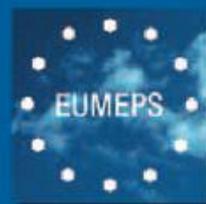




## Как ведет себя пенополистирол при пожаре?



# Введение

Целью данного документа является определение четких количественных показателей, отражающих характеристики, возникающие при пожаре у пенополистирола (сокращенно EPS или ППС), используемого в качестве изоляционного строительного материала. Здесь будут рассмотрены все аспекты «поведения» ППС в случае пожара, включая такие свойства материала как тепловыделение, возгораемость, выделение дыма и токсичность, а также будет оцениваться роль ППС в распространении пожара. Подробная информация о характеристиках ППС может послужить основой для оценки поведения данного материала в случае воздействия на него источников возгорания. Также оценивается действие добавок, повышающих огнестойкость (антипиренов), вводимых в состав ППС. Данная информация может использоваться для оценки рисков только с учетом того, что реальный пожар представляет собой сложное явление, которое с трудом можно смоделировать, если основываться исключительно на результатах испытаний.

## Общие сведения

Пенополистирол является производным монополимера стирола и «вспенен» для придания ему ячеистой структуры, состоящей, в основном, из замкнутых элементов. При оценке того, как тот или иной материал ведет себя при пожаре, необходимо учитывать условия использования и эксплуатации такого материала конечным пользователем. Таким образом, на поведение материала при пожаре будет влиять не только его химический состав и структура, но в большей степени его физическое состояние.

Соответственно, при определении потенциальной опасности ППС при пожаре необходимо учитывать следующие факторы:

- плотность пенополистирола и форму изделия из него;
- его расположение по отношению к источнику возгорания;
- соединяется, скрепляется или связывается ли изделие из ППС с какой-либо подложкой или покрытием
- место продукта в конструкции здания (что влияет на его теплопередающую способность)
- наличие кислорода (вентиляция)

## Основные этапы пожаров в зданиях

(как пожар распространяется по зданию)

Если здание постоянно используется при нормальной температуре окружающей среды, образуется естественный баланс между горючими материалами и кислородом окружающей среды. На начальной стадии пожара энергия воспламенения входит в контакт с горючим материалом. При температуре, превышающей 200° С, материал начинает испускать горючие газы, которые возгораются за счет первоначальной энергии возгорания либо спонтанно. В случае выделения газов их возгорание может прямо привести к горению с пламенем, в то время как твердые материалы, например, мебель, в начале выступают в роли тлеющих очагов возгорания.

На первом этапе пожара происходит постепенное накопление тепловой энергии в форме легко воспламеняющихся газов. Вплоть до этого момента температура относительно невысока, и огонь локализован внутри здания. Затем неожиданно пожар активизируется с новой силой. Этот момент называется «вспышка». Температура резко повышается, и пожар внезапно распространяется по всем помещениям. После такой вспышки шансы на спасение людей и имущества значительно уменьшаются.

Затем огонь распространяется по всему зданию и впоследствии прекращается без вмешательства человека в связи со сгоранием горючих материалов.



# Как ведет себя пенополистирол при пожаре

## Общие сведения

Как практически все органические строительные материалы, пенополистирол является горючим материалом. В то же время на практике характер горения пенополистирола зависит от условий использования изделий из него не меньше, чем от его внутренних свойств. Эти внутренние свойства различаются в зависимости от того, изготавливается ли ячеистый материал из ППС с добавлением или без добавления повышающих огнестойкость присадок (антипиренов). Также большое значение имеет вид связи или соединения ячеистого полистирола с другими материалами. Так, например, изделия с покрытием из фольги имеют улучшенные характеристики поверхностного нераспространения пламени. При правильной установке изделия из пенополистирола не создают излишнего риска по пожароопасности. Настоятельно рекомендуется во всех случаях защищать пенополистирол покрытием из другого материала либо выполнять его полную герметизацию.

При горении пенополистирол ведет себя так же, как и другие углеводороды, например, дерево, бумага и пр. Продукты сгорания – это, в основном, монооксид углерода (угарный газ) и стирол. В ходе пожара стирол может подвергнуться дальнейшему термическому разложению на оксиды углерода, воду и некоторое количество сажи (дыма).

