

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ РАЗЛИЧНЫХ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ В ПРОЦЕССЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Е. В. Хатина

Алтайский государственный технический университет
им. И.И. Ползунова, г. Барнаул

Роль наружных ограждающих конструкций в энергосбережении при эксплуатации зданий и сооружений следует рассматривать во взаимосвязи с их долговечностью. Необходимость комплексного подхода возросла с повышением требований к тепловой защите.

Ключевые слова: долговечность теплоизоляционных материалов, коэффициент теплопроводности, термическое сопротивление.

Долговечность теплоизоляционных материалов не всегда зависит только от их физических и химических особенностей: несоблюдение сроков укладки, нарушение правил хранения и эксплуатации может резко сократить первоначальную долговечность теплоизоляционных материалов. Таким образом, теплоизоляционные материалы при работе в наружных ограждениях представляют эффективную теплоизоляцию, подверженную изменениям под воздействием ряда факторов, которые можно разделить на три группы:

- технологические факторы, влияющие на качество утеплителя. Их отрицательное проявление может быть зафиксировано в условиях эксплуатации;

- воздействия, возникающие в результате изготовления утеплителя или введения стен: физические нагрузки и вибрирование, температурные воздействия при прогреве, случайные воздействия красок и других материалов, содержащих летучие реагенты, не совместимые с утепляющим материалом;

- эксплуатационные систематические воздействия, обусловленные внутренним режимом помещений и изменчивостью наружного климата, т.е. на естественную деструкцию утеплителя накладываются дополнительно влияния технологических и случайных эксплуатационных факторов.

Поэтому естественный процесс его старения, медленно протекающий во времени, может сильно ускоряться. Чтобы продлить безремонтный срок эксплуатации утеплителя в наружных ограждающих конструкциях, целесообразно расчетные значения коэффициентов теплопроводности дополнительно увеличить на 15-20%.

При проектировании наружных стен необходимо использовать конструктивные решения, обеспечивающие доступ к теплоизоляционному слою для проведения восстановительных работ.

Согласно новым нормам, толщину теплоизоляционного слоя в стенах и панелях приходится увеличивать. При увеличенной толщине утеплителей в стенах возрастают усадочные и температурные деформации, что приводит к образованию более заметных трещин, разрывам контактных зон с конструктивными материалами, изменяется воздухопроницаемость, паропроницаемость и, в конечном итоге, снижаются теплозащитные качества наружных ограждающих конструкций.

В северных регионах страны с коротким холодным летом стены с увеличенной толщиной теплоизоляции не успевают войти в квазистационарное влажностное состояние, что может привести к систематическому накоплению влаги и ускоренному морозному разрушению, снижению срока службы и более частым капитальным ремонтам.

Все утепляющие материалы хороши сами по себе там, где нет массопереноса (стальная труба) или где средне зимняя наружная температура не переходит через ноль градуса Цельсия (т.к. нет точки росы в толще утеплителя, то нет замерзания и разрушения утепляющего материала).

Поскольку в Алтайском крае средняя зимняя температура минус 18°C, то точка росы всегда попадает на слой утеплителя или на границу между утеплителем и несущей стеной. Поэтому, с одной стороны, утеплитель разрушается из-за образующегося в толще утеплителя слоя льда и сил морозного пучения.

С другой стороны, наличие влажного слоя на границе между утеплителем и несущей стеной, не позволяет за летний период высушить эту зону в существующих конструкциях утепляющих слоёв, что с годами ведёт к возрастанию скорости разрушения утеплителей (их деструкции).

Опыт эксплуатации наружных стеновых панелей в панельных зданиях подтверждает этот факт [1].

Поэтому возникает необходимость разработки конструкций и технологии устройства утепляющего слоя лишённого этих недостатков.

Для проведения эксперимента в климатическом павильоне, рядом с лабораторным корпусом АлтГТУ, была собрана испытательная установка, имитирующая различные варианты внутреннего утепления существующих стен здания.

Одна из стен климатического павильона была условно разделена по ширине на три равных части. На границах смежных частей были установлены перегородки – деревянные бруски 150×40 мм.

В каждую из трех закладок был помещен, отличный от двух других, теплоизоляционный материал.

В закладку у левого края стены были помещены два слоя минеральной ваты «URSA» толщиной по 50 мм, средняя закладка имела в качестве утеплителя непрессованные пенополистирольные гранулы, а третья – два листа прессованного пенополистирола 50 мм толщиной каждый.

После окончания сборки испытательной установки в климатический павильон был помещен котел для создания разности температур снаружи и внутри павильона.

Котел, с помощью резиновых шлангов, был соединен с двумя батареями, находящимися в павильоне. Соединение было выполнено таким образом, чтобы обеспечить циркуляцию горячей воды из котла в батареи и обратно.

