

О ПРИЧИНАХ ОТСУТСТВИЯ КОНКУРЕНТОВ У ПЕНОСТЕКЛА НА РЫНКЕ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИИ, или почему можно использовать кизяк для теплоизоляции, но не хочется.

А. А. Кетов, доктор технических наук, профессор (г. Пермь)

Чего мы ждем от теплоизоляции

С момента принятия новых теплотехнических требований к ограждающим конструкциям в виде СНиП-11-3-79, а затем СНиП-23-02-2003 прошло уже несколько лет. Первое впечатление строителей и проектировщиков, сравнимое с шоком. Строители попросили меня оценить перспективность различных теплоизоляционных материалов, то у меня не было никаких предположений. В анализе свойств я опирался исключительно на существующие законы материаловедения, поэтому ход моих рассуждений был вполне непредвзятым и в достаточной мере объективным. Тем не менее, я пришел к совершенно однозначному выводу, что на сегодняшний день единственным теплоизоляционным материалом, который не просто лидирует по комплексу свойств, но и вообще не имеет конкурентов, является пеностекло. Давайте вместе попытаемся понять, почему же таким выходом завершается любой объективный анализ.

Начнем с того, какие свойства потребитель ожидает от строительных теплоизоляционных материалов. Во-первых, по определению, — низкую теплопроводность. Во-вторых, так как речь идет о строительных материалах, подразумевается, что теплоизоляционный материал должен сохранять свои свойства неизменными в течение, как минимум, проектного времени эксплуатации здания, а это не менее ста лет. В-третьих, материал для жилища должен быть безопасным, то есть не только не разрушаться в силу случайных причин, будь то кратковременный нагрев или попадание воды, но и не выделять при этом каких-либо компонентов, прямо или косвенно ухудшающих качество жизни в здании.

Помимо этих трех основополагающих критериев есть еще не столь критичные, но тоже весьма важные требования. Так, среди строительных материалов предпочтение отдается таким, которые при прочих равных условиях легко обрабатываются и использование которых не требует создания дополнительных сложных систем монтажа и эксплуатации.

Итак, вопрос о том, чего же мы ждем от теплоизоляционных материалов, более или менее понятен и не вызывает особых возражений. Но это до тех пор, пока мы не переходим от теоретических рассуждений к практике и не начинаем анализировать реальные виды теплоизоляционных материалов.

Должен особо подчеркнуть в начале статьи специально для профессиональных юристов и юристов-любителей, что все примеры, о которых речь пойдет ниже, рассматриваются исключительно с материаловедческой точки зрения, и я не имею в виду конкретных производителей. Поэтому я не ставлю целью (и не могу) своими взглядами опорочить чью-либо деловую или иную репутацию ни в случае наличия, ни в случае отсутствия оной.

Давайте же посмотрим, что конкретно можно использовать в современном строительстве, опираясь на критерии теплопроводности, долговечности и безопасности, как было сказано выше.

Какую теплоизоляцию используем

Ниф-Ниф решил, что проще и скорее всего смастерить дом из соломы. Ни с кем, не посоветовавшись, он так и сделал. Уже к вечеру его хижина была готова. Ниф-Ниф положил на крышу последнюю соломинку и очень довольный своим домиком, весело запел. (С.В.Михалков. Три поросенка. По английской сказке)

Итак, начнем с теплоизоляционных свойств, потому что именно ради этих свойств и используют теплоизоляционные материалы. В соответствии с общепринятой классификацией теплоизоляционными материалами можно считать материалы с теплопроводностью до 0,175 Вт/(м·Кв.).

Если обратиться к теплофизике, то становится очевидным, что собственно теплоизоляционными свойствами обладает обычно не твердое вещество материала теплоизолятора, а воздух, заключенный между структурными элементами твердого каркаса. Действительно, теплопроводность твердых веществ обычно на несколько порядков превосходит теплопроводность газов. Поэтому все теплоизоляционные материалы представляют собой пористые тела, где структурные элементы твердого вещества — волокна, пленки и т.д. — разделяют воздушное пространство на более или менее изолированные части. И чем меньше эти изолированные части воздуха, тем меньше перенос тепла за счет конвективных потоков и тем меньше теплопроводность. Но главной задачей при создании теплоизоляционного материала является заполнение объема минимальным количеством твердого материала при максимальном количестве воздуха. Поэтому все теплоизоляционные материалы имеют малый удельный вес — обычно не выше 600 кг/м³, а зависимость теплопроводности практически для всех материалов однозначно, с примерно 10%-ным отклонением, определяется удельным весом.

