

ТЕПЛОИЗОЛЯЦИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

УДК 691:699.86

Соха В.Г., доктор техн. наук, Лауреат государственной премии в области науки и техники, генеральный директор, «Хенкель-Баутехник (Украина)», г. Киев

Карапузов Є.К., канд. техн. наук., Лауреат государственной премии в области науки и техники, заместитель генерального директора по техническим вопросам, «Хенкель-Баутехник (Украина)», г. Киев

Менейлюк А.И., доктор техн. наук, профессор;

Бабий И.Н., канд. техн. наук, доцент, Одесская государственная академия строительства и архитектуры, г. Одесса

ДОЛГОВЕЧНОСТЬ СИСТЕМ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИИ ИЛИ ВСЕ-ТАКИ ЭКСПЛУАТАЦИОННАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ

Участвуя в тендерах на устройство систем теплоизоляции, практически всегда можно услышать от участников: «Наша система более долговечная», как один из наиболее весомых аргументов. На вопрос, что же понимается под долговечностью, объяснение сводится в основном к оценке внешнего вида.

Давайте попробуем разобраться, так ли это на самом деле. Никому не придет в голову оценивать долговечность обуви по долговечности металлических заклепок, а в системах теплоизоляции навязывается такое мнение.

Если оценивать состояние защитно-декоративного слоя, которое безусловно является одним из факторов, влияющих на долговечность системы, тогда по каким признакам его определять: по появлению микротрещин, трещин, частичному или полному разрушению? Где та грань, которая характеризует долговечность системы?

Опыт показывает, что появление микротрещин или даже трещин в защитно-декоративном слое – это еще не значит, что система неспособна выполнять свое функциональное назначение – сохранять тепло и обеспечивать комфортные условия проживания.

Поэтому оценивать систему и ее работоспособность необходимо по эксплуатационной эффективности, которая характеризуется целым рядом показателей: теплопроводность утеплителя, водопоглощение защитного отделочного слоя, сопротивление удару, паропроницаемость защитного отделочного слоя, прочность сцепления защитно-отделочного слоя с утеплителем и др. Изменение этих показателей в процессе эксплуатации в конечном итоге приводит к снижению сопротивления теплопередачи системы. В связи с этим, наверное, будет правильным оценивать эксплуатационную эффективность по показателю сопротивления теплопередачи системы.

Испытания скрепленной системы теплоизоляции в аппарате искусственной погоды с утеплителем разной плотности (в данном случае пенополистирола) показало, что эксплуатационная эффективность системы в основном зависит от данного показателя.

В ходе проведения исследований было установлено, что зависимость величины теплопроводности утеплителя от факторов x_1 (плотности утеплителя) и x_2 (число циклов), практически, имеет такой же характер влияния, что и для сопротивления теплопередаче всей

системы. Это еще раз подтверждает тот факт, что сопротивление теплопередаче всей системы скрепленной теплоизоляции в большей мере определяется коэффициентом теплопроводности утеплителя данной системы.

Так, изменение теплопроводности утеплителя системы теплоизоляции λ_y (Вт/м °С) адекватно описывается моделью приведенной ниже при $s_9 = 0,0002$.

$$\lambda_y\{\text{ППС I}\} = 0,042 - 0,003x_1 * - 0,001x_1x_2 * + 0,005x_2$$

Графическое отображение модели $\lambda_y\{\text{ППС I}\}$ представлено на рисунке 1. Анализ полученных данных позволяет сделать вывод о том, что увеличение количества циклов климатических воздействий отрицательно сказывается на теплопроводности утеплителя (теплопроводность увеличивается). В свою очередь, увеличение плотности утеплителя с 15 до 35 кг/м³, напротив – положительно сказывается на теплопроводности утеплителя (теплопроводность уменьшается).