Пенополистирол выпускается двух видов: стандартного качества и с добавками, повышающими огнестойкость. В последнем случае такому ППС присваивается код 'SE'. Классы огнестойкости, т.е. классы SE, указывают на то, что пенополистирол гораздо труднее поддается возгоранию и в меньшей степени способствует распространению пламени. В некоторых странах, например, в Скандинавии, используются только стандартные классы ППС, в том время как в других странах, в частности, в Германии – только ППС классов SE. Однако во многих европейских странах разрешено применение ППС всех классов.

Если на пенополистирол воздействуют температуры, превышающие 100° С, он размягчается, спекается, а затем плавится. При более высоких температурах воздействия за счет разложения расплавленного ППС формируются газообразные горючие вещества. Риск их возгорания от пламени или искры зависит, в основном, от продолжительности температурного воздействия, а также от того, воздействуют ли на материал потоки воздуха, т.е. имеется ли в атмосфере вокруг материала кислород<sup>1</sup>. Расплавленный ППС в принципе не возгорается от искр при сварке или от тлеющей сигареты, в то же ППС можно поджечь небольшим открытым огнем, кроме тех случаев, когда в нем присутствуют антипирены, т.е. если он относится к классу SE. Температура передачи возгорания составляет 360° С. Если ППС присвоен класс SE, то эта температура равняется 370° С. Эти значения указывают на то, что если расплавленный ППС разлагается, то легковоспламеняющиеся газы формируются только при температуре, превышающей 350° С. В отсутствие каких-либо источников тепловой энергии (т.е. запального пламени) температура возгорания ППС стандартного класса равняется 450° С. После возгорания ППС стандартного класса пламя быстро распространяется по поверхности ППС, который горит вплоть до полного уничтожения его огнем. В то время как низкая плотность полистироловой пены стимулирует легкость горения за счет большого содержания воздуха (98%) по сравнению с полистиролом (2%), масса материала невелика, поэтому теплоотдача также мала.

## Воздействие на распространение пожара

Строительные нормы и правила во всех европейских странах предусматривают требования для готовых конструкций и работ с учетом воздействия материала на распространение пожара, которое рассчитывается по интенсивности пожарной нагрузки на поверхности элемента конструкции. Такая классификация называется классификацией по признаку «реакции на пожар».

Классификационные системы и испытания «реакции на пожар» в разных европейских странах различаются, однако в настоящее время разрабатывается система «евроклассов», которая, как ожидается, будет готова в 2000 году.

# Добавки, повышающие огнестойкость (антипирены)

Присутствие антипиренов в ППС класса SE ведет к существенному улучшению характеристик огнестойкости пенополистирола. Несмотря на то, что в реальности каждый пожар представляет собой сложное явление с характеристиками, трудно поддающимися прогнозированию по результатам лабораторных испытаний, существует немало исследований, которые на основе маломасштабных испытаний подтверждают, что поджечь пенополистирол, содержащий огнестойкие добавки, гораздо труднее, чем стандартный ППС.

В присутствии крупных источников возгорания или мощных тепловых потоков с интенсивностью свыше  $50 \text{ кВт/м}^2$  при пожарах, на которых горят другие материалы, пенополистирол класса SE загорится в силу своей органической природы. В этих случаях здание обычно уже не спасти<sup>3</sup>.

ППС класса SE содержит небольшое количество антипирена (максимум 0.5 %). Этим веществом является гексабромциклододекан (НВСД или ГБЦД). Наличие антипирена играет особую роль в огнестойкости ППС, когда на пенополистирол влияет источник возгорания. Пенополистирол быстро спекается и тем самым дистанцируется от источника тепла, что снижает вероятность возгорания. Разложение антипирена(-ов) имеет пламяподавляющее действие, поэтому после ликвидации источника тепла ППС перестает гореть.

ГБЦД представляет собой так называемую цикло-алифатическую бромидоорганическую смесь и несовместим с ароматическим антипиренами (полибромдифенил ПБД (РВВ) и бифенил-фенилбензоксазол БФБО (РВВО)), использование которых было запрещено в течение некоторого времени. Преимущество ГБЦД заключается в том, что он не образует токсичных диоксинов и фуранов при горении. Этот факт был подтвержден Министерством природы Германии в 1990 для полимеров, в котором содержание ГБЦД было, по крайней мере, в пять раз выше обычного (3 процента по массе). Было установлено, что ГБЦД не является источником формирования полибромодибензофуранов и -диоксинов при различных видах горения в диапазоне температур от  $400$  до  $800^\circ \text{C}$ . Аналогичный результат был ранее подтвержден Министерством природы Нидерландов в 1989 г. при изучении пиролиза полистирола, содержащего 10 процентов ГБЦД (в ППС с антипиренами процентное содержание таких добавок не превышает 0.5 %). Исследование, проведенное в 1992 г. известным институтом Фрезениуса в Гремании<sup>4</sup>, показало, что в самом ГБЦД нет бромированных диоксинов или фуранов, которые можно было бы выявить. Последние испытания в инсинераторе 'Татага' в Карлсруэ показали, что сгорание полистиролов в современной мусоросжигательной печи является экологически благоприятным методом утилизации с точки зрения выбросов в атмосферу.

