

ОБ АКТУАЛЬНЫХ ПРОБЛЕМАХ ПРИМЕНЕНИЯ НОВЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

или

О преимуществах пеностекла в сравнении с другими теплоизоляционными материалами

Если лаконично охарактеризовать место пеностекла на рынке современных строительных материалов, уместно сказать: оно уникально, универсально и обладает неоспоримыми преимуществами перед всеми другими теплоизоляторами. И дабы это утверждение никто не счел голословным, проведем анализ физико-технических свойств пеностекла в сопоставлении с аналогичными свойствами основных утеплителей, применяемых сегодня в строительстве.

Долговечность и стабильность свойств во времени

Начать стоит с наиболее выраженного преимущества пеностекла перед прочими теплоизоляционными материалами. Это долговременный срок эксплуатации, при котором пеностекло абсолютно не изменяет своих физических свойств. Именно благодаря им пеностекло и является надежным теплоизолятором.

Гарантированный срок эксплуатации пеностекла, произведенного на Гомельском стекольном заводе, более 100 лет. Это подтверждается опытными вскрытиями объектов, теплоизолированных с использованием блоков из пеностекла в середине 1950-х годов, благо таких объектов в Беларуси более чем достаточно. Ведь начиная с 1954 года в Гомеле после кропотливых научных исследований и экспериментов, проведенных под патронажем Академии наук СССР, удалось создать промышленный процесс производства пеностекла. На тот момент подобной технологией обладали лишь США. Да и сегодня из-за присущих производству пеностекла технологических нюансов и тонкостей, а также применяемых ноу-хау промышленное производство этого материала способны осуществлять лишь те же США (в том числе в европейском филиале), Япония, Китай и Беларусь (ОАО «Гомельстекло»). В то же время в России технология производства пеностекла за время кризиса 1990-х годов была утрачена и, несмотря на существование более чем полутора десятков инвестиционных проектов, так до сих пор и не восстановлена. За последние 20 лет технологию производства утратили также в Чехии и Польше.

Как упомянуто выше, вскрытие объектов, теплоизолированных пеностеклом более полувека назад, не выявило никаких (!) изменений в структуре данного материала. Ведь он представляет собой на все 100% не что иное, как обычное вспененное стекло. Именно это и делает его особо устойчивым к химически и биологически активным средам, а также к термическому воздействию. Более того, в природе существует натуральный материал, весьма сходный по своей структуре с пеностеклом. Это вулканическая пемза, довольно широко применяемая в строительстве на протяжении последних трех тысячелетий, особенно в северной части Средиземноморья (и сегодня блоки из пемзы добываются в карьерах на Липарских островах в Тирренском море). Даже сейчас существуют сооружения, построенные более 1000 лет назад с применением блоков из пемзы. Причем они пребывают в достаточно хорошем состоянии благодаря как качеству материала, так и легковесности и прочности конструкции (пемза, как и пеностекло, отличается высокой прочностью при низкой плотности материала). Это вовсе не означает, что пеностекло востребовано только в случае теплоизоляции долговечных сооружений. Дело в том, что материал со стабильными характеристиками гарантирует устойчивость свойств самого сооружения во времени. В то же время, если в строительстве используется материал со свойствами, изменяющимися от положительного максимума до нуля за короткий интервал времени от нескольких лет до нескольких десятилетий, то и свойства всей конструкции

будут, соответственно, изменяться пропорционально, и зачастую этот процесс является необратимым. То есть, другими словами, низкокачественная теплоизоляция с динамично ухудшающимися характеристиками может привести к порче основной несущей конструкции здания (деформации, растрескиванию, отсыреванию и т.п.). Применив впоследствии более дорогой теплоизоляционный материал, восстановить свойства всей конструкции, естественно, не удастся.

Теперь давайте рассмотрим иные теплоизоляционные материалы, представленные на рынке строительных материалов. Оценим долговечность и стабильность их физических характеристик во времени. Существует две группы материалов, представляющих собой конкурирующие с пеностеклом сегменты предложения на рынке строительных материалов. Первая группа – волокнистые неорганические (минеральные или стеклянные) плиты и маты. Вторая группа – ячеистые газонаполненные полимерные материалы.

