

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ

«ГОМЕЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

ИМЕНИ П.О.СУХОГО»

Кафедра «Металлургия и технологии обработки металлов»

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1

«Исследование теплопередачи через однослойную огнеупорную плоскую стенку»

Выполнил:

Студент гр. ТТ-31

Вежновец В.В

Принял преподаватель

Радькин Я.И.

Лабораторная работа №1

«Исследование теплопередачи через однослойную огнеупорную плоскую стенку»

Цель работы: ознакомление с теоретическими основами стационарного теплового режима и экспериментальное определение плотности теплового потока, проходящего через однослойную плоскую стенку.

Теоретическая часть

В теплопередаче исследуются распределение температуры в системе тел или внутри отдельного тела, а также процесс перехода тепла, связанный с различием температур.

Различают три вида передачи тепла: теплопроводность, конвекцию и тепловое излучение.

Теплопроводностью называется процесс переноса энергии, происходящий вследствие движения и энергетического взаимодействия микрочастиц (молекул, атомов, ионов, электронов).

Передача тепла теплопроводностью наиболее характерно осуществляется в однородных твердых непрозрачных телах. В газах и жидкостях, как правило, одновременно действует теплопередача конвекцией и излучением. В прозрачных телах наряду с теплопроводностью наблюдается излучение.

Тепловое состояние термодинамической системы (тела) характеризуется температурным полем, под которым понимается совокупность значений температур для всех точек тела в данный момент времени. Различают одномерное $T = f(x)$, двумерное $T = f(x, y)$ и трехмерное $T = f(x, y, z)$ температурное поле.

Процесс, характеризующийся постоянством температуры во времени, называется стационарным (установившимся) тепловым режимом. Для такого поля можно записать:

$$T = f(x, y, z) = \text{const} ; \frac{dT}{d\tau} = 0$$

Если по объему тела температурное поле неоднородно, то всегда будут существовать микрообъемы, имеющие одинаковые температуры.

Совокупность точек тела с одинаковыми значениями температур образует изотермические линии или поверхности. Конфигурация изотермических линий или поверхностей в реальных процессах может быть различной. Поток теплоты вдоль изотермической поверхности отсутствует, так как вдоль нее нет разности температур. Максимальное изменение температуры имеет место в направлении нормали к изотермической поверхности.

Количественной характеристикой того, насколько резко изменяется температура на бесконечно малом участке тела (практически в точке) служит температурный градиент (°С/м):

$$\text{grad } T = \frac{dT}{dx} + \frac{dT}{dy} + \frac{dT}{dz} = \lim \left(\frac{\Delta T}{\Delta n} \right)_{\Delta n \rightarrow 0}$$

Температурный градиент – это вектор, нормальный к изотермической поверхности, направленный в сторону возрастания температуры и численно равный производной от температуры.

Если температурное поле одномерно, т.е. T изменяется только вдоль одной оси, то

$$\text{grad } T = \frac{dT}{dx}$$

Интенсивность процесса переноса теплоты теплопроводностью определяется законом Фурье. Количество переданной теплоты пропорционально падению температуры, времени и площади сечения, перпендикулярного направлению распространения теплоты:

$$dQ = -\lambda \text{grad } T \, dF \, d\tau = -\lambda \frac{dT}{dn} \, dF \, d\tau \quad \text{или} \quad Q^* = -\lambda F \tau \text{grad } T \quad (\text{Дж})$$

Количество теплоты, проходящее за единицу времени через изотермическую поверхность площадью F , называется тепловым потоком. (Вт).

$$Q = -\lambda F \text{grad } T$$

Тепловой поток, отнесенный к единице площади изотермической поверхности, называется плотностью теплового потока q (Вт/м²):

$$q = -\lambda \text{grad } T$$

Знак «-» показывает, что направления векторов градиента температур и теплового потока противоположны.

