

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Локтионова Оксана Геннадьевна
Должность: проректор по учебной работе
Дата подписания: 26.12.2021 15:29:47
Уникальный программный ключ:
0b817ca911e6668abb139c1e77e054d87e

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования
«Юго-Западный государственный университет»
(ЮЗГУ)

Кафедра управления инновациями
Кафедра теплогазоснабжения и вентиляции

УТВЕРЖДАЮ

Первый проректор –
проректор по учебной работе

Е.А.Кудряшов



2012г.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ ИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Методические указания к лабораторной работе по теплотехнике
для студентов технических специальностей

Курск- 2012

УДК 621.1

Составители: И.Р.Чеховский, И.И.Сокол, Л.Е.Кудрявцева,
В.А.Кудрявцев

Рецензент

Кандидат технических наук, доцент кафедры ТГВ
Г.Г.Щедрина

Определение коэффициента теплопроводности изоляционных материалов : методические указания к лабораторной работе по теплотехнике для студентов технических специальностей / Юго-Зап. гос. ун-т; сост.: И.Р.Чеховский, И.И.Сокол, Л.Е.Кудрявцева, В.А.Кудрявцев Курск, 2012. 8 с.: ил.1, табл.2. Библиогр. с.8.

Излагаются методические рекомендации по определению коэффициента теплопроводности изоляционных материалов.

Предназначены для студентов технических специальностей.

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать . Формат 60x84 1/16.

Усл.печ.л. 0,46 Уч.- изд.л. 0,42 Тираж экз. Заказ Бесплатно.

Юго-Западный государственный университет.

305040 Курск, ул. 50 лет Октября, 94.

Целью работы является углубление знаний по теории теплопроводности, изучение методики экспериментального определения коэффициента теплопроводности изоляционных материалов методом «трубы» и получение навыков в проведении экспериментальных работ.

Задание

1. Найти значение коэффициента теплопроводности исследуемого материала опытным путём.
2. Составить отчет по выполненной лабораторной работе.

Теоретическая часть

Теплопроводность – это процесс распространения тепла при непосредственном соприкосновении частиц с различной температурой. В чистом виде этот процесс возможен лишь в однородных твердых телах. Теплообмен между отдельными частями тела объясняется взаимным обменом кинетической энергии через молекулярные связи, распространением упругих волн, а в металлах - диффузией свободных электронов.

Передача теплоты теплопроводностью связана с наличием разности температур.

Совокупность значений температур во всех точках тела называют температурным полем. Температура в теле может изменяться в направлении одной, двух- и трехкоординатных осей. В соответствии с этим температурное поле называется одно-, двух- и трехмерным. Если температурное поле меняется во времени, то оно называется неустановившимся или нестационарным $t = f(x, y, z, \tau)$, если же не меняется – установившимся или стационарным $t = f(x, y, z)$.

Поверхность, объединяющая точки равной температуры, называется изотермической. Температура в теле изменяется лишь в направлении, пересекающем изотермические поверхности. Наибольшее изменение температуры будет наблюдаться в направлении нормали n к изотермическим поверхностям.

Предел отношения изменения температуры Δt на единицу расстояния по нормали Δn между изотермическими поверхностями называется температурным градиентом, т.е.

$$\lim_{\Delta n \rightarrow 0} \Delta t / \Delta n = \partial t / \partial n = \text{grad} \cdot t, \text{ К/м.}$$

Температурный градиент является вектором, направленным по нормали к изотермической поверхности в сторону возрастания температуры.

Количество теплоты, переносимое через какую-либо изотермическую поверхность в единицу времени, называется тепловым потоком Q , Вт. Тепловой поток, отнесенный к единице площади изотермической поверхности, называется плотностью теплового потока или удельным тепловым потоком q , Вт/м², $q=Q/F$. Величины Q и q являются векторами, направление которых противоположно направлению вектора температурного градиента.

В процессе теплопроводности количество переданного тепла в единицу времени пропорционально температурному градиенту и площади сечения F , перпендикулярного направлению распространения тепла, то есть

$$Q = -\lambda \cdot \frac{dt}{dn} F, \text{ Вт,} \quad (1)$$

где λ – коэффициент теплопроводности, Вт/(м·К), который представляет собой количество теплоты, проходящее в единицу времени через единицу площади изотермической поверхности при температурном градиенте, равном единице. Коэффициент теплопроводности характеризует способность тела проводить тепло.

Для многих материалов достаточно точно зависимость λ от t описывается формулой $\lambda = \lambda_0 [1 + b \cdot t]$, где λ_0 – значение коэффициента теплопроводности при температуре t_0 ; b – постоянная, определяемая опытным путем.

Уравнение (1) является математическим выражением основного закона теплопроводности – закона Фурье.

