

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

Буров М.Ю.

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 (°C/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  $\lambda \left( \frac{\text{Вт}}{\text{м}^\circ\text{C}} \right)$ , 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  $\lambda$  (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  $\lambda_0$  – коэффициент теплопроводности при температуре  $T_0 = 0^\circ\text{C}$ ;  $b$  – температурный коэффициент, определяемый опытным путем.

Чаще закон теплопроводности Фурье для рассматриваемого случая записывают:

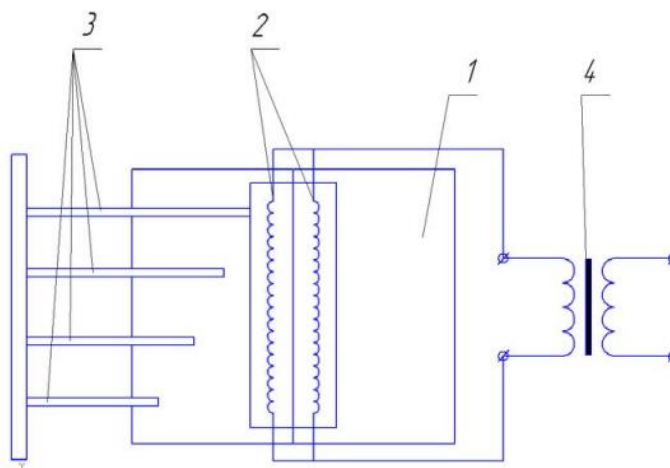
$$q = \frac{\lambda}{s} (T_1 - T_2)$$

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

$\tau$ , 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  $s_1$ .