Также ГБЦД не растворим в воде, поэтому риски его попадания в воду и переноса такой водой отсутствуют<sup>5</sup>.

# Выделение тепла

Скорость тепловыделения в последнее время считается важным параметром для оценки реакции материалов на горение. Метод испытаний по ISO 5660 с применением конического калориметра позволяет сжигать образцы в условиях различных тепловых потоков. Испытания показывают, что панель ППС спекается, уменьшается в размерах, дистанцируется от источника тепла и превращается в пленку расплавленного полистирола. Возгорания в условиях, когда тепловой поток не превышал  $20 \text{ кВт/м}^2$ , не наблюдалось. Для теплового потока большей плотности общая скорость тепловыделения (RHR) и пиковая

RHR были ниже для ППС классов SE с антипиренами по сравнению с ППС стандартных классов. Тепловой коэффициент пенополистирола ( $40 \text{ МДж/кг}$ ) примерно вдвое выше теплового коэффициента дерева ( $18.6 \text{ МДж/кг}$ ), но с учетом сравнительной плотности обоих материалов тепловой коэффициент в пересчете на объем ППС составляет от  $540 \text{ МДж/м}^3$  до  $1250 \text{ МДж/м}^3$  по сравнению с  $7150 \text{ МДж/м}^3$  -  $10\,400 \text{ МДж/м}^3$  для целлюлозосодержащих материалов, таких как волокно, изоляционные плиты или дерево. Общее теплосодержание материалов сильно влияет на силу пожара с точки зрения его распространения, а такой показатель, как скорость теплоотдачи, становится ключевым. Последний в значительной степени зависит от условий горения. Тепловыделение ППС происходит примерно в три раза быстрее, чем при сгорании дерева мягких пород, но длится такое тепловыделение недолго<sup>(6,7,8)</sup>.

Степень и скорость тепловыделения ограничена, в первую очередь, вентиляцией. Так, например, пенополистирол плотностью  $16 \text{ кг/м}^3$  требует в 150 раз большего объема воздуха для полного сгорания. Вероятность полного сгорания ППС невелика, т.к. его полная потенциальная теплоотдача достигается крайне редко.

Слой пенополистирола толщиной 200 мм плотностью  $20 \text{ кг/м}^3$  выделяет столько же энергии, что и сосновая доска толщиной 17 мм. Но какой строитель задумается, использовать ли ему сосновые доски толщиной 17 мм в качестве защищенного потолочного или стенового материала?

# ДЫМ

Дым – один из важных факторов риска при пожаре. Высокая плотность дыма затрудняет поиски аварийного выхода людьми, находящимися в здании. Дым также может быть токсичным или иметь низкое содержание кислорода, в то время как частицы (горячей) сажи могут блокировать и повреждать органы дыхания.

При оценке потенциального дымовыделения при горении пенополистирола в здании в условиях пожара следует в первую очередь учитывать такие факторы, как возможная скорость распространения пламени по любой поверхности, предназначенной для защиты изделия из пенополистирола, а также скорость разложения полистирола. Эффективная защита поверхности может ограничить возгорание только теми участками, где защитное покрытие не нанесено или утрачено, либо где расплавленный полистирол или газообразные продукты терморазложения проникли через соединения или микротрещины.

Прогнозирование точного дымовыделения пенополистирола затруднено в силу самых разных условий горения, которые возникают при реальном пожаре. Обобщенные выводы по данным маломасштабных испытаний подтверждаются практикой расследования реальных пожаров. В пожаре, где присутствует открытое пламя, пенополистирол выделяет больше дыма, чем другие материалы в пересчете на массу материала. Однако следует отметить, что ППС содержит только 2 % твердых веществ по объему.