Волокнистые неорганические плиты и маты

Представляют собой сверхтонкие волокна из горных пород (каменная вата) или обычного стекла (стекловата), удерживающие форму плиты или мата за счет связующего вещества – как правило, фенолформальдегидных смол. Срок эксплуатации этих изделий в зависимости от качества исчисляется 20-50 годами, в течение которых материал деградирует до полной утери каких бы то ни было теплозащитных свойств. Процесс разрушения минеральных волокнистых материалов упрощенно выглядит следующим образом. Сверхтонкие волокна (около 0,05 мкм для каменной ваты и 20 мкм для стекловаты), связанные органическим материалом (фенолформальдегидной смолой) и обработанные гидрофобным составом, подвергаются активному воздействию влаги. Данный тезис распространяется как на воду, так и на другие типы жидкостей: кислоты, щелочи, органические соединения, содержащиеся в парах воздуха. Благодаря высокой воздухо- и паропроницаемости волокнистых материалов химическое воздействие внешней среды распространяется на всю структуру (волокна) подобных материалов. В результате происходит разрушение как связующего и защитного слоя, так и самих волокон. Волокна становятся короче и менее связаны друг с другом. Теплофизические и прочностные характеристики мата или плиты в целом начинают заметно ухудшаться. Разрушение волокон происходит и из-за процессов температурных перепадов, так как сверхтонкие волокна начинают крошиться по причине термического изменения их размеров и процессов кристаллизации внутри них. Таким образом, с течением времени волокна становятся все короче и все менее связаны друг с другом, что сопровождается линейнозависимым ухудшением всех положительных свойств теплоизоляционного материала. Однажды наступает такой момент, когда минеральный волокнистый материал приближается в своем состоянии к весьма небезопасной трухе из коротких (и весьма небезопасных в отношении здоровья) иголок из базальта или стекла. Эти иголки под действием силы притяжения оседают в кучи мусора, который априори служить теплозащитой не может.

Газонаполненные ячеистые полимерные материалы

Технология производства подобных материалов представляет собой вспенивание (вспучивание) полимера. Наиболее распространенными и представленными на рынке строительных материалов являются плиты, изготовленные на основе такого полимера, как полистирол. Теоретически для данного теплоизоляционного материала расчетный срок использования обозначен в 10-20 лет, однако некоторые факторы его эксплуатации заставляют усомниться в подобных утверждениях. Ведь, как правило, озвучивается лишь срок использования теплоизоляционного материала на основе полистирола, но не обозначены условия, при которых данный материал способен не только «пережить» эксплуатацию на протяжении столь длительного интервала времени, но и сохранить на приемлемом уровне свои теплозащитные свойства. Вкратце перечислим те факторы, которые не только приводят к быстрой утере свойств теплоизоляционных материалов из пенополистирола, но и способны привести к полной деструкции данного материала задолго до окончания не такого уж длительного срока его эксплуатации.

Низкий коэффициент теплопроводности плит из полистирола обусловлен прежде всего тем, что изначально ячейки пенополистирола заполнены коктейлем из газов, выделяющихся из порофора при вспенивании. Их теплопроводность в несколько раз ниже, чем у воздуха. Основой данной газовой смеси служат разные типы фреонов. Достаточно быстро эти газы просачиваются и улетучиваются из ячеек пенополистирола и замещаются воздухом. Этот факт может привести к увеличению теплопроводности пенополистирола на четверть и соответственному уменьшению термического сопротивления всей изолирующей конструкции. Далее. Как из-за технологических особенностей производства пенополистирола, так и по причине высокого значения водопоглощения данного материала в нем присутствует до 6% воды. При замораживании в холодный период года (а вода при замерзании расширяется) происходит деструкция как стенок ячеек пенополистирола, так и межъячеечных связей. Пенополистирол (как и любой материал на основе органического полимера) подвержен термической деформации и распаду от определенного граничного температурного значения. Конкретно для пенополистирола оно составляет около 85С. В то же время температура поверхности штукатурной системы летом из-за солнечного излучения может достигать (в зависимости от цвета поверхности стены) 125С. Следовательно, по причине только этого фактора термоизоляционный слой из пенополистирола на южной стороне здания может быть утерян всего лишь за один летний сезон, если лето будет достаточно жарким и богатым на солнечные дни. Солнечные дни могут послужить причиной разрушения теплоизоляции из пенополистирола не только вследствие нагрева материала. Пенополистирол активно разрушается и ультрафиолетовым излучением. Подвергаясь его воздействию всего лишь в течение трех летних месяцев, он способен полностью разрушиться в пыль. Этот немаловажный фактор усиливается, если учесть кустарное применение этого теплоизоляционного материала частными лицами, которые и не подозревают о данной особенности пенополистирола. Вообще частные лица, соблазненные дешевым и эффективным решением вопроса теплоизоляции собственных домов с использованием пенополистирола, зачастую испытывают горькое разочарование в первый же зимний сезон из-за деструкции теплоизоляционного слоя.

