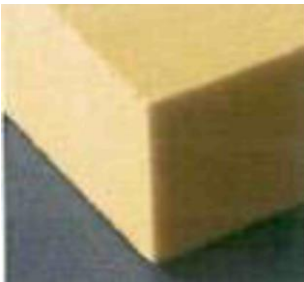


МАТЕРИАЛЫ НАПОЛНИТЕЛЯ СЭНДВИЧ-ПАНЕЛЕЙ

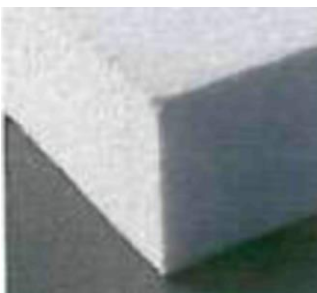
Такие материалы, как полиуретан, PIR (полиизоциануратная пена), полистирол, фенольная пена и минеральная вата, являются наиболее предпочитаемыми материала наполнителя сердечника сэндвич-панелей. Все материалы можно разделить на две группы: Пластиковая пена, в эту группу входят такие материалы, как полиуретан, PIR (полиизоцианатная пена), полистирол, фенольная пена, и Неорганические волокна, представленную минеральной ватой. Различия между ними или преимущества рабочих показателей являются предметом наиболее часто задаваемых вопросов. Наряду с широким распространением использования сэндвич-панелей, следует отметить, что существует абсолютно неправильное представление и поток недостаточной информации, с точки зрения технических характеристик сэндвич-панелей. Принимая во внимание механическую прочность, изоляционные свойства, огнеустойчивость соответствующие физической структуре сооружения, кроме того, учитывая производственные процессы, во время выбора композиционной сэндвич-панели, очень важную роль играет тип материала сердечника. На этой стадии большое значение имеет правильное определение и правильное сравнение всех рабочих показателей, ожидаемых от материала.

PUR / PIR (Полиуретан) : Полиуретан (PUR) и Полиизоцианат (PIR) являются пластиковыми пенами, наиболее используемыми для производства сэндвич-панелей. Этот тип пены, в основном предпочитаемый на линии производства ламинатной продукции, благодаря свойству адгезии на стадии вспенивания пенопластика, обеспечивает значительные преимущества. В последние годы были улучшены химические характеристики и повысились противопожарные характеристики материала. При производстве предпочитается использовать экологически безопасный газ n-пентан для вспенивания пенопласта. Полиуретан, используемый в производстве сэндвич-панелей приблизительно 50 лет, известен как наиболее надежный изоляционный материал.

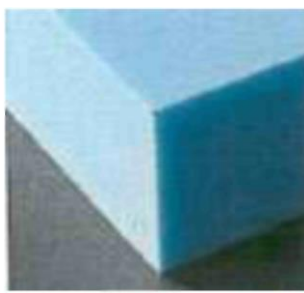


PUR / PIR (Полиуретан/Полиизоцианат)

XPS / EPS (Полистирол) : Полистирольная пена представлена в двух формах Экструдированной (XPS) и Расширенной (EPS). В производстве сэндвич-панелей для приклеивания пены к металлическим поверхностям дополнительно используется клей. Полистирольные пены, известные как термопластики, имеют низкую температуру плавления.



EPS (Вспененный полистирол)



XPS (Экструдированный полистирол)

Фенольный пенопласт (PF) : Фенольная пена, по сравнению с другими пластиковыми пенами, является более новым материалом. Не очень часто применяется в сэндвич-панелях. Среди пластиковых пен предлагает наиболее лучшие противопожарные характеристики.



Фенольная пена

Минеральная вата : Минеральная вата изготавливается в результате специального процесса плавления таких пород, как базальт, диабаз, доломит, под действием воздушного потока и одновременного смешивания с бакелитом. Минеральная вата, обладающая превосходной огнестойкостью и звукоизоляцией, имеет более низкие показатели теплоизоляции, по сравнению с пенопластами.