Поэтому человечеством в качестве теплоизоляции были испробованы практически любые легкие материалы, начиная от хвои и соломы и заканчивая вулканическим туфом и металлургическими шлаками. Вопросы использования того или иного материала определились обычно исключительно доступностью и простотой использования.

Поэтому, если оценивать теплоизоляционные материалы только по критерию теплопроводности, то до сих пор следовало бы использовать солому с кизяком. Но слишком очевидна пожарная опасность первой и недолговечность второго, причем сомнительность экологической безопасности последнего очевидна по запаху. Поэтому возникшие было в начале 90-х годов теперь уже прошлого века, в эпоху кооперативного движения, кустарные заводики по переработке продуктов целлюлозы (соломы, скопа, опила, торфа и т.д.) в теплоизоляционные материалы потерпели неудачу.

Вернемся к тому, что сегодня реально предлагается на рынке. В указанные выше границы теплопроводности входят три основных типа теплоизоляционных материалов: пенопласты, минеральные ваты и пено-, газобетоны. И если у первых двух типов теплоизоляции с термическим сопротивлением, декларируемым в сопроводительных документах и реальным, дело обстоит (по крайней мере, в начальный период времени) более или менее нормально. То в трактовке результатов определения теплопроводности пено- и газобетонов есть некоторое лукавство. Возьмите характеристики наиболее типичного газобетона плотностью 600 кг/м³. Большинство производителей указывают значение теплопроводности в пределах 0,140 - 0,145 Вт/(м·Кв.). Так оно и есть, но только для сухого материала. А с завода он обычно отпускается с влажностью до 20-25%. Естественно, что теплопроводность такого материала не укладывается даже в рамки требований к теплоизоляционным материалам. Мне могут возражать, что со временем влажность блоков упадет. Так оно и есть, но погодные условия средней полосы России и Урала характеризуются высокой относительной влажностью или условиями эксплуатации "Б", а значит, сорбционная влажность для изделий с высокой микропористостью, к таковым относятся пено- и газобетоны, не позволит добиться равновесной влажности ниже 5-10%. Естественно, что и теплопроводность в реальных условиях эксплуатации оказывается значительно вышестой, которая декларируется.

Давайте посмотрим на фотографию структуры типичного газобетона, полученную методом сканирующей электронной микроскопии [фото 1). Очевидно, что структура твердого материала выглядит пористой. Помимо крупных ячеек, которые, собственно, и образуют "пену", сам материал пронизан огромным количеством микропор размером менее 10 мк.

Из курса физической химии хорошо известно, что даже при невысокой относительной влажности в капиллярах происходит конденсация влаги, что объясняет явление сорбционной влажности пористых тел. Именно такая структура пено- и газобетона делает неизбежной существенное значение сорбционной влажности. То есть в пено- и газобетонах обязательно в естественных условиях присутствует сконденсированная в микропорах вода, причем значительное количество микропористости предполагает и значительную конденсацию влаги. А это приводит к снижению теплоизоляционных свойств. Но это еще часть беды.

Главные проблемы возникают при замерзании и оттаивании сконденсированной влаги. Естественно, что влага, заключенная в жестком капилляре, при замерзании увеличивается в объеме и разрушает капилляр. Поэтому морозостойкость пено- и газобетонов не может быть высокой. Но мы переходим к одному из показателей долговечности. Поэтому, чтобы закончить с вопросом теплопроводности существующих материалов, вернемся к этой характеристике минеральных ват и пенопластов.

Надо признать, что теплоизоляционные свойства пенопластов и минеральных ват очень неплохие, особенно в момент испытаний непосредственно после изготовления. Но на этом все достоинства и заканчиваются, потому что долговечность и безопасность этих материалов вызывает больше вопросов, чем обоснованных ответов.

Если говорить о долговечности материалов, то следует предполагать, что теплоизоляция должна выдерживать эксплуатацию с неизменными характеристиками как минимум в течение жизни здания, то есть не менее ста лет. Есть, конечно, и другой вариант — использовать теплоизоляционные материалы со сроком жизни, сопоставимым с периодом между капитальными ремонтами. Но в этом случае возникает необходимость создания такой конструкции, которая допускала бы смену отслужившего свой срок теплоизоляционного материала, что само по себе достаточно сложно технически, не говоря о затратности такого решения.

