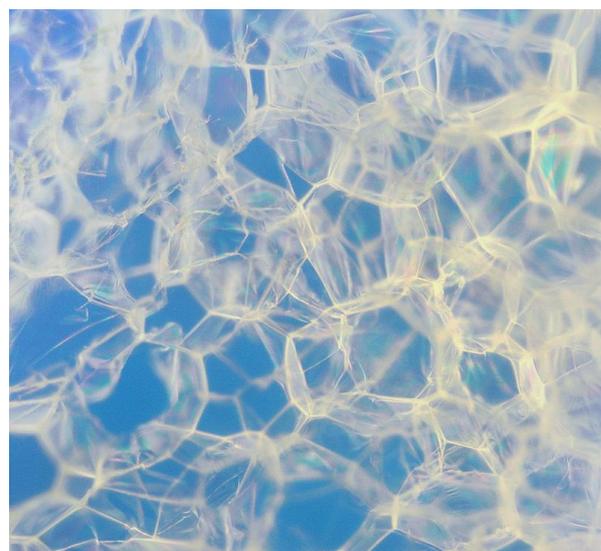


Пенополистирол

Пенополистирол — лёгкий газонаполненный материал класса пенопластмасс на основе полистирола, его производных (*полимонохлорстирол, полидихлорстирол*) или сополимеров стирола с *акрилонитрилом* и *бутадиеном*.^[1]

Растворимость пенополистирола в технических жидкостях в первую очередь обуславливается химической природой исходного полимера. Пенополистирол хорошо растворяется в исходном мономере (стирол), в ароматических (*бензол, толуол, ксилол*) и хлорированных углеводородах (*дихлорэтан, четыреххлористый углерод*), сложных эфирах, кетонах (*ацетон*), сероуглероде. В низших спиртах, низкомолекулярных алифатических углеводородах, простых эфирах, фенолах и воде пенополистирол нерастворим.^{[2] [3]}



Структура пенополистирола при большом увеличении

Пенополистирол — типичный представитель поро- и пенопластов поэтому его физико-механические и теплофизические характеристики ничем существенно не отличаются от остальных ячеистых пластмасс.^[4]

Но в силу ячеистой природы (обуславливающей высокую удельную поверхность, присущую всем вспененным пластмассам)^[5] низкая теплостойкость стирола полимеров объясняет особенности окислительной, термоокислительной и термической деструкции,^[6] а также горения пенополистирола что обуславливает особенности его применения, а также накладывает ряд ограничений на его использование (*например, требование обязательной детоксикации пенополистирола перед его применением в составе полистиролбетона*,^[7] запрет на трехслойные ограждающие конструкции^{[8] [9]}).

Современный пенополистирол, применяемый в строительстве, производится по технологиям, предусматривающим применение специальных химических добавок: стабилизирующих, термостабилизирующих и антипиренов. Эти добавки значительно увеличивают стойкость полистирола к окислительной, термоокислительной и термической деструкции, при необходимости в пенополистирол может быть добавлена добавка, увеличивающая его стойкость к солнечному свету, вернее его ультрафиолетовой составляющей. Как правило, такая добавка не применяется, поскольку, пенополистирол находится в составе конструкции и защищен от воздействия негативных факторов.

Благодаря своим теплоизолирующим и прочностным свойствам, а также экологичности (при соблюдении технологии), применяется на сегодняшний день в многих областях промышленности и частном секторе — упаковка бытовой техники, теплоизоляция, конструкционные строительные элементы, элементы декора, одноразовая посуда, изотермическая тара для продуктов питания, энергопоглощающие элементы автомобилестроения, литьевые модели и т. п. Использование пенополистирола в составе оружия массового поражения «Напалм В»^[10] позволяет повысить эффективность поражения открыто расположенной живой силы противника при норме расхода в 4-5 раз меньшей, чем при использовании традиционных осколочно-фугасных боеприпасов так как попадание на незащищенную кожу даже 1 гр. горящего «Напалм В» способны вызвать тяжелые поражения противника. Многогранность использования пенополистирола иногда принимает совершенно неожиданные применимости.^[11] Он широко используется в спасательной технике, из него изготавливаются спасательные круги, буи, защитные шлемы велогонщиков и пилотов «Формулы-1»,

спортивный инвентарь, основу досок для виндсерфинга...

Глава МЧС России Сергей Шойгу в своем выступлении в Госдуме 21.04.10 заявил о недопустимости использования пенополистирола для утепления жилых домов, отметив, что у многих экспертов пенополистирол вызывает серьезные опасения с точки зрения пожарной безопасности.^[12]

Глава МЧС России Сергей Шойгу

— Пенополистирол запрещен к применению. Особенно на объектах, где есть, с одной стороны высокие риски, а с другой стороны, массовое пребывание людей.

Однако, этим словам противоречит официальный комментарий Заместителя главного государственного инспектора Российской Федерации директора департамента надзорной деятельности МЧС России А. Н. Гилетича. В ответе ведомства^[13] (от 17.03.2010) на запрос Ассоциации производителей и переработчиков пенополистирола А. Н. Гилетич подтвердил, что «каких-либо решений о запрете применения пенополистирола и конструкций с его использованием МЧС России не принимало».

Стоит отметить, что это не первый пример разногласий в МЧС по поводу применения пенополистирола.

Заместитель начальника Главного управления по надзорной деятельности МЧС РФ по Москве Сергей Аникеев отмечает также, что увеличение количества объектов, которые не соответствуют требованиям пожарной безопасности, стало возможно в связи с тем, что органы Госпожнадзора ушли от надзора за объектами строительства, и поэтому информацию об использовании опасных материалов ведомство получает только при сдаче здания в эксплуатацию. По его словам, на этих объектах при отделке путей эвакуации используется пенополистирол, выделяющий при горении ядовитые вещества.^[14]

Заместитель начальника Главного управления по надзорной деятельности МЧС РФ по Москве Сергей Аникеев

— Проблема использования пенополистирола существует уже долгие годы, и мы с этим боремся

Комментарий Аникеева подвергся жесткой критике со стороны экспертов рынка и производителей пенополистирола. Не уточняя, как соотносятся её выводы с европейской практикой определения степени горючести пенополистирола, пресс-атташе «Ассоциации производителей и поставщиков пенополистирола» Юлия Гамзина тем не менее ставит профессиональную компетенцию С.Аникеева под сомнение, утверждая:^[15]

Пресс-атташе «Ассоциации производителей и поставщиков пенополистирола» Юлия Гамзина

— Просим Вас на будущее соблюдать правила публичных выступлений и не ставить свою профессиональную компетентность под сомнение. Вы ДОЛЖНЫ знать, что пенополистирол НЕ ГОРИТ, если он имеет надлежащий класс горючести Г1 и профессионально установлен, что должно быть самым ответственным образом проинспектировано Вашей же службой.

Серьезную озабоченность распространением некачественного пенополистирола высказывают украинские специалисты:

Заведующая лабораторией полимерных, теплоизоляционных и кровельных материалов украинского научно-исследовательского проектно-конструкторского института строительных материалов и изделий (НИИСМИ) Нина Пятигорская:^[16]

— Пенопласт того качества, который представлен на нашем рынке, вряд ли прослужит больше 4 лет. Хотя точно сказать сложно. Методика расчета долговечности материала пока не утверждена

Государственная пожарная служба Польши за 4 года зафиксировала 117 случаев пожара на наружных фасадах зданий, утепленных пенополистиролом. В 67 процентах горение вызвало трудности при спасении людей, а наружная облицовка способствовала переходу огня с одного этажа на другой. В 13 процентах пожаров огонь перекинулся со стен на крышу.^[17]

В Берлине 21.04.2005 из-за возгорания телевизора огонь распространился по наружной поверхности фасада, утепленного пенополистиролом. В считанные минуты огонь охватил все здание. После этого в Германии были введены ограничения на использование пенополистирола для утепления жилых зданий выше 22 метров. Расследование причин пожара привело к выводу, что факторами, способствовавшими быстрому, в течение

примерно 20 минут, распространению берлинского пожара с третьего до шестого этажа были: позднее сообщение о пожаре; отсутствие автоматической пожарной сигнализации и огнетушащих средств в квартире; деревянная обрешетка стен, потолков и наружного утепления; применение пенополистирола в системе наружного утепления здания; отсутствие расщечек и междуэтажных поясов из негорючих материалов при устройстве утепления.^[17]

Заместитель председателя правительства Пензенской области Надежда Лежикова:^[18]

— Пенополистирол с точки зрения экологичности не очень хороший материал. Однако запретить его использование мы не имеем права. Можем только рекомендовать не делать этого.

Серьезную озабоченность проблемам применимости пенополистирола в строительстве высказывает также ведущее строительное издание России «Строительная газета», опубликовавшее на своих страницах следующие высказывания:^[19]

Борис Баталин, д.т. н., профессор, Лев Евсеев, д.т. н., председатель комиссии по энергосбережению РОИС, Владимир Савин, д.т. н., профессор НИИСФ

— К сожалению, производители пенополистирола, их деловые партнеры, а также поддерживающие их государственные чиновники не перестают утверждать, что пенополистирол — это идеальный утеплитель. Можно понять этих людей: ведь признать, что твоя продукция вредна для здоровья потребителя, было бы легко и просто, если бы за этой продукцией не лежали «чемоданы» денег, акций, дивидендов. Это труд тяжелее обычной простой порядочности. Поэтому делаются широковещательные и совершенно бездоказательные заявления об экологической чистоте, о потрясающей долговечности пенополистирола. Совершенно не важно, что эти россказни никак не подтверждаются никакими научными исследованиями, результатами анализов, испытаний.

