

Национальный Исследовательский Университет
«Московский Энергетический Институт»

Кафедра теоретических основ теплотехники
Лаборатория тепломассообмена

Лабораторная работа №3

Определение тепловых свойств материалов методом регулярного режима

Студент: _____

Группа: _____

Преподаватель: _____

К работе допущен: _____

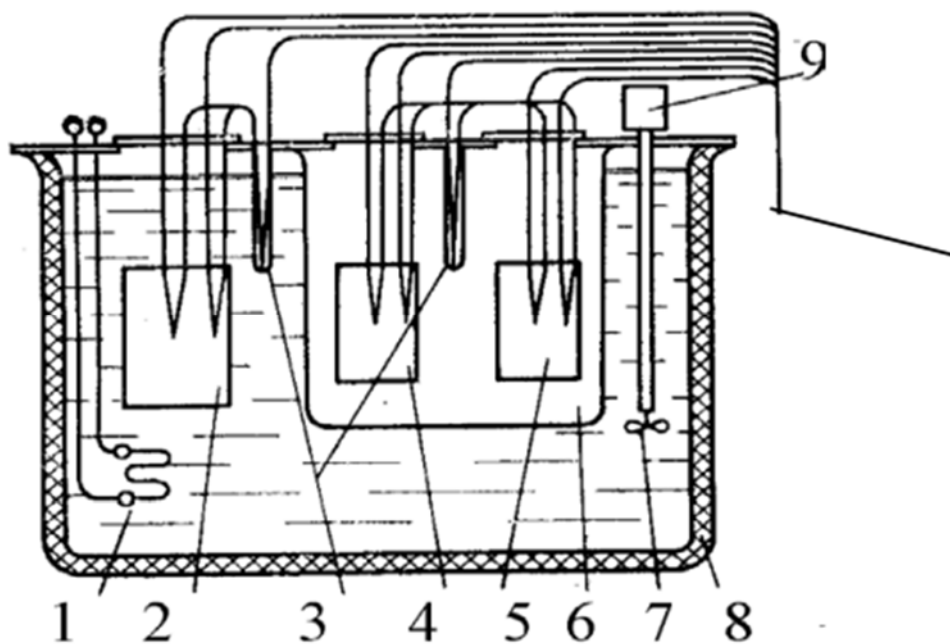
Работу выполнил: _____

Работу сдал: _____

Цель работы:

1. углубление знаний о процессе нестационарной теплопроводности в твердых телах; изучение влияния начального теплового состояния и условий теплообмена тела с окружающей средой на вид распределения температуры в теле.
2. ознакомление с нестационарными методами экспериментального определения теплофизических свойств материалов.
3. освоение метода регулярного теплового режима, его экспериментальной реализации при определении коэффициентов температуропроводности, теплопроводности, и удельной теплоемкости материалов (теплоизолятор) и теплоотдачи в условиях нагрева (охлаждения) тела. Анализ полученных результатов и их сравнение с литературными данными.

Описание экспериментальной установки:



- 1 – нагреватель
- 2 – калориметр №1
- 3 – спай термопар
- 4 – калориметр №2
- 5 – калориметр №3
- 6 – воздушная камера
- 7 – мешалка
- 8 – корпус термостата с жидкостью
- 9 – электродвигатель мешалки и насоса

Основы метода регулярного теплового режима:

Нестационарное температурное поле любого тела определяется воздействием окружающей среды, физическими свойствами тела, геометрической формой и размерами, а также его начальным тепловым состоянием.

Влияние среды и свойств тела можно характеризовать числом Био, $Bi = \frac{\alpha \times R}{\lambda}$, которое определяет отношение внутреннего и внешнего тепловых сопротивлений

При анализе начальных условий выделяют две стадии процесса охлаждения (нагрева). В первой, начальной, стадии неупорядоченного (иррегулярного) режима температурное поле в значительной степени определяется особенностями начального распределения температуры. Во второй стадии, которая наступает при числе Фурье $Fo = \frac{\alpha \times \tau}{R^2}$, начальное распределение уже не влияет на характер изменения температурного поля и распределение температуры во времени для всех точек тела изменяется по экспоненциальному закону. Эта стадия называется регулярным (упорядоченным) тепловым режимом и при постоянных физических свойствах, в условиях $\alpha = \text{const}$, $t_{\text{ж}} = \text{const}$ описывается простым уравнением:

$$t - t_{\text{ж}} = \theta = A * U * e^{-m \cdot \tau} \quad (1)$$

где, α - средний по поверхности коэффициент теплоотдачи, $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$; $t_{\text{ж}}$ - температура среды; °С, t - температура любой точки тела (переменная), °С, $t - t_{\text{ж}} = \theta$ - разность температур какой либо точки тела и среды, °С; A - постоянный множитель, определяемый из начальных условий; U - функция, определяющая зависимость θ от координат (x, y, z) ; m - темп регулярного охлаждения или нагрева тела, 1/сек.; τ - время, с. Темп охлаждения m характеризует относительную скорость изменения избыточной температуры тела θ , т.е.

$$m = - \frac{1}{\theta} \frac{\partial \theta}{\partial \tau}$$

Из уравнения [1] вытекают важные для практики следствия.

1. Прологарифмировав его, получаем:

$$\ln|\theta| = -m\tau + G(x, y, z) \quad (2)$$

где $G(x, y, z)$ - функция координат точки, следовательно,

$$- \frac{\partial \ln|\theta|}{\partial \tau} = m \quad (3)$$

Таким образом, по истечении определенного времени после начала охлаждения (нагрева) тела наступает регулярный тепловой режим, отличительной особенностью которого является то, что логарифм разности между температурой t в любой точке тела и температурой окружающей среды $t_{\text{ж}}$ изменяется с течением времени τ по линейному закону. При этом скорость изменения избыточной температуры остается одинаковой для всех точек тела.

Связь темпа охлаждения m с характеристиками тела и условиями теплообмена на поверхности, при конечном значении коэффициента теплоотдачи ($\alpha = \text{const}$), определяется зависимостью вида (первая теорема Кондратьева):

$$m = \psi \frac{\alpha F}{C} \quad (4)$$

где ψ - коэффициент неравномерности температурного поля; F - поверхность тела, м²; C - полная теплоемкость тела, Дж/К.

При $\alpha \rightarrow \infty$ темп регулярного охлаждения (нагрева) $m_{\infty} = m\alpha \rightarrow \infty$ и температуропроводность материала тела прямо пропорциональны (вторая теорема Кондратьева):

$$\alpha = K m_{\infty} \quad (5)$$

где коэффициент пропорциональности K , м² - геометрическая величина, зависящая от размеров и формы тела.

Рассмотренные свойства регулярного теплового режима широко используют для экспериментального определения коэффициента температуропроводности - a , теплопроводности - λ , удельной теплоемкости материалов - c .