

Анализ экспериментальных исследований пожароопасности пенополистирола и токсичности продуктов его горения

Т.В. Сенченко, О.С. Власова, В.П. Батманов

Волгоградский государственный технический университет (Волг ГТУ)

Аннотация: Проведено изучение и анализ данных о высокой пожарной опасности пенополистирола (класс КМ5), воспламеняемости (В₃), горючести (класс Г₃-Г₄), скорости распространения пламени (РП₃), дымообразующей способности (Д₃), токсичности продуктов горения обладающих эффектом сверхкумуляции - оксид углерода, синильная кислота, стирол, бензол (Т₄). Один из вариантов решения проблемы – минимизировать использование пенополистирола, заменить менее опасными материалами.

Ключевые слова: пожарная опасность, пенополистирол, ПДК, токсичность, диоксид углерода, сверхкумуляция, оксид углерода, синильная кислота, термодеструкция, бензол, стирол, дымообразование.

Пенополистирол – это тепло- и звукоизолирующий материал белого цвета на основе полистирола, его производных или сополимеров стирола, на 98% состоящих из воздуха, который используется во многих сферах жизнедеятельности [1].

В средствах массовой информации ведется его интенсивная реклама. Какими только «прекрасными» качествами не наделяют пенополистирол производители: отличные теплоизоляционные свойства, долговечность до 80 лет, самозатухающий и вообще негорючий материал, экологически безопасный, и в процессе эксплуатации выделяет только безвредные вещества. А ведь обычный потребитель и представить себе не может, насколько этот «замечательный» материал опасен с точки зрения пожарной безопасности, для экологии и насколько он токсичен в процессе деструкции под влиянием внешних факторов и в результате процесса горения [2].

Об опасности пенополистирола написано множество статей, обзоров [3-15], но не смотря на это, этот материал широко используется в строительстве.

С позиции пожарной безопасности пенополистирол рассматривается с двух позиций: опасности горения пенополистирола и опасности продуктов термической деструкции

Основные опасности пенополистирола, связанные с его горением.

1. Термическое поражение при возникновении пожаров и плавление.
2. Токсическое поражение при выбросах большого количества опасного вещества. По данным статистики ВНИИПО, только 18% пострадавших гибнет от ожогов, 62% гибнет от термотравмы, остальные 20% от других вторичных факторов пожара [6].

По данным многочисленных исследований было сделано заключение, что при пожаре в небольшом помещении, отделка которого выполнена из полимерных материалов, выделяется огромное количество отравляющих веществ и гибель находящихся там людей наступает в течении 8-10 минут [7], также такие данные имеются в Протоколе сертификационных испытаний Белорусского государственного университета. («Определение токсичности продуктов горения плит пенополистирольных теплоизоляционных ППТ-25». URL: ecoplast.by/protocol_bgu.pdf).

Отделочные материалы, согласно СНиП 21-01-97*. ("Пожарная безопасность зданий и сооружений" от 01. 01. 1998 //с изм. и допол. в ред. от 01. 07. 2002 г.) характеризуются следующими критериями: воспламеняемостью, горючестью, токсичностью, распространением пламени по поверхности, дымообразующей способностью.

По результатам исследований Российского научно-исследовательского центра пожарной безопасности ВНИИПО РФ [6], можно сделать выводы о том, что пенополистирол горючий материал класса Г₃-Г₄ (ГОСТ 30244 -94), по воспламеняемости В₃ (ГОСТ 30402-96), по распространению пламени РП₃ (ГОСТ 30444 -97), по дымообразующей способности Д₃ (ГОСТ12.1.044-89), по токсичности продуктов горения Т₃-Т₄ (ГОСТ12.1.044-89).

Таблица 1

Классы пожарной опасности строительных материалов

Свойства пожарной опасности строительных материалов	Класс пожарной опасности строительных материалов в зависимости от групп					
	КМО	КМ1	КМ2	КМ3	КМ4	КМ5
Горючесть	НГ	Г1	Г1	Г2	Г3	Г4
Воспламеняемость	-	В1	В2	В3	В2	В2
Дымообразующая способность	-	Д2	Д2	Д3	Д3	Д3
Токсичность	-	Т2	Т2	Т2	Т3	Т4
Распространение пламени	-	РП1	РП1	РП2	РП2	РП4

(ГОСТ 12.1.044-89, ГОСТ 30444-97)

По данным таблицы пенополистирол относят к классу пожарной опасности КМ5 – высокая пожарная опасность.

