

ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИИ

Писклич Мария Андреевна

магистр технических наук, Ухтинский государственный технический университет - УГТУ, РФ,
г. Ухта

ASSESSMENT OF THE RELIABILITY OF THERMAL INSULATION

Maria Pisklich

Master of Engineering Ukhta State Technical University - USTU, Russia, Ukhta

Аннотация. Один из основных факторов эксплуатационной надежности и долговечности здания – сохранение теплоизоляционных качеств ограждающих конструкций. Гарантированный срок службы теплоизоляции, по словам производителей, составляет порядка 50 лет. Однако в процессе эксплуатации под действием деструктивных факторов коэффициент теплопроводности и плотность теплоизоляционных материалов в результате слеживаемости увеличиваются. Это непосредственно влияет на изменение срока службы теплоизоляции в отличие от паспортных значений. Следовательно, надежность теплоизоляционного слоя меньше, нежели гарантированная в паспорте материала.

Abstract. One of the main factors of operational reliability and durability of a building is the preservation of the heat-insulating qualities of building envelopes. The guaranteed service life of thermal insulation, according to manufacturers, is about 50 years. However, during operation under the influence of destructive factors, the thermal conductivity coefficient and the density of thermal insulation materials increase as a result of caking. This directly affects the

change in the service life of thermal insulation, in contrast to the passport values. Therefore, the reliability of the thermal insulation layer is less than that guaranteed in the material certificate.

Ключевые слова: теплоизоляция; коэффициент теплопроводности; срок службы; долговечность.

Keywords: thermal insulation; coefficient of thermal conductivity; service life; durability.

Цель данной работы – оценить надежность теплоизоляционного материала путем анализа изменения коэффициента теплопроводности теплоизоляции за период эксплуатации, как основного критерия долговечности материала.

Цель работы достигается посредством проведения эксперимента по определению коэффициента теплопроводности теплоизоляционного материала.

Метод измерения теплопроводности основан на принципе регулярного режима и устанавливает зависимость температуры помещенного в материал нагреваемого тела (зонда) от теплопроводности окружающего его материала.

Измерение теплопроводности производится с помощью цифрового мультиметра с тепловым цилиндрическим зондом постоянной электрической мощности нагрева по измерению его температуры за определенный интервал времени.

Величину теплопроводности определяют расчетным путем по результатам измерений.

Принцип регулярного режима при использовании теплового цилиндрического зонда постоянной мощности предусматривает, что изменение температуры зонда во времени подчиняется экспоненциальному закону. В связи с этим для расчета коэффициента теплопроводности используется формула:

$$\lambda = A \frac{\ln\left(\frac{t_n}{t_m}\right)}{R_m - R_n} \quad (1.1)$$

где λ – коэффициент теплопроводности, Вт/(м·°С);

A – аппаратный фактор прибора;

t_n, t_m – фиксированные отчеты времени в минутах, выбираются при условии $t_n / t_m = 2$;

R_m, R_n

– фиксированные температуры в условных единицах.

$$\Delta R_i$$

Для фактических расчетов определяют среднеарифметическое значение

по трем парам

фиксированных измерений:

$$R_m - R_n = \frac{1}{3} \sum \Delta R_i = \frac{1}{3} [(R_2 - R_4) + (R_{2.5} - R_5) + (R_3 - R_6)]$$

(1.2)

Величина аппаратного фактора зависит от вида материала, его температуры в начале испытаний, контакта с зондом и рассчитывается по формуле

$$A = R_0 \cdot [K + \alpha \cdot c \cdot p_m]$$

(1.3)

$$R_0$$

где

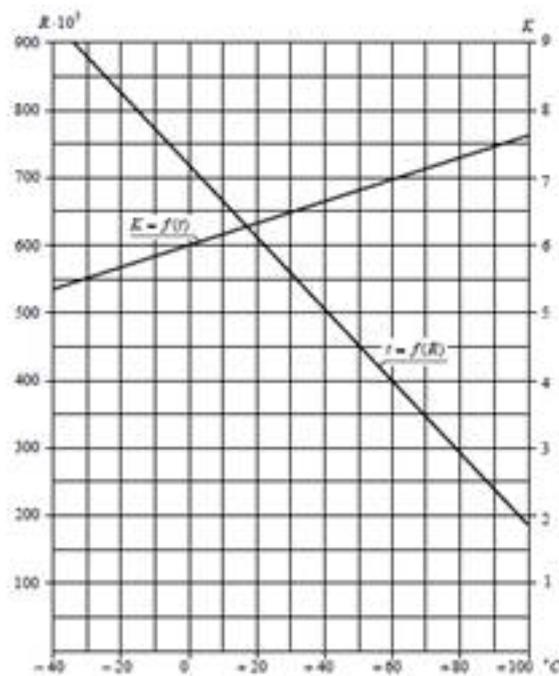
– температура среды испытания в начальный момент времени, условные единицы;