Рассмотрим сначала свойства пенопластов с точки зрения физической химии. Прежде всего, по определению, пенопласты представляют из себя дисперсные полимерные системы. Это означает, что в структуре пенопласта взаимно распределены в пространстве собственно полимер и газовая среда, которая вне зависимости от начального состава со временем неизбежно замещается воздухом. На фото 2 представлена фотография типичной структуры пенополистирольного пенопласта (верхняя фотография). Хорошо видно, что ячейки воздуха разделены тонкими пленками полимерного материала. Очевидно, что в связи с незначительной толщиной пленок, значительная доля материала полимера всегда доступна для газовой фазы. Но особенно интересно посмотреть, что случается с пенополистиролом даже после незначительного искусственно го старения. Для этого материал выдержали в термостате при 60°С всего 10 часов (нижняя фотография). Хорошо видно, что многие пленки превратились в ажурную сетку- паутину. Естественно, что такое изменение необратимо и ни в коей мере не улучшает теплоизоляционные свойства материала. То есть даже при таком незначительном и не продолжительном тепловом воздействии полимерная пена изменила свою структуру, начался процесс разрушения, который со временем будет только усиливаться

Кроме того, пенопласты не только являются органическими соединениями, но и имеют весьма высокую степень контакта поверхности с кислородом воздуха. Из курса химии известно, что возможность реакции определяется так называемой энергией Гиббса, а для любых, реакций органических соединений с кислородом значение этой энергии будет отрицательным. Иными словами, если органическое соединение находится на воздухе, то оно будет неизбежно окисляться кислородом. Причем, так как пенопласты имеют максимально возможную поверхность, то и окисляться они будут с максимальной скоростью по сравнению с аналогичными, но монолитными — массивными — поли мерами Поэтому для любого пенопласта неизбежно следует предположить некое конечное и весьма ограниченное время эксплуатации, когда его потребительские свойства будут еще в допустимых пределах. Естественно, что с ростом температуры скорость окисления будет только возрастать. Поэтому все пенопласты являются пожароопасными материалами. И, наконец, если пенопласты неизбежно окисляются даже при комнатных температурах, то продукты такого окисления негативно воздействуют на окружающую среду Исходя из изложенного, все пенопласты неизбежно обладают тремя негативными эксплуатационными свойствами: недолговечностью, пожаро- и экологической опасностью. Рассмотрим эти свойства подробнее.

Теоретически в вакууме, а лучше бы и при минимально возможной температуре, время жизни пенопластов как дисперсных полимерных структур было бы практически неограниченным. На практике же мы всегда имеем дело с воздушной средой, содержащей кислород, и с температурами, значительно отличающимися от абсолютного нуля. О принципиальной неизбежности этого процесса деструкции можно прочитать в классической "Энциклопедии полимеров" (Издательство "Советская энциклопедия", статьи "Деструкция полимеров", "Атмосферостойкость", "Долговечность" и др.), где указаны основные химические механизмы и особенности деструкции полимеров

Вопросы окислительной деструкции полимеров рассматривались многими авторами. Отмечу наиболее интересные и полные работы. Так, И. С. Филатов не только приводит обширный экспериментальный материал по испытаниям различных полимеров в различных климатических условиях, но и подробно рассматривает механизмы окисления и деструкции большинства из обычно используемых полимеров. И. Н. Павлов систематизировал данные исследований советских и зарубежных исследователей в области старения полимерных материалов, рассмотрел влияние условий хранения и эксплуатации на изменение свойств полимеров различных классов.

Помимо указанных монографий, системно рассматривающих фундаментальные теоретические вопросы, связанные со старением и деструкцией полимеров, в последние годы появились многочисленные публикации, в которых авторы останавливаются на частных вопросах долговечности конкретных полимерных материалов. Весьма показательна в этом смысле диссертационная работа А.В. Ли. Разработанная на основе изучения эксплуатационного ресурса и естественного старения полимерных теплоизоляционных материалов методика позволяет определить долговечность энергоэффективных ограждающих конструкций в зависимости от климатических условий района строительства и конструкции рассматриваемого ограждения. На практических примерах пенопластов конкретных производителей показано, что долговечность ограждающих конструкций с использованием пенопластов варьируется от 13 до 43 лет.