Еще об одной важной негативной особенности пенополистирола. Именно пенополистирол, являющийся полимерным материалом, весьма чувствителен (пожалуй, более, чем остальные полимеры) к воздействию жидких органических соединений (от ацетона и уайт-спирита до бензина и керосина), а также паров этих жидкостей. Полное растворение пенополистирола в углеводородных жидкостях наступает в течение одной минуты. А в парах углеводородных жидкостей полное разрушение пенополистирола происходит за несколько дней. Следовательно, такие ремонтно-отделочные работы, как окраска, приклейка обоев, нанесение грунтовки или штукатурки, крепление отделочных деталей, зачистка, производимые с использованием веществ, основу которых составляют углеводородные жидкости, приводит к разрушению пенополистирола независимо от того, где производятся работы: снаружи или внутри помещения. Коэффициент смачивания у жидкостей, состоящих из органических соединений, на порядок выше, чем у воды, и благодаря капиллярным явлениям они легко находят себе путь сквозь стену к наружному слою утеплителя из пенополистирола.

Очевидно, что ни один из активных в отношении пенополистирола факторов не имеет никакого значения в отношении такого материала, как пеностекло. Как еще одно доказательство устойчивости пеностекла к воздействию времени (температурные перепады, химическое действие воздуха и содержащихся в нем паров) приведем такой факт. Одна из технологий по сбору разлившейся по поверхности воды нефти предусматривает использование сферических кусков пеностекла, которые высыпаются в районе разлива нефти. Нефть прилипает к пеностеклу за счет чрезвычайно развитой поверхности данного материала. Затем куски пеностекла собирают и обжигают в печи (температура несколько сотен градусов) до испарения и выгорания собранной нефти. После этого куски пеностекла используют повторно по всей процедуре цикла подобного сбора нефти. Количество циклов, которое может выдержать пеностекло, активно используемое при таком методе ликвидации разлива нефти, составляет более тысячи! Все это ярко характеризует устойчивость пеностекла как к температурным перепадам, так и к воздействию воды, воздуха и других активных химических компонентов, содержащихся в воздухе, и в совокупности отлично отображает эксплуатационные факторы воздействия, оказывающие влияние на теплоизоляционный материал в течение времени.

Огнестойкость, горючесть, выделение газов и паров при нагревании

По своей химической структуре пеностекло не более чем вспененное силикатное стекло (аморфное тело), состоящее из расплава высших оксидов кремния, кальция, натрия, алюминия и магния. Пеностекло не содержит никаких органических соединений или химических веществ за исключением вышеперечисленных. Как известно, высшие оксиды совершенно не окисляются, не горят и не воспламеняются! Оксиды кремния, кальция, натрия, алюминия и магния распадаются на газообразную ионизированную плазму только при температуре в несколько тысяч градусов Цельсия, что достижимо лишь в лабораторных условиях. В процессах, протекающих на земной поверхности и в атмосфере, такие температуры не встречаются (исключение молния). Таким образом, можно утверждать, что пеностекло не горит и не воспламеняется (даже в приточном кислороде!), огнестойко (размягчение материала наступает только при температурах выше 500С, плавление выше 1500С), не выделяет газов и паров при нагревании. Теперь давайте сравним в отношении огнестойкости, горючести и т.п. факторов пеностекло и другие теплоизоляционные материалы, представленные на рынке стройматериалов.

Волокнистые неорганические плиты и маты

Основу данного типа материалов составляют каменные тянутые волокна или волокна из силикатного стекла. Сюда входят известняк, базальт, доломит и некоторые другие горные породы, из которых делается каменная вата, а также стекло.

Эти материалы сами по себе находятся вне всяких подозрений в отношении горючести, воспламеняемости и выделения при нагревании газа или пара. Однако при описании волокнистых минеральных теплоизоляционных материалов как-то не акцентируется (а зачастую «застенчиво» умалчивается) факт применения синтетических органических связующих. До 5% от общей массы материала составляют фенолформальдегидные смолы, которые и придают минеральной или стеклянной «кудели» форму жесткой плиты или мата. А фенолформальдегидная смола представляет собой углеводородное органическое соединение, которое само по себе в чистом виде горит и воспламеняется очень хорошо. Конечно, минераловатная или стекловатная плита с содержанием всего 5% фенолформальдегидной смолы гореть сама по себе (на открытом воздухе) не будет, так как продукты термического разложения органики не достигнут необходимой концентрации. Но если данный материал (минераловатная или стекловатная плита) помещены в герметичную систему утепления (где отсутствует дополнительный кислород и движение воздуха), органическое связующее во время пожара деструктурирует и возгорается (тлеет). При доступе кислорода вследствие разрушения конструкции воспламеняются разогретые до нескольких сотен градусов Цельсия пары термического распада фенолформальдегидной смолы. И здесь нет излишней драматизации ситуации. При существующей плотности минераловатных и стекловатных жестких плит на один квадратный метр теплоизоляционной системы с использованием данных материалов приходится килограмм фенолформальдегидной смолы. При возгорании одной квартиры в многоквартирном доме, наружные стены которого изолированы (закрытая система) при помощи жестких минераловатных или стекловатных плит, произойдет испарение и возгорание более 50 кг фенолформальдегидной смолы! Смола, которая не только хорошо горит и очень плохо тушится, но и выделяет при горении токсичные вещества. Теперь судите сами, насколько «пожаробезопасны» некоторые теплоизоляционные материалы, декларированные в качестве таковых. Однако следует признать, что волокнистые неорганические плиты и маты, связанные фенолформальдегидной смолой, действительно можно считать потенциально негорючим материалом на фоне следующего класса теплоизоляционных материалов.