Минеральная вата

Указанная ниже техническая информация не относится к какому-либо конкретному производителю и предлагается в качестве общей информации для сравнения:

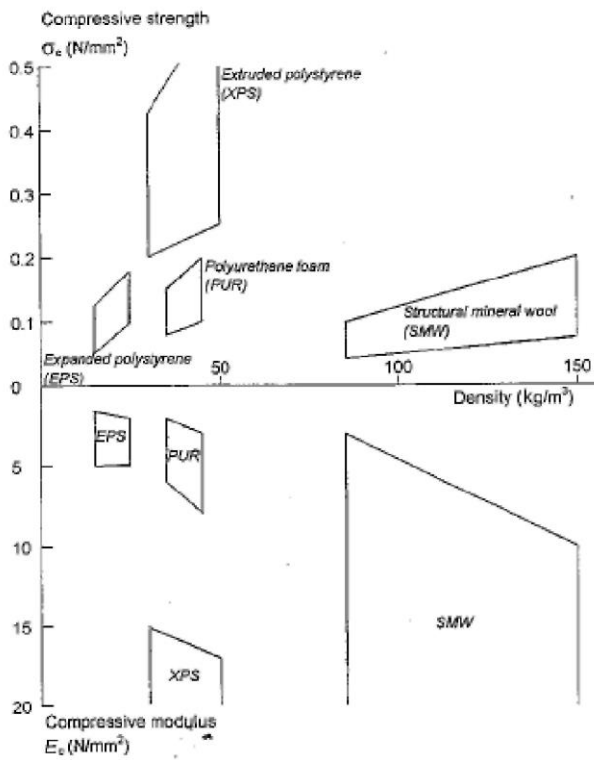
1. Механическая прочность

Такие параметры механической прочности композиционных материалов, как: прочность на сжатие, прочность на разрыв, прочность на сдвиг и модуль сдвига, представляют наибольшую ценность. Кроме того, характеристики прочности композиционных материалов имеют прямую связь с поведением их компонентов. Такие материалы, как полистирол и минеральная вата, приклеиваются к металлическим поверхностям, дополнительно используя клеи на полиуретановой основе, в то время как полиуретан, PIR (полиизоцианат), фенольная пена расширяется в жидком состоянии и приклеивается к поверхности металла самостоятельно. Дополнительное использование клея EPS и XPS, несмотря на недорогой процесс производства и хорошие изоляционные качества, менее предпочитается в производстве сэндвич-панелей. Как правило, несмотря на то, что прочность на разрыв клея на металлической поверхности больше прочности на разрыв внутреннего наполнителя из полистирола, при анализе требуется, чтобы прочность на разрыв не падала ниже 0,10 Н/мм². В противном случае, напряжение вызывает деформацию на поверхности.

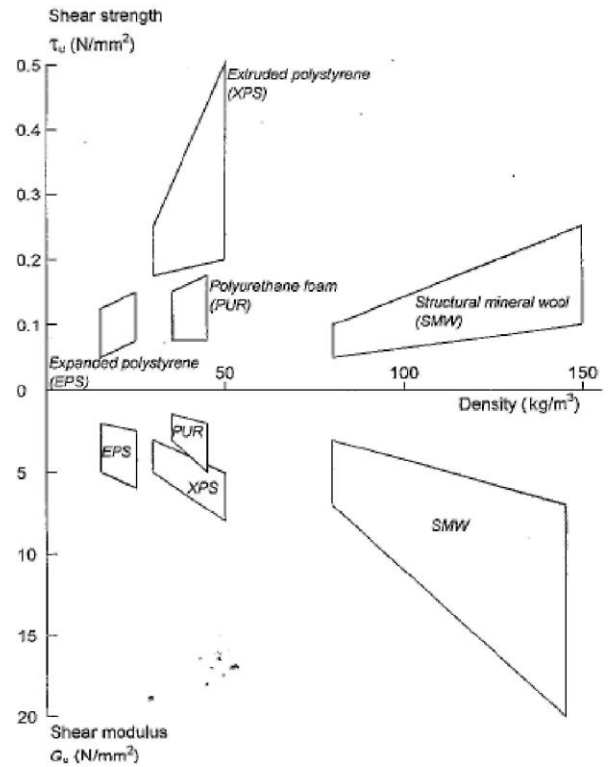
Эти свойства материалов с содержанием полимеров, которые имеют не только возможную зависимость от температуры и влажности окружающей среды, кроме того, в результате продолжительного влияния нагрузок могут изменить вязко-упругое поведения пеноматериала, другими словами ползучести, подвергаются тщательному анализу еще на стадии разработки сэндвич-панели. Механические свойства пластиковой пены сэндвич-панели напрямую зависят от плотности пенопласта, вместе с этим, в таких материалах, как минеральная вата, плотность не является первичным свойством, характеристики структуры волокна могут изменяться в зависимости от производственных процессов.