В результате горения пенополистирола выделяется густой черный дым. Продукты деструкции очень токсичны. Тушат такие возгорания водой со смачивателями. Горение пенополистирола близко к горению напалма (скорость горения около 10,5 м/мин.) и ряда других взрывчатых веществ (таблица 2).

Таблица 2

Коэффициенты дымообразования

Название материала	Коэффициент дымообразования, м ³ /кг
Пенополистирол самозатухающий (с антипиренами)	1219
Пенополистирол горючий (без антипиренов)	1048
Резина	850

Пенополиуретан	575
Линолеум ПВХ	270

(ГОСТ12.1.044-89).

По результатам испытаний [6], анализу образцов [8], пенополистирол относят к высокоопасным токсичным материалам Т₄. При горении пенополистирола происходит термодеструкция, при которой выделяется огромное количество опасных для человека веществ (таблица 3). Поэтому еще в СССР при единой системе санитарно-химического контроля применения полимерных материалов Минздрав запретил использование пенополистирола в строительстве.

Таблица 3

Наименование токсичных летучих веществ, выделяющихся при горении пенополистирола

Название материала	Количество вещества (мг/г)
СО (оксид углерода)	70,5 мг/г
СО ₂ (диоксид углерода)	2142,7 мг/г
HCN (синильная кислота)	11,8мг/г
С ₆ Н ₅ ОН (фенол)	0,01мг/г
СН ₃ -С(О)-СН ₃ (ацетон)	0,53мг/г
С ₆ Н ₆ (бензол)	4,9мг/г
С ₈ Н ₈ (стирол)	0,31мг/г

Источник: [9]

Независимо от условий производства и эксплуатации пенополистирол выделяет до 25 ядовитых соединений, некоторые из них: углекислый газ, угарный газ, бензол, стирол, синильная кислота, которая является боевым отравляющим веществом [10].

Основными токсическими компонентами продуктов горения пенополистирола на всех стадия пожара являются угарный газ и синильная кислота.

На начальном этапе действия угарного газа, который обладает эффектом сверхкумуляции, на организм человека наступает миорелаксация, что не позволяет человеку покинуть место пожара. Он в 200 раз быстрее, чем кислород соединяется с гемоглобином крови, вследствие чего образуется карбоксигемоглобин, который становится неспособным переносить кислород к тканям. Наступает гипоксия на молекулярном уровне, а при концентрации 0,2-1% об. происходит гибель человека за период от 3 до 60 минут.

Синильная кислота – это очень сильный яд общетоксического действия.

Она угнетает внутриклеточные железосодержащие дыхательные ферменты. При угнетении цитохромоксидазы синильной кислотой клетки организма не усваивают кислород, поступающий с кровью. В результате этого наступает клеточное кислородное голодание, несмотря на то, что кровь насыщена кислородом. Цианиды также могут блокировать гемоглобин крови, нарушая его функции. Обладает дурманящим запахом горького миндаля. ПДК в воздухе населенных мест - $0,01 \text{ мг/м}^3$. Если 15 минут находиться в помещении, содержащем 100 мг/м^3 , то это приведет к тяжелым последствиям. Синильная кислота способна всасываться через кожу [5,4].

Также в результате горения выделяется стирол, который вызывает раздражение слизистых оболочек верхних дыхательных путей, головную боль, расстройство центральной нервной системы. ПДК – $0,04 \text{ мг/м}^3$. Отрицательно воздействует на кровь человека, вызывая лейкоз. Особая опасность заключается в том, что он обладает эмбриогенными и кумулятивными свойствами, то есть накапливается в организме.

Таблица 4

Коэффициенты кумуляции ряда вредных веществ

Вещество	Коэффициент кумуляции
Оксид углерода	0,1195



Диоксид азота	0,1760
Фенол	0,2815
Формальдегид	0,5750
Бензол	0,6330
Стирол	0,7005

Источник: [4]

Если коэффициент кумуляции менее 1 – это свидетельствует о сверхкумуляции, 1-3 означает наличие выраженной кумуляции, 3-5 – умеренная кумуляция, более 5 – кумулятивные свойства вещества выражены слабо. Чем ниже коэффициент кумуляции, тем меньше вещество выводится из организма, тем больше оно депонируется и тем оно опаснее [4, 7]. Таким образом, оксид углерода, бензол и стирол, выделяемые при горении пенополистирола, обладают эффектом сверхкумуляции. Также следует отметить, что сочетанное действие оксида углерода с синильной кислотой усиливает гипоксию на молекулярном уровне и дает эффект суммации (однонаправленное неблагоприятное влияние на организм нескольких веществ).

