

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ ТВЁРДЫХ ТЕЛ МЕТОДОМ ЦИЛИНДРИЧЕСКОГО СЛОЯ

1. НАЗНАЧЕНИЕ

Установка предназначена для экспериментального определения теплопроводности твёрдого тела методом цилиндрического слоя.

2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РАБОТЫ.

Рассмотрим стационарный процесс теплопроводности в цилиндрической стенке с внутренним радиусом $r=r_1$ и внешним радиусом $r=r_2$. На поверхностях стенки заданы постоянные температуры t_{c1} и t_{c2} . В заданном интервале температур теплопроводность материала стенки постоянна. Температура стенки изменяется только в радиальном направлении. Процесс стационарный. При данных допущения уравнение теплопроводности выглядит так:

$$\frac{d^2 t}{dr^2} + \frac{1}{r} \frac{dt}{dr} = 0 \quad ; \quad (1)$$

граничные условия: при $r=r_1, t=t_{c1}$ и при $r=r_2, t=t_{c2}$.

Для нахождения распределения температур в цилиндрической стенке и теплового потока через неё необходимо найти решение уравнения (1).

$$t = t_{c1} - (t_{c1} - t_{c2}) \frac{\ln(r/r_1)}{\ln(r_2/r_1)} \quad (2)$$

Для нахождения количества тепла, проходящего через цилиндрическую поверхность в единицу времени, воспользуемся законом Фурье.

$$Q = -\lambda \frac{dt}{dr} F \quad , \quad (3)$$

где $F = 2\pi r l$

Следовательно,

$$Q = \frac{2\pi r l (t_{c1} - t_{c2})}{\ln(r_2/r_1)} \quad , \quad \text{вт} \quad (4)$$

Из (4) следует:

$$\frac{Q}{\pi d_1 l} = q_1 = \frac{2\lambda(t_{c1} - t_{c2})}{\ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)}$$
$$\frac{dt}{dr} = \frac{2\lambda(t_{c1} - t_{c2})}{\ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)}$$
(5)

- удельный тепловой поток через внутреннюю поверхность

$$\frac{Q}{\pi d_2 l} = q_2 = \frac{2\lambda(t_{c1} - t_{c2})}{\ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)}$$
(6)

- удельный тепловой поток через внешнюю поверхность

$$\frac{Q}{l} = q_l = \frac{2\pi\lambda(t_{c1} - t_{c2})}{\ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)}$$
(7)

- линейная плотность теплового потока

3.СХЕМА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ УСТАНОВКИ И МЕТОДИКА ИЗМЕРЕНИЙ.

Схема экспериментальной установки приведена на Рис.1. На передней панели находится восьмиканальный измеритель температуры (1) типа УКТ-38, подключённый к 6 хромель-копелевым термопарам, тумблер (5) включения УКТ-38, универсальный вольтметр (2) типа МУ-68 с автоматическим переключением пределов измерений, тумблёр электропитания установки (3), разъёмы (V) для подключения мультиметра (2), тумблёр (6) для переключения вольтметра на измерение падения напряжения на образцовом сопротивлении (U_0) и напряжения на цилиндрическом нагревателе (U_n). Регулируемый источник питания ЛАТР (4) включается тумблером (7).

На Рис.2 приведена принципиальная схема рабочего участка, электрическая схема питания и измерений. На цилиндрическом нагревателе (1) расположена медная термостатирующая труба (2), на наружную поверхность которой надеты шесть исследуемых образцов (3) с одинаковыми размерами. Для уменьшения вертикальных конвективных потоков образцы разделены тонкими пластинами (4). Для уменьшения тепловых потерь на концах нагревателя расположены теплоизолирующие втулки (5) из пенопласта.

Электропитание к нагревателю подводится от источника питания ЛАТР (4) Рис.1. Выход от ЛАТР соединяется с нагревателем электрическим кабелем через заднюю панель. Последовательно с нагревателем включено образцовое сопротивление (R_0) Рис.2 для определения величины электрического тока в цепи по измеренному значению падения напряжения на R_0 .

