

УДК 691.175.746:69

А. Г. Перехоженцев, В. П. Батманов

О ВРЕДНОСТИ И ДОПУСТИМОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ПЕНОПОЛИСТИРОЛА В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Рассмотрен вопрос применения пенополистирола в строительстве с учетом его физико-химических свойств. Учитывая токсичность стирола, авторы считают, что для сохранения здоровья населения в России необходимо переходить к линейной концепции оценки влияния вредных веществ на человека.

К л ю ч е в ы е с л о в а: строительство, пожароопасность, пенополистирол, стирол (винилбензол, фенилэтилен), ПДК, токсичность, кумуляция, канцерогенность.

The authors consider the issue of polystyrene foam application in construction taking into consideration its physicochemical properties. Taking into account the sterol toxicity, the authors consider that for the purpose of health protection of the Russian population it is necessary to launch the linear conception of assessment of hazardous substances impact on the human being.

К e y w o r d s: construction, fire risk, polystyrene foam, styrole (vinyl benzene, phenylethylene), maximum permissible concentration (MPC), toxicity, cumulation, cancerogenity

Прежде чем рассуждать о том, быть или не быть пенополистиролу в строительстве, обратимся к вопросу о том, как считать его предельно допустимые концентрации, а также к токсикологическим характеристикам этого широко применяемого в строительстве материала.

В настоящее время существуют две концепции оценки влияния вредных веществ на организм человека — пороговая и линейная. В пороговой концепции утверждается, что снижать концентрации вредных веществ нужно до некоторого уровня (порога), определяемого значением предельно-допустимой концентрации (ПДК). Малые концентрации (ниже уровня ПДК) вредных веществ безвредны. Данной концепции придерживаются в России и странах бывшего СССР.

В линейной концепции предполагается, что вредное влияние на человека пропорционально (линейно) зависит от суммарного количества поглощенного вещества, то есть от произведения его концентрации на время. Следовательно, малые концентрации при длительном потреблении вредны. Вышеуказанной концепции фактически придерживаются ряд стран: США, ФРГ, Канада, Бельгия, Япония и некоторые другие.

Мы присоединяемся к этому мнению и считаем, что для сохранения здоровья населения России необходимо переходить к линейной концепции, но данные изменения будут связаны с пересмотром многих нормативов.

Стирол обладает следующими токсикологическими характеристиками.

1. Стирол (винилбензол, фенилэтилен) (CAS — 100-42-5) — непредельный, ароматический углеводород, $C_6H_5CH=CH_2$ — бесцветная жидкость со специфическим запахом, плотностью $0,906 \text{ г/см}^3$, температурой кипения $145,2 \text{ }^\circ\text{C}$. Стирол-мономер применяется в производстве полистирола (в том

числе ударного полистирола и пенополистирола). Этот полимер подвержен процессу деполимеризации с выделением мономера — стирола.

Стирол вызывает раздражение слизистых оболочек верхних дыхательных путей, головную боль, расстройство центральной и вегетативной нервной систем. Предельно допустимая концентрация — $0,04 \text{ мг/м}^3$ (пороговая концепция) и $0,002 \text{ мг/м}^3$ (линейная концепция). Ряд зарубежных исследований действия стирола на человека отмечают его вредное воздействие на периферическую и центральную нервную системы, вызываемое им раздражение, хромосомные aberrации и повышенный риск возникновения онкологических заболеваний [1].

Известный факт: большинство молодых женщин, живших на БАМе в передвижных домиках (а их утепляли именно пенополистиролом), потеряли способность к рождению детей. А в Белоруссии в домах с аналогичным утеплителем дети до 14 лет болеют в пять-шесть раз чаще, чем в обычных домах [2]. Кроме того, стирол обладает еще одним опаснейшим свойством — высоким коэффициентом кумулятивности, то есть ярко выраженной способностью накапливаться (концентрироваться) в организме человека. Коэффициенты кумулятивности у стирола 0,7005, а у оксида углерода 0,119.

Таким образом, даже при содержании стирола в воздухе помещений на уровне ПДК_{сс} ($0,002 \text{ мг/м}^3$) он будет оказывать сильное токсическое действие на организм человека за счет кумуляции (накопления) [3].

В соответствии с Р2.1.10.1920-04 «Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду», стирол относится к канцерогенам (МАИР 2В), и критическими органами являются центральная нервная система и гормональный статус (табл.).