K – удельная мощность нагрева зонда, зависит от начальной температуры и определяется по

$$K = f(t)$$

графику

(Рисунок 20);



$$t = f(K), K = f(t)$$

Рисунок 1. График зависимостей

α

где

- коэффициент теплообмена в зоне контакта, м²/час, для пористых теплоизоляционных

$$\alpha = 0,00175$$

материалов

c - удельная теплоемкость материала, кДж/(кг·°С); для каменной ваты $c = 0,8$ кДж/(кг·°С), для пенополистирола $c = 1,65$ кДж/(кг·°С).

ρ_m

- средняя плотность материала, кг/м³.

Расчетная формула коэффициента теплопроводности имеет вид:

$$\lambda = R_0 \cdot [K + \alpha \cdot c \cdot \rho_m] \cdot \frac{\ln\left(\frac{t_n}{t_m}\right)}{\frac{1}{3} \sum \Delta R_i \cdot 10^3}$$

(1.4)

Объектом исследования послужили высококачественный негорючий тепло - и звукоизоляционный материал из каменной ваты марки LINEROCK. Данный материал применяют в качестве теплоизоляционного слоя в фасадных системах с воздушным зазором. Плотности образцов минераловатных утеплителей, согласно паспорту, равны 30 кг/м³ (далее по тексту минеральная вата 1) и 50 кг/м³ (далее по тексту минеральная вата 2), коэффициенты теплопроводности равны соответственно 0,037 и 0,036 Вт/(м·°С).

Для проведения эксперимента были подготовлены образцы - кубики, которые подвергались 4-х часовому замораживанию. Далее в толще образца просверливается отверстие, соответствующее длине и диаметру зонда прибора, обеспечивая максимальный контакт. При помощи измерителя теплопроводности цифровым мультиметром были проведены замеры температуры в толще утеплителя согласно методике проведения эксперимента.



Рисунок 2. Ход эксперимента

Данные изменения температур в ходе эксперимента представлены в таблице 1.

Таблица 1.

Изменения температур материала в ходе эксперимента

Наименование материала	R после минут, °C	2R после минуты, °C	2,5R после минут, °C	3R после минут, °C	4R после минут, °C	после минут, °C
Каменная вата плотностью 33,6 кг/м ³ (1 замер)	13,8	13,0	12,5	12,2		12,4
Каменная вата плотностью 33,6 кг/м ³ (2 замер)	13,7	13,1	12,8	12,7		13,1
Каменная вата плотностью 33,6 кг/м ³ (3 замер)	13,8	12,8	13,3	11,9		12,2
Каменная вата плотностью 54,7 кг/м ³ (1 э замер)	13,3	12,6	12,1	11,4		11,2
Каменная вата плотностью 54,7 кг/м ³ (2 замер)	12,8	12,0	11,3	10,4		10,1
Каменная вата плотностью 54,7 кг/м ³ (3 замер)	10,9	10,0	09,2	08,3		08,0

Для расчетов коэффициента теплопроводности сперва необходимо найти параметр А – величину аппаратурного фактора по формуле (1.3)

Для минеральной ваты 1 величина аппаратурного фактора равна $A = 134,55$.

Для минеральной ваты 2 величина аппаратурного фактора равна $A=134,04$.

Собрав необходимые данные рассчитывается коэффициент теплопроводности.