— Считаю безнравственным, когда заказчик, покупая пенополистирол и используя его при строительстве зданий или при утеплении только квартиры, лишается полной информации о негативных свойствах широко применяемого в стране теплоизоляционного материала. Ведь это прямое нарушение Конституции Российской Федерации, в статье 42 которой говорится: «Каждый имеет право на благоприятную окружающую среду, достоверную информацию о её состоянии и на возмещение ущерба, причиненного его здоровью и имуществу экологическим правонарушением», а Гражданский кодекс основывается на «необходимости беспрепятственного осуществления гражданских прав» (ст. 1).

История

Способ получения пенополистирола впервые предложен в 1928 г.,^[20] а его промышленное производство начато в 1937 г.^[21] С тех пор производство пенополистирола неуклонно развивается и совершенствуется. В силу национальных различий формирования химической промышленности в разных странах отдают предпочтение тем или иным способам производства пенополистирола. В настоящий момент пенополистирол производят по следующим основным способам:

- Прессовый пенополистирол (*производится во множестве стран под разными торговыми марками*,^[22] отечественные аналоги — ПС-1, ПС-4)
- Беспрепоровый пенополистирол (*изобретен BASF в 1951 г. выпускается под маркой Styropor®*, отечественные аналоги — ПСБ (*Пенополистирол Суспензионный Беспрепоровый*), ПСБ-С (*Пенополистирол Суспензионный Беспрепоровый Самозатухающий*)
- Экструзионный пенополистирол (*Styrodur® — производитель BASF, отечественные аналоги ЭППС — Пеноплекс, Техноплекс*)
- Автоклавный пенополистирол (*STYROFOAM® — производитель The Dow Chemical Company (США)*, отечественных аналогов нет)
- Автоклавно-экструзионный пенополистирол^[23] (*отечественных аналогов нет*)

По своим физико-механическим и эксплуатационным свойствам все эти разновидности пенополистирола настолько различны, что имеет смысл говорить о совершенно самостоятельных разновидностях ячеистых пластмасс, хоть и изготовленных из одного исходного полимера — полистирола.

В СССР было широко развито производство пенополистирола. В 1939 г. было начато промышленное производство пенополистирола по прессовому методу (ПС-1),^[24] в 1958 г. освоено производство беспрессового пенополистирола (ПСБ)^[25] а в 1961 освоена технология самозатухающего пенополистирола (ПСБ-С).^[26] Для строительных целей пенополистирол марки ПСБ начали выпускать в 1959 г. на мытищинском комбинате «Стройпластмасс».

В настоящий момент прессовый пенополистирол марки ПС-1 выпускает всего 1 завод в России, исключительно для нужд военной промышленности. Простота и дешевизна технологии, а также доступность сырья способствовали широкому распространению на постсоветском пространстве беспрессового способа производства пенополистирола. Экструзионный способ хоть и позволяет получать намного более качественную продукцию, но из-за сложности реализации этот метод начал развиваться на постсоветском пространстве только последние несколько лет.

Описание

При некорректном проведении экспериментов возможно неправильное определение группы горючести пенополистирола. Одной из ошибок является испытание материала без сочетания с негорючей основой, что является нарушением методики проведения испытания. В результате этого при воздействии пламени на образец он прогорает насквозь, оставшаяся его часть сжимается под влиянием температуры, и пламя горелки непосредственно не воздействует на вертикально расположенный образец. При таком способе проведения испытания сильно снижается вероятность распространения пламени по поверхности образца и образования горящих капель расплава. В реальных условиях применение теплоизоляционных материалов вне конструкции невозможно^[27]. Пример неправильного испытания материала можно увидеть как в рекламном ролике непосредственного производителя [28], так и в видеофрагментах сторонних наблюдателей.[29]



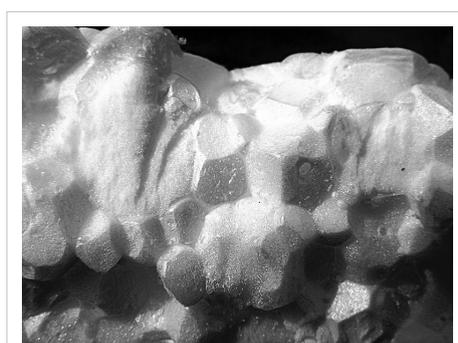
Применение

Широко применяются пенополистирольные плитки для потолка. Материал, из которого производят пенополистирольную плитку, выделяет стирол — токсичное вещество, имеющее способность накапливаться в организме^[30]. Для некоторых марок плиток выделение стирола многократно превышает допустимую норму^[31].

Широко применяется в качестве термоизоляции (теплопроводность 0,04 Вт/(м·К)) и шумоизоляции в строительстве, приборостроении, в качестве промышленной и потребительской упаковки.

Применяется в качестве термоизоляции почти во всех бытовых холодильниках, кроме холодильников с термоизоляцией из пенополиуретана.

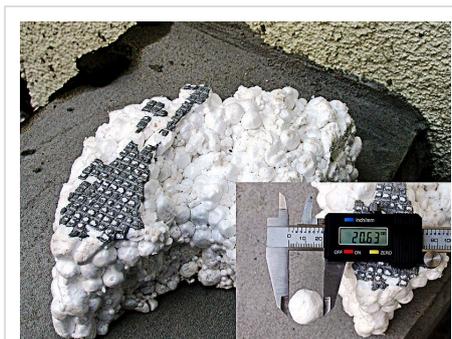
В последнее время широкое распространение получили покрытия кровли из стального профилированного настила с утеплителем из пенополистирола, при этом применение стораемого утеплителя (пенополистирола и плитного полиуретана) в конструкции кровли запрещено.^[32]



Качественный пенополистирол типа ПСБ. В изломе — многогранники одинакового размера прочно соединенные друг с другом, местами разлом проходит по живому.

Деструкция пенополистирола

Неизбежность деструкции (лат. destructio — разрушение) полистирола обусловлена самой сущностью полимеризационных пластмасс. Под воздействием внешних факторов (тепло, свет, радиация, механические и биологическое воздействие и т. д.) у всех полимеров, в том числе и у полистирола происходят разрушения макромолекул (отщепление микрорадикалов и деполимеризация) в результате чего изменяются химико-физические и эксплуатационные свойства.^{[33] [34]} Деструкция пенополистирола существенным образом отлична от деструкции полистирола. В первую очередь это обусловлено развитой наружной поверхностью, характерной для всех вспененных пластмасс.^[35]



Некачественный пенополистирол типа ПСБ. В изломе — округлые шарики разного размера. Разлом идет по зоне контакта между ними.

Высокотемпературная деструкция пенополистирола

Высокотемпературная фаза деструкции пенополистирола хорошо и обстоятельно исследована. Она начинается при температуре +160°C (механохимическая деструкция). С повышением температуры до +200°C начинается фаза термоокислительной деструкции. Выше +260°C преобладают процессы термической деструкции и деполимеризации. В связи с тем, что теплота полимеризации полистирола и поли-" α "-метилстирола одни из самых низких среди всех полимеров (71 и 39 кДж/моль соответственно), в процессах их деструкции преобладает деполимеризация до исходного мономера — стирола.^{[36] [37] [38] [39]}

Пожароопасные свойства

Легковоспламеняющийся материал. Температура воспламенения 310 °С; температура самовоспламенения 440 °С (для самозатухающего беспрессового пенополистирола ПСБ-С — $T_{восп.(jm1)} = 335$ °С, $T_{самовосп.(jm3)} = 483$ °С).^[40] Загорается от пламени спички (температура пламени спичек — 650—835°С).^[41] Горит в расплавленном состоянии с выделением большого количества теплоты. Удельная теплота сгорания пенополистирола 39,4 — 41,6 МДж/кг,^{[42] [43]} что в 4,3 раза выше чем у сосновой древесины естественной влажности^[44] и примерно соответствует теплоте сгорания бензина.^[45] Линейная скорость распространения огня по поверхности пенополистирола 1 см/сек,^[46] в 1,5 — 2 раза превышающая скорость распространения огня по сухой древесине,^[47] объясняет чрезвычайно высокую скорость распространения огня в зданиях, утепленных пенополистиролом. Удельная массовая скорость выгорания пенополистирола марки ПСБ — 2.19 кг/мин м²(стр.125^[48]) что примерно соответствует показателям свободно горящей сырой нефти.

Горение пенополистирола сопровождается обильным выделением (267 м³/м³) густого черного дыма. Продукты горения токсичны. Средства тушения: Распыленная вода со смачивателями.^[49] Горение пенополистирола близко к горению напалма (скорость горения около 10,5 м/мин).^[50]

Самозатухающий пенополистирол

Чрезвычайно высокая горючесть пенополистирола серьезным образом осложняет его использование в народном хозяйстве. Поэтому для уменьшения вероятности его возгорания от случайных источников (искра, окурок) на этапе транспортирования, хранения и монтажа была разработана специальная разновидность — пенополистирол с добавками антипиренов, который получил название «самозатухающий» и обозначается дополнительной буквой «С» в конце (например — ПСБ-С).^[51]

Самозатухающий пенополистирол в пожарном плане абсолютно ничем не отличается от обычного и в условиях реального пожара горит ничуть не хуже обычного.^[52] И хотя даже термин «самозатухание» отсутствует в

номенклатуре показателей, характеризующих пожаровзрывоопасность веществ и материалов^[53] миф об якобы особых негорючих свойствах самозатухающего пенополистирола прочно укоренился в сознании людей и активно используется в рекламных целях. Между тем, к примеру, спички тоже самозатухающие (обработанные антипиренами),^{[54] [55] [56]} что не преуменьшает их пожарную опасность.

