

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

КУРГАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра энергетики и технологии металлов

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ
ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ
МЕТОДОМ ЦИЛИНДРИЧЕСКОГО СЛОЯ

Методические указания
к выполнению лабораторной работы №5
по курсам: "Теплотехника", "Термодинамика и теплопередача"
для студентов специальностей 190201, 190202, 190601, 190603,
190702, 150202, 151002, 280100, 260601, 200503

Курган 2010

Кафедра энергетики и технологии металлов

Дисциплины: "Теплотехника", "Термодинамика и теплопередача"

Направления (специальности) 551100 (150300,.150100); 552100 (150200);
521500; 521600 (060900); 522000.

Составили: доцент, канд. техн. наук Попов Г.А. (порядок выполнения
работы);
доцент, канд. техн. наук Ивашко А.Т. (введение, теоретическая
часть);
профессор, д-р техн. наук Боченин В.И. (теоретическая часть).

Подготовила и переработала к переизданию: ст. преподаватель Семкина И.А.

Утверждены на заседании кафедры " 18 " марта " 2010г

Рекомендованы методическим советом университета " 27 " мая " 2010г

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Каждый студент перед выполнением лабораторной работы должен во внеучебное время изучить данные методические указания, соответствующий раздел теоретического курса, выполнить самостоятельную работу в соответствии с "Методическими указаниями по самостоятельной подготовке студентов к выполнения лабораторных работ".

На лабораторных занятиях студенты закрепляют учебный материал путем просмотра диапозитивов в сопровождении магнитофонной записи текста, отражающей теоретический материал, относящийся к данной работе. После контроля знаний на экзаменаторах-тренажерах, при условии положительной оценки студенты приступают к выполнению лабораторной работы. Студенты, получившие при контроле знаний неудовлетворительную оценку, к выполнению лабораторной работы не допускаются.

При выполнении лабораторной работы необходимые схемы и таблицы следует готовить заранее. Все изменения теплового режима лабораторной установки, а также включение и отключение ее производятся только лаборантом или преподавателем.

После выполнения работы студенты представляют преподавателю результаты экспериментов. Все вычисления следует выполнять в системе СИ. Если полученные результаты правильны, то студенты приступает к обработке экспериментальных данных. В противном случае эксперимент повторяется. Выполнение лабораторной работы завершается представлением отчета по установленной форме с его последующей защитой.

Обязательным условием допуска студентов к выполнению лабораторной работа является знание ими правил техники безопасности при работе в лаборатории теплотехники.

2. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Ознакомление с методикой определения коэффициента тепло-

проводности теплоизоляционных материалов и определение его зависимости от температуры экспериментальным путем.

3. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИЗЛОЖЕНИЯ

Интенсивность переноса тепла в твердом теле (плотность теплового потока q ,) определяется согласно закону Фурье, температурным градиентом ($grad\ t = \frac{dt}{dn}$) и коэффициентом теплопроводности λ

$$q = -\lambda \frac{dt}{dn}, \text{ Вт/м}^2; \quad \lambda = -\frac{q}{dt / dn}, \frac{\text{Вт} \cdot \text{м}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}} \quad (1)$$

Из уравнения (1) следует, что коэффициент теплопроводности численно равен количеству тепловой энергии, проходящей через, единицу площади изотермической поверхности в единицу времени при температурном градиенте равном единице. Размерность коэффициента теплопроводности λ , **Вт/м·К**

Коэффициент теплопроводности является физическим параметром вещества, характеризующим его способность проводить теплоту. Знание его величины необходимо при тепловых расчетах различных механических устройств, нагревательных и плавильных печей, энергетических устройств и т.д. Для разных материалов он имеет различные значения и зависит от структуры вещества, температуры его, плотности, влажности и т.д.

Лучшими проводниками теплоты являются металлы, у которых λ изменяется от 3 до 418 **Вт/м·К**. Коэффициент теплопроводности чистых материалов, за исключением алюминия, с возрастанием температуры убывает. Наиболее высоким коэффициентом теплопроводности обладает чистое серебро ($\lambda = 418 \text{ Вт/м·К}$).

Коэффициенты теплопроводности теплоизоляционных материалов, имеющих пористую структуру, при повышении температуры возрастают по

линейному закону и изменяются в пределах от 0,02 до 3,0 $Вт/м·К$. К теплоизоляционным относятся материалы с $\lambda < 0,25 Вт/м·К$.