Для минеральной ваты № 1:

1 замер:

$$R_m - R_n = \frac{1}{3} \sum \Delta R_i = \frac{1}{3} [(13,3 - 11,4) + (12,6 - 11,2) + (12,1 - 11,3)]$$

$$R_m - R_n = \frac{1}{3} \sum \Delta R_i = \frac{1}{3} [4,1]$$

$$R_m - R_n = 1,36$$

Расчетная формула коэффициента теплопроводности имеет вид:

$$\lambda = 134,55 \cdot \frac{0,693}{1360}$$

$$\lambda = 0,068 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C})$$

$$\lambda = 0,052 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C})$$

2 замер:

$$\lambda = 0,051 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C})$$

3 размер:

По данным трех замеров найдем среднее арифметическое значение коэффициента теплопроводности.

$$\lambda_1 = (0,068 + 0,052 + 0,051):3$$

$$\lambda_1 = 0,057 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C})$$

Для минеральной ваты № 2:

$$\lambda_1 = 0,116 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{С})$$

Замер 1:

$$\lambda = 0,116 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{С})$$

Замер 2:

$$\lambda = 0,111 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{С})$$

Замер 3:

По данным трех замеров найдем среднее арифметическое значение коэффициента теплопроводности.

$$\lambda_1 = (0,116 + 0,116 + 0,111):3$$

$$\lambda_1 = 0,114 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{С})$$

Коэффициент теплопроводности минеральной ваты 1 увеличился с 0,037 Вт/(м·°С) на 0,057 Вт/(м·°С), коэффициент теплопроводности минеральной ваты 2 увеличился с 0,036 Вт/(м·°С) на 0,114 Вт/(м·°С). Коэффициент теплопроводности увеличился в большей степени у мягкой каменной ваты.

Определим срок службы навесного вентилируемого фасада. В качестве утеплителя примем материал, изучаемый в эксперименте. Для расчета примем следующую конструкцию (Рисунок 3)

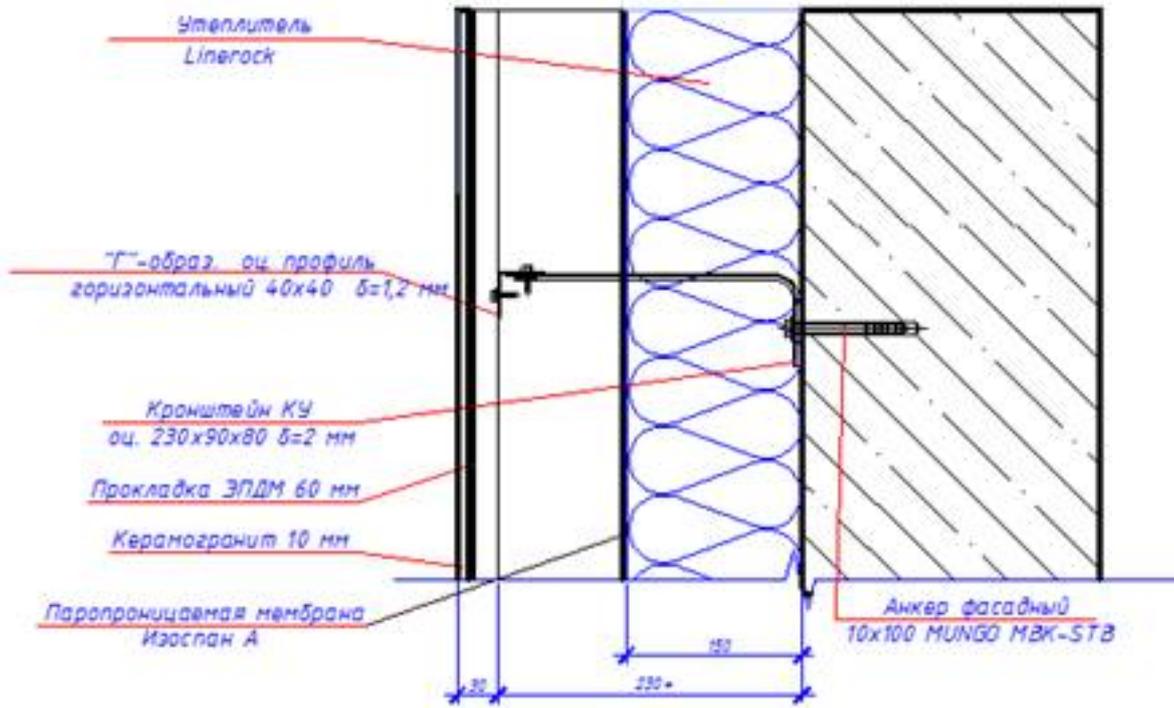


Рисунок 3. Конструкция навесного вентилируемого фасада

Таблица 2.

