

Исследование пенофола как теплоизолирующего материала

Д.В. Алимов
А.М. Цирлин

Рассмотрим простейшую схему обогрева (рис. 1).

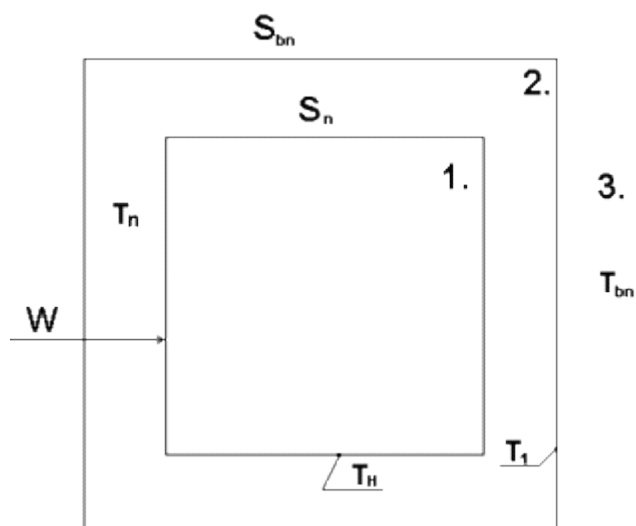


Рис. 1

где, 1. - нагреватель

2. - воздух в помещении

3. - внешняя среда

S_n и S_{bn} - площади поверхности нагревателя и помещения

T_n , $T_п$, $T_{вн}$, T_1 - температуры нагревателя, помещения, внешней среды и внутренней поверхности стенки

W - подводимая к нагревателю мощность.

В стационарном режиме вся подводимая энергия передается от нагревателя в помещение, а затем через изолирующую стенку рассеивается в окружающую среду.

Через термоизолирующую стенку проходят два потока тепла:

поток инфракрасного излучения

$$Q_1 = S_x K_x (T_x^4 - T_{ex}^4) \quad (1)$$

и объединенный поток теплотерь за счет конвекции и теплопередачи

$$Q_2 = S_{\varepsilon_n} K_m (T_n - T_{\varepsilon_n}) \quad (2)$$

Сумма этих потоков равна подводимой мощности

$$W = S_{\varepsilon_n} K_m (T_n - T_{\varepsilon_n}) + S_n K_r (T_n^4 - T_{\varepsilon_n}^4) 10^{-9} \quad (3)$$

При наличии фольги коэффициент K_l уменьшается тем больше, чем больше коэффициент отражения r .

$$K_r^0 = K_r (1 - r) \quad (4)$$

где K_r^0 и K_l коэффициенты в уравнениях (1), (3) при наличии и отсутствии фольги.

Уменьшение второго слагаемого в (3) приводит при той же температуре в помещении T_n к уменьшению мощности W или при фиксированной мощности к росту температуры T_n .

Отношение факторов эффективного теплового сопротивления для отражательной изоляции и для вспененного полиэтилена, не покрытого фольгой, позволяет судить об эффективности отражательной изоляции при тех или иных условиях.

Результаты эксперимента

Для подсчета значений коэффициентов K_r и K_l в уравнении (3) была изготовлена на заводе ЛИТ в отделе метрологии установка, соответствующая схеме рисунка 1. При этом использован металлический зачерненный нагреватель с площадью поверхности $S_n = 0,135 \text{ м}^2$, наружная изоляция была сделана в одной серии экспериментов из пенофола, а в другой из вспененного полиэтилена той же толщины 4мм. Ее площадь $S_{вн} = 0,54 \text{ м}^2$. Температура воздуха T_n измерялась как средняя из температур под нагревателем, над ним и сбоку от него. Внешняя температура составляла $T_{вн} = 23^\circ\text{C}$.

В таблицах 1 и 2 приведены результаты измерений для отражательной изоляции (с фольгой) и без нее.

На основе проведенных экспериментов были построены зависимости разности температур в помещении и окружающей среде в функции потребляемой мощности (рис. 2) и найдены коэффициенты уравнения (3)

$$K_m = 0,98 \left[\frac{\text{Вт}}{^\circ\text{К} \cdot \text{м}^2} \right]$$

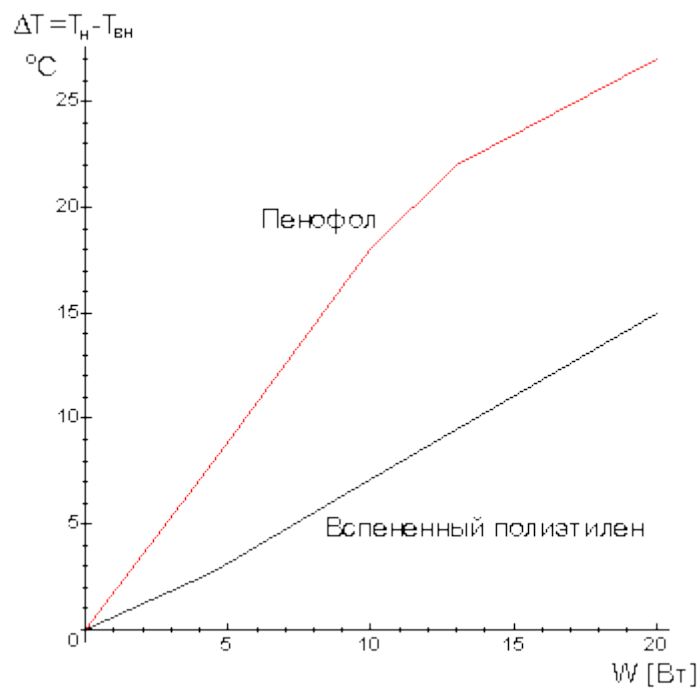


Рис. 2.

Для вспененного полиэтилена без фольги

$$K_r = 17,9 \cdot 10^{-9} \left[\frac{Вт}{°K^4 \cdot м^2} \right]$$

Для пенофола

$$K_r^0 = 2,22 \cdot 10^{-9} \left[\frac{Вт}{°K^4 \cdot м^2} \right]$$

Таким образом, по данным эксперимента коэффициент отражения фольги

$$r = 1 - \frac{K_r^0}{K_r} = 0,876$$

Использование полученных результатов

После подстановки найденных коэффициентов в уравнение (3) получили зависимости

$$W = S_{\epsilon_n} \cdot 0,98 \cdot (T_n - T_{\epsilon_n}) + S_n \cdot 17,9 \cdot (T_n^4 - T_{\epsilon_n}^4) 10^{-9} \quad (5)$$

$$W = S_{\epsilon_n} \cdot 0,98 \cdot (T_n - T_{\epsilon_n}) + S_n \cdot 2,22 \cdot (T_n^4 - T_{\epsilon_n}^4) 10^{-9} \quad (6)$$

первая из которых характеризует помещение, изолированное со всех сторон полиэтиленом, а второе то же, но при наличии отражательной изоляции. При этом нужно учесть, что толщина полиэтилена составляла 4 мм. При увеличении этой толщины в N раз можно в первом приближении считать, что каждый из коэффициентов в уравнениях (5), (6) уменьшается в N раз.

Литература.

1. Новиков, К.Д. Воскресенский Прикладная термодинамика и теплопередача , М., Госатомиздат, 1961.
2. Шилов Н.Д. Нагревательные элементы для конструкции теплый пол завода ЛИТ , Строительные материалы 1 (1999).
3. Ленни Борг Физика фольги. Теплотери и теплоприобретения в зданиях.