Статистика расследования пожаров говорит о то, что 85% причин смерти составляют отравления продуктами горения. Одним из подтверждений этому является пожар в ночном клубе «Хромая лошадь» в г. Пермь в 2009 г., где в результате пожара 101 человек погиб от отравления продуктами горения пенополистирола [7].

На основании представленных материалов о высокой пожарной опасности пенополистирола (класс КМ5), воспламеняемости (В₃), горючести (класс Г₃-Г₄), скорости распространения пламени (РП₃), дымообразующей способности (Д₃), токсичности продуктов горения обладающих эффектом сверхкумуляции - оксид углерода, синильная кислота, бензол, стирол (Т₃ – Т₄) считаем целесообразным рекомендовать уменьшить использование пенополистирола в строительстве, заменяя его негорючими материалами.

Литература

1. Кабанов В.А. Пенополистирол. Энциклопедия полимеров. Том 2. (Л-Полинозные волокна) изд. М.: Советская энциклопедия, 1974. с. 563-564.
 2. Баталин Б., Евсеев Л., Савин В. Хвала и критика пенополистирола. Где же правда? // «Строительная газета». 9-апреля 2010 г. №14. С. 4-14
 3. Alikyl Benzzenes. Monographs on the Evaluation of the Carcinogenic Risk of Chemical to man. Geneva: WHO International Agency for Research of Cancer, 1972. P. 323
 4. Мальцев В. В., Николаев В. Г. Пенополистирол — опасный материал в строительстве. // Керамические технологии URL: kt-ural.ru/pravda_o_stroitelnyh_materialah/12154/ (дата обращения: 27.01.2011).
 5. Николаев В. Г. Скрытая опасность полистирола и полиуретана // URL: alldoma.ru/ekologia-teploizolytcionnyih-materialov/polistirol-i-poliuretan.html. (дата обращения: 14.01.2009).
 6. Протокол идентификационного контроля материала пенополистирола ПСБ-С 25. ФГУ ВНИИПО МЧС России. № 255 (дата обращения 28.08.2007). URL: allbeton.ru/upload/iblock/22d/ognestoykost-i-pojarная-opasnost-sovmeschennih-pokritiy-s-osnovoy-iz-stalnogo-profilirovannogo-lista-i-uteplitelyami-iz-penopolistirola.pdf
 7. Алексеев А.А., Шаповалов С.Г. Анализ организации оказания медицинской помощи обожжённым в чрезвычайной ситуации во время крупномасштабного пожара в ночном клубе «ХРОМАЯ ЛОШАДЬ» (г. Пермь) // Медицинские проблемы. 2011. №4. С. 1-3
 8. Протокол № 37-2010. «Анализ образцов пенополистирола» Аналитическая группа при кафедре органического цикла (АГпКОЦ). Химический факультет МГУ им. М. В. Ломоносова. URL: penoplast.ru/images/mgu_fosgen.pdf.
-



9. Баратов А. Н., Андрианов Р. А., Корольченко А. Я. Пожарная опасность строительных материалов. – М.: Стройиздат, 1988. URL: allbeton.ru/library/261/76.html.
10. Васильев Г.А., Бояркина В.В., Лапунова С.В. Полимерные материалы и пожар. Журнал «Мост». М., 1999. №7. С. 39-40.
11. Голубев А.А., Люблина Е.И., Толоконцев Н.А., Филов В.А. Количественная токсикология. – М.: Медицина, 1973. 287 с.
12. Толоконцев Н.А., Филов В.А. Основы общей промышленной токсикологии. Л., «Медицина», 1976, 304 с.
13. Моргун Л.В. Смирнова П.В., Моргун В.Н. Современный подход к пожарной безопасности стеновых материалов // Инженерный вестник Дона, 2012, №3 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2012/733.
14. Набокова Я. С. Эффективные строительные материалы и способы возведения зданий // Инженерный вестник Дона, 2008, №4 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2008/96.
15. Toxicity of polyurethane-derived oxidative thermal decomposition products / A. Zitting, C. Rosenberg, S. Vainiotalo, H. Savolainen. Fire Mat 6: 96. 1982. p. 141.