Пожарная классификация материалов и изделий предполагает несколько десятков понятий, параметров и характеристик, используемых исключительно в контексте проводимых испытаний или исследований. Попытка использования специального терминологического аппарата пожаротехнических исследований для пояснений на бытовом уровне а также в рекламных целях способна, порой, дезориентировать и дезинформировать. Так, например, при «переводе» пожаротехнической терминологии на язык, понятный непрофессионалам, понятие "негорючий" следует понимать исключительно только как "не принимающий участия в возгорании" и не более того. Понятия "самозатухающий", "нераспространяющий огонь", "время самостоятельного горения" также не следует трактовать буквально, а только лишь как частную характеристику в отношении конкретных исследований.

Так, например, по результатам испытаний^[57] пенополистирол хоть и показал «Время самостоятельного горения — 0 сек», тем не менее, по ряду других квалификационных признаков, все равно был отнесен к чрезвычайно горючим материалом (класс горючести Г4).

По поводу "негорючести" самозатухающего пенополистирола специалисты высказываются однозначно:

Заведующая лабораторией полимерных, теплоизоляционных и кровельных материалов украинского научно-исследовательского проектно-конструкторского института строительных материалов и изделий (НИИСМИ) Нина Пятигорская:^[16]

— Никакие добавки не сделают пенополистирол негорючим! По пожарной классификации он относится к веществам средней воспламеняемости. В крайнем случае он будет тлеть. Я видела пожар в Бухаре на заводе, когда «самозатухающий» материал горел весьма ярко и быстро. Кроме того, его можно применять при температуре не выше 80 °С (ее можно получить, покрасив пенопласт черной краской и оставив на солнце). О том, что продукты горения его токсичны, и говорить не приходится. Думаю, любой человек это и так знает.

Борис Баталин, д.т. н., профессор, Лев Евсеев, д.т. н., председатель комиссии по энергосбережению РОИС, Владимир Савин, д.т. н., профессор НИИСФ :^[19]

— В рекламно-информационных публикациях, посвященных пенополистиролу, их авторы, описывая пожарно-технические свойства этих материалов, в определенной мере лукавят, утверждая, что пенополистиролы определенных видов не горят или самостоятельно затухают. Однако такое поведение этих материалов ещё не свидетельствует об их пожарной безопасности. Дело в том, что, согласно стандартной методике, главное при квалификации строительных материалов на пожарную опасность заключается в учёте убыли массы при нагревании на воздухе. Поэтому в соответствии с официальной классификацией стройматериалов по пожарной опасности все без исключения пенополистиролы относятся к классу горючих материалов. small>

Состояние зданий, утепленных пенополистиролом, после пожара

Пенополистирол имеет низкую теплостойкость и уже при температуре выше 80 °С начинает необратимо терять форму (*теплостойкость по Мартенсу 80 °С*).^[58] Введение в пенополистирол антипиренов (самозатухающий пенополистирол) уменьшает вероятность случайного возгорания, но никоим образом не отражается на теплостойкости. Поэтому главная опасность для конструкций стен, утепленных пенополистиролом, заключается в том, что всего 2-х часовое термическое воздействие в диапазоне 100—110 °С приводит к практически полной деструкции пенополистирола с уменьшением его объема в 3 — 5 раз. Даже незначительный локальный пожар в отдельной квартире (возгорание телевизора) в считанные минуты способен разогреть помещение до 800 — 900 °С.^[59] В результате образовавшейся температурной волны пенополистирольный утеплитель на значительной части здания может быть полностью уничтожен.^{[60] [61] [62]} При этом даже абсолютно не затронутые огнем конструкции стен соседних квартир, поглотив часть продуктов разложения пенополистирола, окажутся безвозвратно загрязненными и непригодными для дальнейшего проживания (превышение ПДК_{ср} по стиролу — в 250 раз, по этилбензолу — в 17 раз).^[63]

В то же время производители пенополистирола утверждают, что современный пенополистирол с добавлением антипиренов (самозатухающий) практически исключает возгорание.

Одни эксперты по пожарной безопасности, предпочитая сохранять инкогнито, говорят о некорректности испытания пенополистирола вне конструкций, так как без них он не применяется (никоим образом не поясняя при этом, в составе какой „конструкции“ был применен пенополистирол в „Хромой лошади“). Для исключения воздействия открытого пламени из горящей квартиры на пенополистирол, используемый, для наружной теплоизоляции стен зданий с тонким штукатурным слоем, в этом типе утепления фасадов используются вставки из минеральной ваты по периметру оконных проемов и поэтажно по периметру здания. Системы утепления фасадов зданий проходят натурные пожарные испытания в соответствии с ГОСТ 31251-2003,^[64] в соответствии с которым в настоящее время 77 систем с утеплителем из пенополистирола получили высший класс пожарной опасности К0.^[65] Известные случаи пожаров в конструкциях с пенополистиролом эти эксперты объясняют исключительно нарушениями правил его использования, а также халатностью надзорных органов и проектировщиков, допускающими неправильное применение.

Другие эксперты, и в частности „Лаборатория противопожарных исследований, сертификационных испытаний и экспертизы в строительстве (ЛПИСИЭС)“ при „Центральном НИИ строительных конструкций им. В. А. Кучеренко (ЦНИИСК)“ выражают серьезную озабоченность несовершенством самого ГОСТ 31251-2003,^[64] обосновав суть своих замечаний в пояснительной записке^[66] к новому ГОСТ 31251-2008, редакции 2008 г.^[67] Эксперты отмечают, что из-за методологических просчетов ГОСТ 31251-2003,^[64] одна и та же конструкция может быть отнесена к разным классам пожарной опасности, что вносит элементы субъективизма при получении соответствующих пожарно-технических сертификатов.

Поэтому вступившая в силу 01.03.2010 новая редакция ГОСТ 31251^[67] существенным образом изменила методологическую основу проведения испытаний стен зданий на пожарную опасность. В частности контроль степени горючести используемых материалов теперь должен осуществляться только по EN ISO 1716:2002,^[1] который автоматически уравнивает пожаротехнические характеристики как горючих, так и т. н. „самозатухающих“ разновидностей пенополистирола (как и во всем остальном мире). Кроме того новый нормативный документ^[67] однозначно требует, чтобы наружные стены здания с обеих сторон были выполнены из негорючих материалов, удельное значение пожарной нагрузки в любом помещении не превышало 700 МДж/м² и условная продолжительность пожара была меньше 35 минут. Все эти ограничения равносильны запрету на применение пенополистирола для утепления фасадов зданий.

Токсичность продуктов горения пенополистирола

Изучение токсичности продуктов горения пенополистирола было начато во всем мире на рубеже 60-х годов при конструировании объектов военной техники замкнутого объема — космических кораблей, самолетов, подводных лодок и т. д. Эти исследования носили закрытый характер — до сих пор в открытом доступе присутствуют лишь разрозненные их фрагменты.^{[68] [69] [70] [71] [72]}

Применение пенополистирола вне сферы военных приложений очертило ряд существенных недостатков механистичного переноса в коммунальную гигиену критериев оценки токсичности продуктов горения, принятых в военной медицине. В частности такой широко распространенный интегральный показатель токсичности продуктов горения N_{CL50} (*весовая насыщенность полимерного материала, продукты горения которого вызывают 50 % смертность в течение 30 мин.*) был изначально рассчитан на боевые действия с наперед запланированным и допустимым летальным исходом реципиентов. Разумеется такой подход был негуманен и совершенно недопустим для гражданского населения при оценке пожаротехнических рисков. Поэтому коммунальная гигиена вопросы токсикологии и гигиены применения полимерных материалов рассматривает намного шире, глубже и комплексней.^{[73] [74] [75] [76]} Ежедневно только в Российской Федерации происходит 549 пожаров, на которых гибнет 42 человека,^[77] что более чем в 3 раза превышает средний уровень развитых стран^[78] и составляет 5-6 % погибших в категории насильственной смерти.^[79] По данным судебно-медицинских экспертиз в структуре причин смерти на пожарах до 85 % составляют отравления продуктами горения.^[80] Данный факт необъясним с позиций судебно-медицинской диагностики, базирующейся на определяющем влиянии оксиглеродной интоксикации, выражающейся в повышенном содержании карбоксигемоглобина (НЬСО) в крови погибших. Поэтому и зарубежные и отечественные токсикологи давно уже ориентируются на диагностику комбинированных ингаляционных отравлений продуктами горения.^{[81] [82] [83]} Особенно актуален данный подход для полимерных материалов, в случае горения которых выделяется множество высокотоксичных ксенобиотиков, которые и играют определяющую роль в генезисе смерти потерпевших, хотя индивидуальные концентрации этих токсических соединений в крови могут и не достигать общеизвестных летальных уровней.^{[84] [85] [86] [87]}

По результатам испытаний «НИЛ токсичности продуктов горения (БГУ)» отдельные виды пенополистирола относятся к высокоопасным — группа токсичности ТЗ^[88] (*сгорание в течение 5 минут 25-70 гр. пенополистирола в 1 м³ вызывает гибель 50 % подопытных*). Поэтому в Украине находится на утверждении проект закона (*Институт экологии и токсикологии им. Л. И. Медведя*), категорически запрещающий применять в жилых строениях полимерные и полимерсодержащие строительные материалы с токсичностью продуктов горения Т3 и Т4 (пункт 7.6).^[89] Кроме того все еще остается невыясненным вклад антиперенов в токсичность продуктов горения пенополистирола. И хотя присутствие в достаточно больших количествах в составе продуктов горения самозатухающих марок пенополистирола крайне ядовитого бромводорода подтверждается самими производителями,^[90] вопрос до сих пор остается открытым. Серьезную путаницу и неразбериху в вопросах оценки токсичности продуктов горения пенополистирола вносят и сами производители, пытаясь при помощи средств массовой информации собственные хаотичные исследования непонятно чего по непонятно каким методикам опосредованно отождествить со всем многообразием (как по сырью, так и по технологиям) выпускаемых пенополистиролов.^[91]

В этой связи представляются весьма непонятными объяснения ГУ «Судебно-экспертное учреждение ФПС „Испытательная пожарная лаборатория“ по Свердловской области», по факту расследования причин гибели людей при пожаре в клубе «Хромая лошадь»,^{[92] [93]} что оценка токсичности продуктов горения пенополистирола согласно ГОСТ 12.1.044-83^[94] ими не проводилась «...в связи с отсутствием в лаборатории технической возможности (мышей)...».^[95] Проблема степени допустимости применения пенополистирола в строительстве в свете дефицита мышей уже стала предметом пристального интереса средств массовой информации.^[96]

В то же время, согласно исследованию^[91] Аналитической группы при кафедрах органического цикла МГУ, под руководством профессора А. Т. Лебедева, «два куска пенопласта с маркировками SE и STD» не содержит и не выделяет при горении фосген и хлор.