Плиты из спекаемого и экструдированного пенополистирола

Крайне неприятная и опасная особенность горения полистирола заключается в том, что оно происходит с выделением едкого густого черного дыма (предельная концентрация продуктов горения 5 мг/м³). Этот дым раздражает слизистые оболочки и вызывает токсическое отравление. Да, в пенополистирол добавляются антипирены. Это вещества, которые препятствуют воспламенению, но не исключают его. Однако тлеющий пенополистирол столь же опасен в плане выделения продуктов горения, как и пылающий. Тем более, что воспламенение пенополистирола неизбежно в любом случае. Единственное преимущество пенополистирола с антипиренами в том, что это произойдет не через секунды после начала пожара, а через несколько минут.

Если возвратиться к пеностеклу и его абсолютной огнестойкости, то объектами с повышенными требованиями к пожаробезопасности были и остаются атомные электростанции. Единственным теплоизоляционным материалом, разрешенным в СССР для утепления кровель и стен АЭС, было пеностекло. В то же время на других промышленных объектах (где нормы были «помягче») использовались и иные типы материалов. В начале 1990-х годов в России из-за пожара кровли была полностью уничтожена линия сборки автомобилей «КамАЗ». После этого на предприятии провели ремонт и восстановление сооружений с безальтернативным использованием в качестве теплоизоляционного материала только пеностекла. Слишком уж свежи были воспоминания о несопоставимо огромных материальных потерях в результате пожара, связанного с экономией на качественном утеплителе. Помимо АЭС, особое внимание в СССР уделяли пожарной безопасности гостиниц (после катастрофических пожаров 1970-80-х годов). И несмотря на существовавший дефицит пеностекла тогдашние гостиницы высокого класса большой этажности утепляли с использованием преимущественно этого материала. Примеры гостиницы «Россия» и «Националь» в Москве, гостиница «Юбилейная» в Минске.

Водопоглощение и гигроскопичность, влаго- и паропроницаемость, устойчивость к разрушению водой и водяным паром

Пеностекло представляет собой материал из замкнутых стеклянных ячеек, имеющих сферическую и гексагональную форму. Среди всех представленных на рынке теплоизоляционных материалов пеностекло наиболее устойчиво к воздействию влаги и пара. Гигроскопичность пеностекла равна нулю. Его сорбционная влажность близка к нулю (менее 0,5%) даже в атмосфере со стопроцентной влажностью. Водопоглощение пеностекла при полном погружении в жидкость не превышает 5% от общего объема материала и обусловлено лишь накоплением влаги в поверхностном слое разрушенных при механической обработке ячеек. Причем стоит отметить, что водопоглощение пеностекла независимо от периода полного увлажнения не возрастает с течением времени, что позволяет эксплуатировать данный материал как при максимальной влажности атмосферы и почвы, так и непосредственно в воде. Влагопроницаемость и паропроницаемость пеностекла равны нулю, и данный материал не пропускает жидкости и пары ни одним из способов переноса вещества (конвекция, капиллярные явления, диффузия и т.п.). Значит, в отношении гидроизолирующих и пароизолирующих свойств пеностекла можно абсолютно достоверно утверждать: этот материал изолирует на 100%! Пеностекло, по химической структуре мало чем отличающееся от обычного оконного или посудного стекла, не разрушается под воздействием воды и пара. Пеностекло вообще имеет очень высокую химическую стойкость, о чем будет сказано ниже. И, наконец, такой физический параметр, как смачиваемость поверхности материала водой, у пеностекла весьма невысок по причине присущих ему гидрофобных свойств.

Теперь давайте посмотрим на другие типы теплоизоляционных материалов и их «взаимоотношения» с водой как одной из самых распространенных субстанций на нашей планете.

