

Принятие Закона № 261-ФЗ «Об энергосбережении и повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» открыло новую страницу в российском строительстве: производители впервые ощутили реальный спрос на энергосберегающие, инновационные технологии, а параллельное усиление «зеленых тенденций» поставило ещё одну задачу: комбинировать эффективность технологий с безопасностью для человека и окружающей среды.



ПЕНОПОЛИСТИРОЛ: НАУЧНЫЙ ВЗГЛЯД

Эти два фактора стали определяющими как для производителей строительных материалов, так и для специалистов в области проектирования и строительства и заставили оба звена строительной цепочки затрачивать немало ресурсов на поиск строительных материалов, удовлетворяющих этим требованиям.

При этом часть профессионального строительного сообщества признает, что энергоэффективные и долговечные материалы уже представлены на рынке и, соответственно, поиск инноваций - скорее дань моде и/или маркетинговая стратегия, чем реальная необходимость.

Среди материалов, чьи свойства уже были не раз доказаны, испытаны, измерены и опробованы в конструкциях по всему миру, - пенополистирол.

Несмотря на очевидные физико-механические преимущества пенополистирола по сравнению с другими



видами теплоизоляции, вокруг его применения в жилищном и гражданском строительстве не утихают споры, и если пенополистирол и включают в проектные решения, то делается это с большой осторожностью.

Это связано, прежде всего, с недостаточной информированностью о современных данных, результатах текущих испытаний, наличии разрешительных документов, а также с путаницей, которую вносят в классификацию материала устаревшие ГОСТы и некоторые предприимчивые производители.

Данная статья призвана рассмотреть свойства пенополистирола, его преимущества и недостатки по сравнению с другими теплоизоляционными материалами именно в контексте требований современности и актуальных строительных тенденций.

Прежде всего, следует отметить, что свойства пенополистирола очевидно проистекают из метода его производства и особенностей этого процесса. Пенополистирол получают из готового полимера - полистирола - путем его вспенивания при нагревании не выше 100 °С. Этот процесс носит чисто физический характер, какие-либо химические реакции при этом исключены. При этом важно подчеркнуть, что только пенополистирол, пенополиэтилен и пенополивинилхлорид получают из чистых полимеров. Пенополиуретан и другие пенореактопласты образуются в результате химических реакций при смешении двух реакционноспособных олигомеров, и полимер синтезируется одновременно с его вспениванием. Справедливо сказать, что в самой технологии производства пенополистирола заложена его санитарно-гигиеническая

безопасность и «чистота». Согласно санитарно-гигиеническим нормам пенополистирол может контактировать с любыми пищевыми продуктами, из него изготавливают одноразовую посуду, упаковку для овощей, фруктов, рыбы и мяса.

Одним из аргументов против использования пенополистирола в строительстве является тот факт, что полистирол появляется путем полимеризации стирола. Считается, что пенополистирол подвергается постоянному окислению под воздействием кислорода, и при этом, якобы, происходит выделение стирола в окружающую среду. Однако для большинства представителей научного химического сообщества такие утверждения представляются беспочвенными и безграмотными, так как в условиях обычной эксплуатации пенополистирол окисляться никогда не будет. Деполимеризация стирола действительно может идти при температурах выше 320 °С, но всерьез говорить о выделении стирола в процессе эксплуатации пенополистирольных блоков в интервале температур от -40 до +70 °С нельзя.

Данные испытаний Московского научно-исследовательского института гигиены им. Ф. Ф.Эрисмана показывают, что в отобранных пробах воздуха в помещениях со стеновыми панелями со средним слоем из пенополистирольного утеплителя стирол не обнаружен (согласно заключению Московского НИИ Гигиены им. Ф. Ф. Эрисмана № 03/ПМ8).

Кроме того, анализ всех имеющихся мировых данных по токсикологии, в том числе самые последние

исследования Консорциума «Стирол» в рамках европейского регламента REACH (который суммировал результаты исследований за последние 20 лет), говорит о том, что стирол не является мутагенным, канцерогенным веществом и не оказывает воздействие на репродуктивную деятельность организма.