Коэффициент дымообразования негорючих марок пенополистирола составляет 1219 м²/кг, что в 53, 35, 4,5, 1,4 раза больше, чем у древесины, картона, линолеума ПВХ, резины, соответственно. Горючие марки пенополистирола выделяют дыма примерно на 14 % меньше. Пожарно-технические наставления предупреждают, что при коэффициенте дымообразования выше 500 м²/кг задымленность так высока, что человек полностью утрачивает способность самостоятельно ориентироваться в помещениях.^[97]

Дымообразующая способность некоторых горящих материалов^[98]

Название материала	Коэффициент дымообразования, (м ² /кг)
Пенополистирол самозатухающий (с антипиренами)	1219
Пенополистирол горючий (без антиперенов)	1048
Резина	850
Пенополиуретан	757
Линолеум ПВХ	270
Фанера	140
ДВП	130
Ткань мебельная п/ш	116
ДСП	90
Картон марки «Г»	35
Древесина	23

Задымления помещений при пожаре в первую очередь опасна как психологический фактор, воздействующий на человека через органы зрения. Средняя скорость распространения дыма на пожаре по вертикали составляет 2 - 3 м/с, а по горизонтали – 0,5 – 0,7 м/с. Если видимость в задымленном помещении составляет менее 10 м, то у человека на подсознательном уровне формируется необратимое паническое состояние, при котором он склонен к иррациональным действиям и не всегда способен самостоятельно покинуть помещение, хотя суммарная токсичность продуктов горения может еще и не достичь опасных концентраций.^[99]

Состав продуктов горения пенополистирола (таблица 5.12^[100])

Наименование токсичных летучих веществ, выделяющихся при горении пенополистирола	м ² /г
СО (оксид углерода)	70,5
СО ₂ (диоксид углерода)	2142,7
HCN (синильная кислота)	11,8
C ₆ H ₅ OH (фенол)	0,01
N ₂ O (оксид азота)	1,18
CH ₃ -C(O)-CH ₃ (ацетон)	0,53
C ₆ H ₆ (бензол)	4,9
C ₈ H ₈ (стирол)	0,31

Отечественные особенности испытаний пенополистирола на горючесть

По своей химической природе пенополистирол — однозначно горючий материал. Но в силу несовершенства отечественной нормативной документации, допускающей параллельное существование нескольких взаимоисключающих методик, определения класса горючести пенополистирола донельзя запутано и противоречиво.

Согласно методики, изложенной в нормативных документах,^[101] [102] [103] степень горючести пенополистирола оценивается по результатам анализа температуры дымовых газов, степени повреждения образцов по длине, потере ими массы или длительность самостоятельного горения. Данная методика изначально не способна объективно классифицировать степень горючести пенополистирола так как уже на первых секундах, происходит сквозное прогорание испытуемых образцов, сопровождающееся плавлением и каплепадением пенополистирола. Вследствие низкой теплостойкости пенополистирола, образующийся расплав покидает зону горения настолько быстро, что не успевает прогреться до температуры самовоспламенения и образования горящих капель расплава. В оставшееся время испытаний (10 мин.) пламя испытательной установки непосредственно уже не воздействует на образцы, оставляя их неповрежденными. В итоге формальные признаки не превышают установленных границ, что позволяет отнести практически все виды пенополистиролов к группе горючести Г1 (слабогорючие).^[104] Предостерегая от неправильной оценки горючих свойств пенополистирола, специалисты давно и настойчиво обращают внимание даже на уровне учебников на нелепость и ошибочность данной методики.^[105] Поэтому была разработана усовершенствованная методика (образцы помещаются в чехол из стеклоткани), оформленная в соответствующем ГОСТ.^[106] Но заложенные в этом нормативном документе методологические просчеты и откровенные ошибки арифметического плана^[107] [108] только усугубили ситуацию неоднозначности и методологического хаоса в вопросах классификации пенополистирола по группам горючести. Кроме того данный ГОСТ не распространяется на испытания строительных материалов.

Несовершенство методик, перемноженное на практически полную изношенность испытательного оборудования пожарнотехнических лабораторий,^[109] при низкой степени ответственности и квалификации их



Причиной неправильного определения группы горючести пенополистирола по ГОСТ 30244-94 является прогар образцов

персонала ^[110] привело к ситуации, когда степень горючести пенополистирола, записанная в пожарном сертификате, уже больше практически не зависит от истинных физических характеристик материала — достаточно выбрать «правильную» лабораторию, которых в России около 100 (в Германии — всего 7).

Все это позволяет высокопоставленным чиновникам, ответственным за состояние вопроса заявлять следующее:^[111]

Начальник отдела ФГУ ВНИИПО МЧС России, д.т. н., профессор Н. В. СМIRHOV:

— Наиболее пожароопасными являются утеплители на основе пенополистирола. Они при тепловом воздействии плавятся, текут и поджигают все, что находится на их пути. Все материалы на основе пенополистирола по горючести относятся к классу Г3, Г4. Таким образом, если в сертификате вы видите группу горючести Г1, Г2 — это ошибка. Эти материалы относятся к легко воспламеняемым (в лучшем случае умеренно воспламеняемым), высоко опасным по токсичности продуктов горения и с высокой дымообразующей способностью. Несколько крупных пожаров, произошедших на промышленных предприятиях, показали высокую пожарную опасность материалов на основе пенополистирола.

Зам. генерального директора ФГУП «ЦНИИПРОЕКТЛЕГКОНСТРУКЦИЯ», профессор А. М. ЧИСТЯКОВ:

— Выход на российский рынок новых строительных материалов, в том числе утеплителей, сопровождается отсутствием адаптированной нормативной базы, что приводит к дезориентации потребителя в том, что касается сферы применения тех или иных материалов. Например, на упаковках почти всех производителей экструзионного пенополистирола, имеющего сертификат группы горючести Г1, сам производитель указывает «Reaction to fire class E». То есть производитель согласен, что в Европе его утеплитель можно применять не выше цокольного этажа или в инверсионных кровлях на бетонной основе, а в России, размахивая приобретенным сертификатом на Г1, он рекламирует свою продукцию для широкого применения в фасадах и кровлях на металлическом основании.

Следуя известному высказыванию «Зри в корень», в данной ситуации многое на российском рынке утеплителей можно объяснить экономическими причинами. Относительная дешевизна пенополистиролов как мощный поплавок выбросила их на поверхность нашего еще во многом дикого строительного рынка.

Начальник сектора ФГУ ВНИИПО МЧС России С. Т. ЛЕЖНЕВ:

— Использование плит из ПСБ-С привело в ряде случаев к катастрофическим последствиям.

С начала 1970-х гг. и в последующем произошли очень крупные пожары — на Чернобыльской АЭС, в Надыме, Челябинске... Везде наблюдалось очень быстрое распространение пламени и обрушение конструкций уже на 12-14 мин от начала пожара. При этом очень осложняло работу пожарных образование горящих капель, быстрое распространение огня по утеплителю, а также выделение большого количества токсичных продуктов горения. Между специалистами ВНИИПО и строителями давно существуют разногласия по вопросу применения в строительстве утеплителей из полимерных материалов. Однако по СНИПам пенополистирольный пенопласт был квалифицирован как труднотгораемый материал и разрешен для массового строительства.

Ситуацию неразберихи и неоднозначности в вопросе оценки истинных характеристик пенополистирола усугубляет еще и тот факт, что в зависимости от свойств исходного сырья, пенополистирол одного и того-же производителя, изготовленный в сходных условиях и единым ТУ^[112] по своим отдельным пожаротехническим показателям может различаться в 4-5 раз. ^{[113] [114] [115]}

Испытания пенополистирола в соответствии с новым Российским противопожарным законодательством

В попытке директивным образом нормализовать ситуацию с пожаротехническими испытаниями полимерных материалов в России, в соответствии с Законом о Техническом Регулировании, с 01.05.2009 вступил в силу Федеральный закон Российской Федерации от 22 июля 2008 г. N 123-ФЗ Технический регламент о требованиях пожарной безопасности который кардинальным образом изменил методологию оценки результатов испытаний на горючесть для полимерных материалов. Если раньше, в соответствии с п.5.3,^[101] для материалов групп горючести Г1, Г2 и Г3 не допускалось образование горящих капель расплава, (табл. 3.2^[116])

то в соответствии с Статьей 6, п.6 нового Федерального закона не допускается образования даже негорящих капель расплава для материалов групп горючести Г1 и Г2. Это казалось бы незначительное уточнение на деле, в директивный способ, фактически запрещает сам факт возможности существования пенополистирольных материалов с группой горючести ниже Г3 так как все термопластичные материалы, в том числе и пенополистирол, при горении плавятся с образованием капель расплава.