В условиях реального пожара с выделением большого количества дыма часто предполагается, что такой дым выделился в результате горения кровельных изоляционных материалов с ППС. В ряде случаев такие ошибочные выводы делались даже для зданий, в которых ППС не использовался в качестве изолирующего материала. В действительности большая часть дыма образуется при сгорании таких материалов, как дерево, рубероид и мебель, особенно после первого короткого этапа пожара.

## Возгораемость

Возгораемость – это процесс распространения пламени по непрерывной поверхности. Степень и скорость возгораемости зависит от горючести материала и его тепловыделения. В строительных материалах, в которых пенополистирол выполняет функцию подложки под жестким материалом и снабжен защитным покрытием, риск повышения возгораемости также зависит от физических / термических свойств поверхности, по которой может растекаться пенополистирол под воздействием высокой температуры.

Близость подложки и степень целостности защитного покрытия (там, где оно осталось), а также конструкция соединения и сцепление между материалами имеют значение для распределения расплавленного полистирола и для поступления воздуха и тепла в зону горения. Если для соединения пенополистирола с покрытием использовалось клеящее вещество, при расплавлении полистирол будет закрепляться на такой поверхности, а если устанавливались толстые листы материала (в особенности – горизонтально), повреждения защитного покрытия могут привести к образованию капель расплавленного вещества, которые отрываются от защитной поверхности и возгораются.

Если произошло повреждение защитного покрытия в каком-то определенном месте, то для определения риска распространения пожара необходимо учитывать возможность притока воздуха, ориентацию и характер поверхности незащищенного пенополистирола (например, в пустотелой стене, изолированной пенополистиролом, вероятность активного распространения пламени меньше из-за недостаточной циркуляции воздуха<sup>(9,10)</sup>).

Новейшие исследования позволяют получить количественные показатели роли изолирующего материала в процессе распространения пожара в помещениях с полной вентиляцией, где пенополистирол применяется в стеновых панелях, либо в качестве подложки стенового или потолочного материала. Степень участия изолирующего материала в процессе горения зависит, среди прочего, и от характера разрушений защитного внешнего покрытия. Если защитное покрытие имеет удачную конструкцию и тщательно подобрано, то степень участия изолирующего материала в процессе горения и выделении жара и дыма будет существенно ниже. Также может удлиниться время, через которое огонь перекинется на изолирующий материал<sup>(11,12)</sup>.

Широкомасштабная программа экспериментов, реализованная в Англии компанией Building Research Establishment (BRE), при которой полностью распространившийся пожар кровли моделировался для различных строительных конструкций с изолирующими материалами, показала, какие именно особенности таких конструкций влияют на поведение материалов при пожаре<sup>(13)</sup>. Там, где используется листовой пенополистирол, особое внимание следует уделять выбору внешней гидроизоляции, использованию оптимальных конструкций для установки и закрепления таких листов, что в совокупности с надлежащими мерами огнезащиты помогает существенно снизить роль изолирующего материала в распространении пожара по вертикали по внешнему покрытию, через изолирующий материал либо в полости. Также за счет этих мер ущерб от возможного пожара может быть уменьшен. Как показали эксперименты, нанесение однородной легкой штукатурки с добавлением ППС на монолитные каменные стены, может считаться успешным примером такого использования пенополистирола.

Частицы дыма, образующиеся под воздействием открытого огня, имеют большой размер, черный цвет и неправильную форму. Плотность испускаемого дыма возрастает по мере повышения температуры и интенсивности теплового потока, воздействующего на материал. При тлеющем пожаре, когда пенополистирол остается надежно защищенным, а термическое разложение происходит в условиях дефицита кислорода, в дыме преобладают мелкие сферические частицы серого цвета, а удельная оптическая плотность ниже, чем при горении с открытым пламенем. При прямом воздействии пламени ППС горит с выделением достаточно большого количества тяжелого, плотного, черного дыма, обычно пропорционально массе сгоревшего материала. В некоторых случаях мнение о том, что токсичность дыма пропорциональна его плотности, оспаривается, но здесь такие сомнения не имеют оснований.

Там, где ППС используется без защитного покрытия, количество дыма ограничено положительным соотношением массы и поверхности пеноматериала малой плотности.

Несмотря на то, что горение ППС стандартного класса происходит с видимым сильным задымлением, общее количество дыма фактически невелико из-за низкой плотности ППС. Но с учетом того, что ППС почти никогда не используется в незащищенном варианте или в помещениях с высокой пожароопасностью, а также чаще всего обложен с обеих сторон другими материалами, то прогнозировать задымление при его горении лучше для конкретных ситуаций.