Поэтому старение и деструкция полимеров являются неизбежными и необратимыми вследствие того, что в основе их лежат естественные процессы, в первую очередь, окисление. Естественно, что в таком случае продукты деструкции должны выделяться в окружающую среду, причем "окружающей средой" будут являться жилые помещения.

Вопросы экологической опасности пенопластов с теоретической точки зрения непосредственно вытекают из возможности их окислительной деструкции, чему способствуют высокая удельная поверхность пен и выделения в ходе этого процесса различных продуктов, преимущественно органического типа.

Гигиене и токсикологии полимерных материалов, вообще, и пенопластов, в частности, посвящен ряд монографий. Все авторы обсуждают состав и количества выделяемых продуктов, но сам факт обязательного газовыделения из полимерных материалов вообще не ставится под сомнение.

На практике необходимость тщательного экологического контроля нашла свое отражение в методических указаниях по санитарно-гигиеническому контролю полимерных материалов, предназначенных для применения в строительстве жилых и общественных зданий (Министерство здравоохранения СССР утверждено зам. главного врача СССР В.Е. Ковшило, №02158-60, 25 марта 1980г.), где приведен перечень веществ, подлежащих обязательному определению при санитарно-химических исследованиях основных типов полимерных строительных материалов, включая пенопласты. К сожалению, в настоящее время необходимость такого контроля обычно игнорируется.

В научной периодике вопрос выделения токсичных компонентов из пенопластов также обсуждается. Например, Г. А. Васильев и В. В. Бояркина утверждают, что "результаты предупредительно санитарного надзора за внедрением полимерных материалов показывают, что многие химические соединения даже в минимальных количествах вызывают различные по течению и характеру действия (генетическое, токсическое, аллергенное, эмбриотоксическое, иммунодепрессивное и др.)".

Ф. В. Илларионов приводит примеры экологической опасности полимерных теплоизоляционных материалов, использованных при строительстве жилых зданий в Москве. В.И. Лудиков пишет, что из всех полимерных утеплителей при эксплуатации выделяются токсичные компоненты.

Уже имеются первые случаи признания в судебном по ряду домов, не соответствующими санитарно-техническим нормам, вследствие использования в строительстве экологически опасных теплоизоляционных материалов. Так, еще в 1995 году ордера на квартиры в Новокузнецке в доме на ул. Мира признаны недействительными. В 1996 году пострадавшим жильцам были предоставлены квартиры в доме на ул. Авиаторов, 95. Однако было установлено, что дом и квартиры построены из тех же токсичных материалов. Второе судебное дело о признании недействительными ордеров дома на ул. Авиаторов, 95 и возмещении морального вреда находится в производстве.

Одной из основных причин выделения токсичных компонентов из пенополистирола является окислительная деструкция органических соединений на поверхности полимерной пены. Естественно, что в полном соответствии с законами химии скорость окисления с ростом температуры растет, не просто быстро, а по экспоненте. Поэтому всегда при определенной температуре любое органическое соединение, и полимер в том числе, начнет окисляться самопроизвольно, а попросту говоря — гореть.

Прежде всего, следует отметить, что в рекламе пенопластов авторы обычно, описывая данное свойство, несколько лукавят, утверждая, что какой-либо пенопласт не горит или самостоятельно затухает. Факт такого поведения пенопласта не говорит о пожарной безопасности данного материала. Дело в том, что официально классификация всех строительных материалов на пожарную опасность производится согласно стандартной методике, в ходе которой учитывается убыль массы материала при нагревании на воздухе, а совсем не возможность самостоятельно гореть после удаления источника пламени. Подробное описание методики описано в соответствующем ГОСТе. Особо отмечу, следующую фразу из данного документа: "Строительные материалы относят к негорючим при следующих значениях параметров горючести.

- прирост температуры в печи не более 50 о С;
- потеря массы образца не более 50%.
- продолжительность устойчивого пламенного горения не более 10 с.

Строительные материалы, не удаляющие хотя бы одному из указанных значений параметров, относятся к горючим".

Причем температура в печи при испытаниях должна достигать 745-755 о С (пункт 6.4.3. указанного ГОСТа). Пока человечество не придумало органический соединений, которые бы на воздухе выдерживали такую температура. Поэтому по классификации на пожарную опасность все пенопласты относят к классу "Г", то есть к горючим материалам.