Для однородной цилиндрической стенки (трубы) длиной ℓ с внутренним диаметром d_1 и внешним диаметром d_2 уравнение (1)

имеет вид

$$Q = -\lambda \cdot \frac{dt}{dr} F = -\lambda \cdot \frac{dt}{dr} 2\pi \cdot r \cdot \ell, \quad (2)$$

где dt/dr – температурный градиент; r – радиус кольцевого слоя толщиной dr ; $F = 2\pi r \ell$ – площадь боковой поверхности цилиндра радиусом r и длиной ℓ , м².

При интегрировании уравнения (2) получаем следующую расчетную формулу:

$$Q = \frac{\pi (t_{w1} - t_{w2}) l}{\frac{1}{2\lambda} \ln \frac{d_2}{d_1}}, \text{ Вт}, \quad (3)$$

где t_{w1} и t_{w2} – температуры внутренней и наружной поверхностей трубы.

Описание опытной установки

Эксперимент по определению λ проводится методом «цилиндра» на установке, принципиальная схема которой дана на рис.1.

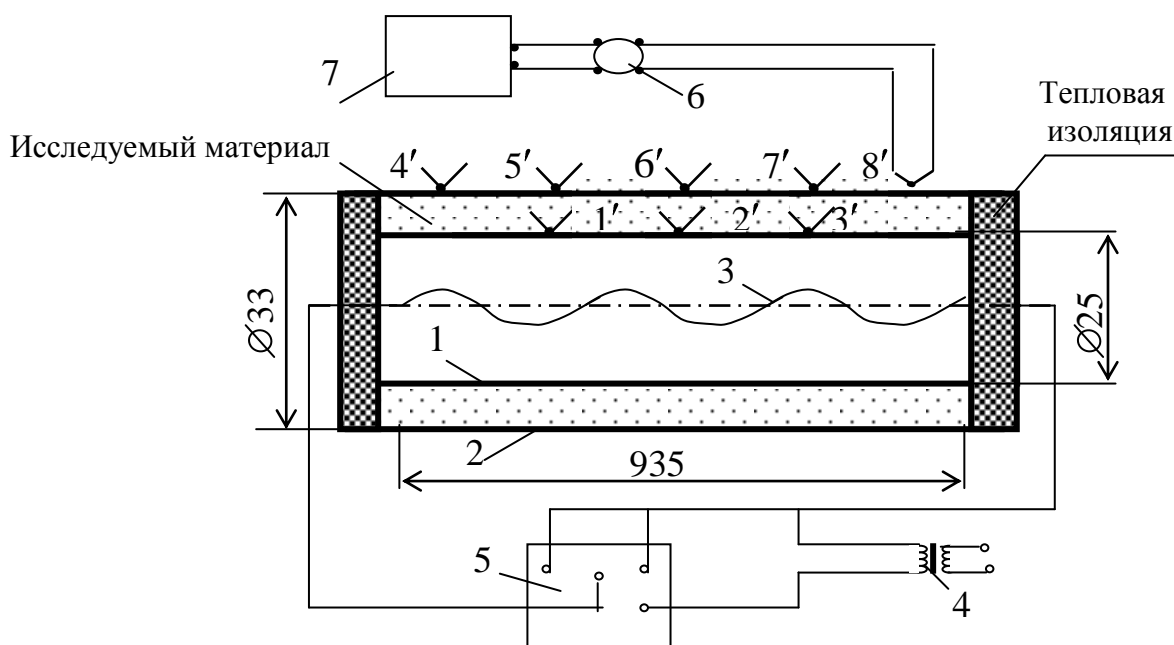


Рис.1. Принципиальная схема экспериментальной установки: 1-внутренняя латунная труба; 2-наружная латунная труба; 3-электрический нагреватель; 4-ЛАТР; 5-ваттметр; 6-переключатель термопар; 7-потенциометр; 1'-8' - спаи хромель-копелевых термопар

Материал, коэффициент теплопроводности которого определяется, засыпается в пространство между трубами 1 и 2. Нагрев материала осуществляется электрическим током, проходящим через нагреватель 3. Мощность, потребляемая нагревателем, регулируется лабораторным автотрансформатором 4 и измеряется ваттметром 5.

Температуры исследуемого материала измеряются термопарами, спаи которых заложены на внутренней и наружной поверхности исследуемого слоя.

Слой исследуемого сыпучего материала (песок) прилегает к поверхности трубы, поэтому термопары, которыми определяется температура внутренней поверхности слоя, заделываются по поверхности трубы 1, а термопары, которыми определяется температура внешней поверхности слоя исследуемого материала, заделываются на внутренней поверхности трубы 2. В действительности выполнить эту операцию не представляется возможным, поэтому термопары 4',5',6',7',8' заделываются на внешней стороне трубы 2. Перепадом температур в стенке пренебрегли, так как металл обладает хорошей теплопроводностью.

Ввиду того что на концевых участках трубы выделяющееся тепло проходит через слой материала не только в направлении, перпендикулярном к поверхности трубы, но и вдоль оси трубы вследствие утечки тепла через торцы трубы, рабочим участком считается средняя часть трубы и температуры в т. 4'-8' служат для контроля утечки тепла.