В течение 2010 г. в России также планируется^[117] ввести в действие национальный стандарт «Материалы строительные. Метод испытания на пожарную опасность при тепловом воздействии с помощью единичной горелки», гармонизированный с аналогичным европейским стандартом,^[118] который уже действует несколько лет в Беларуси.^[119]

Однако как показала практика, даже по прошествии почти года с момента вступления в силу закона федерального уровня, его не спешат выполнять, продолжая выдавать на местах пожарные сертификаты, противоречащие современному Федеральному законодательству России.^[120]

По непроверенным сведениям, после многочисленных негативных отзывов экспертов, новый техрегламент отправлен на доработку, поэтому его квалифицирующая роль многими ставится под сомнение.

Европейские методики испытания пожарнотехнических свойств пенополистирола

Новая европейская система классификации пожарнотехнических характеристик строительных материалов заменила национальные испытательные стандарты стран Евросоюза и в случае испытаний пенополистирола предполагает использование следующих стандартов:^[121]

- **EN ISO 1182:2002** Reaction to fire tests for building products — Non-combustibility tests.^[122] (*Испытания на огнестойкость строительных изделий. Испытание на невоспламеняемость.*)
- **EN ISO 1716:2002** Reaction to fire tests for building products. Determination of the heat of combustion.^[123] (*Изделия строительные. Реакция на испытания на огнестойкость. Определение теплоты сгорания.*)
- **EN ISO 11925-2:2002** Reaction to fire tests for building products — Part 2: Ignitability when subjected to direct impingement of flame.^[124] (*Испытания на определение реакции на огонь. Воспламеняемость строительных изделий, подвергаемых прямому отражению пламени. Часть 2. Испытание с применением одного источника пламени.*)
- **EN 13823:2002** Reaction to fire tests for building products — Building products excluding floorings exposed to the thermal attack by a single burning item.^[118] (*Реакция на огнестойкость строительной продукции. Строительные изделия, исключая настилы, наложенные от теплового воздействия от изолированного источника возгорания.*)

Европейские стандарты в первую очередь отталкиваются от оценки низшей теплоты сгорания испытуемого материала, которая в случае пенополистирола чрезвычайно высока (до 41,6 МДж/кг). Поэтому в Европе пенополистирол однозначно относится к самому горючему классу строительных материалов — «Class E» («Г4» — в отечественной классификации). Чрезвычайно высокая горючесть пенополистирола (в том числе и его «самозатухающих» разновидностей) в Европе не обсуждается и не дискутируется, а воспринимается как производителями так и потребителями как объективная характеристика материала.

В соответствии с обязательными требованиями раздела «Marking and labelling» (*Маркировка и этикирование*)^{[125] [126] [127]} класс горючести пенополистирола должен в обязательном порядке указываться на сопроводительной упаковочной этикетке, форма которой стандартизирована.^[121] И так как ни у кого в мире (кроме постсоветского пространства) нет ни малейших сомнений в высокой степени горючести пенополистирола, на этой этикетке в обязательном порядке должна присутствовать фраза «**Reaction to fire class E**».

Кроме того, все производители и (XPS) и (EPS) в своих рекламно-информационных материалах ориентированных на европейский рынок также в обязательном порядке информируют потребителей о высокой пожарной опасности пенополистирола — «*Fire classification: Reaction to fire: BS EN 13164 — Euro class E*»^{[128] [129]} так как сокрытие подобного рода информации в Европе расценивается как уголовно наказуемое деяние.

Руководитель ЦСИ «Огнестойкость-ЦНИИСК» Наталья Ковыршина^[130]

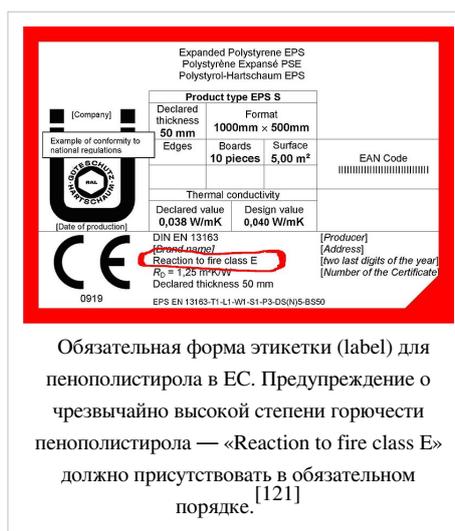
— В Европе если владельцу какого-нибудь объекта дешевле выстроить в случае пожара новое здание, то вполне допустимо построить здание хоть из соломы, и страховые компании даже застрахуют его. Но должно быть жестко соблюдено одно условие — возможность эвакуации для людей в случае возникновения пожара.

См. также

- Монолитное строительство
- Пенокартон
- Термоблок

Сноски

- [1] Пенополистирол. Энциклопедия полимеров. Том 2 (Л-Полинозные волокна) (http://www.ximicat.com/ebook.php?file=en_polimer_2.djvu&page=158) Под ред. В. А. Кабанова. Справочник: в 3-х т. — М., «Советская энциклопедия», 1974. с.563-564
- [2] Стирола полимеры. Энциклопедия полимеров. Том 3 (Полиоксадиазолы-Я) (<http://www.xumuk.ru/encyklopedia/2/3567.html>) Под ред. В. А. Кабанова. Справочник: в 3-х т. — М., «Советская энциклопедия», 1977. с.535
- [3] H. Gausepohl, R. Gellert Polystyrol. Kunststoff Handbuch 4; S.563-715; Hanser 1996.
- [4] Пособие по физико-механическим характеристикам строительных пенопластов и сотовпластов. (<http://www.allbeton.ru/library/303/83.html>) — М., «Стройиздат», 1977.
- [5] Морфологические параметры и свойства пенопластов.// Берлин А. А., Шутов Ф. А. Химия и технология газонаполненных высокополимеров. (<http://urss.ru/cgi-bin/db.pl?lang=ru&blang=ru&page=Book&list=571&id=69417>)— М., «Наука», 1980. с.207-240
- [6] Грасси Н. Химия процессов деструкции полимеров. Перевод с английского. (<http://polymer.nglib.ru/annotation.jsp?book=010104>)— М., "Издательство иностранной литературы", 1959.
- [7] пункт 4.3 Требования безопасности и охраны окружающей среды ГОСТ Р 51263-99 Полистиролбетон. Технические условия. (<http://www.allbeton.ru/library/512/99.html>) Государственный стандарт Российской Федерации УДК 691(32+175) Группа Ж13
- [8] Распоряжение Минмосoblстроа от 23.05.2008 № 18 «О применении трехслойных стеновых ограждающих конструкций с внутренним слоем из плитного эффективного утеплителя и лицевым слоем из кирпичной кладки при строительстве гражданских зданий на территории Московской области» (http://www.mskmo.ru/normpravdocs_minmade/3047.html)
- [9] Распоряжение кабинета министров Татарстана РТ № 362-р (<http://tutteplo.ru/images/novosti040609b.jpg>)
- [10] Мальцев В. В. Применение пенополистирола для изготовления напалмовых бомб (<http://www.ecrushim.ru/documents/ppl5.php>)
- [11] Агарков А. М. Производство гробов из пенополистирола (пенопласта) (<http://www.zao-rif.ru/index.php?id=63&lang=1&page=1>)
- [12] Использовать пенополистирол для утепления жилых домов нельзя — Шойгу (http://www.rmnt.ru/news/242517.htm?go_main)
- [13] О рассмотрении обращения. (http://www.penoplast.ru/images/otvet_mchs_17_03_10.pdf)
- [14] Госпожнадзор выявил за год серьезные нарушения на 65 объектах, построенных в Москве (<http://center.rian.ru/society/20100115/82013554.html>)