На внутренней и наружной поверхности исследуемых образцов расположены шесть хромель-копелевых термопар (по 3 термопары на каждой поверхности), которые измеряют температуры в точках сечений: $L/6$, $L/2$, $5L/6$ (где L – длина рабочего участка). Термопары подключены к измерителю

температур УКТ-38, который их опрашивает и показывает измеренные величины в следующей последовательности:

t_{11} – температура внутренней поверхности в сечении $5L/6$;

t_{21} – температура внешней поверхности в сечении $5L/6$;

t_{12} – температура внутренней поверхности в сечении $L/2$;

t_{22} – температура внешней поверхности в сечении $L/2$;

t_{13} – температура внутренней поверхности в сечении $L/6$;

t_{23} – температура внешней поверхности в сечении $L/6$.

Порядок опроса термодатчиков можно изменить при их подключении к УКТ-38.

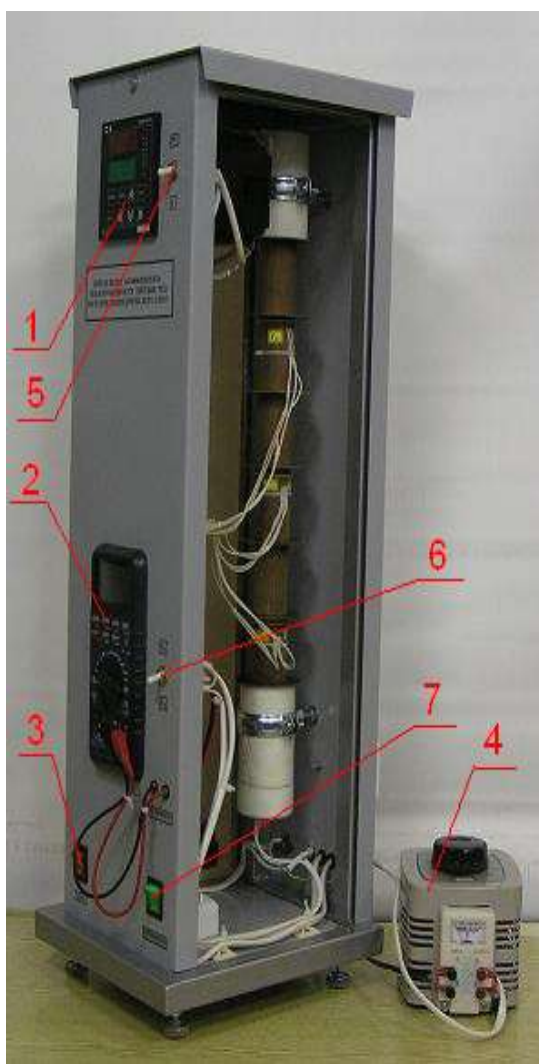


Рис. 1

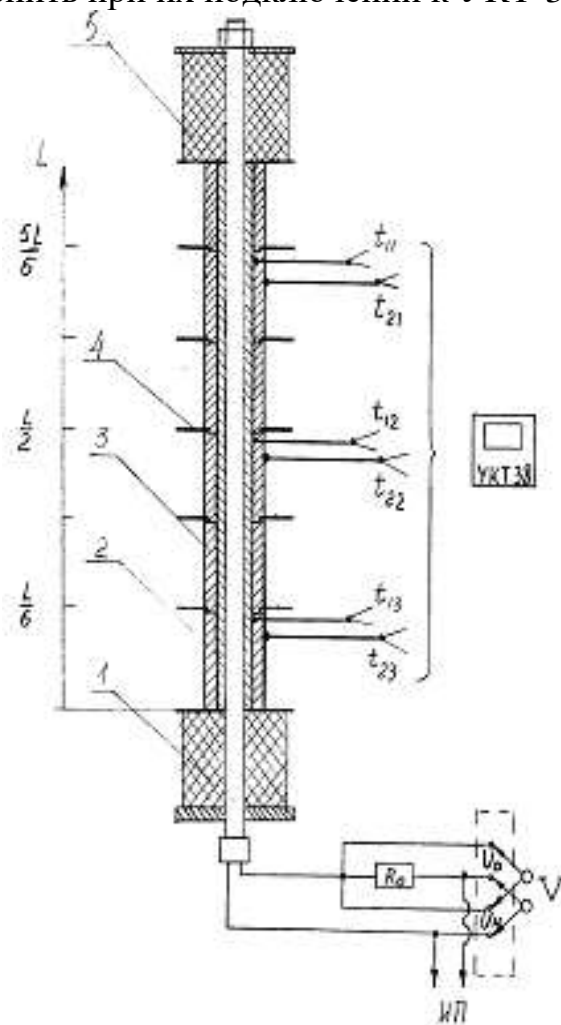


Рис. 2

4. ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА.

Измеряемые величины:

U_n – напряжение на нагревателе;

U_0 - напряжение на образцовом сопротивлении;

t_{ij} – температура внутренней ($i=1$) и внешней ($i=2$) поверхности в трех ($j=1,2,3$) сечениях цилиндрического слоя.

$Q=U_n U_0 / R_0$ – тепловой поток через цилиндрическую поверхность в единицу времени.

5. ПРОВЕДЕНИЕ ИЗМЕРЕНИЙ:

1. Подключить выход ЛАТР к кабелю нагревателя, расположенного на задней панели установки.

2. Подключить вход ЛАТР к розетке 220 В, находящейся на задней панели установки.

3. Снять выходное напряжение на ЛАТР, повернув регулятор напряжения ЛАТР против часовой стрелки до упора.

4. Проверить заземление установки и подсоединить установку к сети 220В.

5. Включить тумблер (3) питания установки, тумблер (7) питания нагревателя и тумблер (5) питания УКТ-38.