Волокнистые неорганические плиты и маты

Теплозащитные свойства минераловатных и стекловатных материалов основаны на простом физическом принципе: тонкие волокна во множестве расположены в объеме материала. Тем самым создается препятствие теплопередаче конвекционным способом (перенос тепла воздушными массами). Кроме того, потери тепла из-за теплопередачи незначительны за счет теплопроводности волокон по причине их тонкости и длины. Таким образом, теплозащитные свойства волокнистых материалов целиком и полностью зависят от теплопроводности газовой среды, в которой данный материал используется. Более того: погружив волокнистый материал в жидкость, мы получим сопротивление теплопередаче волокнистого мата, зависящее от теплопередачи в жидкости, в десятки раз более высокой, чем теплопередача в такой среде, как газ. Запомним этот факт. Гигроскопичность вещества, из которого состоят волокнистые теплоизоляционные материалы, а также адсорбция незначительны и фактически близки к нулю, что положительно характеризует

данный материал в отношении этих эксплуатационных параметров.

Прочность, сжимаемость, механическая обработка, методы крепления

Пеностекло и по этим показателям не только значительно превосходит материалы, входящие в группу теплоизоляционных материалов особо низкой и низкой плотности, но и не уступает по прочности большинству более плотных материалов из группы средней плотности. Например, газобетоны имеют значительно более высокую плотность и коэффициент теплопроводности и, соответственно, более низкие теплозащитные свойства.

Сопоставление предела прочности на сжатие пеностекла (0,7-1,2 МПа) и других материалов дает следующие значения:

прочность жестких плит из минеральной и стеклянной ваты меньше в 2 раза;

прочность самых прочных плит из экструдированного полистирола меньше в 2 раза;

прочность плит из спекаемого пенополистирола меньше в 10 раз.

Приведенные значения прочности различных типов материалов даны для сухих образцов. В то же время влажные минераловатные и стекловатные плиты, а также плиты из пенополистирола заметно снижают свою прочность в отличие от пеностекла, не изменяющего ее из-за полного отсутствия влияния влаги на данный параметр этого материала. Кстати, вода особенно сильно снижает прочность газосиликатных материалов. Их прочность в сухом состоянии не хуже, чем у пеностекла (и это при значительно большей плотности газосиликата!), в то время как в увлажненном состоянии она вдвое меньше.

Насколько важна прочность (и особенно прочность на сжатие) для теплоизоляционных материалов при их применении в строительстве?

Прежде всего, чем выше прочность на сжатие, тем менее (что логично) сжимается материал, подвергшийся внешнему воздействию. В то же время сжатие теплоизоляционного материала (как волокнистого, так и ячеистого) приводит к увеличению его теплопроводности и снижению теплозащитных свойств конструкции. Далее. Менее прочный материал требует анкерного и штыревого крепления к несущей конструкции сооружения и чем менее он прочен, тем больше элементов крепления необходимо использовать для фиксации теплоизоляционного слоя (иначе материал может деформироваться под собственным весом, а то и разрушиться). Более прочный теплоизоляционный материал может нести часть нагрузки за счет собственных физических свойств. Все это в случае более прочного теплоизоляционного материала дает следующие преимущества: меньшее количество расходов на анкерные и прочие типы креплений, а также на трудоемкий процесс монтажа данных креплений; уменьшение количества инородных высокотеплопроводных включений (те же анкеры) в теплоизоляционном слое, что влечет за собой соответствующее снижение сопротивления теплопередаче всей конструкции; меньшая сжимаемость материала с увеличением теплопроводности самого материала; меньшая нагрузка на несущую конструкцию.

Пеностекло как самый прочный теплоизоляционный материал способно без всякого дополнительного крепления выдерживать давление, обусловленное собственным весом, в пределах двух этажей. Это позволяет производить теплоизоляционные работы простым и недорогим способом обычной облицовки. В дополнение к этому стоит отметить тот факт, что пеностекло отлично клеится, крепится и связывается любым штукатурным составом, клеем, мастикой и т.п. Обусловлено это тем, что прилипание происходит не за счет адгезии (которая, тем не менее, присутствует), а за счет чрезвычайно развитой поверхности пеностекла и механического сцепления поверхностей при помощи затвердевающего состава. Кроме того, пеностекло отлично обрабатывается столярными инструментами. Данное свойство применяется при теплоизоляции пеностеклом не только простых плоскостей, но и сложных фасонных изделий, а также криволинейных поверхностей. В таком случае блокам из пеностекла путем механической обработки придаются необходимые геометрические параметры.

Завершая этот раздел, можно привести такой показательный факт. На территории бывшего СССР, в том числе в Беларуси, существуют сооружения, кладка которых полностью выполнена из пеностекла. Десятилетия эксплуатации подобных зданий не выявили никаких дефектов, трещин и тому подобной порчи кладки. Все это по причине легкости стен, не испытывающих перегрузок под собственным весом, и высокой прочности материала, которая позволяет не только выдерживать собственный вес, но и удерживать значительный вес кровли.