В зависимости от состава и применяемой технологии вспенивания полимера плотность пенополистирола, оказывающая решающее влияние на основные свойства материала, может меняться в широких пределах. Так, плотность материала, полученного беспрессовым методом, может меняться от 13 до 48 кг/м³; плиты, полученные методом экструзии, могут иметь плотность от 21 до 40 кг/м³, а полученные этим же методом листы - от 40 до 160 кг/м³. При получении изделий прессовым методом или методом литья под давлением плотность полученных изделий может достигать кг/м³.

Говоря о высоких требованиях, предъявляемых к повышению энергоэффективности зданий, следует рассмотреть такое свойство теплоизоляционных материалов, как теплопроводность, то есть способность материала передавать тепло от одной своей части к другой в силу теплового движения молекул. Низкие показатели теплопроводности позволяют сократить толщину утеплителя, необходимую для обеспечения нужного уровня тепла, а значит, и затраты на сам материал. Пенополистирол в этом отношении уникален, он обладает низкой теплопроводностью в сочетании с малой плотностью. В зависимости от состава материала, его структуры и метода получения теплопроводность пенополистирола меняется от 0,028 до 0,045 Вт/мК.

Этот показатель соответственно составляет 0,058 у дерева, 0,048 - у шлаковаты, 0,045 - у древесноволокнистой плиты, 0,039 - у пробки; однако плотности этих материалов соответственно 368, 35, 208 и 112 кг/м³.

Низкая теплопроводность пенополистирола определила его широкое применение в Европе, где, что любопытно, его стоимость не уступает стоимости волокнистых утеплителей. В условиях экономии каждого сантиметра фасадное утепление в Германии почти полностью ведется с использованием пенополистирола (с 1960-х годов утеплены были более 500 млн кв. м фасадов, по данным Института строительной физики Фраунгофера, г. Хольцкирхен), в связи с чем Германия - основной источник данных о поведении этого материала на фасадах в течение длительного времени. В данный момент отсутствие претензий со стороны немецкого строительного сообщества к навесным фасадным штукатурным системам «мокрого

типа» в силу положительных долгосрочных эксплуатационных характеристик и удовлетворительной защитой от проливного дождя, а также с высокими теплоизоляционными качествами позволило ежегодно утеплять таким методом более 30 млн кв. м жилья по всей Германии.

Однако в России противники применения пенополистирола высказывают опасения по поводу деструкции данного материала под действием факторов внешней среды, что обязывает нас проанализировать отечественные данные.

Большой интерес представляют результаты испытаний образцов пенополистирола, извлеченных из стеновых сэндвич-панелей при разборке панельных домов со сроком эксплуатации 40 лет и более. Как показали испытания этих образцов, их свойства сохранились на уровне 85-90% от исходных, что говорит о возможности длительной эксплуатации сооружений, построенных с грамотным использованием панелей с пенополистирольным теплоизоляционным слоем.

В течение 12 лет исследователи наблюдали за теплоизоляционным слоем, изготовленным фирмой «Пластбау», в недостроенном доме в Казани, где пенополистирольные плиты толщиной 100 мм стояли открытыми всем ветрам, дождям и солнцу. Тончайший слой, не более 20 микрон, пожелтел, а под ним - нетронутая ни физически, ни химически белоснежная структура. Даже в условиях, в которых он не должен применяться, а именно - в открытой атмосфере, пенополистирол не деструктурирует столь заметно, чтобы можно было говорить о проблеме его старения. По истечении длительного времени пенополистирол полностью сохраняет свои свойства и характеристики.

Таким образом, доступный нам опыт исследований в данной области позволяет сделать следующие выводы.

Пенополистирол - материал влагостойкий, более того, будучи неплярным полимером, он гидрофобен, то есть обладает плохой смачиваемостью. Пенополистирол сохраняет свои свойства при контакте с влагой, что актуально для регионов с повышенной влажностью или для условий проведения работ во время осадков.

Безусловно, обычный паропроницаемый пенополистирол способен накапливать влагу: она может конденсироваться, и, если конструкция сконструирована плохо, происходит замораживание и оттаивание влаги. Но, как и все полимеры, пенополистирол - податливый материал, поэтому такого разрушения, как в минеральных пористых материалах, не происходит.

Пенополистирол обладает также достаточной морозостойкостью, что

позволяет эксплуатировать его при весьма низких температурах (-40 °C -50 °C) (ниже -40 °C) без заметного ухудшения свойств.