- [15] Открытое Письмо Ассоциации производителей и поставщиков пенополистирола заместителю начальника Главного управления по надзорной деятельности МЧС России по Москве Сергею Аникееву по итогам выступления г-на Аникеева на пресс-конференции от 15.01.2010 (<http://www.penoplast.ru/anikeev.html>)
- [16] С. Резник Жизнь с пеной. (<http://2000.net.ua/is/539/202-w2.pdf>) Еженедельник 2000 № 52 (202) 25.XII.2003
- [17] Д. Жуков Современным фасадам гореть не пристало. (<http://www.nestor.minsk.by/sn/2009/21/92103.html>) «Строительство и недвижимость» № 21, 2009
- [18] Д. Гулин Бомба замедленного действия?! (<http://www.penzenskaya-pravda.ru/news.2856.htm>) «Пензенская правда» № 73,22 сентября 2009
- [19] Б.Баталин, Л.Евсеев, В.Савин Хвала и критика пенополистирола. Где же правда? (<http://www.allbeton.ru/forum/post73848.html#p73848>) «Строительная газета» № 14 (10077) — 9 апреля 2010 г.
- [20] Патент Франции № 668142 (Chem. Abs, 24, 1477, 1930)
- [21] Патент Германии № 644102 (Chem. Abs, 31, 5483, 1937)
- [22] Зарубежные промышленные полимерные материалы и их компоненты. Справочник. -М., «Издательство АН СССР», 1963
- [23] Патент ФРГ № 92606 от 07.04.55
- [24] Берлин А.Ан. Основы производства газонаполненных пластмасс и эластомеров. -М., госхимиздат, 1954
- [25] Кержковская Е. М. Свойства и применение пенопласта ПС-Б. -Л, ЛДНТП, 1960
- [26] Андрианов Р. А. новые марки пенополистирола. Промышленность строительных материалов Москвы. Выпуск № 11, -М., «Главмоспромстройматериалы», 1962
- [27] http://www.refrigerator.ru/otz/st_4.pdf
- [28] <http://rutube.ru/tracks/2898825.html?v=1946f2100305e6e2da088aff22fe7048>
- [29] <http://rutube.ru/tracks/3089048.html>
- [30] <http://keramoizol.at.ua/Doc/ppl.doc>
- [31] <http://www.ripi-test.ru/node/718>
- [32] В. В. Терещенко, Н. С. Артемьев, Д. А. Корольченко, А. В. Подгрушный, В. И. Фомин, В. А. Грачев Промышленные здания и сооружения. Учебное пособие.(Серия: Противопожарная защита и тушение пожаров). Книга 2. — М.: ПожНаука, 2006. с. 367
- [33] Деструкция. Энциклопедия полимеров. Том 1 (А-К) (<http://www.kodges.ru/64424-yenciklopediya-polimerov.-tom-3.html>) Под ред. В. А. Каргин. Справочник: в 3-х т. — М., «Советская энциклопедия», 1972., с.685-688
- [34] А. А. Тагер. Физико-химия полимеров. (<http://www.tnu.in.ua/study/books.php?do=file&id=1975>) Учебное пособие. -М., «Химия», 1968
- [35] Д. Клемпнер, В. Сенджаревич Полимерные пены и технологии вспенивания. (<http://www.professija.ru/contextbookcontent.html?ID=199>) Справочник. Перевод с англ. под ред. А. М. Чеботаря, «Профессия», 2009
- [36] Старение и стабилизация полимеров. Физика и химия полимеров. ([http://softacademy.lnpu.edu.ua/Programs/fizika_polimerov/Theme 2/Section 7.htm](http://softacademy.lnpu.edu.ua/Programs/fizika_polimerov/Theme%20Section%207.htm)) Электронный учебник.
- [37] Грасси Н. Химия процессов деструкции полимеров. Перевод с английского.— М., "Издательство иностранной литературы «,1959
- [38] Н. Н. Павлов Старение пластмасс в естественных и искусственных условиях. -М. Химия 1982
- [39] С. Л. Мадорский Термическое разложение органических полимеров. Перевод с английского. -М., „Мир“, 1967
- [40] Протокол № 255 от 28.08.2007 (<http://www.moskr.ru/dkr/getimage?objectId=41357>) Идентификационного контроля материала пенополистирола ПСБ-С 25 ФГУ ВНИИПО МЧС России
- [41] Р. В. Климась, Є.Ю. Шеверева Визначення температури полум'я сірників. (http://www.nbu.gov.ua/portal/natural/Nvundipb/2009_1/content/Klymas_Shevereva.pdf) Науковий вісник Українського науково-дослідного інституту пожежної безпеки (УкрНДПБ) МНС України, 2009, № 1 (19)
- [42] А. С. Евтумян, О. И. Молчадовский Пожарная опасность теплоизоляционных материалов из пенополистирола. (<http://www.refrigerator.ru/pub.html>) Пожарная безопасность 2006, № 6
- [43] BS 6203:2003 Guide to fire characteristics and fire performance of expanded polystyrene materials used in building applications. (<http://www.standards.ru/document/3851805.aspx>)
- [44] О. Д. Гудович, І.О.Харченко, О. О. Абрамов Експериментальні дослідження з визначення залежності теплоти згоряння та горючості соснової деревини від її вологості. ([http://undipb.kiev.ua/ua/mgz/2009_No_2_\(20\)/content/Gudovich_Kharchenko_Abramov.pdf](http://undipb.kiev.ua/ua/mgz/2009_No_2_(20)/content/Gudovich_Kharchenko_Abramov.pdf)) Науковий вісник Українського науково-дослідного інституту пожежної безпеки (УкрНДПБ) МНС України, 2009, № 1 (19)
- [45] Теплота сгорания твердых и жидких веществ (<http://calc.ru/126.html>)
- [46] Seguridad contra incendios durante la transformacion de Styropor. (<http://www.construnario.com/diccionario/swf/28152/styropor.pdf>) Informacion Tecnica Styropor. BASF Plastics key to your success. 40152 Marzo 2001
- [47] Линейная скорость распространения пламени по поверхности материалов. Таблица 1. (<http://www.pogaranet.ru/asp/qa.aspx?poragma=ziwk&Gid=422&Mode=document>) Рекомендации ФГУ ВНИИПО МЧС России „Средства пожарной автоматики. Область применения. Выбор типа.“
- [48] Воробьев В. А. Андрианов Р. А. Полимерные теплоизоляционные материалы. (<http://www.allbeton.ru/library/304/83.html>) -М., Издательство литературы по строительству. 1972
- [49] А. Я. Корольченко, Д. А. Корольченко. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения. (http://www.fptl.ru/files/bjd/korolchenko_2.pdf) Справочник: в 2-х ч.— М.: Асе. „ПожНаука“, 2004. Ч. 2. с. 254

- [50] В. В. Терещев, Н. С. Артемьев, Д. А. Корольченко, А. В. Подгрушный, В. И. Фомин, В. А. Грачев Промышленные здания и сооружения. Учебное пособие. (Серия: Противопожарная защита и тушение пожаров). Книга 2. — М.: ПожНаука, 2006. с. 38
- [51] Р. М. Асеева, Г. Е. Зайков Снижение горючести полимерных материалов. -М., Знание, 1981
- [52] В. А. Воробьев, Р. А. Андрианов, В. А. Ушков Горючесть полимерных строительных материалов. -М., Стройиздат, 1978
- [53] ГОСТ 12.1.044-89 Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы определения. (<http://www.fireman.ru/bd/gost/12-1-044-89/12-1-044.html>)
- [54] А. Коц 5 интересных фактов о спичках. Интервью с технологом спичечной фабрики ЗАО «Плитспичпром» (<http://www.inauka.ru/technology/article91495/print.html>) Известия науки, 2009
- [55] Спички (<http://n-t.ru/ri/kk/hm04.htm>)// Кукушкин Ю. Н. Химия вокруг нас — М.: Высшая школа, 1992
- [56] Патент RU2158253 Пропиточный противотлеющий раствор для спичечной соломки. (<http://ru-patent.info/21/55-59/2158253.html>)
- [57] Протокол испытаний № 04-52/702П от 27.04.2010. Плиты теплоизоляционные пенополистирольные ППТ-25А. (http://ecoplast.by/protocol_niipb.pdf) НИИ пожарной безопасности и проблем чрезвычайных ситуаций Беларуси.
- [58] Справочник химика. Том 6. Сырье и продукты промышленности органических веществ (<http://www.fptl.ru/biblioteka/spravo4niki/chemister-book6.djvu>) / Под ред. Б. П. Никольского — Л.: Химия, 1967—1012 с.
- [59] М.П.Башкирцев, П.Н.Романенко, И.А.Стрельчук Приближенное моделирование температур при пожаре в помещениях. Учебное пособие, Высшая школа, МООП РСФСР, - М., 1966
- [60] Демчина Б. Г. Вогнестійкість одно і багатопарових просторових конструкцій житлових та громадських будинків (<http://www.lib.ua-ru.net/diss/cont/18708.html>) Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук. Український зональний науково-дослідний і проектний ін-т по цивільному будівництву (КиївЗНДЦЕП). — К., 2002
- [61] Б. Г. Демчина, А. П. Половко Експериментальні дослідження межі вогнестійкості багатопарової огорожувальної конструкції енергозберігаючої системи „ТЕРМОДИМ“ ([http://undipb.kiev.ua/ua/mgz/2009_No_2_\(20\)/content/Demchyna_Polovko.pdf](http://undipb.kiev.ua/ua/mgz/2009_No_2_(20)/content/Demchyna_Polovko.pdf))// Науковий вісник УкрНДЦПБ, 2009, № 2 (20)
- [62] В. С. Харитонов, Н. Ф. Гавриков Оценка пожарной опасности железобетонных панелей со стораемой изоляцией. Материалы семинара „Обеспечение огнестойкости зданий и сооружений при применении новых строительных материалов и конструкций“, — М, Общество „Знание“, 1988
- [63] А. А. Ананьев, Т. Н. Гоняева, А. И. Ананьев Долговечность и теплозащитные качества наружных ограждающих конструкций, утепленных пенополистиролом. (<http://www.atmen-house.ru/gpage4.html>) // Актуальные проблемы строительной теплофизики: Сб. докл. VII науч.-практ. конф. — М.: НИИСФ РААСН, 2002.
- [64] ГОСТ. 31251-2003. Конструкции строительные. Методы определения пожарной опасности. Стены наружные с внешней стороны. (http://www.avent-group.ru/files/GOSTS/GOST_31251-2003.doc)
- [65] Реестр сертифицированной продукции Системы сертификации в области пожарной безопасности в Российской Федерации. ([http://www.vniipo.ru/resources/reestrSSPB_\(2010-02-20\).zip](http://www.vniipo.ru/resources/reestrSSPB_(2010-02-20).zip))
- [66] ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА к проекту 1-й редакции ГОСТ „Стены наружные с внешней стороны. Методы испытания на пожарную опасность“. (<http://www.cniisk.ru/lpisiec.files/zapic.doc>)
- [67] ГОСТ 31251-2008 Стены наружные с внешней стороны. Метод испытаний на пожарную опасность. (<http://protect.gost.ru/v.aspx?control=8&baseC=6&page=0&month=3&year=2010&search=&RegNum=1&DocOnPageCount=15&id=167251>)
- [68] Г. А. Васильев, В. С. Иличкин. Об оценке токсичности продуктов горения полимерных материалов//Гигиена и санитария 1979, № 5; с.83-87
- [69] И. В. Гусев, В. С. Иличкин С. Ю., Кисельников и др. Оценка воздействия факторов пожара в токсикологическом эксперименте.//Пожарная профилактика: Сб.научн.тр. ВНИИПО., Л., 1986., с. 129—136
- [70] Р. Я. Штеренгарц, И. Ф. Боярчук, С. С. Сиряченко Об оценке опасности для человека летучих продуктов термоокислительной деструкции и горения полимерных материалов // Гигиена и санитария. № 4, 1984., с.74-75
- [71] В. Н. Чекаль, Г. П. Трухан, Н. Д. Семенюк О классификации опасности продуктов термодеструкции неметаллических материалов. // Гигиена и санитария, № 6, 1985, с.24-26
- [72] Л. А. Тиунов, А. П. Румянцев Обоснование предельно и максимально допустимых концентраций химических веществ для герметично замкнутых объемов.//Вопросы токсикологии и санитарной химии синтетических материалов: Сб. трудов НИИТМТ. — Л., 1978.- Выпуск 1
- [73] Л. М. Шафран, И. А. Харченко Гармонизация методов оценки токсичности продуктов горения полимеров с международными требованиями. (http://www.medved.kiev.ua/arhiv_mg/st_2003/03_3_2.htm) //Сучасні проблеми токсикології. — № 3, 2003, с.13-19
- [74] Landrock A.H. Handbook of plastics flammability and combustion toxicology: principles, materials, testing, safety, and smoke inhalation effects. —Park Ridge, N.J.: Noyes Publications, 1983. —308 p.
- [75] В. С. Иличкин Токсичность продуктов горения полимерных материалов: Принципы и методы определения. (<http://www.biblus.ru/Default.aspx?book=75148510>) —СПб: Химия, 1993. —136с.
- [76] Токсичность продуктов горения полимерных материалов: Принципы и методы определения. / В. С. Иличкин, СПб, Химия, 1993
- [77] Статистика пожаров в Российской Федерации за 2008 г. (<http://www.mchs.gov.ru/stats/detail.php?ID=13097>)
- [78] Алехин Э. М., Брушлинский Н. Н., Вагнер П., Коломиец Ю. И. и др. Пожары в России и в мире. Статистика, анализ, прогнозы. (<http://www.centр-propaganda.ru/index.php?act=pages&id=108>) — М.: Академия ГПС, 2002
- [79] Белов С. А., Лупанов С. К. Обстановка с пожарами в Российской Федерации в 2002 г. // Пожарная безопасность. № 2, — 2003