Этот феномен уменьшения теплопроводности при увеличении плотности утеплителя, возможно, объяснить тем, что более плотный пенополистирол, примененный в исследованиях, обладает определенным характером пор. Они отличаются большим количеством мелких ячеек-пор (кластерные образования) на единицу объема, чем в пенополистироле с меньшей плотностью. Вследствие чего, возможно предположить, происходит увеличение пути движения тепловых потоков, которые двигаются по поверхностям разделов кластерных образований. При этом

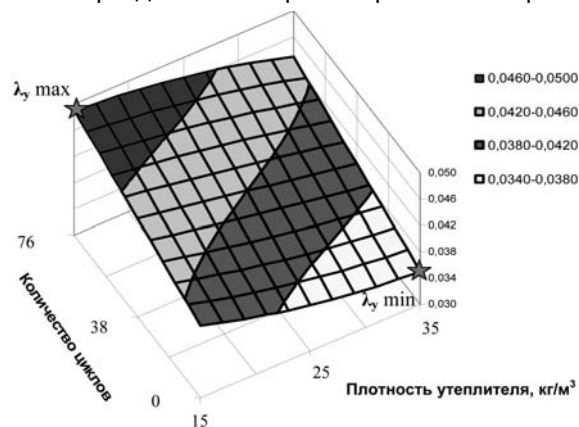


Рис. 1. Влияние плотности утеплителя и количества циклов климатических воздействий на теплопроводность пенополистирольного утеплителя

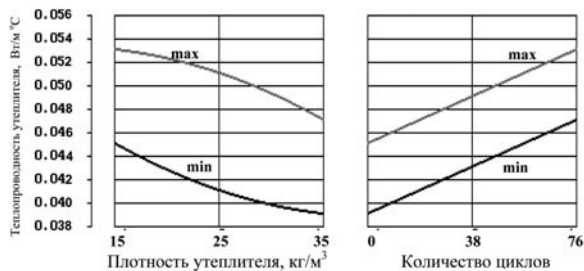


Рис. 2. Влияние факторов в зоне максимума (max) и минимума (min) на коэффициент теплопроводности материала утеплителя

уменьшается теплообмен, т.е. происходит, своего рода, «гашение» теплового потока. Вторым моментом, в самих ячейках порового малого диаметра, согласно законам теплофизики, практически, невозможно движение воздуха, т.е. затруднена теплопередача конвекцией и лучеиспусканием, что и приводит к уменьшению теплопроводности. И третий момент, данный утеплитель, как показали исследования, менее подвержен отрицательному влиянию циклических климатических воздействий, в частности знакопеременных температур, а также увлажнению.

Однофакторные зависимости, отражающие влияние факторов на теплопроводность утеплителя в зоне максимальных ($\lambda_{y,max} = 0,049$ Вт/м °С, $x_1 = -1$, $x_2 = +1$) и минимальных ($\lambda_{y,min} = 0,035$ Вт/м °С, $x_1 = +1$, $x_2 = -1$) значений представлены на рисунке 2.

На рис. 2. видно, что теплопроводность утеплителя при изменении плотности с 15 до 35 кг/м³ уменьшается в среднем по полям max и min на 14 %, с 0,0491 до 0,0432 Вт/м °С.

В свою очередь увеличение количества циклов климатических испытаний до 76, приводит к увеличению теплопроводности, практически, в линейной зависимости. Так от 0 циклов до 38 циклов теплопроводность в области минимальных значений увеличивается на 10 %. Дальнейшее увеличение количества циклов климатических испытаний до 76, приводит к увеличению теплопроводности на 9.3 %. Практически аналогичная зависимость наблюдается и в области максимальных значений.

Дальнейшие исследования по воздействию количества циклов и плотности материала вне зоны факторного пространства (свыше 76 циклов) на коэффициент теплопроводности материала согласно графических зависимостей экспериментальных данных, позволили установить следующее, рис.3. При испытании системы теплоизоляции в аппарате искусственной погоды в течение 152 циклов при плотности материала 15 кг/м³ теплопроводность $\lambda_{y}\{\text{ППС I}\}$ равняется 0,07 Вт/м °С, что в 1,4 раза больше по сравнению с 76 циклами воздействия климатических факторов, рис. 3.