Для наблюдения за температурой внутри павильона установлены термометры термомоментные, которые автоматически поддерживают заданную температуру, наподобие инкубатора, с разницей в 1°. Показания термометров фиксировано задаются вручную.

Для получения данных о температуре, в каждой из трех закладок испытательной установки были установлены датчики температуры – хромель-копелевые термопары в наиболее характерных точках – границах раздела

сред с различными коэффициентами теплопроводности.

В каждой из закладок было установлено 12 термопар, на трёх уровнях. Три термопары были прикреплены непосредственно к внутренней стороне стены климатического павильона, на трёх уровнях высоты, затем устанавливался 1-й слой минеральной ваты, и к ней крепились ещё 3 термопары. Затем 2-й слой минеральной ваты, к ней крепились ещё 3 термопары, после этого, устанавливался лист гипсокартона, на котором снова закреплялись 3 термопары.

Аналогичным способом крепились термопары на листах пенополистирола. Устанавливались термопары и в гранулированном пенополистироле.

В целом испытательная установка была оборудована 36 термопарами.

Измерение температур с помощью термопар (термоэлементов) основано на следующем явлении.

Если в замкнутой цепи, состоящей из двух различных проводников (термоэлектродов) а и б (рисунок 1), точки спаив имеют различную температуру t и t_0 , то в цепи появится электродвижущая сила, называемая термо-э.д.с. Ее величина E_{ab} будет равна разности двух действующих навстречу термо-э.д.с., появляющихся на концах 1 и 2 и зависящих от температуры спаев.

Формула, выражающая эту зависимость

$$E_{ab}(t, t_0) = e_{ab}(t) - e_{ab}(t_0), \quad (1)$$

а поскольку $e_{ab}(t)$ и $e_{ab}(t_0)$ зависят от температуры, то

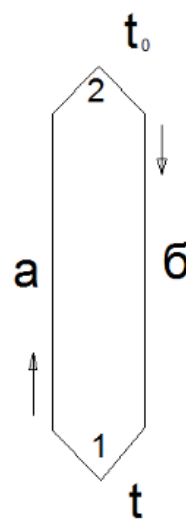


Рисунок 1 – Термоэлемент

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ РАЗЛИЧНЫХ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ В ПРОЦЕССЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ

$$E_{аб(t,t_0)} = f(t) - f(t_0). \quad (2)$$

При равенстве температур обоих спаев результирующая термо – э.д.с. будет равна нулю. Зависимость ее от температуры спаев может быть найдена только опытным путем (при градуировке).

Электродвижущая сила, развиваемая термопарой невелика (60-70 мкВ/град), но вполне достаточна для измерения температуры с необходимой точностью.

При постоянстве температуры одного из спаев измерение неизвестной температуры сводится к измерению термо-э.д.с. $E_{аб(t,t_0)}$.

Предположим $t_0 = \text{const}$, то

$$E_{аб(t,t_0)} = f(t). \quad (3)$$

С увеличением разности температур обоих спаев результирующая термо-э.д.с. в цепи растет.

Для небольшого интервала температур отклонение стрелки гальванометра, включенного в цепь термопары, пропорционально этой разности.

Зная термо-э.д.с., можно легко по градуировочным таблицам найти указанную разность, а при постоянной температуре одного из спаев – температуру другого или, в конечном счете, температуру измеряемой среды.

Чтобы измерения наиболее соответствовали действительным, следует избегать значительных искажений температурного поля в ограждениях. Поэтому датчики желательно применять наименьшие по размерам и с незначительной теплоемкостью. Выводы от датчиков должны быть рассредоточены и иметь небольшое сечение.

При установке на поверхности конструкции желательно чтобы цвет датчиков был близок к цвету поверхности.

Следует также уделять особое внимание обеспечению хорошего теплового контакта термоприемника (спая термопары) с поверхностью. Термоприемник в этом случае находится на разделе двух сред – твердой и газообразной с различными температурами.

Теплообмен между термоприемником и окружающей средой должен быть минимальным, ибо заметный отток теплоты от чувствительного элемента может внести ощутимые погрешности в измерения.

Для уменьшения оттока теплоты по электродам желательно небольшой участок проводов у спая прижать к измеряемой поверхности, а термоэлектроды для изготовле-

ния термопар по возможности брать небольшого диаметра.

Крепление датчиков к конструкциям может быть осуществлено алебастром или пластилином. Следует иметь в виду при этом, что дополнительный слой алебаstra или пластилина на поверхности конструкции может исказить температурное поле вблизи датчиков (температура поверхности в точках крепления будет иная, чем в других точках), крепить их, поэтому следует минимально не обходимым количеством по толщине, в противном случае измерения будут неточными [2].

Далее, были подключены выводы термопар к измерительным приборам ИТ-6. Приборы через провода подключались к адаптеру сети АС-2. Адаптер подключался через USB порт к персональному компьютеру.