PIR (полиизоцианат) пена отличается от PUR полиуретановой пены только соотношением компонентов, используемых при производстве. Таким образом, наряду с одинаковым процессом вспенивания, оба вида пены имеют очень схожие механические и физические свойства.

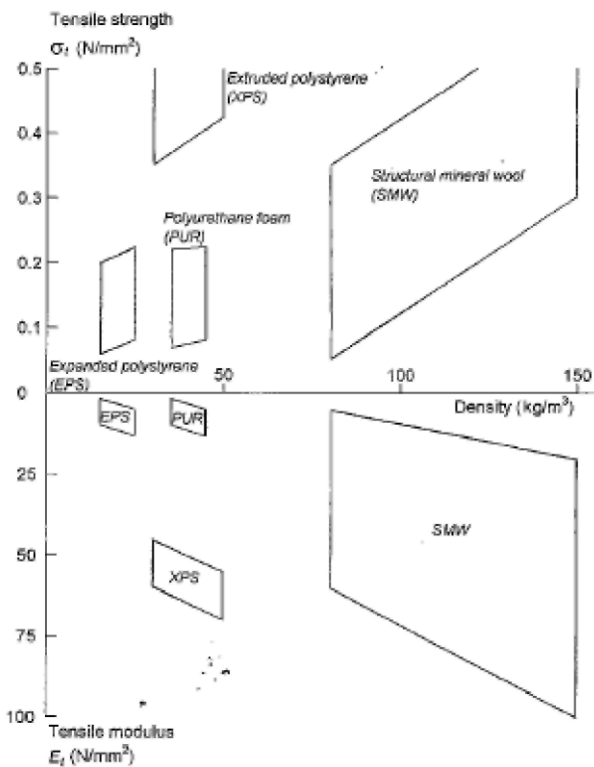
В последнее время были установлены проблемы, связанные с механической прочностью фенольной пены, разработанной в 1970-х годах с целью повышения противопожарных характеристик полиуретана. В частности, было отмечено ранний износ сэндвич-панелей с фенольной пеной, предпочитаемых для облицовки эксплуатируемых крыш со значительным движением, что предположительно объясняется структурой фенольной пены. В сооружениях с циклическими нагрузками необходимо очень хорошо знать характеристики материала наполнителя сэндвич-панели.



Прочность на сжатие и модуль



Прочность на сдвиг и модуль



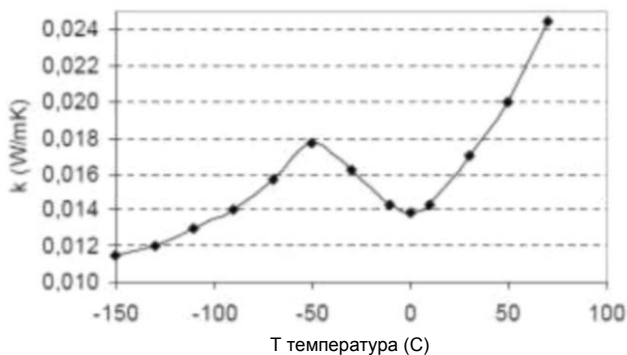
Прочность на разрыв и модуль

	PUR/PIR	EPS	XPS	ФЕНОЛЬНАЯ ПЕНА	МИНЕРАЛЬНАЯ БАТА
Прочность на сдвиг (Н/мм ²)	0,08-0,15	0,09-0,16	0,18-0,5	0,05-0,15	0,03-0,2
Модуль сдвига (Н/мм ²)	1,2-5,0	3,0-7,2	3,2-8,4	2,0-4,0	2,0-15,0
Прочность на разрыв (Н/мм ²)	0,07-0,22	0,08-0,17	0,34-0,52	0,03-0,1	0,03-0,6
Модуль упругости при растяжении (Н/мм ²)	1,0-10,0	1,0-10,0	45,0-70,0	1,0-3,0	5,0-40,0
Прочность на сжатие (Н/мм ²)	0,10-0,16	0,10-0,18	0,20-0,70	0,08-0,2	0,10-0,15
модуль объемного сжатия (Н/мм ²)	2,3-6,0	1,2-3,5	15,0-20,0	2,0-8,0	6,0-15,0