Все термопары при помощи переключателя 6 поочерёдно подключаются к потенциометру 7, по шкале которого проводится отсчёт ЭДС термопар в mV.

Проведение опыта

После изучения описания и ознакомления с опытной установкой необходимо заготовить форму протокола для записи наблюдений.

Таблица 1

Протокол испытаний

Мощность электронагревателя Q=	Вт;		t ₀ =		° C;		E ₀ =		mV	
Номера термопар	1'	2'	3'	4'	5'	6'	7'	8'		
ЭДС термопар E _i : 1 замер										
2 замер										
Среднее значение E _{иср} , mV										
E=E ₀ +E _{иср} , mV										
Среднее значение температуры t, °C										

С участием преподавателя или лаборанта при помощи автотрансформатора 4 устанавливается режим нагрева (30-50 Вт). Установив мощность нагревателя, необходимо следить за тем, чтобы она оставалась неизменной в течение всего опыта. При наступлении ста-

ционного режима выполнить 2 замера показаний термопар с интервалом между замерами 1-2 мин. Выключение установки производится преподавателем или лаборантом.

Обработка результатов опыта

Перевод E_i в градусы следует выполнить следующим образом: по градуировочной таблице 2 находим значение ЭДС E_o , соответствующее температуре окружающей среды t_o . Величину E_o складываем с ЭДС, измеренной потенциометром E_i , т.е. находим $E = E_i + E_o$. После этого по величине E по градуировочной таблице 2 находим измеряемую температуру t .

Коэффициент теплопроводности исследуемого материала находится из формулы (3)

$$\lambda = (Q \cdot \ln d_2 / d_1) / [2\pi \cdot \ell \cdot (t_{w1} - t_{w2})], \quad (4)$$

где λ - коэффициент теплопроводности исследуемого материала, Вт/(м·К);

Q - мощность электрического нагревателя, Вт;

ℓ - длина трубки, м;

d_1 и d_2 - внутренний и наружный диаметры изоляционного слоя, м;

t_{w1} и t_{w2} - средние температуры на внутренней и наружной поверхности изоляционного слоя испытуемого материала, °С.

Температуры t_{w1} и t_{w2} определяются как средние арифметические из показаний термопар 1', 2', 3' и 5', 6', 7', т.е.

$$t_{w1} = (t_1 + t_2 + t_3) / 3, \quad t_{w2} = (t_5 + t_6 + t_7) / 3.$$

Полученное значение λ следует отнести к средней температуре исследуемого материала $t = 0,5 \cdot (t_{w1} + t_{w2})$.

Контрольные вопросы

1. Схема экспериментальной установки и порядок проведения опыта.
2. Механизм передачи тепла в процессе теплопроводности.
3. Определения температурного поля и температурного градиента.
4. Основной закон теплопроводности.
5. Коэффициент теплопроводности, физический смысл, размерность.
6. Термическое сопротивление теплопроводности плоской и цилиндрической стенок.
7. Распределение температуры по толщине плоской и цилиндрической однослойных стенок.

8. Расчетные формулы теплового потока через однослойные и многослойные поверхности.

Таблица 2

Термо-ЭДС термоэлектрических термометров типа хромель-копель при температуре холодного спая 0 °С

Температура, °С	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	mV									
0	0,00	0,07	0,13	0,20	0,26	0,33	0,39	0,46	0,52	0,59
10	0,65	0,72	0,78	0,85	0,91	0,98	1,03	1,11	1,18	1,24
20	1,31	1,38	1,44	1,51	1,57	1,64	1,70	1,77	1,84	1,91
30	1,98	2,05	2,12	2,18	2,25	2,32	2,38	2,42	2,52	2,59
40	2,66	2,73	2,80	2,87	2,94	3,00	3,07	3,14	3,21	3,28
50	3,35	3,42	3,49	3,56	3,63	3,70	3,77	3,84	3,91	3,98
60	4,05	4,12	4,19	4,26	4,33	4,41	4,48	4,55	4,62	4,69
70	4,76	4,83	4,90	4,98	5,05	5,12	5,20	5,27	5,34	5,41
80	5,48	5,55	5,62	5,69	5,76	5,83	5,90	5,97	6,04	6,11
90	6,18	6,25	6,32	6,39	6,46	6,53	6,60	6,67	6,74	6,81

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Теплотехнические измерения и приборы / Г.И.Иванова, Н.Д.Кузнецов, В.С.Чистяков. – М.: МЭИ, 2005. 450с.
2. Теплотехника: Учеб.для вузов/А.П.Баскаков, Б.В.Берг, О.К.Витт и др.; Под ред. А.П.Баскакова.-М.:ООО «ИД “Бастет”», 2010.-328с.
3. Теоретические основы теплотехники. Теплотехнический эксперимент: Справочник / Под общ. ред В.М.Зорина: М.: Энергоатомиздат, 1988, 560 с.
4. Нащокин В.В. Техническая термодинамика и теплопередача.- М.:Высш.шк., 1980.-469 с.