Теоретические вопросы термического разложения полимерных материалов подробно рассмотрены, например, в монографии С. Мадорского. На практике же проблема пожарной опасности пенопластов рассматривается обычно с двух сторон: опасность собственно горения полимеров и

опасность продуктов термического разложения и окисления материала. Например, некоторые авторы утверждают, что основным поражающим фактором пожаров являются летучие продукты горения. Они пишут, что в среднем только 18% людей гибнет от ожогов, остальные — от отравления в сочетании с действием стресса, тепла и др. Имеются данные о том, что даже при сравнительно небольшом пожаре в помещении, насыщенном полимерными материалами, происходит быстрая гибель находящихся там людей, главным образом от отравления ядовитыми летучими продуктами.

Исследования Российского научно-исследовательского центра пожарной безопасности ВНИИПО МВД РФ, представленные на сайте www.aab.ru/sertif, однозначно говорят о высокой пожарной опасности полимерных материалов. Например, в приведенном отчете об испытаниях на пожарную опасность полистирольного пенопласта указано, что значение показателя токсичности образцов близко к граничному значению класса высокоопасных материалов.

Эти известные в специальной литературе факты периодические находят отражение в конкретных примерах, отраженных в средствах массовой информации. Так, на пример, в телерепортаже (Е, Савицкая, М. Попцов Телекомпания АСВ, Екатеринбург. Пожар в строящемся доме) сказано, что «загорелось теплопокрытие из полистирола... Во время тушения пожара обнаружили трупы двух мужчин. Они лежали на два этажа выше источника огня с признаками удушья от дыма». Авторы утверждают что "пожарных заинтересовал полистирольный утеплитель, который сгорел в большом количестве и вызвал этот черный удушающий дым".

Вообще, если говорить о пожарной опасности пенопластов, то нельзя не упомянуть и такой весьма показательный факт, что полистирол является одним из компонентов такого оружия как напалм, использование которого против населения было запрещено конвенцией ООН в 1960 году. Более того, состав изобретенного в 1942 году напалма был после войны усовершенствован именно путем введения в его состав полистирола. Такая композиция, очевидно, обладающая повышенными боевыми свойствами стала называться напалм-В и широко использовалась в боевых действиях. Причем количество полистирола в композиции, достигающее почти половины, не оставляет сомнений в том, что полистирол необходим не только для придания определенной структуры, но и как высокоэнергетическое топливо, обладающее отличными характеристиками горения. В Интернете даже есть рецепты изготовления напалма в "домашних условиях" (Home - Made Napalm), например на сайте <http://en.wikipedia.org/wiki/Talk:Napalm>. Начинается "рецепт" с слов "напалм домашнего изготовления может быть изготовлен смешением пенополистирола с бензином. ...А у нас почему-то считается нормальным использовать составную часть напалма в жилищном строительстве.

Если суммировать те проблемы, которые возникают при использовании пенопластов в качестве теплоизоляционных материалов в строительстве, то их можно свести к ограниченному сроку эксплуатации, неопределенности с точки зрения экологической безопасности и высокой пожарной опасности в случае возникновения экстремальной ситуации. В основе всех этих проблем лежит органическая природа пенопластов, что дополнительно осложняется высокой поверхностью контакта полимера с кислородом воздуха.

Исходя из этого, вполне логичным представлялось решение по созданию теплоизоляционного материала из неорганических веществ. Такой материал должен также обладать высокой удельной поверхностью для вовлечения в свою структуру максимального количества воздуха, но при этом основу его должно составлять вещество, не взаимодействующее с кислородом воздуха. Естественно, что таким материалом является большинство природных неорганических соединений, преимущественно силикатной природы. Технологически при работе с силикатными расплавами наиболее простым способом создания высокой удельной поверхности является получение тонких нитей. Поэтому так получилось исторически, что наиболее широко исследованными и представленными на рынке теплоизоляционных материалов оказались минеральные волокнистые материалы.

В представленной статье я намеренно не делаю акцента на химические отличия в составе минеральных волокнистых материалов, хотя спектр их происхождения достаточно широк: базальт, шлаки, стекла и т.д. Дело в том, что основные проблемы по использованию минеральных ват оказались связанными совсем не с их химическим строением или сырьевым происхождением, а со структурой.

Давайте посмотрим на фотографию типичной базальтовой ваты (фото 4). Хорошо видно переплетение многочисленных нитей, причем сами по себе нити выглядят гладкими. Последнее обстоятельство вполне объяснимо, учитывая использование расплава при формировании волокон, то есть их поверхность оплавлена. Это хорошо с точки зрения микропористости — у оплавленных материалов микропор просто нет, поэтому минеральной вате не страшна капиллярная конденсация и связанная с ней низкая морозостойкость. Но, к сожалению, это обстоятельство имеет и негативную сторону.