2. Теплоизоляция

Показатель теплопроводности (λ) является постоянной величиной для каждого отдельного материала. Выражается в ваттах (Вт) теплового потока, когда разница температур на внутренних и внешних поверхностях материала площадью 1 м² и толщиной 1 м составляет 1 Кельвин. В таблице ниже указаны значения теплопроводности типичных теплоизоляционных материалов. Низкая теплопроводность означает высокую эффективность теплоизоляции, что позволяет использовать теплоизоляционный материал малой толщины для обеспечения желаемых теплоизоляционных параметров.

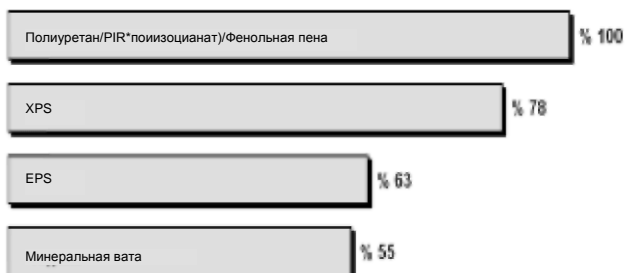
Показатель теплопроводности всех изоляционных материалов изменяется в зависимости от температуры. Вместе с этим, подобное изменение имеет, как правило, обычно линейную зависимость. При расчетах определения толщины материала для стандартных применений за основу принимается температура 10 °С, и, исходя из этой температуры, определяются расчетные значения теплопроводности.



Влияние температуры на теплопроводность PUR

Наряду с тем, что при выборе материала с оптимальными параметрами теплоизоляции, важное значение имеет коэффициент теплопередачи, ввиду того, что со временем эффективность теплоизоляции снижается, в особенности, для пластиковой пены, необходимо принимать во внимание показатели теплоизоляции материала после старения. При сравнении низких показателей теплоизоляции с учетом multifunctionality и рабочих характеристик в течение продолжительного периода использования, пены PUR/PIR обеспечивают наиболее оптимальные решения.

Тепловые характеристики пластиковых пен, благодаря закрытой ячеистой структуре, отличаются большей устойчивостью при воздействии воды, по сравнению с такими неорганическими материалами, как минеральная вата, которые при контакте с водой значительно снижают свои тепловые характеристики, почти на 75%.



Эффективность теплоизоляции материала сердечника

	PUR/PIR	EPS	XPS	ФЕНОЛЬНАЯ ПЕНА	МИНЕРАЛЬНАЯ БАТА
Теплопроводность (Вт/м.К)	0,022-0,028	0,034-0,037	0,025-0,028	0,022-0,028	0,034-0,040

3. Водопоглощающая способность

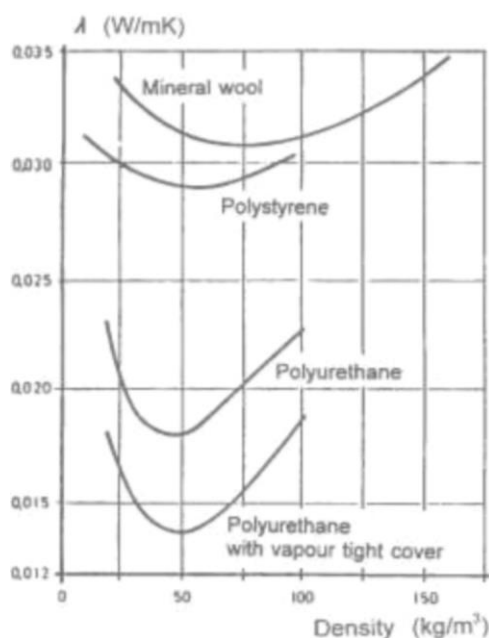
Одним из условий, предъявляемых к теплоизоляционным материалам, является отсутствие прямого эффекта под воздействием воды. Кроме того, отсутствие косвенного эффекта от проникновения влаги через капилляры, в результате вызывающего повышение параметров теплопроводности. Волокна, содержащиеся в минеральной вате, не являются водопроницаемыми, однако, при контакте с водой, воздушные пузырьки, находящиеся между волокон, наполняются водой, что делает влажную минеральную вату не пригодной для выполнения теплоизоляции.