В то же время, при плотности материала утеплителя 25 кг/м³ теплопроводность $\lambda_{y}\{\text{ППС I}\}$ увеличилась на 25 %, а при плотности материала 35 кг/м³ - на 23 % и составляет $\lambda_{y}\{\text{ППС I}\} = 0,052$ Вт/м °С. Интересно отметить тот факт, что для плотностей материала утеплителя 25 и 35 кг/м³ интенсивное увеличение теплопроводности утеплителя наблюдается при 130–140 циклах. В то же время для плотности 15 кг/м³ эта зависимость наблюдается уже при 110 циклах. Это обстоятельство

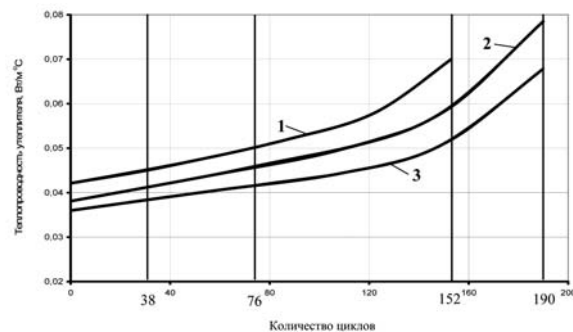


Рис. 3. Влияние количества циклов на теплопроводность пенополистирольного утеплителя 1- плотность утеплителя 15 кг/м³; 2- плотность утеплителя 25 кг/м³; 3- плотность утеплителя 35 кг/м³

свидетельствует о нарушении целостности материала утеплителя, вследствие насыщения его влагой.

Эвристический анализ изменения теплопроводности материала утеплителя ТСТФ, в случае влияния на нее циклов климатических воздействий, позволил вывести биквадратные уравнения (уравнения 4-ой степени) с уровнем аппроксимации $R^2=1$:

для плотности материала утеплителя 15 кг/м³:

$$\lambda_{y}\{\text{ППС I}\} = 2 \cdot 10^{-10} x^4 - 4 \cdot 10^{-8} x^3 + 3 \cdot 10^{-6} x^2 + 3 \cdot 10^{-5} x + 0,038; \quad (I)$$

для плотности материала утеплителя 25 кг/м³:

$$\lambda_{y}\{\text{ППС I}\} = 1 \cdot 10^{-12} x^5 - 5 \cdot 10^{-10} x^4 + 6 \cdot 10^{-8} x^3 - 3 \cdot 10^{-6} x^2 + 0,0001x + 0,038; \quad (II)$$

для плотности материала утеплителя 35 кг/м³:

$$\lambda_{y}\{\text{ППС I}\} = 1 \cdot 10^{-14} x^6 - 7 \cdot 10^{-12} x^5 + 1 \cdot 10^{-9} x^4 - 1 \cdot 10^{-7} x^3 + 4 \cdot 10^{-6} x^2 + 2 \cdot 10^{-5} x + 0,036 \quad (III)$$

где x – количество циклов климатических испытаний в аппарате искусственной погоды.

С помощью уравнений I, II и III можно прогнозировать теплопроводность материала утеплителя при воздействии определенного количества циклов климатических факторов, и, таким образом, определять долговечность системы.

Выводы: Плотность утеплителя является одним из определяющих факторов, влияющих на эксплуатационную эффективность систем скрепленной теплоизоляции.

Этот фактор необходимо учитывать при принятии решения по утеплению зданий и сооружений, как один из тех, что определяет еще и эксплуатационные затраты, связанные с восстановлением системы теплоизоляции.

Эксплуатационная эффективность систем теплоизоляции должна оцениваться по совокупности критериев, но, в первую очередь – по возможности теплоизоляционного слоя выполнять функциональное назначение.

ЛИТЕРАТУРА:

1. ДБН В.2.6-31:2006. Конструкції будинків та споруд. Теплова ізоляція будівель.- К.: Мінбуд України, 2006. - 64 с.
2. Система скріпленої зовнішньої теплоізоляції будівель і споруд «Ceresit. 2-ге видання, доповнене і перероблене»: Посібник по проектуванню, монтажу і експлуатації системи / В.Г. Соха, Є.К.Карапузов, О.М. Лівінський, Б.С. Дамаскін, М.Ф. Друкований – К.: МП «Леся», 2009. – 280 с.: іл.
3. Утеплення фасадів: Підручник / В.Г. Соха, Є.К. Карапузов, – К.: Вища освіта, 2007. – 319 с.: іл.