Отсутствие шероховатости на поверхности волокон приводит к крайне невысокому коэффициенту трения между волокнами. Проще говоря, ничто не препятствует изменению формы изделия, изготовленного из волокон. А учитывая значительный объем воздуха между волокнами, очевидно, что изменять форму всего изделия достаточно просто. Поэтому волокнистые материалы без связи никогда не имеют такой характеристики, как прочность на сжатие. Вернее, они имеют такую характеристику, но она принципиально отличается от аналогичной характеристики для жестких материалов. Если жесткий материал при испытаниях сжимают до момента разрушения, то волокнистый материал сжимают на какую-либо долю от начального объема и фиксируют при этом значение приложенной силы. При сжатии волокна смещаются относительно друг друга и не возвращаются в исходное состояние. Материал необходимо тщательно закреплять на конструкции, но всегда существует ряд воздействий, смещающих волокна друг относительно друга. Это может быть и вибрация от проезжающего транспорта, и конвективные потоки в вентилируемых фасадах, и даже неизбежное сезонное термическое расширение и сжатие волокон. На практике это приводит к проседанию материала и появлению участков, свободных от теплоизоляции. Поэтому волокнистые минеральные материалы нельзя считать долговечной теплоизоляцией.

При рассмотренной структуре волокнистого материала возникает понятное желание закрепить, связать волокна между собой в местах их соприкосновения для получения пространственно жесткого материала, который был бы не подвержен усадке со временем. И такое техническое решение было найдено и успешно использовано вскоре после получения первых волокнистых минеральных материалов. Действительно, добавление связи позволяет закрепить волокна в местах их пересечения и материал получается достаточно жестким. Фото 5 получено методом сканирующей электронной микроскопии жесткой минераловатной плиты. Бесформенные "лепешки", в которых закреплены игольчатые волокна, — это и есть та полимерная добавка, которая призвана придать жесткость минераловатному изделию. Хорошо видно, что полимер закрепил, хотя бы частично, волокна и препятствует их взаимному смещению. То есть, в принципе, жесткость достигнута.

По такой схеме создаются все жесткие и полужесткие минераловатные изделия. Но беда состоит в том, что в качестве связи используют опять же полимерные материалы; причем характер их распределения в минераловатном изделии предполагает опять-таки высокую удельную поверхность этого полимера. А о том, что такое полимер с высокой удельной поверхностью, уже сказано выше; это недолговечность, выделения в воздух и проблемы при пожарах, тем более, что количество вводимого полимера может достигать значительных величин. При этом необходимо заметить, полимер внутри изделия распределяется не равномерно, что создает дополнительные проблемы и требует увеличения количества полимера для достижения приемлемой жесткости. Поэтому в научно-технической литературе прогнозируемый срок эксплуатации для различных минераловатных плит не превышает, по данным монографии, тридцати лет.

Что касается экологических проблем, не связанных с полимерной связкой, а касающихся собственно минеральных волокон, то в настоящее время идет дискуссия относительно влияния волокон, особенно супертонких. Я не являюсь специалистом в области санитарно-гигиенического воздействия волокон на организм человека и могу только отметить, что такая проблема существует, интересующиеся могут подробнее ознакомиться с ней по материалам периодической печати.

Подводя промежуточный итог сказанному, можно констатировать, что ни один из трех типов наиболее широко используемых в настоящее время теплоизоляционных материалов — пено-, газобетон, пенопласты и минераловатные изделия — не может считаться качественным. Так, все перечисленные материалы нельзя признать долговечными, а минераловатные изделия и пенопласты имеют серьезные проблемы с точки зрения экологии и пожарной безопасности.

Особо подчеркну, что к таким выводам можно прийти, опираясь исключительно на знания о химическом строении и структуре данных материалов. Однако анализ перечисленных проблем позволяет сделать определенные выводы о том, какими же характеристиками и структурой должен обладать теплоизоляционный материал, лишенный указанных недостатков. Во-первых, такой материал не должен содержать в своем составе органических соединений, а, в идеале, может успешно существовать на воздухе при температурах 500-700 °С. во избежание возможных повреждений при пожарах. Этому условию, в принципе, удовлетворяют пенно-газобетоны, но они обладают нежелательной микропористостью. А минеральные волокна не имеют микропористости, но у них отсутствует пространственная жесткость. Вот если бы удалось совместить плавную структуру минеральных волокон и пространственно-жесткую структуру ячеистых бетонов! Оказывается, это возможно, просто минеральная ячеистая структура должна получаться из расплава, и тогда все необходимые условия будут соблюдены.