	PUR/PIR	EPS	XPS	ФЕНОЛЬНАЯ ПЕНА	МИНЕРАЛЬНАЯ БАТА
Водопоглощение по объему (%)	2-5	0-5	0-0,5		2,5-10

4. Плотность

Принимая во внимание себестоимость производства, снизить количество расходных материалов возможно только путем обеспечения лучших рабочих параметров при низкой плотности материалов. Плотность напрямую влияет на механическую прочность материалов, в частности, в пластиковых пенах. С другой стороны, в связи с весом сэндвич-панелей с минеральной ватой высокой плотности, возникают проблемы, как при монтаже, так и с точки зрения дополнительных нагрузок на несущую конструкцию.

Коэффициент теплопроводности зависит от различных факторов, которые не зависят от времени. Примерами таких факторов являются процентное содержание закрытых ячеек, толщина образца, более длительное время излучения, более медленное изменение коэффициента теплопроводности, размер ячейки, тип вспененного материала и другие факторы. На графике ниже показано влияние плотности на коэффициент теплопроводности.



Влияние плотности на коэффициент теплопроводности

	PUR/PIR	EPS	XPS	ФЕНОЛЬНАЯ ПЕНА	МИНЕРАЛЬНАЯ БАТА
Плотность (кг/м³)	36-50	10-25	30-50	35-55	70-150

5. Устойчивость к температурам

Представляет собой точку температур, характерную для каждого теплоизоляционного материала, при которой материал теряет свои свойства и начинает деформироваться. В связи с этим, необходимо предварительно определить диапазон температур в месте применения панелей и на основании этих температур выполнить выбор соответствующего материала.

	PUR/PIR	EPS	XPS	ФЕНОЛЬНАЯ ПЕНА	МИНЕРАЛЬНАЯ БАТА
Макс. Устойчивость к температурам (°C)	110	80	80	120	850

6. Паропроводимость

Паропроводимость имеет большое значения в зданиях с точки зрения обеспечения комфортного микроклимата. Сопротивление диффузии водяного пара (μ) и толщины диффузии водяного пара (S_d) являются двумя важными параметрами. Каждый материал имеет параметр сопротивления диффузии водяного пара (μ) и определяется путем сравнения во сколько раз паропроницаемость воздуха, принятая за 1, больше паропроницаемости конкретного материала. В системах сэндвич-панелей паропроницаемость зависит от плотности материала, соединительных элементов, процесса производства и типа металлической поверхности. С повышением сопротивления диффузии водяного пара снижается количество водяного пара, способного проникнуть внутрь материала. От теплоизоляционных материалов требуется высокий коэффициент сопротивления диффузии водяного пара.

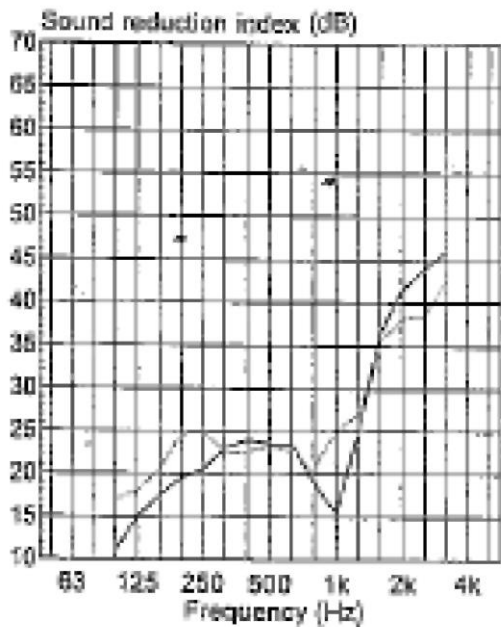
	PUR/PIR	EPS	XPS	ФЕНОЛЬНАЯ ПЕНА	МИНЕРАЛЬНАЯ БАТА
Коэффициент сопротивления диффузии водяного пара (μ)	30-100	20-100	90-100	10-50	1