Устойчивость в химически и биологически активной среде

Пеностекло абсолютно устойчиво ко всем химическим реагентам как неорганической, так и органической природы. Исключение составляет лишь плавиковая кислота не слишком, надо сказать, распространенное химическое соединение. Активная биологическая среда также не может оказать сколько-нибудь заметного влияния на пеностекло, так как в пеностекле полностью исключена почва для развития любых активных жизненных форм. Самой интересной особенностью пеностекла при взаимодействии с биологическими формами является абсолютная (и уникальная присущая только пеностеклу) способность быть «непроходимым» для всех грызунов и насекомых. Пеностекло, помимо всего прочего, очень хороший абразивный материал. В то же время природа еще не создала ни одной биологической формы, способной грызть и точить абразивы без быстрой потери естественных «грызущих приспособлений».

Что касается волокнистых неорганических матов на органическом связующем и теплоизоляционных изделий из пенополистирола, стоит отметить присущую им чувствительность к углеводородным соединениям. Эти вещества широко применяются как при строительстве, так и зачастую при дальнейшей эксплуатации здания. Углеводородные жидкости и пары разрушают связующий органический компонент, придающий жесткую форму минераловатым и стекловатым плитам. Еще более чувствительным к углеводородным соединениям является пенополистирол, полностью растворяющийся в углеводородной жидкости за минуту и разрушающийся в углеводородных парах за несколько суток.

Экологическая безопасность

Высокая экологическая и санитарная безопасность пеностекла привела к тому, что данный материал без каких бы то ни было ограничений применяется для теплоизоляции промышленных пищевых холодильников и теплоизоляционной футеровки чанов и емкостей, применяемых при изготовлении пива, вин и молочных продуктов. Сопоставим эту совершенную экологическую чистоту пеностекла с санитарными свойствами, присущими другим теплоизоляционным материалам.

Об экологических аспектах применения пенополистирола в данной статье говорить нет смысла по двум причинам: во-первых, эта тема слишком обширна, во-вторых, об «экологичности» пенополистирола и так уже сказано немало. Все, кто хочет узнать подробности, могут найти исчерпывающие ответы в соответствующей литературе, посвященной патогенным факторам распада полимеров на свободные радикалы. Лучше обратим внимание на активно декларируемые выдающиеся экологические свойства волокнистых неорганических материалов, якобы сулящие нам здоровье и безопасность.

Еще раз вспомним про 5% фенолформальдегидной смолы, связывающей минеральные волокна в жестких плитах. Между прочим, она столь же способна к распаду на свободные радикалы, как и вышеупомянутый пенополистирол. Теперь посмотрим на волокнистые материалы с другой стороны. Почему рабочие, занятые монтажом волокнистых неорганических материалов, имеют льготные условия труда (так называемую «вредность») с вытекающими отсюда привилегиями? И почему они работают в надежных («тяжелых») респираторах и плотных рукавицах? Ответ очевиден. Особенно если посмотреть на разгрузку, распаковку, раскрой минераловатных и стекловатных плит в ясный солнечный день. Вы увидите яркую игольчатую пыль, которая повисает облаком определенной концентрации в месте обработки волокнистых неорганических материалов. Вдыхание подобной пыли чревато интенсивным развитием всего спектра патологических заболеваний органов дыхания. В то же время попадание подобной пыли на кожу может привести к развитию кожных болезней сложной формы, которые трудно поддаются лечению. Казалось бы, ну и что? В дальнейшем, после монтажа, каменная вата и стекловата лежит себе спокойно теплоизолирующим слоем и никакого вреда людям, пребывающим в зданиях, не наносит. Но это в случае, если применяется герметичная система монтажа теплоизоляционного слоя. А если имеют место вентилируемые системы? Ведь с течением времени волокна крошатся на все более короткие отрезки и через 50 лет превращаются в ту самую игольчатую пыль, от которой монтажников защищают респираторы. В вентилируемых системах накопление подобной пыли не происходит. Все эти каменные и стеклянные иголки выдуваются в атмосферу и мы ими дышим! Вопрос лишь в концентрации и плотности пыли. Интенсивная концентрация наносит вред быстро, легкая медленно. Понятно, что и то, и другое здоровья не добавляет! Если спроецировать данную ситуацию на пеностекло и даже предположить, что оно начнет разрушаться, то продукты деструкции пеностекла будут столь же безопасны, как и блоки из пеностекла. В результате разрушения пеностекла получаются крошки (фракцией в миллиметры), представляющие собой всего лишь многогранные (без острых граней) узлы материала между ячеек.

О различных преимуществах пеностекла перед другими типами теплоизоляционных материалов можно рассказывать и дальше. Но так как объем настоящей статьи ограничен, и рассматриваемой теме посвящена не одна обширная монография, теперь уместно сделать акцент на тех мнимых недостатках пеностекла, о которых говорят и пишут заинтересованные в производстве и применении других теплоизоляционных материалов люди.