Но, оказывается, сделав вывод о структуре теплоизоляционного материала как минерального ячеистого материала, получающегося из расплава, мы тем самым пришли к выводу о том, что материалом, лишенным недостатков пенопластов, ячеистых бетонов и минеральных ват, является пеностекло.

Какую теплоизоляцию надо использовать

Я, конечно, всех умней. Всех умней, всех умней! Дом я строю из камней. Из камней, из камней!

(С. В. Михалков. Три поросенка. По английской сказке)

Почему же пеностекло сегодня практически не имеет конкурентов на рынке теплоизоляционных материалов? Об основных причинах уже сказано выше, оно практически не имеет ограничений по срокам эксплуатации, потому что стекло не взаимодействует ни с воздухом, ни с водой, ни с подавляющим большинством известных веществ. А ячеистая структура пеностекла не допускает изменения формы. Что касается возможных выделений твердых или газообразных компонентов, то непрерывность ячеистой структуры исключает образование твердых микрочастичек, а термическая обработка материала при производстве приводит к завершению любых химических процессов, связанных с газовыделением еще на стадии синтеза при 700-800оС.

На фото 6 показана структура пеностекла. Очевидно, что пленки стекла, разделяющие ячейки, получены в результате плавления материала и не обладают микропористостью, а, значит, не могут сорбировать влагу, снижающую морозостойкость изделия. Другой особенностью плавленого материала, в отличие от полученного из вяжущего и поэтому микропористого, является его высокая прочность. Действительно, сравнение прочности пеностекла и ячеистого бетона одинаковой плотности показывает более высокое значение показателя прочности у пеностекла (как минимум, в три-четыре раза).

И единственным показателем, по которому пеностекло уступает другим, описанным выше теплоизоляционным материалам, является его стоимость. Но теплоизоляцию мы покупаем не ради объема, а ради достижения определенного термического сопротивления ограждающих конструкций. Вот тут и оказывается, что при существующем сопротивлении пеностекла количество материала, необходимое для теплоизоляции квадратного метра, перекрывает эффект кажущейся высокой стоимости кубического метра. В результате стоимость квадратного метра теплоизоляции в ограждающей конструкции становится сопоставима со стоимостью других материалов, а в большинстве случаев и ниже их стоимости. А если прибавить к этому выигрыш от снижения массы конструкции, упрощения монтажа, повышения безопасности, уменьшения толщины конструкций, то преимущества от использования пеностекла становятся совершенно очевидными

Использование тех или иных материалов в промышленности вообще и в строительстве, в частности, — вопрос времени и развития общества. Когда-то жилища утепляли соломой и кизяком, потом им на смену пришли пенопласты и минеральные ваты. На мой взгляд, сегодня они не отвечают требованиям, предъявляемым к теплоизоляционным материалам, претендующим на использование в современном строительстве. Тем более, если мы хотим строить качественное и долговременное жилье, а не временки.

Я не возьму на себя смелость утверждать, как это делают многие сторонники того или иного вида теплоизоляции, что пеностекло является идеальным теплоизоляционным материалом на все случаи жизни и на все времена. Может быть, проще теплоизолировать ящик с мороженым пенополистиролом или войлоком, а в будущем, может быть, создадут некий материал, превосходящий по теплоизоляционным свойствам, плотности и устойчивости пеностекло. Вполне возможно. Но сегодня, смею утверждать, что по комплексу эксплуатационных свойств пеностекло не имеет конкурентов.

Вместо заключения

Когда статья была написана, стали известны подробности обрушения кровли бассейна в Чусовом и спортзала школы на станции Григорьевская Пермской области, обрушении зданий в Германии, Италии, Польше. Везде помимо природных, внешних, причин фигурирует и утяжеление конструкции вследствие использования теплоизоляционных материалов высокой плотности. Можно, конечно, доказать в суде, что все материалы были сертифицированы. Но, может быть, надо просто задуматься над тем, из чего строим и что будет с этими строениями завтра?