

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ

Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования -
«Оренбургский государственный университет»

Кафедра общей физики

Н.А. МАНАКОВ, В.А.ПОМАЗКИН, Е.В.ЦВЕТКОВА

ТЕПЛОПРОВОДНОСТЬ МЕТАЛЛОВ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
К ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ № 127

Рекомендовано к изданию Редакционно-издательским советом
государственного образовательного учреждения высшего
профессионального образования «Оренбургский государственный
университет».

Оренбург 2009

УДК 536.212.2(07)
ББК 22.317я7
М 23

Рецензент:

кандидат физико-математических наук, доцент Влацкий Ф.Д.

Манаков, Н.А.

М 23 Теплопроводность металлов: методические указания к лабораторной работе № 127 /Н.А.Манаков, В.А.Помазкин, Е.В.Цветкова. - Оренбург: ГОУ ОГУ, 2009. – 8 с

Методические указания предназначены для студентов дневного, вечернего и заочного факультетов технических специальностей для выполнения лабораторной работы № 127 «Теплопроводность металлов».

ББК 22.317я7

© Манаков Н.А., 2009
© ГОУ ОГУ, 2009

Лабораторная работа № 127

Теплопроводность металлов

Цель работы:

- 1 Познакомиться с понятием теплопроводности металлов с точки зрения классической молекулярно-кинетической теории.
- 2 Экспериментально определить коэффициент теплопроводности металлов.

Введение

Если тело нагрето неравномерно, то происходит направленный перенос тепла от более нагретых участков тела к менее нагретым, за счет хаотических колебаний молекул в узлах кристаллической решетки. В твердых телах этот процесс не сопровождается переносом массы вещества и носит название **теплопроводность**.

Молекулярно-кинетическая теория объясняет этот процесс следующим образом. Так как температура – это мера кинетической энергии теплового движения молекул, то различие температур двух участков тела свидетельствует о том, что кинетические энергии молекул в этих участках различны. Поэтому молекулы двух соприкасающихся слоев, сталкиваясь, передают свою кинетическую энергию из слоя в слой.

Если процесс стационарный и температура меняется от слоя к слою равномерно, то количество теплоты dQ , передаваемое через слой вещества толщиной x за время dt , выражается зависимостью:

$$dQ = k \frac{T_1 - T_2}{x} S dt \quad (1)$$

где: $(T_1 - T_2) = \Delta T$ – разность температур между сечениями А и В,

S – площадь поперечного сечения тела,

$\frac{\Delta T}{x}$ – представляет собой изменение температуры на единицу

длины в направлении передачи теплоты и называется градиентом температуры. Уравнение (1) носит название **уравнение Фурье**. Коэффициент пропорциональности k называется **коэффициентом теплопроводности**.

Коэффициент теплопроводности численно равен количеству тепловой энергии, проходящему через единичную площадку, перпендикулярную потоку теплоты, за единицу времени при градиенте температуры, равном единице.

Строго говоря, коэффициент теплопроводности зависит от температуры, но для небольших определенных интервалов температур его можно считать постоянным.

Основная идея, используемая для определения коэффициента теплопроводности в данной работе, заключается в следующем. Между нагревателем и радиатором, отбирающим строго определенную порцию энергии в единицу времени, устанавливаем тепловой контакт только через исследуемый образец, размеры которого заданы заранее (x и S). Перепишем уравнение (1) в таком виде:

$$\frac{dQ}{dt} = k \frac{T_1 - T_2}{x} S \quad (2)$$

где:

$$\frac{dQ}{dt} = W \quad (3)$$

Для нашего случая W , это тепловая энергия, которая передается через поперечное сечение S в единицу времени, т.е., учитывая закон Джоуля-Ленца:

$$W = W_1 - W_2 = (I_1 U_1 - I_2 U_2) \quad (4)$$

где W_1 - мощность, выделяющаяся в нагревателе при прохождении по нему тока I_1 (при напряжении U_1), W_2 - мощность потерь.