Токсикологическая характеристика стирола

ПДК _{мр} , мг/м ³	ПДК _{сс} , мг/м ³	Фактор канцерогенного потенциала при ингаляционном воздействии, (мг/(кг·сут)) ⁻¹	Референтные концентрации для хронического ингаляционного воздействия RFC, мг/м ³	Критические органы/системы
0,04	0,002	0,002	1	ЦНС, системный (масса тела), гормоны

2. Пожароопасные свойства пенополистирола. Легковоспламеняющийся материал. Температура воспламенения $310 \text{ }^\circ\text{C}$; температура самовоспламенения $440 \text{ }^\circ\text{C}$ (для самозатухающего беспрессового пенополистирола ПСБ-С $T_{\text{восп}}(\text{jm1}) = 335 \text{ }^\circ\text{C}$, $T_{\text{самовосп}}(\text{jm3}) = 483 \text{ }^\circ\text{C}$) [4] (для сравнения: температура самовоспламенения автомобильных бензинов $255\text{...}370 \text{ }^\circ\text{C}$) [5]. Загорается от пламени спички (температура пламени спичек — $650\text{...}835 \text{ }^\circ\text{C}$) [6]. Горит в расплавленном состоянии с выделением большого количества теплоты. Пенополистирол плавится, и его плав горит с температурой выше $1100 \text{ }^\circ\text{C}$. Благодаря этому свойству пенополистирол в виде предвспененных гранул использовался как компонент напалмовых бомб для сжигания бронетехники противника. В свою очередь, при горении полистирола происходит его термодеструкция,

при которой выделяется значительное количество опасных для человека веществ. Терморазложение полистирола вызывает выделение СО и аэрозолей в зависимости от температуры горения. Также выделяется свободный стирол и бензальдегид. Аэрозоль содержит олигомерные полистирольные цепи [7].

Стирол по результатам экспериментов на животных признан веществом, обладающим нейротоксичностью [8, 9]. Газы, выделяющиеся при терморазложении полистирола, вызывают уменьшение содержания глутатиона в изолированных клетках печени, что подтверждается экспериментами [10, 11]. Авторы также поднимают вопрос об усилении воздействия СО при одновременном поражении СО₂. Один из механизмов токсичности определялся как включающий в себя изменения кислородосвязывающей способности гемоглобина. В заключение следует отметить, что токсичность дыма, образующегося при сгорании полистирола в условиях пожара, измеряется в основном по количеству выделяемого из материала СО. Токсичность полистирола в терминах летальности от воздействия дыма сравнивается с летальностью полиуретана. Поэтому еще в Советском Союзе при единой системе санитарно-химического контроля применения полимерных материалов МИНЗДРАВ СССР запретил использование пенополистирола в строительстве [3].

Ознакомившись со свойствами пенополистирола, теперь можно рассуждать о возможностях его применения в строительных конструкциях. Очевидно, в открытом виде в таких конструкциях, как подвесные потолки, отделочные материалы, а также в конструкциях, где пенополистирол применяется в качестве неразборной опалубки, его применять не рекомендуется. Строительные конструкции — это конструкции длительного применения, поэтому ожидаемый эффект коммулятивного действия полистирола наиболее вероятен.

Однако наряду с отрицательными качествами этот материал обладает рядом достоинств. Прежде всего это эффективный теплоизолятор, гидрофобный, с очень низкой гигроскопичностью, легкий и удобный для применения материал. Поэтому, по всей видимости, полностью отказываться от применения такого прекрасного утеплителя не следует. Вероятно, можно рекомендовать его в закрытых конструкциях, то есть в таких конструкциях, в которых пенополистирол со всех сторон закрыт каким-либо нетоксичным и огнестойким материалом. Однако это будет неполным ограничением, так как необходимо учесть возможность попадания токсических веществ в помещение. В данном случае важнейшим фактором является воздухопроницаемость конструкции. В зимнее время только за счет разности температур (эффект теплового напора) в нижней части воздухопроницаемой конструкции происходит инфильтрация холодного воздуха в помещение. При большой силе ветра с наветренной стороны инфильтрация может происходить через всю поверхность конструкции. Таким образом, такую конструкцию, как, например, трехслойная кирпичная стена с пенополистиролом внутри, можно считать продуваемой конструкцией, так как сопротивление инфильтрации кирпичной кладки толщиной 120 мм равно всего $2 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{кг}$, а толщиной 250 мм и более — всего $18 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{кг}$.

Другое дело — применение пенополистирола в качестве утеплителя в трехслойной железобетонной панели: при толщине внутреннего железобетонного слоя 100 мм, сопротивление инфильтрации которого равно $19620 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{кг}$, и