Коэффициенты теплопроводности большинства капельных жидкостей с повышением температуры убывают и лежат в пределах от 0,08 до 1,5 $Вт/м·К$.

Коэффициенты теплопроводности газов при повышении температуры возрастают и изменяются от 0,05 до 0,6 $Вт/м·К$.

В большинстве случаев коэффициент теплопроводности для различных материалов определяется опытным путем. Одним из способов его определения является метод цилиндрического слоя при стационарном температурном поле. Он позволяет определить теплоизоляционные свойства материала в условиях, близких к реальным.

При установившемся тепловом состоянии системы "тело - окружающая среда" все тепло, выделяющееся в нагревателе, проходит сквозь цилиндрический слой и отдается окружающей атмосфере.

Количество тепла, проходящего сквозь цилиндрический слой в единицу времени, определяется по формуле:

$$Q = - \frac{t_1 - t_2}{\frac{1}{2\pi\lambda l} \cdot \ln \frac{d_2}{d_1}}, Вт \quad (2)$$

где d_1 и d_2 - соответственно внутренний и наружный диаметры теплоизоляции, м;

t_1 и t_2 - температуры материала соответственно с обогреваемой (внутренней) и охлаждаемой (наружной) сторон, °С;

l - длина трубы, м.

Таким образом, известные значения l , t_1 , t_2 , d_1 , d_2 , Q полностью определяют величину коэффициента теплопроводности материала λ .

4. ОПИСАНИЕ ОПЫТНОЙ УСТАНОВКИ

Экспериментальная установка (рис. 1) состоит из трубы 1 длиной 1 м. Изоляционный цилиндрический слой 2 материала, (асбеста) имеет внутренний диаметр $d_1 = 25$ мм и наружный $d_2 = 50$ мм. Внутри трубы на всей ее длине расположен электронагреватель 3. Так как изучается теплоотдача с боковой поверхности, то для исключения влияния торцов и уточнения расчетов исследуется изоляционный слой не на всей длине трубы, а только на ее среднем участке длиной $l = 0,6$ м. При этом расчет мощности, выделяющейся на расчетном участке трубы, производится по амперметру 4 и вольтметру 5. Эта мощность регулируется автотрансформатором 6.