Описание экспериментальной установки

Лабораторные исследования проводятся на лабораторном комплексе ЛКТ-8, который состоит из 4 независимых блоков. Для определения коэффициента теплопроводности используются два из них (рисунок 1). Блок А содержит регулируемый блок питания, измеритель температуры нагревателя (T_1) и радиатора (T_2), напряжения (U_1) и тока нагревателя (I_1), режимы индикации прибора ИСТ-4 выбираются курбильем ПИ (T_1 , T_2 , I_1, U_1). Напряжение на нагревателе регулируется курбильем «Питание U_1 ». Имеется устройство стабилизации температуры нагревателя, режим стабилизации которого для температуры T_1 выбирается ручкой «Термостат». О выходе стабилизатора на установленный режим сигнализируют светодиоды *сд*.

Температура нагревателя и радиатора с вентилятором определяется и контролируется блоком В, принципиальная схема которого приведена на рисунке 2. Блок смонтирован на общей монтажной плите. Содержит нагреватель с тепловыделяющим элементом и радиатор с вентилятором. Исследуемые образцы в виде металлических пластин крепятся на нагревателе и радиаторе с вентилятором с помощью гаек. В месте контактов образца с нагревателем и радиатором смонтированы термопарные датчики температуры. Нагреватель, вентилятор и датчики температуры с помощью специального кабеля через штекер соединены с блоком А.