На персональном компьютере была произведена установка программного обеспечения для измерительных приборов, а также задан режим опроса приборов, т.е. через каждые пять минут одновременно на компьютер записывалась информация о значениях температур каждой термопары (38 штук).

Результаты всех измерений, а так же показания приборов, фиксировались ежедневно, в один и тот же промежуток времени, в течение всего отопительного периода.

Все данные для удобства их дальнейшей обработки были сведены в сводные таблицы, по которым впоследствии были построены графики (смотреть приложения).

Эксперимент проводился при температуре внутри павильона $t = +20^{\circ}\text{C}$, температура воздуха снаружи менялась в зависимости от периода года, так как измерения проводились в зимний период, то значения температуры на улице практически было ниже нуля (отрицательные значения).

В результате исследований были подсчитаны коэффициенты теплопроводности для различных утеплителей (пенополистирол листовой, пенополистирол гранулированный, минеральная вата) по формуле

$$\lambda = \Delta t_{общ} / R_{утеп}, \quad (4)$$

где $\Delta t_{общ}$ – разность температур на внутренней и наружной поверхности стены, $^{\circ}\text{C}$; $R_{утеп}$ – термическое сопротивление утеплителя, $\text{Вт/м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}$

$$R_{утеп} = R_{общ} - R_{17} - R_{30} - R_{20} - R_{гк},$$

где $R_{\text{общ}}$ – термическое сопротивление всей стены, $\text{Вт/м}^2\cdot^{\circ}\text{C}$; R_{17} – термическое сопротивление I-го участка стены, $\text{Вт/м}^2\cdot^{\circ}\text{C}$; R_{20} – термическое сопротивление III-го участка стены, $\text{Вт/м}^2\cdot^{\circ}\text{C}$; R_{30} – термическое сопротивление II-го участка стены, $\text{Вт/м}^2\cdot^{\circ}\text{C}$; $R_{\text{гк}}$ – термическое сопротивление гипсокартона, $\text{Вт/м}^2\cdot^{\circ}\text{C}$.

Рассчитав термическое сопротивление стены для графиков в моменты стационарности режима за отопительный период, была определена теплопроводность утепляющих материалов от разницы температур воздуха внутри и снаружи помещения.

Коэффициент теплопроводности составил:

для минеральной ваты – в диапазоне от 0,09 до 0,11 $\text{Вт/м}^{\circ}\text{C}$;

для листового пенополистирола – в диапазоне от 0,079 до 0,084 $\text{Вт/м}^{\circ}\text{C}$;

для гранулированного пенополистирола – в диапазоне от 0,039 до 0,06 $\text{Вт/м}^{\circ}\text{C}$.

Данные результаты говорят о том, что в течение отопительного периода листовой пенополистирол и минеральная вата теряют свой гарантированный производителем коэффициент теплопроводности, с 0,05 до 0,08 для пенопласта и с 0,05 до 0,09 для минваты.

Более того, в течение времени коэффициент теплопроводности будет стремительно возрастать, а термическое сопротивление утепляющих материалов (минваты, пенопласта) в конструкции стены понизится, и не будет удовлетворять нормам нормативных документов (СниП).

Коэффициент теплопроводности гранул пенополистирола лежит в диапазоне от 0,04 до 0,06 в течение всего отопительного периода. Что говорит о том, что данный утепли-

тель эффективен в процессе эксплуатации здания.

Запатентованная конструкция утепления стены с засыпным утеплителем (гранулированный пенополистирол) имеет ряд преимуществ перед другими типами утепления [3].

Конструкция позволяет вентилировать насыпной утеплитель, удаляя из него влагу, имеет нулевое сопротивление паропроходимости, что необходимо для комфортного микроклимата в помещении.

Конструкция максимально долговечна, легка в монтаже, ремонтпригодна, и обеспечивает автоматический тепловой контакт утеплителя со стеной, т.е. поддерживается постоянное термическое сопротивление утеплителя в течение всего периода эксплуатации здания.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лобов, О. И. Фактическая и прогнозируемая долговечность пенополистирольных плит в наружных ограждающих конструкциях зданий / О. И. Лобов, А. И. Ананьев, В. П. Можаяев // Промышленное и гражданское строительство. – 2003. – № 4. – С. 54.
2. Гурьев, М. Е. Тепловые измерения в строительной теплофизике / М. Е. Гурьев. – Киев : Высшая школа, 1976. – 128 с.
3. Патент РФ № 200513696/03, 28.011.2005. Титов М.М., Хатина Е.В. Способ утепления наружной стены здания // Патент России № 230735. 2007. Бюл. № 25.

Хатина Е.В. – старший преподаватель кафедры «Технология и механизация строительства» ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И.И. Ползунова, E-mail: katrin210180@mail.ru.