Коэффициент теплопроводности $\lambda \left(\frac{\text{Вт}}{\text{м}^\circ\text{С}} \right)$, характеризует способность вещества проводить теплоту и определяется как количество теплоты, которое проходит через единицу площади изотермической поверхности при температурном градиенте равном единице. На величину коэффициента теплопроводности оказывают влияние температура, давление, объемная масса материала, пористость и характер распределения пор, влажность, химический состав и структура материал.

Рассмотрим процесс теплопроводности через неограниченную плоскую однослойную стенку толщиной s и коэффициентом теплопроводности λ (постоянный). Температуры на наружной и внутренней поверхностях (T_1 и T_2) известны и постоянны.

Плотность теплового потока по закону Фурье выражается следующим образом:

$$q = -\lambda \operatorname{grad} T = -\lambda \frac{dT}{dx}$$

Температуру в любой точке рассматриваемой плоской стенки можно определить из выражения:

$$T = T_1 - \frac{T_1 - T_2}{s} x$$

где x – расстояние от поверхности с температурой T_1 до рассматриваемого сечения.

Теплопроводность зависит от температуры и закон распределения температуры по толщине стенки является параболическим. Но обычно зависимость коэффициента теплопроводности от температуры принимают линейной:

$$\lambda = \lambda_0 [1 \pm b(T - T_0)]$$

где λ_0 – коэффициент теплопроводности при температуре $T_0 = 0^\circ\text{C}$; b – температурный коэффициент, определяемый опытным путем.

Чаще закон теплопроводности Фурье для рассматриваемого случая записывают:

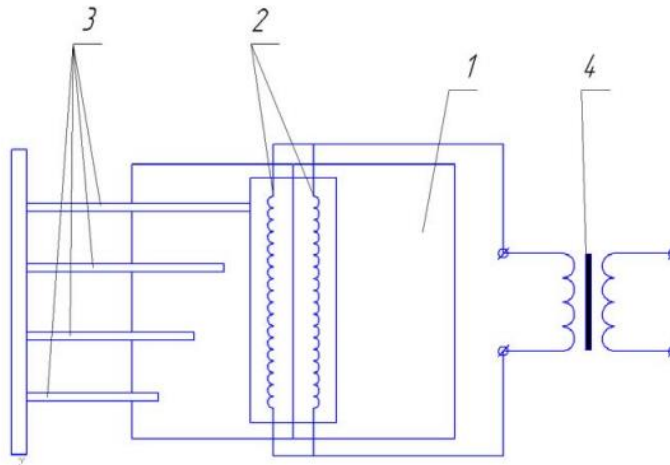
$$q = \frac{\lambda}{s} (T_1 - T_2)$$

Отношение $\frac{\lambda}{s}$ называется тепловой проводимостью, а величина обратная ей – термическим сопротивлением. ($R = \frac{s}{\lambda}$)

Практическая часть

1. Для проведения лабораторной работы необходимы: экспериментальная установка с нагревателями, градусники.

Схема установки.



1 - Установка из шамотного кирпича с просверленными отверстиями: $s_1 = 0$, $s_2 = 20$, $s_3 = 30$, $s_4 = 40$ (мм); 2 - нагреваемые спирали; 3 - градусники; 4 - понижающий трансформатор.

2. Заполнили таблицу

τ , мин.	t , °C			
	s_1	s_2	s_3	s_4
0				
2				
4				
6				
8				
10				
12				
14				
16				
18				
20				

3. По результатам эксперимента построили графики изменения температуры по времени для каждого s_1 , s_2 , s_3 , s_4 .

4. Рассчитали плотность теплового потока для определенного момента времени ($\tau = 10$ мин), в каждой из точек s_1 , s_2 , s_3 , s_4 , принимая $\lambda_{ш} = 0,835$ (средняя справочная величина) $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^{\circ}\text{C}}$ по формуле:

$$q = \frac{\lambda_{ш}}{s} (T_1 - T_2)$$

где T_1 – температура в точке s_1 .