8. Звукоизоляция

Параметры звукоизоляции кровельного и фасадного облицовочного материала и методы расчета определяются на стадии проектирования. Часть звуковой волны, ударяясь о поверхность, отражается, часть - поглощается, а часть - передается. Уровень отражения, поглощения и передачи звука зависит от формы поверхности, звукопоглощающих свойств материала и частоты звука. Пластиковая пена с закрытыми ячейками является теплоизолирующим материалом.

Для обеспечения изоляции звуков, возникающих в воздухе, используются материалы с открытыми ячейками (стекловата, минеральная вата, звукопоглощающий поролон и т.п.). Звукопоглощающие материалы ячеистой или волокнистой структуры вызывают потерю трения воздуха в пространствах сооружения и обеспечивают переход части акустической энергии в тепловую энергию. Сэндвич-панели с минеральной ватой обладают наиболее лучшими свойствами звукоизоляции по сравнению с другими панелями.

	PUR/PIR	EPS	МИНЕРАЛЬНАЯ БАТА
Звукоизоляция систем сэндвич-панелей (дБ)	≥ 25	≥ 24	≥ 34



- (b) - - - Profiled sandwich panel with a PUR foam core with thickness 68 mm and weight 14 kg/m², $R_w = 27$ dB
- Sandwich panel with a PUR foam core thickness 60 mm and weight 14 kg/m², $R_w = 25$ dB

- Sandwich panel with a mineral wool core density 45 kg/m³, $R_w = 33$ dB
- Sandwich panel with a mineral wool core density 180 kg/m³, $R_w = 31$ dB

Звукоизоляция сэндвич-панелей с PUR (полиуретан) и минеральной ватой

9. Стабильность размеров

Объем всех пластиковых пен изменяется под воздействием изменения температур. Вместе с ростом температуры увеличивается давление газа, находящегося внутри ячейки, и становится причиной расширения. В случае мгновенного охлаждения происходит обратный процесс. В связи с негативным давлением существует вероятность повреждения структуры пены. Поэтому после процесса производства, в особенности для PUR пены, следует обратить внимание на процесс охлаждения.

	PUR/PIR	XPS	EPS	ФЕНОЛЬНАЯ ПЕНА	МИНЕРАЛЬНАЯ БАТА
Объемное изменение (при 80 °C в течение 48 часов)	2%	5%	1,5%	1%	1%

10. Устойчивость к химическим веществам

Под воздействием коррозии материалы теряют не только привлекательность внешнего вида, но и механическую прочность. В качестве основного условия в строительных конструкциях требуется, чтобы все материалы обладали коррозионной стойкостью, либо были приняты дополнительные меры по защите от коррозии. С этой точки зрения, как металлические поверхности, так и материал наполнителя сэндвич-панелей должны обладать стойкостью к коррозионным процессам. Ароматическая сульфоновая кислота, используемая в производстве фенольной пены в качестве катализатора, обладает растворимостью при контакте с водой. Серная кислота, образуемая в результате реакции с водой, в большом количестве поглощаемой фенольной пеной, контактируя с металлическими поверхностями, становится причиной коррозии металла.

Стойкость к химическим веществам полистирольных пен XPS и EPS ниже, чем стойкость пены PUR, ввиду этого в процессе приклеивания к металлическим поверхностям сэндвич-панелей используют полиуретановые клеи без содержания растворителя. Минеральная вата обладает хорошей устойчивостью к химическим веществам и поэтому не является причиной коррозии.