Обычно ППС защищен от пожара окружающими его материалами и загорается только в том случае, когда огнем охвачено всё здание. В этих случаях ППС от жара спекается, но не воспламеняется и не способствует распространению огня. При этом объем образующегося дыма может быть ограничен. Соответственно, можно сделать вывод о том, что надлежащее использование ППС с учетом всех применимых рекомендаций не ведет к риску повышения плотности дыма в случае пожара.

## Токсичность

Как обсуждалось выше, предсказать поведение того или иного вещества на основании маломасштабных испытаний достаточно трудно. Такая же трудность возникает и при оценке риска выделения газов при горении материалов. На практике применяются два подхода: во-первых, определяется характер терморазложения материалов в изделиях, и, во-вторых, изучается биологический эффект горения таких материалов. Необходимо сочетать эти два подхода для того, чтобы получить реалистическую оценку рисков.

Несмотря на то, что при горении ППС выделяется черный дым, его токсичность ниже по сравнению с токсичностью дыма от сгорания обычных строительных материалов. Этот вывод был сделан уже в 1980 г. Центром пожарной безопасности TNO для ППС стандартных классов и для ППС классов SE. Токсичность дыма измерялась для дерева, шерсти, ваты, шелка, хлопкового полотна, хлопкового полотна с антипиреновой пропиткой и трех видов ППС (см таблицу). В случае ППС токсичность дыма оказалась гораздо ниже по сравнению с другими материалами.

Масштабное исследование токсичности дыма от горящего ППС также проводилось в соответствии с методикой DIN 53436 (маломасштабное испытание на токсичность при горении), результаты применения которой вполне сопоставимы с условиями реального пожара.

При проведении данного испытания образцы нагреваются до температур 300, 400, 500 и 600° С. Помимо ППС изучались такие материалы, как древесина хвойных деревьев, ДСП, вспученная пробка и триплекс, резина, строительный картон и кожа.

Результаты приведены в таблице ниже. Дым от ППС в худшем случае имеет ту же токсичность, а в большинстве случаев – меньшую токсичность по сравнению с токсичностью дыма от сгорания природных материалов по всему температурному диапазону. ППС продемонстрировал очень хорошие показатели по объемному соотношению испытываемых образцов, т.к. данным материал отличается малой плотностью и легкостью, поскольку на 98% состоит из воздуха. Кроме того, при изучении ППС класса SE негативного воздействия от дыма, выделяемого антипиренами, не наблюдалось.

Из таблицы явствует, что при горении ППС выделяется значительное количество монооксида углерода и мономера стирола. Их относительная токсичность определяется по их показателям острой токсичности при вдыхании ( $L/C_{50}$  при вдыхании в течение 30 мин.), которые составляют 0.55 % в объемном отношении для монооксида углерода и 1.0 % в объемном отношении для стирола.

Таким образом, острая токсичность стирола при вдыхании меньше, чем у монооксида углерода, а его концентрация в продуктах разложения ППС также меньше при повышении температуры, характерном для пожара. Вдыхание монооксида углерода может привести к летальному исходу, если его вдыхать 1-3 минуты при концентрации 10 000 р.р.т.- 15 000 р.р.т. Стирол обладает запахом, который различим при концентрации 25 р.р.т.-50 р.р.т. и становится невыносимым при достижении уровня 200 р.р.т.-400 р.р.т. Этот запах служит сигналом к немедленной эвакуации людей из зоны пожара. Раздражение глаз и тошнота могут развиваться при 600 р.р.т., а когда концентрация достигнет 800 р.р.т, возможны неврологические нарушения. В случае развития пожара стирол чаще всего подвергается дальнейшему разложению на монооксид углерода, диоксид углерода и воду.