Прежде всего стоит обратить внимание на упрек в герметичности пеностекла — то есть его отношению к пропусканию влаги или газа (пара). В последнее время на постсоветском пространстве очень активно муссируется тема неких «дышащих стен». Причем происходит умышленная подмена понятий, и все с большой головы валится на здоровую. Поясню, что имеется в виду. Некоторые типы теплоизоляционных материалов имеют свойство накапливать воду за счет гигроскопичности, адсорбции, смачивания поверхностей внутренней структуры. В той или иной степени это присуще всем типам теплоизоляционных материалов (за исключением пеностекла). Особенно интенсивно накапливают воду за счет смачивания поверхностей волокон по причине конденсации водяного пара и протечек неорганические волокнистые теплоизоляционные материалы. Как результат теплоизоляционный слой отсыревает, перестает исполнять возложенную на него функцию и заметно тяжелеет. В помещениях, утепленных подобным способом, появляется и развивается сырость. Несущие конструкции из-за фактора коррозии и утяжеления теплоизоляционного слоя начинают постепенно а иногда стремительно разрушаться. Чтобы избежать данной проблемы в отношении волокнистых неорганических материалов и хоть несколько снизить столь неприятный эффект применения минеральной и стеклянной ваты, их волокна для уменьшения смачивания покрываются гидрофобными составами. Создаются дорогостоящие и громоздкие системы фасадов и кровель. Однако, когда говорят о «дышащих стенах», речь ведут не о вентилируемых фасадах, а о некоем вымышленном свойстве «дышать» у стен, теплоизолированных волокнистыми материалами в закрытой штукатурной системе или внутри кирпичной кладки. Как именно происходит это «дыхание» сквозь герметичную кладку или штукатурный слой, не поясняется, да и не мудрено, ведь на самом деле все обстоит с точностью до наоборот. В такой системе происходит аккумуляция влаги за счет диффузных и капиллярных явлений переноса жидкости сквозь присутствующие дефекты и повреждения герметичного слоя штукатурки или кладки. В то же время «выноса» влаги наружу (в атмосферу) из теплоизоляционного минераловатного слоя не происходит по причине отсутствия воздушной конвекции.

Здесь впору вести речь не об эпитете «дыхание». Стена, теплоизолированная волокнистым материалом в герметичной системе, по сути, начинает «захлебываться» от избытка присутствующей между волокнами и на волокнах избыточной воды — как в виде жидкости, так и в виде перенасыщенного водой влажного воздуха. И те люди, которые говорят обратное, позиционируя пресловутое «дыхание стен», отлично знают, о чем идет речь, но тем не менее, не имея веских доводов в пользу своего надуманного тезиса, начинают «приплетать» как в устной, так и в письменной форме псевдофизические рассуждения и понятия. Не буду приводить тут всю околонуучную околесицу и несуразицу, которую навывдумывали сторонники «дыхания стен», преследуя свои меркантильные цели, однако на одном вопросе стоит остановиться подробнее. Придуман даже некий термин «пародиффузия» (он активно используется в рекламных буклетах и статьях), который в физическом смысле представляет абсолютный нонсенс. Это что — по аналогии с «пародиффузией» следует вводить еще и термины «жидкодиффузия» и «твердодиффузия»? Ни в одной технической энциклопедии, справочнике или серьезной научной работе вы не найдете «пародиффузии», так как это просто выдумка и нелепица. Поясню почему. Диффузия — это явление распространения вещества в среде в направлении убывания его концентрации, обусловленное тепловым движением ионов, молекул, атомов и более крупных частиц. Помимо термодиффузии и электродиффузии, есть еще самодиффузия (диффузия в химически чистой, однородной среде), а вот «пародиффузии» нет! Динамика пара (газа) как среды характеризуется макроскопическим движением среды (например, конвекцией). Однородность любой газовой смеси устанавливается в замкнутой системе очень быстро (высокие скорости частиц и разреженное состояние), поэтому говорить о каком-то длительном процессе диффузии, который может повлечь за собой некое столь же длительное влияние в паре (газе), говорить не приходится. «Пародиффузия» как термин молекулярной физики и термодинамики сопоставима с таким абсурдом, как «вечный двигатель» и «вечный двигатель второго рода». А ведь это все с совершенно серьезной миной преподносится как доказательство чего-то, что так и остается ложным.

Давайте все же разберемся, должны стены «дышать» или нет? И тут становится понятным, что «дышать» должен именно волокнистый теплоизоляционный слой (мокрое надо сушить!). Только причем здесь упреки в адрес пеностекла, которое намочить не удастся, даже если захотеть! В дополнение следует заметить, что пеностекло используется для теплоизоляции сооружений (в том числе и жилых) около 50 лет, и, несмотря на регулярно проводимый конечными потребителями мониторинг, нет ни одной (!) претензии или замечания по поводу сырости в домах, теплоизолированных с использованием блоков из пеностекла.