- [80] Судебно-медицинская диагностика смертельных отравлений в условиях пожара», Опыт работы судебно-медицинской службы Ленинграда. Вып.4. Л., 1989
- [81] Судебно-медицинская оценка смертельных отравлений в условиях пожара // *Medicina Legalis Baltica*. — Вильнюс, 1993
- [82] Л. В. Петров Судебно-медицинская характеристика комбинированных отравлений в условиях пожара. (http://medleg-spb.narod.ru/Diss/diss_05.html) Диссертация на соискание ученой степени кандидата медицинских наук., СПб., Военно-медицинская Академия имени С. М. Кирова, — 1993
- [83] М. М. Ермолаева Клинико-морфологическая характеристика изменений дыхательной системы при ингаляционной травме. (http://medleg-spb.narod.ru/Diss/diss_13.html) Диссертация на соискание ученой степени кандидата медицинских наук. СПб., Санкт-Петербургский государственный медицинский университет им. акад. И. П. Павлова, 2004
- [84] Г. Н. Петров, Р. В. Бабаханян, Л. В. Петров Комбинированное действие летучих продуктов горения полимерных материалов в условиях моделирования пожара // *Актуальные проблемы судебно-медицинской токсикологии*. — СПб, 1992. -с.69-71
- [85] А. М. Мурзаев Судебно медицинская характеристика отравлений продуктами горения азотсодержащих полимерных материалов. (http://medleg-spb.narod.ru/Diss/diss_04.html) Диссертация на соискание учёной степени кандидата медицинских наук. СПб., Санкт-Петербургский государственный медицинский университет им. акад. И. П. Павлова, 1998
- [86] А. П. Гахнапетян Судебно-медицинские аспекты отравления продуктами горения полимерных материалов. (http://medleg-spb.narod.ru/Diss/diss_09.html) Диссертация на соискание ученой степени кандидата медицинских наук. СПб., Санкт-Петербургский государственный медицинский университет им. акад. И. П. Павлова, 1997
- [87] И. Л. Белешников Судебно-медицинская оценка содержания цианидов в органах и тканях людей, погибших в условиях пожара. (http://medleg-spb.narod.ru/Diss/diss_07.html) Диссертация на соискание ученой степени кандидата медицинских наук. СПб., Санкт-Петербургский государственный медицинский университет им. акад. И. П. Павлова, 1996
- [88] Протокол сертификационных испытаний Белорусского государственного университета «Определение токсичности продуктов горения плит пенополистирольных теплоизоляционных ППТ-25» (http://ecoplast.by/protocol_bgu.pdf)
- [89] ДСанПіН Полімерні і полімервміщуючі будівельні матеріали, виробі I конструкції. Гігієнічні вимоги безпеки. (http://medved.kiev.ua/SanPiN/Sanpin_bud.pdf)
- [90] SELECTION GUIDE INTRODUCING EXPANDED POLYSTYRENE (EPS). (http://www.specifile.co.za/Ds/A/AAAM010_SEPT08_PDF.pdf) THE EXPANDED POLYSTYRENE ASSOCIATION
- [91] Протокол № 37-2010 Анализ образцов пенополистирола (http://www.penoplast.ru/images/mgu_fosgen.pdf) Аналитическая группа при кафедре органического цикла (АГпКОЦ). Химический факультет МГУ им. М. В. Ломоносова.
- [92] Число жертв пожара в Перми возросло до 152 человек. (<http://kommersant.ru/doc.aspx?DocsID=1299090&ThemesID=1187>) Коммерсантъ-Online, 25.12.2009
- [93] Пенопласт попал под «Хромую лошадь»// Химики могут потерять рынок объемом 6,5 млрд рублей. (<http://kommersant.ru/doc.aspx?DocsID=1315168>) Газета «Коммерсантъ» № 18 (4318) от 03.02.2010
- [94] ГОСТ 12.1.044-89 Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения (<http://www.gostrf.com/Basesdoc/4/4668/index.htm>)
- [95] Заключение технической комиссии по установлению факта нарушения законодательства о градостроительной деятельности от 05 марта 2010 г. Пермь (<http://www.permkrai.ru/files/file/docs/zaktk.pdf>)
- [96] Код доступа (<http://www.echo.msk.ru/programs/code/666973-echo/>)
- [97] С. В. Собоурь. Предпринимателю о пожарной безопасности предприятия. (<http://dolevandrey.narod.ru/sobur.htm>) -М., «Пожнаука», 2003
- [98] Рекомендации по расчету параметров эвакуации людей на основании положений ГОСТ 12.1.004-91 «Пожарная безопасность. Общие требования.» (<http://secpro.narod.ru/13downloads/ntdsecpro/21lit/evakuaciya.zip>)
- [99] П.П.Щеглов, В.Л.Иванников Пожароопасность полимерных материалов. -М, Стройиздат, 1988
- [100] А. Н. Баратов, Р. А. Андрианов, А. Я. Корольченко и др. Пожарная опасность строительных материалов. (<http://www.allbeton.ru/library/261/76.html>) -М, Стройиздат, 1988
- [101] ГОСТ 30244-94 Материалы строительные. Методы испытаний на горючесть. (<http://best-stroy.ru/gost/r79/1490/>)
- [102] ДСТУ Б В.2.7-19-95 Матеріали будівельні. Методи випробувань на горючість. (<http://www.budinfo.com.ua/dstu/240.htm>)
- [103] ДБН В.1.1-7-2002*. Пожежна безпека об'єктів будівництва. (<http://dbn.at.ua/load/1-1-0-88>)
- [104] А. В. Довбиш, Я.І. Хом'як, С. В. Новак, Л. М. Нефедченко Пожежна небезпека полімерних теплоізоляційних матеріалів. (http://www.nbu.gov.ua/Portal/natural/Nvundipb/2008_2/content/Dovbysh_Khomyak_Novak_Nefedchenko.pdf) Науковий вісник Українського науково-дослідного інституту пожежної безпеки (УкрНДІПБ) МНС України, 2008, № 2 (18)
- [105] С. И. Таубкин Пожар и взрыв, особенности их экспертизы. (<http://dwg.ru/dnl/6739>) -М.. ВНИИПО, 1999
- [106] ГОСТ 12.1.044-89 ССБТ. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения. (<http://www.docload.ru/Basesdoc/4/4668/index.htm>)
- [107] А. В. Панкратов Анализ требований метода экспериментального определения группы трудногорючих и горючих твердых веществ и материалов (п.4.3 ГОСТ 12.1.044-89 «пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения» (СТ СЭВ 4831-84, СТ СЭВ 6219-88, МС ИСО 4589, СТ СЭВ 6527-88)). ([http://undipb.kiev.ua/ua/mgz/2008_No_1_\(17\)/content/Pankratov.pdf](http://undipb.kiev.ua/ua/mgz/2008_No_1_(17)/content/Pankratov.pdf)) Науковий вісник Українського науково-дослідного інституту пожежної безпеки (УкрНДІПБ) МНС України, 2008, № 1 (17)