## Токсичность дыма сгорания ППС по сравнению с дымом от сгорания различных «природных» материалов.

Образец	Испускаемые частицы (в объемном отношении) в част. на млн. (ppm) при различных температурах	Испускаемые частицы (в объемном отношении) в част. на млн. (ppm) при различных температурах			
		300 °C	400 °C	500 °C	600 °C
	Дымовые газы, образующиеся при пожаре				
ППС (стандартного класса)	Моноксид углерода	50*	200*	400*	1,000**
	Моностирол	200	300	500	50
	Прочие ароматические соединения	следы	10	30	10
	Бромоводород	0	0	0	0
ППС класса SE (класс огнестойкости)	Моноксид углерода	10*	50*	500*	1,000*
	Моностирол	50	100	500	50
	Прочие ароматические соединения	следы	20	20	10
	Бромоводород	10	15	13	11
Хвойная древесина	Моноксид углерода	400*	6,000**	12,000**	15,000**
	Ароматические соединения	--	--	--	300
ДСП	Моноксид углерода	14,000**	24,000**	59,000**	69,000*
	Ароматические соединения	следы	300	300	1,000
Вспученная пробка	Моноксид углерода	1,000*	3,000**	15,000**	29,000**
	Ароматические соединения	следы	200	1,000	1,000
* тление		** пламя		-- не обнаружено	
Пояснения: условия испытания указаны в DIN 53 436; скорость потока воздуха 100 л/ч; Образец для испытаний размерами 300мм x 15мм x 20мм, который сравнивается с другими образцами при обычных условиях конечного использования					

Для огнестойких ППС класса SE были обнаружены следы (10 - 15 ppm) бромоводорода при испытаниях по методу DIN 53 436<sup>19</sup>

Показатель LC<sub>50</sub> для бромоводорода аналогичен данному показателю для монооксида углерода. Поскольку концентрация настолько невелика и сопоставима с монооксидом углерода, его присутствие в газах, образующихся при сгорании ППС класса SE, не является фактором, существенно повышающим его опасность для здоровья людей. Поскольку бромоводорода образуется мало, значительного коррозионного воздействия не ожидается.

При сжигании ППС класса SE при условиях, указанные в DIN 53 436, следов бромированных дибензодиоксинов в газообразном или твердом состоянии обнаружено не было, а были выявлены только незначительные следы бромированных дибензофуранов, которые не считаются токсичным веществом по Распоряжению о запрещенных химических веществах 1994 г., действующему в Германии.

## Выделение пентана

Пентан используется в качестве вспенивающего вещества для превращения полистирола в пенополистирол. Пентан – это чистый углеводород, который, хотя и является горючим, выделяется из изделия из ППС почти сразу же после его изготовления. Также пентан нестабилен и разлагается в атмосфере на диоксид углерода и воду в течение нескольких часов. В связи с этим пентан не играет существенной роли в характеристиках пожароопасности ППС и не влияет на возгорание или распространение пожара в здании.

Результат всех проведенных исследований и испытаний очевиден и убедителен: при сгорании ППС стандартного или огнестойкого класса выделяется меньше токсичных газов и паров, чем при сгорании «природных» материалов, таких как дерево, вата или пробка, а также многих других пластиков.

# Плавление и просачивание капель ППС

Как уже говорилось выше, ППС в помещениях, где имеется хотя бы минимальный риск возникновения пожара, следует использовать только с какой-либо защитой. Так, например, при строительстве зданий сельскохозяйственного назначения ППС часто применяется в виде панелей, покрытых алюминиевой фольгой. Установка таких панелей должна производиться очень тщательно, чтобы избежать возможности просачивания горячих капель расплавленного ППС. (В некоторых странах, таких как Дания, запрещается использовать такие панели из ППС, если последний не имеет класса SE по огнестойкости).

По этой причине производители ППС всегда подробно указывают возможности применения и правила эксплуатации своей продукции. Также необходимо располагать любое оборудование, искры от которого или сгорание которого в результате неисправности могут привести к возгоранию, на безопасном расстоянии, т.е. вне прямого контакта с ППС. Только при соблюдении этих правил пожарная безопасность повышается, а шанс просачивания капель расплавленного ППС уменьшается, т.е. снижается вероятность того, что при пожаре в коровнике или птичнике придется эвакуировать его «население»!

## Результаты сгорания ППС – расчистка здания после пожара.

Выделяемые в результате горения ППС вещества и остатки такого горения (вне зависимости от присутствия в ППС антипиренов) не представляют значительной опасности для окружающей среды<sup>3</sup>. Вода, с помощью которой тушили ППС, и остатки ППС удаляются без дополнительной очистки через муниципальную канализацию для жидких стоков и посредством утилизации твердых отходов, соответственно.