Еще одним упреком в адрес пеностекла является утверждение о слишком высокой теплопроводности данного материала, значительно превосходящей теплопроводность волокнистых неорганических материалов и пенополистиролов.

В некоторых буклетах, посвященных продуктам, конкурирующим с пеностеклом, даже приводится «страшное» значение в $0,14 \text{ Вт/м}^{\circ}\text{С}$ (!) столь же ложное, как и многое другое в подобных буклетах. Специально для непосвященных в этот вопрос уточняем максимально допустимое значение теплопроводности для пеностекла согласно СТБ 1322-2002 не более $0,076 \text{ Вт/м}^{\circ}\text{С}$ при максимально допустимом значении плотности материала в 180 кг/м^3 . Просто в вышеупомянутых буклетах приводится ложная, значительно завышенная плотность в 400 кг/м^3 ! Четыреста килограммов в метре кубическом это уже не пеностекло, а какое-то на самом деле «пенобронестекло»! Итак, на самом деле у пеностекла теплопроводность лишь на 25% выше, чем у волокнистых неорганических материалов, и на 30% выше, чем у пенополистиролов. Более того, фактическая теплопроводность (мониторинг последних трех лет) не превышает $0,07 \text{ Вт/м}^{\circ}\text{С}$.

Сопоставим реальные эксплуатационные свойства пеностекла в отношении сопротивления теплопередаче конструкции с соответствующими показателями волокнистых неорганических материалов и пенополистиролов. Теплозащитные свойства волокнистых теплоизоляционных материалов целиком зависят от теплопроводности атмосферы между волокнами и отсутствия конвекции. Однако, если минераловатный или стекловатный материал используется в закрытой теплоизоляционной системе, он начинает активно накапливать воду с последующим повышением влажности воздуха между волокнами до 100%. Как результат кратно возрастает теплопроводность газовой среды между волокнами и обратнопропорционально ухудшаются (в несколько раз!!!) теплозащитные свойства подобной теплозащитной системы. Вентилируемые фасады и кровли позволяют избежать накопления влаги в волокнистом материале, но появляется (пусть и в незначительной степени) перемещение воздушной среды между волокнами. Начинается «вынос» тепла из теплозащитной конструкции за счет конвекции, и здесь происходит ухудшение теплозащитных свойств конструкции уже, конечно, не в разы, но на десятки процентов это что касается волокнистых материалов. Пенополистирол и вовсе стремительно начинает терять теплозащитные свойства как за счет улетаивания из пор газов с низкой теплопроводностью (фреонов) и замещения их воздушной газовой смесью (на 25%), так и по причине очень быстрой деструкции самого материала теплозащитного слоя (ежегодно на 10%). Пеностекло сохраняет значение коэффициента теплопроводности не более $0,076 \text{ Вт/м}^{\circ}\text{С}$ независимо от внешних факторов и в течение всего срока эксплуатации.

И, наконец, последний довод, «не в пользу» пеностекла. Якобы этот материал слишком дорог.

Разберемся и с этим так называемым негативным фактором. Пеностекло стоит для потребителя около 100 долларов США за метр кубический. Выпускаются блоки толщиной 60, 80, 100 и 120 мм. Для получения необходимого значения термического сопротивления конструкции на теплоизоляцию метра квадратного здания и сооружения (с учетом монтажных расходов) с использованием пеностекла необходимо истратить около 15-20 долларов. Сопоставьте это со стоимостью теплоизоляционных работ с применением волокнистых неорганических материалов и пенополистиролов.

Так ли уж получается дорого? Более того, применяя пеностекло при наружной теплоизоляции зданий высотой в один-два этажа, вы имеете возможность сэкономить дополнительно на анкерах, штыревых креплениях, армирующей сетке и трудозатратах. Ведь пеностекло (как это упоминалось выше) достаточно прочно, чтобы выдержать собственный вес в пределах двух этажей, и имеет чрезвычайно развитую поверхность, к которой весьма хорошо «прилипает» любой штукатурный слой. Кстати, если уж и вести речь о настоящей дороговизне, то здесь следует упомянуть такие архитектурные конструкции, как вентиляруемые фасады и кровли. Они являются абсолютно излишними, если в качестве теплоизоляционного слоя вы намерены избрать пеностекло.

Подводя итог столь обширной статье, хотелось бы предложить читателям высказать имеющиеся у них конструктивные замечания как по данной статье, так и в отношении преимуществ и недостатков применения блоков из пеностекла в качестве теплоизоляционного материала.

**Статья в газете «Строительство и недвижимость» (Минск) №41-42 октябрь 2004 г.
Автор: Евгений СОСУНОВ**