



УДК 536.2

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ ВОЗДУХА МЕТОДОМ НАГРЕТОЙ ПРОВОЛОКИ

Миронова Анастасия Дмитриевна

научный руководитель: Медяков Андрей Андреевич

ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет», г. Йошкар-Ола

Аннотация. Испытана экспериментальная установка для исследования коэффициента теплопроводности воздуха методом нагретой проволоки. Приведено описание экспериментальной установки. На экспериментальной установке исследован коэффициент теплопроводности воздуха для установившегося процесса теплообмена. Проведена статистическая обработка результатов экспериментальных исследований.

Ключевые слова: теплопроводность, коэффициент теплопроводности, метод нагретой проволоки, тепловой поток, плоская и цилиндрическая стенки, градиент температуры, стационарный процесс, нестационарный процесс, закон Фурье.

Цель: Ознакомить читателей с методом измерения теплопроводности на примере воздуха.

Введение: Пусть жидкость или газ, теплопроводность которых определяется, заполняет цилиндрический объём, образованный двумя коаксиальными цилиндрами. В этом случае теплопроводность жидкости или газа может быть определена по формуле закона Фурье для цилиндрической стенки:

$$\lambda = -\frac{Q}{2\pi r l} \cdot \frac{dr}{dT},$$

где Q -тепловой поток от более нагретого цилиндра к менее нагретому, l -длина цилиндров, r -радиус свободного пространства между цилиндрами (изменяется от $\frac{d_1}{2}$ до $\frac{d_2}{2}$), T -температура жидкости или газа, λ -коэффициент теплопроводности жидкости (газа).

Интегрируя это выражение по радиусу от r_1 до r_2 , получаем

$$\lambda = \frac{\ln(d_2/d_1)}{2\pi l} \cdot \frac{Q}{[(T)_1 - T_2]}, \quad (1)$$

где l -длина цилиндров, m ;-температуры внутреннего и внешнего цилиндров соответственно, $^{\circ}C$.

В рассматриваемом методе внутренний цилиндр заменяется тонкой металлической проволокой. Расчётная формула при этом не изменяется, а учитываются фактические диаметр



проволоки и наружного цилиндра. В ходе эксперимента проволока нагревается электрическим током, тепловой поток направлен перпендикулярно оси проволоки через окружающую ее жидкость (газ) к стенке цилиндра.

Тепловой поток в установке создается путем нагрева вольфрамовой проволоки постоянным током. Температура стеклянной трубки, в которой располагается проволока, в процессе эксперимента остается постоянной, т.к. ее поверхность обдувается потоком воздуха с помощью вентиляторов. Для определения температуры проволоки измеряются падение напряжение на ней и протекающий через проволоку электрический ток. Ток измеряется миллиамперметром М253 с зеркальной шкалой.

Между выступающими частями панели в текстолитовый фланцах размещена стеклянная трубка с внутренним диаметром $d_2 = 26$ мм. По оси трубки натянута вольфрамовая проволока. Диаметр проволоки $d_1 = 0,053$ мм. Её длина равна 0,402 м. Электрическое сопротивление вольфрама при 20 °C составляет 10 Ом. Температурный коэффициент сопротивления

вольфрама равен 0,0051 . Между панелью и кронштейном размещен вентилятор для создания внутри блока, защищённого прозрачным экраном из оргстекла, постоянной температуры окружающего стеклянную трубку воздуха. За счет работы вентилятора достигается стационарный режим работы установки. Температура стеклянной трубки в стационарном режиме равна температуре воздуха внутри блока и измеряется с помощью термосопротивления и вторичного показывающего прибора.

Температура вольфрамовой проволоки в нагретом состоянии

$$t_n = \frac{\left[\frac{U}{I \cdot R_0} - 1 \right]}{\alpha}, ^\circ\text{C}$$

Тепловой поток через цилиндрический слой воздуха в стеклянной трубке

$$Q = U \cdot I, \text{ Вт.}$$

Коэффициент теплопроводности воздуха определяется по формуле (1).

Затем вычисляется среднее арифметическое значение λ .

Таблица 1. Результаты измерений и расчетов

№	Наименование и обозначение параметра	Размерн.	Значение параметров в опытах			
			№1	№2	№3	№4



1	Напряжение на вольфрамовой проволоке, U	В	2,75	2,35	2,18	1,82
2	Сила тока, протекающего через проволоку, I	А	0,2	0,185	0,165	0,155
3	Температура воздуха, $t_{\text{в}}$	°С	22	22	24	24
4	Внутренний диаметр стеклянной трубки, D	м	0,026			
5	Диаметр проволоки, d	м	0,000053			
6	Длина проволоки, l	м	0,402			
7	Температурный коэффициент сопротивления вольфрама, α	1/К	0,0051			
8	Электрическое сопротивление проволоки при 20°С, R_0	Ом	10			
9	Температура проволоки, $t_{\text{п}}$	°С	73,53	52,99	62,98	34,16
10	Полный тепловой поток, Q	Вт	0,55	0,43	0,36	0,28
11	Коэффициент теплопроводности воздуха, λ	Вт/(м*К)	0,026	0,034	0,021	0,057
12	Среднее значение λ	Вт/(м*К)	0,0345			
13	Среднее значение $t_{\text{в}}$	°С	23			

Вывод: Рассчитана температура проволоки, тепловой поток через цилиндрический слой воздуха в стеклянной трубке, среднее значение температуры воздуха, коэффициент теплопроводности воздуха. Результаты экспериментальных исследований коэффициента теплопроводности воздуха показали, что они ($\lambda \approx 0,0345$ Вт/(м*К)) отличаются (в большую сторону) от табличных значений ($\lambda \approx 0,026$ Вт/(м*К)).

Список литературы:

1. Теплопередача [Текст]: лаб. практикум / В. А. Хлебников, А. В. Маряшев. - Йошкар-Ола: МарГТУ, 2008. - 79 с.
2. Тепломассообмен [Текст]: [учебник для студентов вузов по направлению подготовки "Теплоэнергетика"] / Ф. Ф. Цветков, Б. А. Григорьев. - [Изд. перераб. и доп.]. - Москва: Изд. дом МЭИ, 2011. – 558с.
3. Теория тепломассообмена [Текст]: учебник для студ-ов машиностроит. спец. техн. ун-тов и вузов / [С.И.Исаев, И.А.Кожин, В.И.Кофанов и др.]; Под ред. А.И.Леонтьева. - 2-е изд., испр. и доп. - М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 1997. - 683 с.
4. Теплопроводность воздуха в зависимости от температуры и давления// Thermalinfo.ru URL:<http://thermalinfo.ru/svoystva-gazov/gazovye-smesi/teploprovodnost-vozduha-v-zavisimosti-ot-temperatury-i-davleniya> (дата обращения:



01.12.2021).