртранстехмаш», г. Рязань, ОАО «Комбинат автомобильных фургонів», г. Шумерля, Республика Чувашия, ОАО «Шумерлинский завод специализированных автомобилей», г. Шумерля, Республика Чувашия, ОАО «Красногорский комбинат автофургонів», п.г.т. Красногорский, Республика Марий Эл. В 2015 г. эти предприятия столкнулись с серьезной проблемой конверсии на озонобезопасные рецептуры ППУ-изоляции, применяемыми в производстве фургонів для автомобильного холодильного транспорта. Сравнение вариантов конверсии на озонобезопасные вспениватели приведено ниже в таблице.

Таблица 4 – Сравнение озонобезопасных альтернативных вспенивателей, рекомендуемых для применения в подсекторе автомобильного холодильного транспорта

Вспениватель	Преимущества	Недостатки	Примечание
Циклопентан и смеси циклопентана и изопентана	Низкий ПГП	Горючи	Высокие суммарные капитальные затраты, которые не приемлемы для предприятий малого и среднего бизнеса
	Низкие эксплуатационные затраты		
	Хорошие теплоизоляционные и механические характеристики пеноматериалов		

Насыщенные ГФУ (ГФУ-245fa, ГФУ-365mfc / ГФУ-227ea)	Негорючи	Высокий ПГП	Низкие суммарные капитальные затраты
	Хорошие теплоизоляционные и механические характеристики пеноматериалов	Высокие эксплуатационные затраты	Отработанная технология
CO2 (вода)	Низкий ПГП	Средние характеристики пеноматериалов: высокая теплопроводность и высокая плотность пены	Низкие суммарные капитальные затраты
	Негорючи	Высокие эксплуатационные затраты	Не используются в охлаждаемых прицепах
Метилформат	Низкий ПГП	Средние характеристики пеноматериалов: высокая теплопроводность и высокая плотность пены	Средние суммарные капитальные затраты (рекомендована защита от коррозии)
	Горюч, но в смесях с полиолами может быть негорючим	Высокие эксплуатационные затраты	
Жидкие ненаасыщенные ГФУ / ГХФУ (ГФО)	Низкий ПГП	Высокие эксплуатационные затраты	Апробированная в последние годы технология
	Негорючи		Многообещающие показатели энергоэффективности (равны или лучше, чем у насыщенных ГФУ)
			Низкие суммарные капитальные затраты

Оценка затрат на осуществление конверсии на озонобезопасный метилформат предприятия – производителя автомобильных фургонов сектора сэндвич-панелей

Одним из приемлемых вариантов конверсии на озонобезопасные технологии для предприятий, осуществляющих производство автомобильных, в случае отсутствия достаточных финансовых ресурсов может быть бюджетный вариант перехода на альтернативный метилформат с учетом малой воспламеняемости последнего.

Как правило, на одном предприятии – производителе автомобильных фургонов находится в эксплуатации от 2 до 4 заливочных машин, для адаптации которых к коррозионно-активному метилформату необходимо осуществить замену ключевых элементов на аналогичные, но изготовленные в антикоррозионном исполнении. В связи с тем, что заливочные машины, эксплуатируемые в настоящее время вышеуказанными предприятиями, преимущественно импортного производства, оценка затрат на осуществление их конверсии проведена с использованием долл. США.

Таблица 5 – Оценка затрат на осуществление конверсии на озонобезопасный метилформат предприятия – производителя автомобильных фургонов сектора сэндвич-панелей

№№ п/п	Наименование	Кол-во, шт	Стоимость, долл. США	Общая стоимость, долл. США	Примечание
Комплект оборудования для конверсии заливочной машины					
1.	Новый узел дозирования полиола	2			
1.1	Аксиально-поршневой насос высокого давления в специальном антикоррозионном исполнении.	2			Насос может быть постоянного или переменного действия в за-

					в зависимости от исходной комплектации машины
1.2	Эластичная муфта	2			
1.3	Манометр низкого давления	2			
1.4	Манометр высокого давления	2			
1.5	Расходомер шестеренчатого типа из нержавеющей стали	2			
1.6	Опорные конструкции и фланцевые элементы	К-т			
1.7	Кабельная проводка	К-т			
1.8	Крепежные соединительные элементы	К-т			
2.	Форсунка в специальном, антикоррозионном, исполнении для заливочной головки	2			
3.	Уточненная техническая документация	К-т			
	ИТОГО:		45 000 – 50 000	90 000 – 100 000	

Ориентировочная стоимость оборудования, которое необходимо приобрести одному предприятию – производителю автомобильных фургонных секторов сэндвич-панелей торгового для осуществления конверсии на озонобезопасный метилформат может составить от 90 – 100 тыс. долл. США (конверсия 2-х заливочных машин) до 135 – 150 тыс. долл. США (конверсия 3-х заливочных машин) и до 180 – 200 тыс. долл. США (конверсия 4-х заливочных машин). Дополнительные расходы предприятия на проведение дополнительных работ оцениваются от 5 до 25 тыс. долл. США.

Выводы

Метод углеводородного вспенивания в производстве сэндвич-панелей позволяет добиться лучших характеристик пенополиуретана, повысить эксплуатационные характеристики готовых изделий, а также изготавливаемых из них конструкций:

- лучшее энергосбережение за счет высоких теплоизоляционных характеристик;
- высокая прочность за счет лучшей адгезии к металлическим листам панели;
- экономичность и технологичность конструкции за счет меньшего веса панели (облегчение транспортировки и строительства, снижение нагрузки на фундамент и т.д.);
- долговечность конструкции за счет устойчивости наполнителя к старению;
- высокие экологические и гигиенические свойства – по гигиеническим нормам разрешено применение ППУ в холодильной технике для хранения продовольственных продуктов и в ППУ не живут насекомые и грызуны;
- высокая химическая стойкость к воздействию агрессивных сред, что значительно расширяет сферу применения;
- низкое влагопоглощение – даже при нарушении герметичности соединений сэндвич-панелей между собой влагопоглощение материала составляет не более 3 %;
- высокая прочность – так как ППУ вспенивается в процессе изготовления сэндвич-панели, то готовая конструкция получается монолитной и высокопрочной;
- ППУ не подвержен гниению и распространению грибов и плесени;
- ППУ гарантированно не теряет своих характеристик в течение 10 лет. В последующие пять лет потеря теплоизолирующей способности составит не более 3-5 %;

- сооружения из сэндвич-панелей ППУ очень быстро возводятся – профессиональная бригада монтажников укладывает 120-130 м² в сутки.

Технологии на основе диоксида углерода и метилформиата позволяют снизить предполагаемые риски, связанные с использованием углеводородов на установках с периодическим циклом производства, но требуют определенного компромисса по характеристикам пеноматериалов: повышенная плотность и потенциально худшие теплоизоляционные свойства.