при толщине наружного железобетонного слоя 50 мм можно предполагать, что даже при наличии выделения токсических веществ они будут удалены наружу. Следовательно, при проектировании конструкций с пенополистирольным утеплителем необходимо проверить конструкцию на воздухопроницаемость. Однако какова норма сопротивления инфильтрации слоя материала, способного защитить помещение от проникновения токсических веществ при различных температурных и ветровых режимах, данных пока нет.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бензины автомобильные. ГОСТ 2084—77 [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.nge.ru/g_2084-77.htm. (дата обращения: 27.01.2011).
2. *Климаш Р. В., Шеварев Е. Ю.* Значения температуры пламени спичек // Научный вестник Украинского научно-исследовательского института пожарной безопасности (УкрНДИПБ). МНС Украины. 2009. № 1 (19).
3. *Мальцев В. В., Николаев В. Г.* Пенополистирол — опасный материал в строительстве. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.giprolesprom.ru/articles.html>. (дата обращения: 27.01.2011).
4. *Николаев В. Г.* Скрытая опасность полистирола и полиуретана [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://alldoma.ru/ekologiya-teploizolytsionnyih-materialov/polistirol-i-poliuretan.html>. (дата обращения: 27.01.2011).
5. Протокол № 255 от 28.08.2007 идентификационного контроля материала пенополистирола ПСБ-С 25 / ФГУ ВНИИПО МЧС России.
6. Monographs on the Evaluation of the Carcinogenic Risk of Chemical to Man. Geneva: WHO International Agency for Research of Cancer. 1972 PRESENT. (NAC/NRC. The Alkyl Benzenes p. 323 1981) IARC [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://monographs.iarc.fr/indes.php.p.V192441979>. (дата обращения: 27.01.2011).
7. *Pfaffli P., Zitting A., Vainio H.* Thermal degradation products of homopolymer polystyrene in air. Scand J Wk Envir Hlth 4 (suppl 2): 22. 1978.
8. *Savolainen H., Helojoki M., Tengen-Junnila M.* Behavioral and gill cell effects of inhalation exposure to styrene vapor with special reference to interactions of simultaneous peroral ethanol intake. Acta Pharmacol Toxicol 27: 162. 1980.
9. *Savolainen H., Pfaffli P.* Effects of chronic styrene inhalation on rat brain protein metabolism. Acta Neuropath 40: 237. 1977.
10. *Zitting A., Heinonen T., Vainio H.* Glutathione depletion in isolated rat hepatocytes caused by styrene and the thermal degradation products of polystyrene. Scand J Wk Envir Hlth 31: 313. 1980.
11. Toxicity of polyurethane-derived oxidative thermal decomposition products / A. Zitting, C. Rosenberg, S. Vainiotalo, H. Savolainen. Fire Mat 6: 96. 1982.

1. Бензины автомобильные. ГОСТ 2084—77 [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.nge.ru/g_2084-77.htm. (дата обращения: 27.01.2011).
2. *Климаш Р. В., Шеварев Е. Ю.* Значения температуры пламени спичек // Научный вестник Украинского научно-исследовательского института пожарной безопасности (УкрНДИПБ). МНС Украины. 2009. № 1 (19).
3. *Мальцев В. В., Николаев В. Г.* Пенополистирол — опасный материал в строительстве [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.giprolesprom.ru/articles.html>. (дата обращения: 27.01.2011).
4. *Николаев В. Г.* Скрытая опасность полистирола и полиуретана [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://alldoma.ru/ekologiya-teploizolytsionnyih-materialov/polistirol-i-poliuretan.html>. (дата обращения: 27.01.2011).
5. Протокол № 255 от 28.08.2007 идентификационного контроля материала пенополистирола ПСБ-С 25/ФГУ ВНИИПО МЧС России.
6. Monographs on the Evaluation of the Carcinogenic Risk of Chemical to Man. Geneva: WHO International Agency for Research of Cancer. 1972 PRESENT. (NAC/NRC. The Alkyl Benzenes p. 323 1981) IARC [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://monographs.iarc.fr/indes.php.p.V192441979>. (дата обращения: 27.01.2011).

7. Pfaffli P., Zitting A., Vainio H. Thermal degradation products of homopolymer polystyrene in air. Scand J Wk Envir Hlth 4 (suppl 2): 22. 1978.
8. Savolainen H., Helojoki M., Tengen-Junnila M. Behavioral and gill cell effects of inhalation exposure to styrene vapor with special reference to interactions of simultaneous peroral ethanol intake. Acta Pharmacol Toxicol 27: 162. 1980.
9. Savolainen H., Pfaffli P. Effects of chronic styrene inhalation on rat brain protein metabolism. Acta Neuropath 40: 237. 1977.
10. Zitting A., Heinonen T., Vainio H. Glutathione depletion in isolated rat hepatocytes caused by styrene and the thermal degradation products of polystyrene. Scand J Wk Envir Hlth 31: 313. 1980.
11. Toxicity of polyurethane-derived oxidative thermal decomposition products / A. Zitting, C. Rosenberg, S. Vainiotalo, H. Savolainen. Fire Mat 6: 96. 1982.

© Перехоженцев А. Г., Батманов В. П., 2012

*Поступила в редакцию
в феврале 2012 г.*

Ссылка для цитирования:

Перехоженцев А. Г., Батманов В. П. О вредности и допустимости применения пенополистирола в строительстве // Интернет-вестник ВолГАСУ. Сер.: Политематическая. 2012. Вып. 1(20).