Некоторый недостаток отечественных исследований в этой области компенсируется богатой базой данных, например, канадских коллег, которые с 70-х годов XX века скрупулезно изучали свойства вспененных и экструдированных полистиролов на предмет их применимости в суровых климатических условиях.

Здесь, в Канаде, в 1973 году в «Журнале отделений механики грунтов и фундаментов» авторы статьи, озаглавленной как «Проектирование изолированных фундаментов» (Eli I. Robinsky - M. ASCE. Keith E. Bespflug), в своих выводах рекомендовали применение для этих целей «обыкновенного» пенополистирола: «Хотя в теоретических анализах предполагалось применение экструдированного полистирола в качестве изоляционного материала и он также использовался на строительных площадках, другие материалы, такие как плиты из гранулированного пенополистирола, могут столь же успешно служить для этой цели и даже обеспечивать большую экономию. Однако там, где изоляция располагается под нагружаемой частью конструкции, например под фундаментом или под плитами перекрытия, она должна обладать достаточной прочностью на сжатие для того, чтобы выдержать нагрузку».

Полагаем, что подобные испытания с максимальной долей объективности и научной точности должны быть продолжены и в России, тем более что положительный опыт применения полимерных утеплителей в северных широтах России насчитывает не один десяток лет, однако он требует конкретных и убедительных данных о результатах такого применения.

В тоже время верхний предел температур его эксплуатации ограничен значениями от +60 до +70 °C, так как выше этой температуры материал начинает размягчаться, и его механические свойства заметно ухудшаются. Однако из-за низкой теплопроводности материала кратковременные превышения этой температуры допустимы без ухудшения свойств.

Помимо способности противостоять влаге и воздействию низких температур, пенополистирол демонстрирует высокую стойкость к действию агрессивных сред, в частности к действию кислот, растворов щелочей и других химически активных продуктов, что также снижает вероятность деструкции материала, однако не отменяет наличия ряда ограничений его применения, так как взаимодействие пенополистирола с красками на основе растворителей

или с ароматическими и хлорированными углеводородами губительно для материала.

К сожалению, примеры игнорирования правил совместимости строительных материалов не единичны в современной строительной практике. Досадно, что такие проявления халатности нередко списываются на сам материал или несовершенство его свойств. Примером подобного развития событий может служить авария в торговом центре «Охотный ряд», где сочетание экструдированного полистирола с агрессивными красками привело к разрушению материала и всей строительной конструкции. Для снижения вероятности повторения таких эпизодов предполагаем, что должен быть усилен контроль соответствующих органов за корректностью проведения строительных работ, а производители пенополистирольных утеплителей должны усилить просветительскую деятельность среди строителей.

Продолжая тему применимости пенополистирола, необходимо отметить, что он легко совместим с бетонными конструкциями. По эксплуатационной совместимости с другими строительными материалами он превосходит все другие пенопласты (фенольные, карбамидные - пеноизол, пенополиуретановые).

В связи с высокими требованиями к экологичности современных материалов, следует говорить не только о безопасности самих материалов и их влиянии на окружающую среду, но также и о микроклимате внутреннего помещения и качестве воздуха в нем. Важным фактором в данном случае является возможность предотвращения размножения бактерий, плесени и грибов и их проникновения через ограждающую конструкцию здания. Испытания, проводимые в лабораториях с идеальными для роста плесени условиями, показали, что плесень на испытуемых образцах не образовывается, роста грибов также не наблюдается. Отсюда можно сделать вывод о химической и биологической нейтральности пенополистирола.

Помимо экологичности, безопасности и энергоэффективности, пенополистирол, будучи легким, прочным и нехрупким материалом, отвечает также такому важному в строительстве требованию, как удобство монтажа. Резка пенополистирола возможна без использования специальных режущих инструментов, простыми средствами, такими как нож или ручная пила. Обращение с материалом не представляет опасности для здоровья во время транспортировки, монтажа, использования и демонтажа, поскольку он не радиоактивен, не содержит опасных волокон или других веществ. Пено-

полистирол может обрабатываться и резаться не вызывая раздражения, экземы или раздражения кожи, дыхательных путей и глаз. Это означает, что дыхательные маски, защитные очки, защитная одежда и перчатки не требуются для того, чтобы работать с пенополистиролом. Монтаж пенополистирольных плит - простой процесс и доступен практически каждому человеку.