	PUR/PIR	XPS/EPS	ФЕНОЛЬНАЯ ПЕНА	МИНЕРАЛЬНАЯ БАТА
Устойчивость к химическим веществам	Хорошая	Средняя	Средняя	Хорошая

11. Противопожарные характеристики

Минеральная вата, относимая к группе неорганических материалов, классифицируется как негорючий материал. Для огнестойких фасадов, кровли или внутренних перегородок предлагаются сэндвич-панели с наполнителем из минеральной ваты, обладающие наилучшими пожарными характеристиками. Следует отметить, что огнестойкость сэндвич-панели с наполнителем из минеральной ваты толщиной 100 мм изменяется в диапазоне 30 - 120 минут, в зависимости от типа минеральной ваты и соединительных деталей. С другой стороны, полиуретановые клеи, используемые в системе сэндвич-панелей для приклеивания минеральной ваты к металлическим поверхностям, на первой стадии пожара ведут себя аналогично панелям с наполнителем из полиуретана (PUR).

Все пластиковые пены являются органическими материалами и поэтому являются горючими. Поведение во время пожара значительно отличается в зависимости от выбора соответствующего сырьевого материала, процесса вспенивания, огнезащитных добавок и содержания неорганических компонентов. Общие характеристики пластиковых пен представлены ниже:

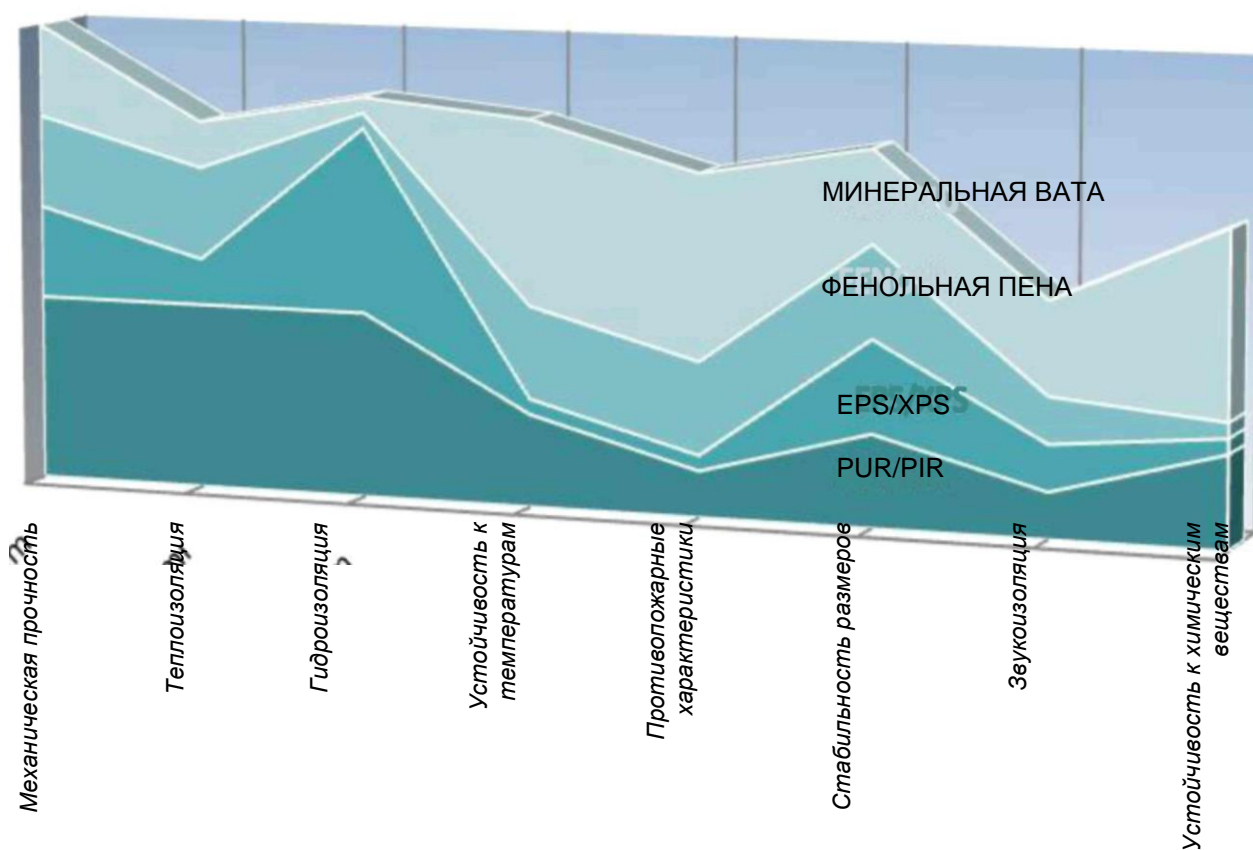
PUR/PIR: Правильно выбранная формула пластиковой пены может обеспечить преимущества с точки зрения противопожарных характеристик. Высокий уровень содержания изоцианата и огнезащитных добавок являются определяющими критериями для противопожарных параметров полиуретановых пен. Полиуретановый материал подвержен разрушению при температуре 150-200 °С и возгоранию и образованию дыма при температуре выше 300 °С. В качестве примера можно указать, что в ходе испытаний установлена предельная огнестойкость полиуретановой пены толщиной 60 мм в течение 30 минут.