References

1. Kabanov V.A. Penopolistirol. Entsiklopediya polimerov. Tom 2. (L-Polinoznyye volokna) izd. M.: Sovetskaya entsiklopediya, 1974. pp. 563-564. [Styrofoam. Encyclopedia of polymers. Volume 2].
 2. Batalin B., Yevseyev L., Savin V. «Stroitel'naya gazeta». 9 aprelya 2010 g. №14. pp. 4-14.
 3. Alikyl Benzzenes. WHO International Agency for Research of Cancer, Geneva. 1972. P. 323
 4. Mal'tsev V.V., Nikolayev V.G. Keramicheskiye tekhnologii URL: kt-ural.ru/pravda_o_stroitelnyh_materialah/12154/. (data obrashcheniya:
-

- 27.01.2011). [Maltsev V.V., Nikolaev V.G. Styrofoam - a dangerous material in construction. Ceramic technologies URL: kt-ural.ru/pravda_o_stroitelnyh_materialah/12154/ (appeal date: 01.27.2011)].
5. Nikolayev V. G. Skrytaya opasnost' polistirola i poliuretana URL: alldoma.ru/ekologia-teploizolytcionnyih-materialov/polistirol-i-poliuretan.html. (data obrashcheniya: 14.01.2009).[Hidden danger of polystyrene and polyurethane. URL: alldoma.ru/ekologia-teploizolytcionnyih-materialov/polistirol-i-poliuretan.html. (the date of circulation: January 14. 2009).
6. Protokol identifikatsionnogo kontrolya materiala penopolistirola PSB-S 25. FGU VNIPO MCHS Rossii. № 255 (data obrashcheniya 28.08.2007). URL: [.allbeton.ru/upload/iblock/22d/ognestoykost-i-pojarnaya-opasnost-sovmeschennih-pokritiy-s-osnovoy-iz-stalnogo-profilirovannogo-lista-i-uteplityami-iz-penopolistirola.pdf](http://allbeton.ru/upload/iblock/22d/ognestoykost-i-pojarnaya-opasnost-sovmeschennih-pokritiy-s-osnovoy-iz-stalnogo-profilirovannogo-lista-i-uteplityami-iz-penopolistirola.pdf). [The protocol for the identification control of polystyrene foam material PSB-S 25. FGU VNIPO EMERCOM of Russia. No. 255 (date of appeal 28.08.2007).
7. Alekseyev A.A., Shapovalov S.G. Meditsinskiye problemy. (g. Perm') 2011. №4. pp. 1-3
8. Protokol № 37-2010. «Analiz obraztsov penopolistirola» Analiticheskaya gruppa pri kafedre organicheskogo tsikla (AGpKOTS). Khimicheskiy fakul'tet MGU im. M. V. Lomonosova. URL: penoplast.ru/images/mgu_fosgen.pdf. [Protocol number 37-2010. "Analysis of Styrofoam Samples" Analytical Group at the Department of Organic Cycle (AGpKOTS).].
9. Baratov A. N., Andrianov R. A., Korol'chenko A. YA. Pozharnaya opasnost' stroitel'nykh materialov. M.: Sroyizdat, 1988. URL: allbeton.ru/library/261/76.html. [Fire hazard of building materials. M. : stroiizdat, 1988. URL: allbeton.com/library/261/76.html.].
10. Vasil'yev G.A., Boyarkina V.V., Lapunova S.V. Zhurnal «Most». M., 1999. №7. pp. 39-40.
-



11. Golubev A.A., Lyublina Ye.I., Tolokontsev N.A., Filov V.A. M.: Meditsina, 1973. P. 287. [Quantitative toxicology].
12. Tolokontsev N.A., Filov V.A. L. «Meditsina», 1976. P.304. [Fundamentals of general industrial toxicology].
13. Morgun L.V., Smirnova P.V., Morgun V.N. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus), 2012, №3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2012/733.
14. Nabokova Y.A. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus), 2008, №4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2008/96.
15. Toxicity of polyurethane-derived oxidative thermal decomposition products. A. Zitting, C. Rosenberg, S. Vainiotalo, H. Savolainen. Fire Mat 6: 96. 1982. p. 141.