В последнее время в прессе широко обсуждаются вопросы, связанные с пожароопасностью пенополистирола и конструкций с его участием. Следует отметить, что действительно пенополистирол - горючий материал, что накладывает определенные ограничения на его использование. Однако эти ограничения должны быть известны современному строителю, так как отражены в действующем пока ГОСТе 15588-86, и их соблюдение не требует сверхъестественных усилий.

50-летний опыт применения этого материала в мире очевидно свидетельствует о том, что вклад пенополистирола в пожарный риск не больше, чем других широко распространенных органических строительных материалов. При горении пенополистирола выделяется всего около 1000 МДж/м³. Теплота сгорания сухого лесоматериала составляет 7000-8000 МДж/м³, что при равном объеме дает значительно большее повышение температуры при пожаре в здании, чем пенополистирол. Пенополистирол используется для тепловой изоляции в качестве среднего слоя строительных конструкций при отсутствии контакта с внутренними помещениями. Во многих случаях фасадные утепления с пенополистиролом показали лучшие результаты при полномасштабных пожарных испытаниях, чем навесные фасады с минеральной ватой.

Проблема горения пенополистирола решается сегодня за счет различных добавок антипиренов, которые резко снижают опасность возгорания и обладают способностью к самозатуханию при удалении источника огня. До недавнего времени сырье для производства пенополистирола типа ПСБ-С пропитывали гексабромциклододеканом (ГБЦД), доля которого обычно не превышала 0,5%.

Несмотря на то, что ГБЦД не образует токсичных диоксинов и фуранов при горении и не является источником формирования полибромодибензофуранов и диоксинов при различных видах горения в диапазоне температур от 400 до 800 °С, в последнее время были предъявлены новые экологические требования к его влиянию на окружающую среду. В связи с этим европейская полистирольная индустрия столкнулась с необходимостью разработки безопасной альтернативы ГБЦД до 2014 года.

В конце марта 2011 года Great Lakes Solutions (подразделение компании Chemtura) объявили об успешном создании нового антипирена. По заявлениям специалистов Great Lakes Solutions, новая добавка не снижает теплотехнических характеристик вспененных и экструдированных полистиролов и одновременно удовлетворяет требованиям по экологичности.

Тем не менее любая органика, включая дерево и даже шерсть, горит с выделением определенных газов. Следует, однако, отметить, что ни полистирол, ни входящие в его состав компоненты не образуют при горении фосгена и цианидов. Данные о подобных явлениях чаще всего на проверку ссылаются на результаты исследований 1970-х годов, когда способ производства пенополистирола существенно отличался.

Продукты горения полистирола, используемого в качестве среднего слоя строительных конструкций, менее опасны, чем продукты горения целлюлозы, дерева и шерсти, широко распространенных в быту. По мнению авторов данной статьи, пожары в зданиях с применением пенополистирола, муссирующиеся в СМИ, случаются из-за непростительного волюнтаризма в сочетании с фактическим отсутствием контроля над проведением строительных работ в нашей стране.

Так или иначе, оптимизм вселяет то, что проблемы, с которыми сталкивается сейчас пенополистирольная отрасль, не связаны с самим материалом, применение которого авторам данной статьи представляется более чем перспективным в силу отсутствия в ряде случаев достойной альтернативы этому материалу. Те проблемы, которые проистекают из недоразвитости законодательной, строительной нормативной и исследовательской базы, безусловно, преодолимы. Самое непосредственное участие в разработке новых стандартов, активизации просветительской работы, усилении интеграции европейского опыта должны сыграть и деятели науки, и производители пенополистирола, и представители строительного сообщества, опыт которых может служить превосходным мотиватором для совершенствования этой индустрии на благо жителей нашей страны.

*Михаил Леонидович Кербер,
доктор химических наук,
профессор кафедры переработки
пластмасс РХТУ им. Д. И. Менделеева
Вадим Григорьевич Хозин,
доктор технических наук,
зав. кафедрой технологии строитель-
ных материалов, изделий и конструкций
Казанского ГАСУ*