При большинстве пожаров воздействию огня и средств пожаротушения подвергаются самые различные материалы. После пожара в здании, где горел пенополистирол, необходимо произвести следующие действия по расчистке:

1. Удалить пыль и сажу сухими пылесосами и путем механической очистки.
2. Обработать пористые поверхности, например, бетон, пескоструйной машиной.
3. Выполнить влажную уборку с использованием щелочных моющих средств, если действий 1 и 2 недостаточно. Отходы после расчистки, очистки и уборки собираются и утилизируются в мусоросжигателях при рекомендуемой минимальной температуре 850°C. Предпочтительно, чтобы вышеуказанные работы выполняла специализированная компания.

# Защитные покрытия

Как уже говорилось выше, ППС, как и большинство пластиков, является горючим материалом. По общим правилам ППС не следует устанавливать без защитного покрытия, если имеется риск распространения пожара на кровлю. При должной установке ППС материал может загореться только в том случае, когда пожар в здании достиг такой стадии, при которой все окружающие материалы уже сгорели или уничтожены иным образом, т.е. здание со всем содержимым должно уже ярко пылать в тот момент, когда огонь достигнет ППС. Пенополистирол может загореться только в результате халатности, пренебрежения правилами или их незнания. Одной из зон повышенной пожароопасности в этой связи является плоская крыша с изоляцией.

Тем не менее, как уже отмечалось выше, применение удачной конструкции, предусматривающей секционирование крыши, а также тщательное планирование и неукоснительное соблюдение мер пожарной безопасности обеспечивает строительство такой крыши с изоляцией из ППС, которая отвечает всем необходимым требованиям огнестойкости. В связи с этим рекомендуется всегда закрывать плиты и панели изоляционного материала из ППС защитными покрытиями, которые крепятся или наносятся с такой степенью надежности, чтобы они не отделялись от ППС при пожаре.

Защита поверхности из ППС при помощи гипскартона толщиной 9 мм или слоем штукатурки толщиной 10 мм считается достаточной для предотвращения возгорания, если такой защитный слой также имеет дополнительные механические крепления.

Покрытие без крепления, наносимое прямо на ППС с изоляцией, способной поддерживать температуру поверхности контактного взаимодействия ниже 100°C в течение определенного времени, будет обеспечивать защиту до тех пор, пока не нарушена целостность такого покрытия. Тонкие покрытия и пленки, например, накрывочный слой штукатурки, алюминиевая фольга, огнестойкая краска или вслучивающиеся огнестойкие покрытия могут на некоторое время задержать возгорание, однако как только их подложка размягчится под воздействием высокой температуры, может произойти нарушение целостности и разрушение такого покрытия.

## Меры предосторожности при хранении ППС на строительной площадке.

Как указывалось выше, при определенных обстоятельствах пенополистирол может легко воспламениться под воздействием открытого огня. Поэтому следует принять все меры для того, чтобы избежать контакта материала с открытым огнем при обращении с ним и его хранении, а также до и после его установки. Там, где этого требуют соответствующие нормы и правила, должны использоваться материалы из ППС с определенным классом огнестойкости, в особенности в тех помещениях и зданиях, для которых действуют строгие нормативы по нераспространению огня. Что касается образования пыли при производстве и обработке ППС, например, в ходе его механической обработки, то здесь должны применяться такие же меры безопасности, как и в случае наличия пыли других органических материалов.

## Выводы

Пенополистирол (ППС) – это горючий материал, как и многие другие строительные материалы. Однако данный факт имеет значение только в том случае, когда ППС оценивается в качестве изоляционного материала, не имеющего защитного покрытия. К счастью, концепция пожарной безопасности в странах ЕС построена основе учета того, каковы условия «конечного использования» оцениваемого материала или конструкции. Соответственно, необходимые эксплуатационные характеристики определяются для всего конструкционного элемента здания.

В связи с этим настоятельно рекомендуется всегда закрывать пенополистирол защитным или герметизирующим покрытием.

С учетом вышеперечисленного можно сделать вывод о том, что изделия и материалы из пенополистирола не представляют чрезмерной пожароопасности, а их применение не ведет к увеличению риска повышения плотности дыма, если такие изделия из ППС будут устанавливаться в соответствии с рекомендациями и в зависимости от их предназначения.

Мы также достаточно подробно остановились на свойствах и характеристиках ППС. Мы доказали, что с точки зрения токсичности в случае пожара или возгорания данный пластик имеет сходные или лучшие показатели по сравнению с природными материалами, такими как дерево, лен, джут и пр.