Теплотехнические показатели наружной несущей стены в начальный период эксплуатации

Наименование материала слоя	Толщина слоя δ_i , м	Плотность γ , кг/м ³	Коэффициент теплопроводности λ_i , Вт/(м·°С)	опр и
Внутренний пограничный слой воздуха $1/\alpha_{в} = 1/8,7$				
Глиняный кирпич	0,38	1800	0,5	
Теплоизоляционный материал	0,15	50	0,037	
Воздушный зазор	0,05	1,205	2,59	
Керамогранит	0,008	2400	0,31	
Наружный пограничный слой воздуха $1/\alpha_{н} = 1/23$				

Нормируемое сопротивление теплопередачи наружной ограждающей стены, из условия

энергосбережения $R_{тр}$

$$= 3,92 \text{ Вт/ м}^2\cdot\text{°C}$$

$$\lambda_0 = 0,037$$

В начальный момент времени

$$\lambda = 0,057$$

Вт/ м·°C, спустя 11 лет

Вт/ м·°C.

Найдем коэффициент зависимости приращения коэффициента теплопроводности от времени испытаний.

$$K_\lambda = \frac{\lambda - \lambda_0}{t_{и}}$$

$$K_\lambda = \frac{0,057 - 0,037}{11}$$

$$K_\lambda = 0,0018$$

Найдем приращение коэффициента теплопроводности за год по формуле

$$1 = \frac{\Delta\lambda}{0,0018}$$

$$\Delta\lambda = 0,0018 \text{ Вт/ м}^{\circ}\text{C}$$

Найдем критическое значение коэффициента теплопроводности

$$\lambda_{кр} = \frac{\sigma_{т.и.}}{R_{т.и.}} = \frac{\sigma_{т.и.}}{R_{ТО}^{тр} - R_{ТО}^0},$$

(1.5)

$\sigma_{т.и.}$

где

- толщина теплоизоляционного слоя, м;

$R_{ТО}^{тр}$

- требуемое сопротивление теплопередаче наружного ограждения, м²·°C/Вт;

R_{TO}^0

- общее сопротивление теплопередачи конструкции за вычетом слоя теплоизоляции.

$$\lambda_{кр} = \frac{0,15}{3,92 - 0,96}$$

$$\lambda_{кр} = 0,05 \text{ Вт/ м} \cdot \text{°С}$$

Определим срок службы фасадной системы.

$$t = \frac{\Delta\lambda_{кр}}{\Delta\lambda_{год}} = \frac{\lambda_{кр} - \lambda_0}{\Delta\lambda_{год}}$$

$$t = \frac{0,05 - 0,037}{0,0018}$$

$$t = 7,2 \text{ года}$$

Согласно подсчетам срок службы рассматриваемой фасадной системы равен 7,2 года.

Различие между паспортным (50 лет) и фактическим сроком службы (7,2 года) составляет 42 года. Вскрытие фасадов показывает, что накопленная за осенний период влага с наступлением зимы замерзает и разрывает волокна и воздушные камеры материала. После истечения данного срока свойства теплоизоляционного материала начнут ухудшаться: плотность и коэффициент теплопроводности будут увеличиваться, следовательно, теплоизоляционные качества всей системы будут снижаться. Для снижения энергопотребления конструкций необходимо, прежде всего, дальнейшее совершенствование теплоизоляционных материалов. Кроме того, необходимо тщательно соблюдать технологию монтажа теплоизоляционных материалов и правила их хранения.

Список литературы:

1. Гуюмджян, П.П. Исследование теплофизических свойств пенополисти-рола при его старении / П.П. Гуюмджян, С.В. Коканин, А.А. Пискунов. - «Строительство и реконструкция», 2011. - №2. -С. 69-76.
2. Коканин, С.В. Исследование долговечности теплоизоляционных мате-риалов на основе пенополистирола: дис. ...канд. техн. наук: 05.23.05/ С.В. Коканин. - Иваново, 2011.
3. Ли, А.В. Долговесность энергоэффективных полимерсодержащих ограждающих конструкций: дис. ...канд. техн. Наук: 05.23.01 / А.В. Ли - Хабаровск, 2003.

4. Эмануэль, Н. М. Задачи фундаментальных исследований в области старения и стабилизации полимеров / Н. М. Эмануэль. - Таллин, 1970. - 38 с.).