- [108] А. В. Довбиш Особливості визначення групи горючості полімерних листових та плівкових матеріалів за ГОСТ 12.1.044-89. ([http://undipb.kiev.ua/ua/mgz/2007_No_2_\(16\)/content/Dovbysh.pdf](http://undipb.kiev.ua/ua/mgz/2007_No_2_(16)/content/Dovbysh.pdf)) Науковий вісник Українського науково-дослідного інституту пожежної безпеки (УкрНДІПБ) МНС України, 2007, № 2 (16)
- [109] В. В. Присяжнюк, І.С. Башинський, Є.Ю.Шевєрев Стан забезпечення обладнанням випробувальних лабораторій у сфері пожежної безпеки. (http://www.nbu.gov.ua/Portal/natural/Nvundipb/2009_1/content/Prisayzhnyuk_Bashynskyy_Sheverev.pdf) Науковий вісник Українського науково-дослідного інституту пожежної безпеки (УкрНДІПБ) МНС України, 2009, № 1 (19)
- [110] І.О. Харченко, В.І. Згуря, Л. Л. Запольський Аналіз результатів міжлабораторних порівняльних випробувань, які отримано при визначенні горючості зразків пластифікованої плівки. (http://www.nbu.gov.ua/portal/natural/Nvundipb/2008_2/content/Zgurya_Kozur_Zapolskyu.pdf) Науковий вісник Українського науково-дослідного інституту пожежної безпеки (УкрНДІПБ) МНС України, 2007, № 1 (15)
- [111] Е. Камалова Теплоизоляционные материалы: нет дыма без огня? (http://www.refrigerator.ru/otz/st_pr7.pdf) «Кровля. Фасады. Изоляция» № 06, 2007
- [112] ТУ 2244-016-17955111-00 (<http://www.moskr.ru/dkr/getimage?objectId=41355>) Плиты фасадные теплоизоляционные пенополистирольные марки ПСБ-С-Ф25. Технические условия. -М, 2000
- [113] ЭКСПЕРТНОЕ ЗАКЛЮЧЕНИЕ № 1П-05 (<http://www.moskr.ru/dkr/getimage?objectId=41358>) О возможности применения в системах теплоизоляции фасадов зданий пенополистирола ПСБ-С-Ф25 производства ЗАО «Мосстрой-31» (г. Москва) по ТУ 2244-016-17955111-00 из сырья: марки NF-714 (производства фирмы Stirochem OY", Финляндия), KF-262 (производства фирмы BASF, Ю. Корея), ZKF-303 (производства фирмы XINGDA, Китай) и R-240 (производства фирмы LG, Ю. Корея). «Центр противопожарных исследований, сертификационных испытаний и экспертизы в строительстве ЦНИИСК» (ЦПСИСЭС ЦНИИСК), -М, 2005
- [114] ЭКСПЕРТНОЕ ЗАКЛЮЧЕНИЕ № 4П-06 (<http://www.moskr.ru/dkr/getimage?objectId=41359>) О возможности применения в системах теплоизоляции фасадов зданий плитного пенополистирола ПСБ-С-М25Ф производства ЗАО «Мосстрой –31» (г. Москва) по ТУ 2244-016-17955111-00 из сырья марок: «SE-2000» и «SE-2500» производства фирмы «SHIN-HO» (Ю. Корея), «DDS» производства фирмы «UNIPOB» (Голландия), «300 Н» производства фирмы «CHEIL INDUSTRIES» («SAMSUNG», Ю. Корея), «KF-362» (BASF, Ю. Корея) «Центр противопожарных исследований, сертификационных испытаний и экспертизы в строительстве ЦНИИСК» (ЦПСИСЭС ЦНИИСК), -М, 2006
- [115] ЭКСПЕРТНОЕ ЗАКЛЮЧЕНИЕ № 7П-07 (<http://www.moskr.ru/dkr/getimage?objectId=41360>) О возможности применения в системах теплоизоляции фасадов зданий плитного пенополистирола ПСБ-С М25Ф производства ЗАО «Мосстрой –31» (г. Москва) по ТУ 2244-016-17955111-00 с изм. № 1 из сырья марки F-315N производства фирмы BASF, Германия. «Центр противопожарных исследований, сертификационных испытаний и экспертизы в строительстве ЦНИИСК» (ЦПСИСЭС ЦНИИСК), -М, 2007
- [116] А. Я. Корольченко, Д. А. Корольченко. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения. (http://www.fptl.ru/files/bjd/korolchenko_1.pdf) Справочник: в 2-х ч.— М.: Асе. «ПожНаука», 2004. Ч. 1. с.18
- [117] Информационное сообщение (<http://www.vniipo.ru/inform.htm>) Об окончании работы над проектом национального стандарта «Материалы строительные. Метод испытания на пожарную опасность при тепловом воздействии с помощью единичной горелки». ФГУ ВНИИПО МЧС России
- [118] EN 13823:2002 (SBI) Reaction to fire tests for building products excluding floorings — exposed to thermal attack by a single burning item (SBI) (http://www.techstreet.com/cgi-bin/detail?doc_no=BS_EN13823_2002&product_id=1112703)
- [119] СТБ EN 13823-2008 Пожарная опасность строительных изделий. Строительные изделия, за исключением напольных покрытий, подвергаемые термическому воздействию одного источника горения (метод SBI) (<http://www.tnra.by/DownloadFileText.php?UrlRid=72588>)
- [120] ССПБ.RU.ОП079.Н.0001 СЕРТИФИКАТ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ (<http://www.teplex.ru/about/sertifikat/35-1w.JPG>) Орган по сертификации «Пожтест НН» ГУ «СЭУ ФПС ИПЛ по Нижегородской области». 18.02.2010
- [121] EPS White Book. EUMEPS Background Information on Standardisation of EPS (http://www.cobold.lv/normativi/white_book_public_2004-04.pdf) Issued by EUMEPS in 2003
- [122] EN ISO 1182:2002 Reaction to fire tests for building products — Non-combustibility tests (http://www.iso.org/iso/catalogue_detail.htm?csnumber=27180)
- [123] EN ISO 1716:2002 Reaction to fire tests for building products. Determination of the heat of combustion (<http://www.standards.ru/document/3870889.aspx>)
- [124] EN ISO 11925-2-2002 Reaction to fire tests for building products — Part 2: Ignitability when subjected to direct impingement of flame (<http://www.standards.ru/document/4046566.aspx>)
- [125] EN 13163-2008 Thermal insulation products for buildings — Factory made products of expanded polystyrene (EPS). Specification (<https://www.astandis.at/shopV5/Preview.action.jsessionid=B493DC8791A73919E27C231E1CF7BB67?preview=&dokkey=325359&selectedLocale=en>)
- [126] EN 13164:2008 Thermal insulation products for buildings. Factory made products of extruded polystyrene foam (XPS). Specification (<http://shop.bsigroup.com/en/ProductDetail/?pid=000000000030169538>)
- [127] ASTM C578 Standard Specification for Rigid, Cellular Polystyrene Thermal Insulation (<http://www.astm.org/Standards/C578.htm>)
- [128] Specification extruded polystyrene boards STYROFOAM (<http://building.dow.com/europe/uk/ins/floors/gb/spec.htm>) Dow Chemical Company Limited
- [129] TECHNICAL DATA. EXTRUDED POLYSTYRENE BOARDS STYRODUR® (http://yetico.com/files/en/properties_styrodur.pdf)

[130] Методология испытаний в Европе и в России. (<http://www.maknstroy.ru/metodologia/print/>)

Источники и основные авторы

Пенополистирол *Источник:* <http://ru.wikipedia.org/w/index.php?oldid=24513456> *Основные авторы:* Albedo, Alexoba, Alivvve, Аyyay, Bromw, Carabineer, CommonsDelinker, CorneliusII, Ecovata, Egormal, EvgenyGenkin, Georg Pik, GlaDooo, Goga312, Happyz0r, Hooter, Jiko, Longbowman, Marhorr, Muratb, Nrku, Obersachse, Partyzan XXI, Pavel Leman, Pessimist2006, Qkowlew, RaySys, Remember69, S.R.viki, Sapsan, Track13, True777, Ugitig, Vitalik bolyuta, Vlsergey, Андрей Куликов, Андрей Романенко, Ботильда, Имярек, 110 анонимных правок

Источники, Лицензии и Владельцы(?) изображения.

Файл: Styropor in Mikroskop mit Polfilter.jpg *Источник:* http://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=Файл:Styropor_in_Mikroskop_mit_Polfilter.jpg *Лицензия:* Public Domain *Основные авторы:* User:Jan Homann

Файл:Styropian.JPG *Источник:* <http://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=Файл:Styropian.JPG> *Лицензия:* GNU Free Documentation License *Основные авторы:* Ephemeronium, Vmadeira

Файл: Качественный пенополистирол псб излом.jpg *Источник:* http://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=Файл:Качественный_пенополистирол_псб_излом.jpg *Лицензия:* Creative Commons Attribution-Sharealike 3.0 *Основные авторы:* User:S.R.viki

Файл: Некачественный псб.jpg *Источник:* http://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=Файл:Некачественный_псб.jpg *Лицензия:* Creative Commons Attribution-Sharealike 3.0 *Основные авторы:* User:S.R.viki

Файл: Прогар эппс.jpg *Источник:* http://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=Файл:Прогар_эппс.jpg *Лицензия:* Creative Commons Attribution-Sharealike 3.0 *Основные авторы:* User:S.R.viki

Файл: Этикетка.JPG *Источник:* <http://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=Файл:Этикетка.JPG> *Лицензия:* Creative Commons Attribution-Sharealike 3.0 *Основные авторы:* User:S.R.viki

Лицензия

Creative Commons Attribution-Share Alike 3.0 Unported
<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/>