**Заключение: использование ППС в качестве строительного материала при строительстве зданий с соблюдением правил пожарной безопасности возможно!**

## Библиография/Справочная литература

1. 'Fire behaviour of expanded polystyrene (EPS) foam', 18.12.1992, APME Association of Plastics Manufacturers in Europe.
2. 'Forschungsbericht nr. 104-03-362, Untersuchung der möglichen Freisetzung von polybromierten Dibenzodioxinen und Dibenzofuranen beim Brand flammgeschützter Kunststoffe' april 1990, Umweltbundesamt.
3. Hoechst, informatie aangaande HBCD, 19 mei 1992, met bijlage 'Sachstand polybromierte Dibenzodioxine (PBDD) polybromierte Dibenzofurane, februari 1989, Umweltbundesamt.
4. Eurobrom bv, informatie aangaande FR-1206 HBCD/milieuaspecten en bijlage Bromine Ltd. FR-1206, Hexabromocyclododecane HBCD, 4 juni 1992.
5. 'Lebenswegbilanz von EPS-Dammstoff', 1 September 1993, Interdisziplinäre Forschungsgemeinschaft Info – Kunststoff e.V., Berlin.
6. 'Heat release rates from samples of polymethylmethacrylate and polystyrene burning in normal air', Tewarson, A., Fire and Mat. 1976:90-96.
7. 'Flammability of Polymers and organic liquids, Part 1, Burning intensity' Tewarson, A., Factory Mutual Research Corp. February 1975. Serial No. 22429.
8. 'Stored Plastics test program', Dean, R.K., Factory Mutual Research Corp. June 1975. Serial No. 20269.
9. 'Fire tests on expanded polystyrene lined cavity walls for EPPMA.', Redland Research and Development Ltd., August 1974. Report No. 775-01.
10. 'Fire performance of combustible insulation in masonry cavity walls.' Rogowski, B. F. W., Fire Safety Journal, Vol 8, p. 119 – 134.
11. 'Investigating the contribution to fire growth of combustible materials used in building components', Rogowski, B. F. W., New Technology to Reduce Fire Losses and Costs (Grayson and Smith Ed). Elsevier Applied Science Publishers 1986.
12. 'Fire performance of building elements incorporating cellular polymers.' Rogowski, B. F. W., Cellular Polymers 4 (1985)325-338
13. Fire performance of external thermal insulation for walls of multi-storey buildings. Rogowski, B. W. F., Ramaprasad, R.. and Southern J. R., BRE Report 1988.
14. 'De giftigheid van de bij verbanding van polystyreenschuim vrijkomende gassen', juni 1980, ir. H. Zorgman, TNO Delft, Centrum voor Brandveiligheid.



## Что такое EUMEPS?

*EUMEPS - это сокращенное название Европейской ассоциации производителей пенополистирола. Эта организация защищает интересы всех ведущих изготовителей ППС через национальные ассоциации.*

*В EUMEPS существует два направления: «EUMEPS – Упаковочные материалы» и «EUMEPS-Строительные материалы».*

*На долю пенополистирола приходится 35 процентов рынка строительных изоляционных материалов, а на предприятиях, производящих ППС, трудятся свыше 10 000 человек.*

*EUMEPS была основана в 1989 году и сегодня объединяет 95 изготовителей ППС в Европе.*

*EUMEPS ведет деятельность внутриотраслевой организации, координирующей процесс постоянного усовершенствования, которому следуют европейские производители ППС, контролирующие весь жизненный цикл выпускаемых ими материалов и изделий.*

*Это достигается усилиями следующих рабочих групп:*

- *Охрана здоровья, безопасность и защита окружающей среды*
- *Стандартизация*
- *Пожарная безопасность*
- *Популяризация продуктов.*

*EUMEPS выступает в качестве партнера на европейском уровне в экономических, политических и технических вопросах для предприятий строительной отрасли, законодательных органов, архитекторов, инженеров, застройщиков и потребителей.*

**Дополнительную информацию об использовании пенополистирола в строительстве можно получить в подразделении**

**Eumeps (Строительные материалы), располагающемся по адресу:  
Avenue Marcel Thiry 204  
B-1200 Brussels  
Belgium**

**Тел.: +32 2 774 96 20  
Факс: +32 2 774 96 90  
Электронная почта: [eumeps@eyam.be](mailto:eumeps@eyam.be)  
Рег.номер для уплаты НДС: BE453127976**

*Международная некоммерческая ассоциация  
Eumeps август 2002 г.*