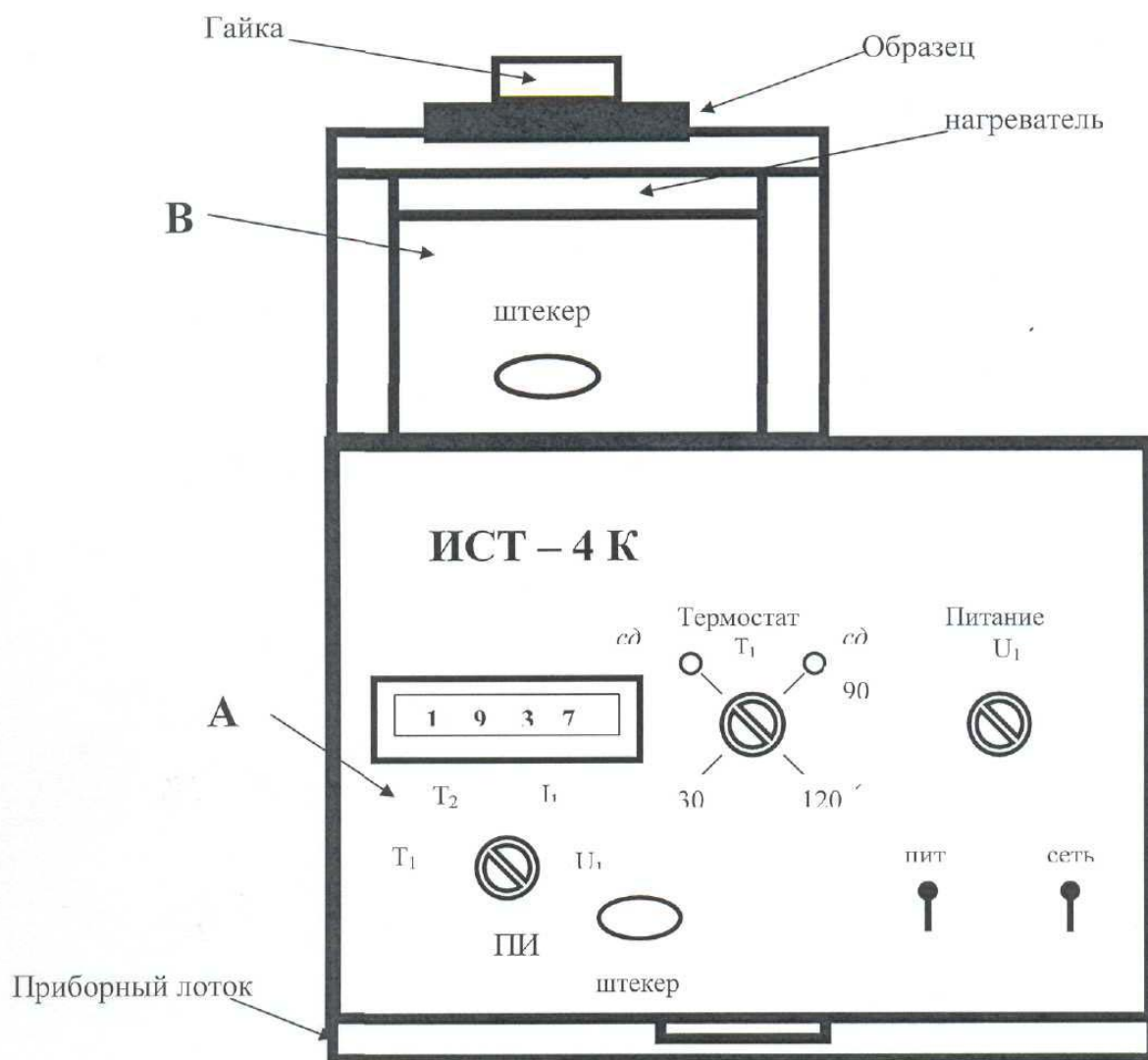


Рисунок 1 - Блок-схема экспериментальной установки ЛТК-8

Для определения теплопроводности образца измеряем мощность нагрева и установившуюся разность температур двух точек образца, разнесенных на расстояние 65 мм (65×10^{-3} м), - эффективное расстояние между точками контакта датчиков температуры с образцом. Для уточнения тепловой мощности, поступающей в образец, необходимо определить мощность потерь в окружающую среду. Для этого к нагревателю вместо образца прикрепляют алюминиевую шайбу, а затем термостатируют при той же температуре, которая соответствует температуре измерения теплопроводности, и по величине напряжения и электротока, необходимым для того, чтобы поддержать режим стабилизации T_1 , определяют мощность потерь W_2 , а затем по формуле (4) мощность потока тепла W , передаваемую в образец.

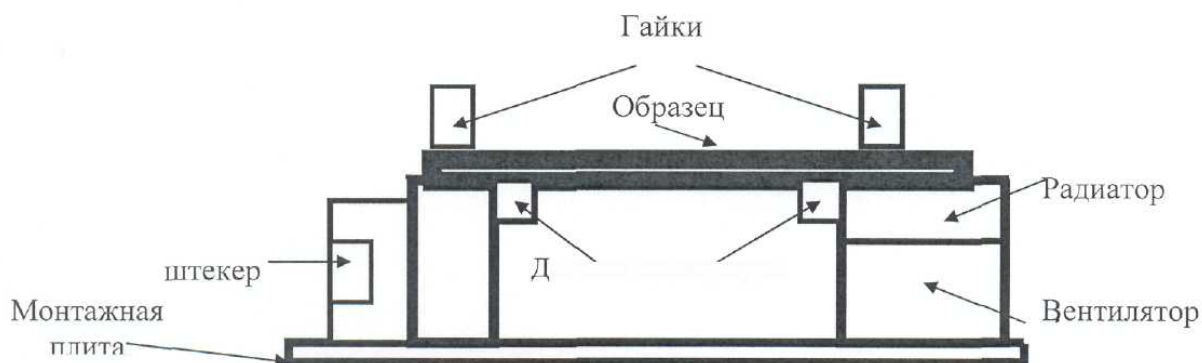


Рисунок 2 - Принципиальная схема нагревателя – радиатора (вид сбоку).

Порядок выполнения работы

- 1 Перед началом измерений убедитесь, что блоки **А** и **В** соединены с помощью разъемов «Штекер» между собой соединительным шлангом.
- 2 Нанесите на плиту нагревателя (печи) 2-3 капли глицерина. Поместите между нагревателем и радиатором исследуемый образец и прижмите его с помощью гаек (рисунок 2).
- 3 Включить тумблер «Сеть». Регуляторы «Термостат» и «Питание» повернуть против часовой стрелки до упора.
- 4 Подготовить к работе секундомер, который расположен в выдвижном приборном лотке блока **А**. Для этого нажмите кнопку **Д** и, убедившись, что секундомер отсчитывает время, остановите его кнопкой **Д**. Обнулите показания секундомера кнопкой **S**. Секундомер к работе готов.
- 5 Переключив курбель ПИ в положение T_1 , а затем в положение T_2 , считать с индикатора ИСТ-4К начальную температуру печи и температуру радиатора (температуры двух точек образца, находящихся на расстоянии 65 мм).
- 6 Регулятором «Термостат» установить температуру стабилизации печи около 70°C (положение чуть больше 60). В процессе измерения добейтесь с помощью этой ручки нужной температуры стабилизации)
- 7 Переключив ПИ в положение U_1 , установить регулятором «Питание» соответствующее напряжение на нагревателе. Для исследования Вам будет предложен один из образцов:
 №1 – алюминиевый сечением (S) $4,9 \times 30 \text{ мм}^2$;
 №2 – латунный сечением (S) $4,9 \times 30 \text{ мм}^2$;
 №3 – стальной (сталь-3) (S) $6,0 \times 30 \text{ мм}^2$;
 №4 – нерж. сталь (S) $7,8 \times 30 \text{ мм}^2$.

