

# ИЗМЕРЕНИЕ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ ЗАЩИТНОГО ПЕННОГО ПОКРЫТИЯ

**Бачинский В.В. , к.т.н, с.н.с., Конык А.И., Мацьков А.В., Бойчук А.В.  
(Одесская государственная академия строительства и архитектуры,  
г.Одесса )**

В настоящее время актуальной остается проблема создания защитного покрытия, которое при нанесении на поверхность объекта эффективно сохраняло его тепло. Целью работы являлось решение данной задачи за счет создания теплоизоляционного покрытия в виде химической пены, которое содержит в своем составе три основных компонента, а именно: смолу; наполнитель; вспомогательные вещества.

Способ получения теплоизоляционных покрытий имеет сложную промышленную основу. В то же время нами химическим путем были получены соединения с высокоразвитой поверхностью, которые по своим свойствам могут быть использованы как теплоизоляционные покрытия. Эти соединения позволяют получить необходимые теплопоглощающие характеристики.

Для оценки теплопроводности покрытия мы использовали пирометр, принцип действия которого основан на преобразовании потока инфракрасного излучения от объекта, принимаемого чувствительным элементом, в электрический сигнал, пропорциональный спектральной плотности мощности потока излучения.



Рис.1. Измерение теплопроводности с помощью пирометра

Основные характеристики прибора: диапазон измеряемых температур от  $-20^{\circ}\text{C}$  до  $+500^{\circ}\text{C}$  ; дискретность показаний дисплея  $0,5^{\circ}\text{C}$  ; время измерения  $-0,5$  сек ; спектральный диапазон - 7... 18 микрон

Перенос энергии в слое пены осуществляется двумя физическими механизмами - молекулярной теплопроводности и излучения.

Молекулярной теплопроводностью теплота переносится как по каркасу пенного слоя, так и по газовым слоям (ячейка). Основное влияние на перенос энергии в слое оказывает структура пенного слоя, которая характеризуется его микропористостью. На теплопроводность пены оказывает влияние увеличение

числа газовых ячеек, а также химический состав каркаса пены (скелета пены).

Поскольку пена имеет достаточно высокую вязкость, то переносом тепла за счет конвекции возможно пренебречь. Задача сводилась к рассмотрению переноса тепла в одномерном слое пенного покрытия для плоской поверхности, имеющей температуру  $T_1$  и степень черноты  $E$ , параллельно расположенной поверхности, имеющей температуру  $T_2$  и степень черноты  $E_2$ . Расстояние между поверхностями  $D$ , пространство между ними заполнено пенным составом с постоянным коэффициентом поглощения излучения  $\alpha$  и коэффициентом теплопроводности пены  $k$ . При рассмотрении совместного переноса энергии использовалось предположение о том, что их можно рассмотреть независимо друг от друга, тогда суммарный поток энергии определяется как

$$q = q_c + q_r = \frac{k(T_1 - T_2)}{D} + \frac{\delta(T_1^4 - T_2^4)}{\frac{3\alpha D}{4} + \frac{1}{E} - 1}, \quad (1)$$

где:  $k$ -коэффициент теплопроводности пены, который возможно определить с помощью уравнения Мангольд:

$$k = \frac{2}{3} \alpha k_E + (1 - \alpha) k_\delta \quad (2)$$

где:  $k_e$  и  $k_d$  - коэффициенты теплопроводности жидкой среды и воздуха соответственно;  $\alpha$  - степень заполнения пеной жидкой или твердой фазы;  $\delta$ - постоянная Стефана-Больцмана,  $E$ -степень черноты пены.

Нами было установлено, что показатель преломления в слое пены может изменяться от максимального значения 1,45 поверхностного слоя до 1,333 воды.

Решая (1) относительно толщины пленки, получим уравнение

$$D = \frac{2}{3\alpha q} \left[ q \left( \frac{1}{a} - 1 \right) - \sigma (T_1^4 - T_2^4) - \frac{3ak}{4} (T_1 - T_2) \right] \pm \sqrt{\frac{4}{9a^2 q^2} \left[ q \left( \frac{1}{a} - 1 \right) - \sigma (T_1^4 - T_2^4) - \frac{3ak}{4} (T_1 - T_2) \right]^2 + \frac{4k}{3\alpha q} (T_1 - T_2) \left( \frac{1}{a} - 1 \right)} \quad (3)$$

Как видно из (3), толщина пенного покрытия зависит от теплофизических характеристик пленки и от радиационных свойств пены. В случае, когда теплопроводность и излучение взаимодействуют друг с другом, толщина, которую необходимо найти, не может быть получена путем сложения отдельно рассчитанных радиационной и кондуктивной составляющих; необходимо решать уравнение энергии, которое учитывает действие обоих видов теплообмена.

Таким образом, высокая стабильность затвердевшей пеной структуры позволяет использовать в качестве теплоизоляционного покрытия в течение длительного времени.. Теплоизоляционное покрытие может быть легко нанесено на твердые и плотные поверхности любого состава и формы, при необходимости нанесенное покрытие может быть легко удалено с поверхности, а также может быть окрашено в любой заданный цвет.