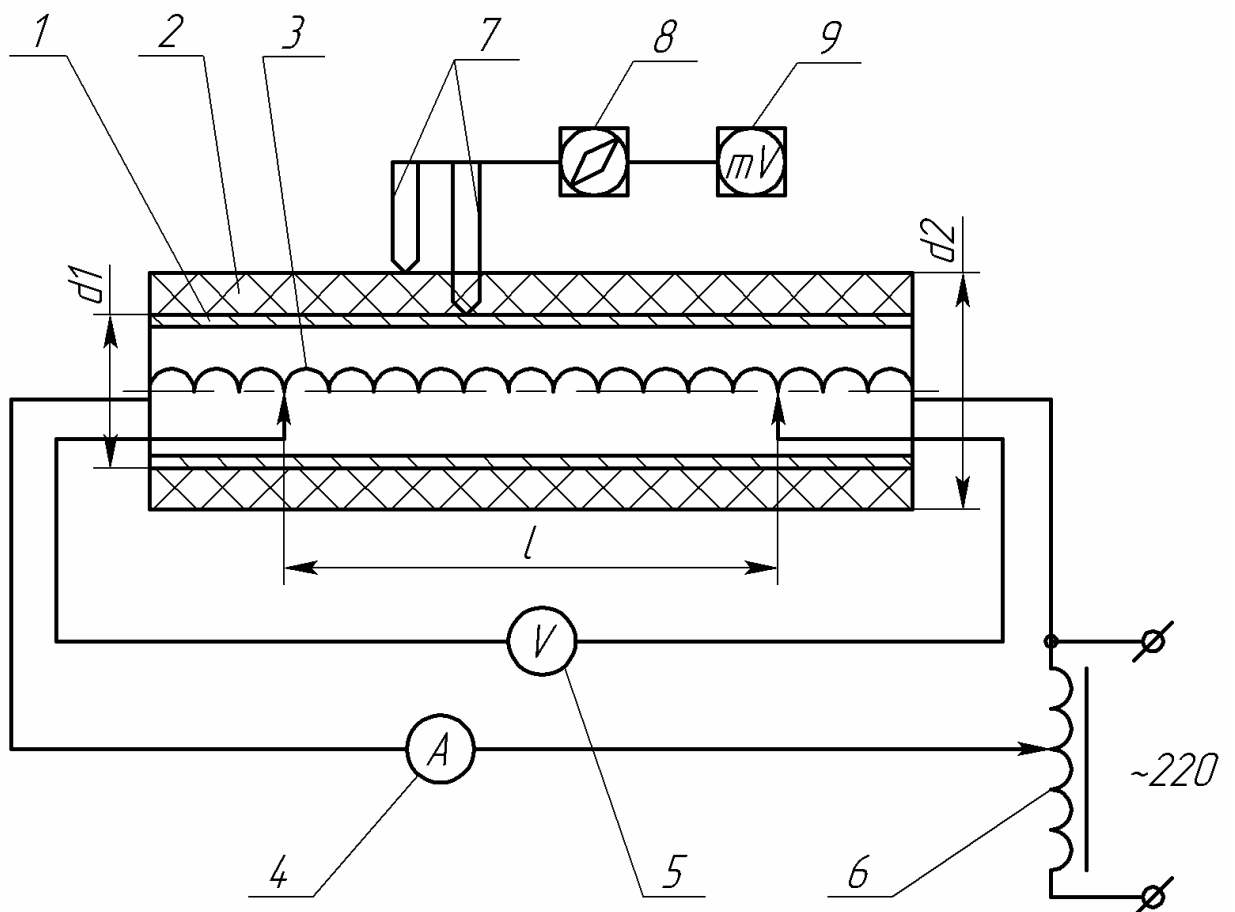


Рис. 1. Схема экспериментальной установки

На внутренней и наружной поверхностях изоляционного слоя установлено 10 хромель-копелевых термопар 7 (на рис.1 условно показаны

лишь две термопары, одна четная и одна нечетная), подключенных через переключатель 8 к милливольтметру 9, с помощью которого измеряется термоЭДС.

Величина термоЭДС по градуировочной таблице для хромель-копелевой термопары (приложение 1), градуированной при температуре её холодного спая 0°C , переводится в $^{\circ}\text{C}$. Т.к. холодный спай термопар в данной установке общий и имеет температуру, равную температуре окружающего воздуха, то следует ввести поправку на реальную температуру холодного спая.

5. ПРОВЕДЕНИЕ ОПЫТА

Для обеспечения стационарного теплового режима лабораторная установка должна быть включена в электрическую сеть за 1-2 часа до начала опыта. Признаком наступления стационарного режима является неизменность температуры любой точки изоляционного слоя. На практике режим можно считать стационарным, если температура по любой термопаре изменяется не более, чем на 2°C в течение 5 минут.

Порядок выполнения лабораторной работы следующий:

- по амперметру 4 и вольтметру 5 определяют силу тока и напряжение на рабочем участке нагревателя;

- измеряют температуру на внутренней поверхности изоляционного слоя t_1 (точки 1,3, 5, 7, 9 переключателя 8) и на наружной поверхности t_2 (точки 2, 4, 6, 8, 10 переключателя 8)..;

- через 5 минут измерения повторяют в том же порядке;

- через 5 минут производят третье измерение температур термопарами,

- преподаватель или лаборант устанавливает II тепловой режим работы установки; стационарный режим после этого достигается не ранее, чем через 25 - 30 минут. В течение этого времени следует произвести расчет средней температуры внутренней поверхности изоляции \bar{t}_1 , и наружной \bar{t}_2 первого режима и выполнить обработку результатов, полученных в первом опыте.

6. ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ОПЫТОВ

Для обработки можно использовать лишь данные, полученные при установившемся тепловом режиме работы установки.