Рекомендуемые значения U_1 для образца №1 – 16-16,5 вольт, для образцов №2, №3 и №4 – 14,5-15 вольт. Переключив ПИ в положение I_1 , определите соответствующее значение тока нагревателя. Результаты занесите в таблицу 1.

Таблица 1

t, с	$T_1, ^\circ\text{C}$	$T_2, ^\circ\text{C}$	$\Delta T, ^\circ\text{C}$	$U_1, \text{В}$	$I_1, \text{А}$	$W_1, \text{Вт}$	$U_2, \text{В}$	$I_2, \text{А}$	$W_2, \text{Вт}$
0									
60									
120									
180									
300									
420									
600									
780									
960									
1200									

8 Кнопкой S запустите секундомер и наблюдайте за изменением со временем T_1 и T_2 . Рекомендуемые интервалы времени приведены в таблице. Одновременно с контролем температур следует следить за величиной напряжения и тока в ТВЭЛе нагревателя. Следует иметь в виду, что время в конечном подсчете k не используется и носит чисто ориентировочный характер.

9 Дождитесь, когда температура стабилизируется около $70 ^\circ\text{C}$. Об этом будут свидетельствовать загоревшиеся одновременно зеленый и красный светодиоды. Если в течение 2-3 минут T_1 и T_2 будут изменяться не более, чем на $0,2 ^\circ\text{C}$ - термодинамическое равновесие достигнуто (обычно это занимает 20 – 25 минут). Определить, какая мощность нагревателя для этого расходуется, т.е., переключив ПИ в положение U_1 и I_1 , измерить их значения. Измерить окончательные значения T_1 и T_2 и занести все данные в таблицу.

10 Убрать напряжение с нагревателя.

11 Снять исследуемый образец. Поместить на нагреватель алюминиевую шайбу и закрепить её гайкой.

12 Не меняя положение ручки «Термостат», установить на нагревателе напряжение приблизительно $0,6 U_1$, т.е. около 60% от напряжения, при котором у Вас наступало термодинамическое равновесие. Манипулируя ручкой «Питание», добиваемся режима термостабилизации при той же температуре, что и при исследовании образца. Измеряем напряжение и ток, при которых это произошло, и их значения заносим в таблицу.

13 Рассчитать значение коэффициента теплопроводности по формуле:

$$K = \frac{(U_1 I_1 - U_2 I_2) h}{S(T_1 - T_2)} \quad (5)$$

14 Переводим регуляторы «Термостат» и «Питание» в крайнее левое положение (против часовой стрелки до упора), отключаем тумблер «Сеть».

Контрольные вопросы

- 1 Какие явления относятся к явлениям переноса и почему они так называются?
- 2 Запишите уравнение Фурье.
- 3 Что такое теплопроводность, что называют коэффициентом теплопроводности и его физический смысл?
- 4 Единицы измерения коэффициента теплопроводности.
- 5 Почему теплопроводность металлов выше, чем у диэлектриков?

Список использованных источников

- 1 **Савельев, И.В.** Курс физики: учебник / И.В.Савельев. – М.: Наука, 1992. – 304 с.
- 2 **Трофимова, Т.И.** Курс физики: учебник / Т.И.Трофимова. – М.: Высшая школа, 1990. – 478 с.
- 3 **Яворский, Б.М.** Справочное руководство по физике / Б.М.Яворский, Ю.А.Селезнев. – М.: Наука, 1989. – 575 с.