XPS/EPS: Обе полистирольные пены, как расширенный полистирол (EPS), так и экструдированный полистирол (XPS), являются пенопластами с низкой огнестойкостью. При температуре 100°С происходит плавление и образование горящих капель.

ФЕНОЛЬНАЯ ПЕНА: Фенольная пена, благодаря своей структуре, обладает лучшими противопожарными характеристиками по сравнению с пенами PUR/PIR. Кроме того, по сравнению с дымом, выделяющимся при горении PUR/PIR, образует более малое количество дыма. С другой стороны, фенольная пена, разработанная с целью повышения огнестойкости пластиковых пен, имеет некоторые недостатки. Основными из них являются, кислота, используемая в процессе производства, низкая механическая прочность, хрупкость и относительно низкие характеристики теплоизоляции.

	PUR (полиуретан)	PIR (полиизоцианат)	EPS/XPS	ФЕНОЛЬНАЯ ПЕНА	МИНЕРАЛЬНАЯ БАТА
Температура потери стабильности размеров (°С)	~200	~200	~90-100	>250	
Температура возгорания (°С)	285-310	415	245-345	490	
Противопожарные характеристики	Средняя	Средняя	Слабая	Хорошая	Очень хорошая

Таблица сравнения характеристик материалов наполнителя:



	PUR/PIR	EPS/XPS	ФЕНОЛЬНАЯ ПЕНА	МИНЕРАЛЬНАЯ БАТА
Механическая прочность	*****	****	****	****
Теплоизоляция	*****	***	****	***
Гидроизоляция	*****	*****	**	**
Устойчивость к температурам	****	**	****	*****
Противопожарные характеристики	***	**	****	*****
Стабильность размеров	****	****	****	****
Звукоизоляция	***	***	***	****
Устойчивость к химическим веществам	****	**	**	*****

Очень хорошая ***** - Хорошая**** - Средняя*** - Слабая** - Недостаточная *

Assan Panel, оставляет за собой право вносить изменения в сведения, указанные в данном документе в качестве справочного материала.

Обоснование: 1. Исследовательские разработки Assan Panel 2. TSE EN 14509 /08.01.2009 3. Lightweight Sandwich Construction, J.M. Davies 4. Sandwich Panel Construction, Rolf Koschade 5. Practical Guide to EN 14509, Klaus Berner 6. Durability Assessment of Sandwich Panel Construction, Dr. Lars Pfeiffer 7. TSE EN 13501-1 / Aralık 2003 8. Ode Teknik Yayınlar – 1999 9. TSE 825 / Nisan 1999 10. Heat loss: John Bradley, School of the Built Environment, Leeds Metropolitan University 11.STO Yayınları "Building with conscience" 12. Eleventh International IBPSA Conference -2009, Uncertainty in The Thermal Conductivity of Insulation Materials 13. The European XPS Associations, Exiba Yayınları 14.Knauf Insulation Yayınları 15.EPS Product Solutions, Plasti-Fab Yayınları 15. J-RAK Consulting for The Alliance for Fire and Smoke Containment-2004, Technical Buyer's Guide 16.Isopa, Fire Performance of Polyurethane Steel Deck Roofing 17.CPS, Composite Panel Services Ltd Yayınları 18. Alternatives to Glass Mineral Wool, 2004, Mott MacDonald 19.Optimum Design of Composite Cladding Panels, J.M. Davies