Количество тепла, выделившегося на расчетном участке нагревателя в единицу времени:

$$Q = I \cdot U, \text{ Вт} \quad (3)$$

Коэффициент теплопроводности исследуемого материала вычисляется из уравнения (2):

$$\lambda = - \frac{Q \cdot \ln \frac{d_2}{d_1}}{2\pi l \cdot (t_1 - t_2)}, \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}} \quad (4)$$

где $t_1 = \bar{t}_1$; $t_2 = \bar{t}_2$

Следует иметь в виду, что рассчитанные по (4) величины коэффициента теплопроводности для трех режимов работы установки соответствуют средней температуре слоя теплоизоляции \bar{t} в каждом режиме, причем:

$$\bar{t} = \frac{\bar{t}_1 + \bar{t}_2}{2}, \text{ } ^\circ\text{C} \quad (5)$$

Затем строится график зависимости $\lambda = f(\bar{t})$ по трем точкам, соответствующим трем режимам работы (пример такого графика приведен на рис. 2).

Опыта показывают, что для многих материалов с достаточной для инженерных расчетов точностью эта зависимость может быть принята линейной вида $y = a + bx$.

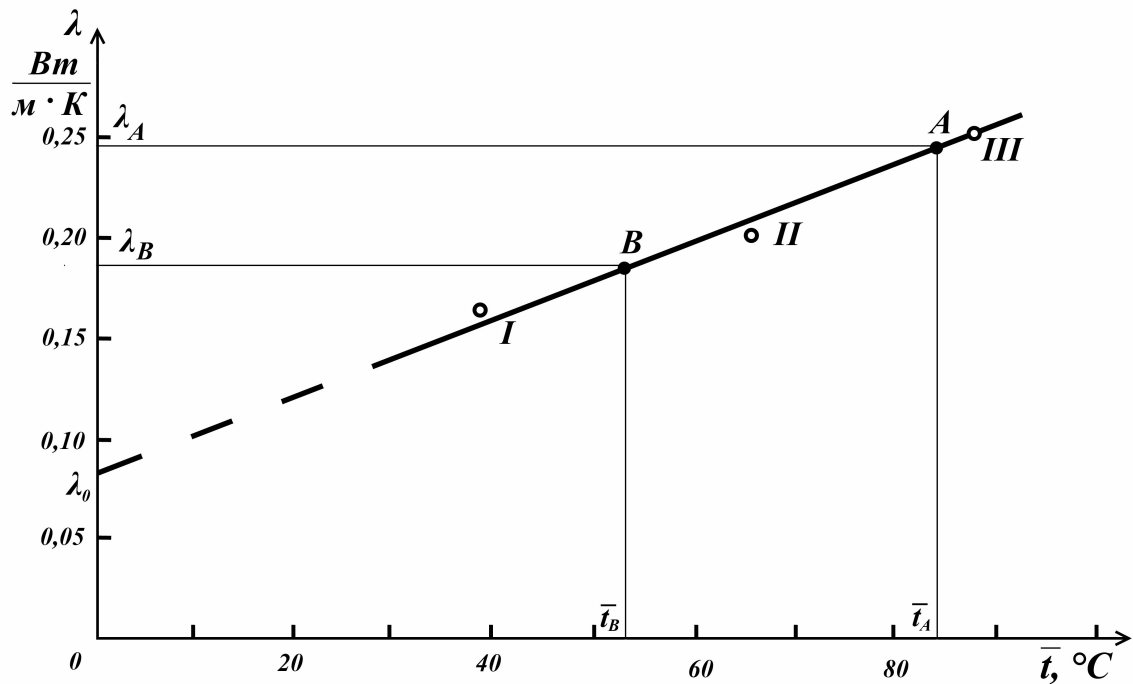


Рис. 2 Пример построения зависимости $\lambda = f(\bar{t})$

Поэтому на графике $\lambda = f(\bar{t})$ по экспериментальным точкам проводят прямую линию и определяют аналитическую зависимость λ от средней температуры \bar{t} :

$$\lambda = \lambda_0 + b \cdot \bar{t} \quad (6)$$

где λ_0 - значение коэффициента теплопроводности при температуре 0°C ,
Вт/м · К;

b - коэффициент, определяемый графоаналитически, Вт/м · К².

Определение значения b , характеризующего наклон прямой графика $\lambda = f(\bar{t})$, производится по координатам двух произвольных точек A и B , взятых на прямой линии (см. рис. 2).

$$b = \frac{\lambda_A - \lambda_B}{\bar{t}_A - \bar{t}_B} \quad (7)$$

Полученные значения λ_0 и b подставляют в (6) и записывают

аналитическое выражение зависимости $\lambda = f(\bar{t})$ в окончательном виде.