6. Установить напряжение на нагревателе $U_n = 60$ В регулятором напряжения ЛАТР.

7. При достижении в образце температуры 45-65С, уменьшить напряжение на ЛАТРе до 15-20 В и установить стационарный режим (примерно через 5-10 мин.).

8. Снять показания U_n и U_0 установив переключатель в соответствующее положение.

9. Снять показания t_{ij} . При этом измеритель температуры УКТ-38 автоматически и последовательно переключается с одной термопары на другую.

10. Занести полученные данные в подготовленную таблицу.

11. Повторить пункты 6-10 устанавливая на нагревателе другие значения напряжения.

6. ДАННЫЕ УСТАНОВКИ

Длина рабочего участка: $l = 365$ мм.
 Диаметр заделки внутренних термопар: $d1 = 22$ мм.
 Диаметр заделки внешних термопар: $d2 = 34$ мм.
 Величина образцового сопротивления: $R_0 = 0,1$ Ом.
 Материал образца: фторопласт

7. ТАБЛИЦА РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ

№ оп	U_H	U_0	t_{11}	t_{21}	t_{12}	t_{22}	t_{13}	t_{23}
1								
2								
3								
.....								
N								

8. РАСЧЁТНЫЕ СООТНОШЕНИЯ.

$$\frac{Q}{l} = q_l = \frac{2\pi\lambda(t_{c1} - t_{c2})}{\ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)}, \quad (8)$$

$$\text{Где } Q = U_H \times I_H ; I_H = U_0/R_0 ; \quad (9)$$

$$t_{c1} = (t_{11} + t_{12} + t_{13})/3 ; t_{c2} = (t_{21} + t_{22} + t_{23})/3 \quad (10)$$

$$\lambda = \frac{Q \cdot \ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)}{2 \cdot \pi \cdot l \cdot (t_{c1} - t_{c2})} \quad (11)$$

9. ТАБЛИЦА РАСЧЕТОВ

№ оп	Q	t_{c1}	t_{c2}	λ
1				
2				
3				
.....				

t_{c2} и t_{c1} – усредненные по трем сечениям значения температуры на внешней и внутренней поверхности цилиндрического слоя.

λ – среднее по результатам измерений значение теплопроводности материала цилиндрического слоя.