Для проверки правильности расчетов следует для любого значения \bar{t} сравнить два значения коэффициента теплопроводности, рассчитанные по полученному выражению $\lambda = f(\bar{t})$ и определенные по графику.

7. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

Отчет по лабораторной работе должен включать:

- 1) цель работы;
- 2) принципиальную схему установки с кратким ее описанием;
- 3) таблицу записи показаний приборов;
- 4) обработку результатов опытов по трем режимам;
- 5) график зависимости $\lambda = f(\bar{t})$
- 6) определение коэффициентов зависимости $\lambda = \lambda_0 + b \cdot \bar{t}$
- 7) аналитическое выражение $\lambda = f(\bar{t})$
- 8) проверку правильности расчетов (определение ошибки);
- 9) выводы по работе.

Температура, °С	ТЭДС. мВ. для температуры, °С									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0.646	0.711	0.776	0.841	0.907	0.973	1.039	1.105	1.171	1.237
20	1.303	1.370	1.437	1.504	1.571	1.638	1.705	1.772	1.840	1.908
30	1.976	2.044	2.112	2.180	2.248	2.316	2.384	2.452	2.520	2.589
40	2.658	2.727	2.796	2.865	2.934	3.003	3.072	3.141	3.210	3.280
50	3.350	3.420	3.490	3.560	3.630	3.700	3.770	3.840	3.910	3.980
50	4.050	4.121	4.192	4.263	4.334	4.405	4.476	4.547	4.618	4.689
70	4.760	4.831	4.902	4.973	5.044	5.115	5.186	5.257	5.327	5.398
80	5.469	5.540	5.611	5.682	5.753	5.824	5.895	5.956	6.037	6.108
90	6.176	6.250	6.322	6.394	6.456	6.538	6.610	6.682	6.754	6.826
100	6.898	6.970	7.043	7.116	7.189	7.262	7.335	7.408	7.481	7.554
110	7.627	7.700	7.774	7.848	7.922	7.996	8.070	8.144	8.218	8.292
120	8.366	8.440	8.515	8.590	8.655	8.740	8.815	8.890	8.965	9.040
130	9.115	9.190	9.265	9.340	9.415	9.490	9.565	9.640	9.715	9.790
140	9.865	9.940	10.02	10.09	10.17	10.24	10.32	10.40	10.47	10.55
150	10.62	10.70	10.78	10.85	10.93	11.01	11.09	11.16	11.24	11.32
150	11.39	11.47	11.55	11.53	11.70	11.78	11.86	11.94	12.02	12.09
170	12.17	12.25	12.33	12.41	12.49	12.57	12.55	12.72	12.80	12.88
180	12.96	13.04	13.12	13.20	13.28	13.36	13.44	13.52	13.60	13.68
190	13.76	13.84	13.92	14.00	14.08	14.17	14.25	14.33	14.41	14.49
200	14.57	14.65	14.73	14.81	14.89	14.98	15.05	15.14	15.22	15.30
210	15.38	15.46	15.54	15.63	15.71	15.79	15.87	15.95	16.04	15.12
220	16.20	16.28	16.37	16.45	16.53	15.62	16.70	16.78	16.84	15.95
230	17.03	17.11	17.20	17.28	17.36	17.45	17.53	17.61	17.69	17.78
240	17.86	17.04	18.03	18.11	18.19	18.28	18.36	18.44	18.52	18.61
250	18.69	18.77	18.86	18.94	19.02	19.11	19.19	19.27	19.35	19.44

Геральд Алексеевич Попов

Александр Григорьевич Ивашко

Виктор Иванович Боченин

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ
ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ
МЕТОДОМ ЦИЛЕНДРИЧЕСКОГО СЛОЯ

Методические указания

к выполнению лабораторной работы №5

по курсам: "Теплотехника", "Термодинамика и теплопередача"

для студентов специальностей 190201, 190202, 190601, 190603,

190702, 150202, 151002, 280100, 260601, 200503

Редактор Н.М. Устюгова

Подписано к печати

Бумага тип №1

Формат 60x84 1/16

Усл.п.л.

Уч. изд.л.2

Заказ

Тираж 100

Цена свободная

Издательство Курганского государственного университета.

640669, г. Курган, ул. Гоголя, 25.

Курганский государственный университет, ризограф