

Лабораторная работа

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ТЕПЛОТДАЧИ ПРИ СВОБОДНОЙ КОНВЕКЦИИ ВОЗДУХА

1. Цель работы

Изучение методики экспериментального определения коэффициента теплоотдачи и обработки опытных данных.

2. Задачи работы

Определение коэффициента теплообмена при свободном обтекании трубы воздухом. Анализ опытных данных.

3. Теоретические положения

По определению, коэффициентом теплоотдачи α называется удельный тепловой поток, возникающий между поверхностью твердого тела и жидкой средой и отнесенный к разности температур стенки и жидкости в один градус [1]:

$$\alpha = \frac{q}{\Delta t}, \text{ Вт/м}^2\cdot\text{К} \quad (1)$$

где q – удельный тепловой поток, под которым понимается тепловой поток в единицу времени, приходящийся на единицу поверхности теплообмена:

$$q = \frac{\Phi}{S}, \text{ Вт/м}^2 \quad (2)$$

где Φ – тепловой лоток, передаваемый в единицу времени от поверхности трубы воздуху при конвективном теплообмене, Вт;

S – площадь поверхности теплообмена, м²;

Δt – разность температур, под действием которой происходит теплообмен:

$$\Delta t = t_{CP} - t_0, \text{ }^\circ\text{C} \quad (3)$$

где t_{CP} – средняя температура стенки трубы, $^\circ\text{C}$

t_0 – температура окружающей среды, $^\circ\text{C}$

С учетом выражения 2 коэффициент теплообмена можно определить по формуле:

$$\alpha = \frac{\Phi}{S \cdot \Delta t}, \text{ Вт/м}^2\cdot\text{К} \quad (4)$$

Между трубой и воздухом теплообмен происходит путем конвекции, теплопроводности (в воздухе) и излучения. Конвекция и теплопроводность в жидкой среде объединяются под названием конвективного теплообмена. Таким образом, общий тепловой поток складывается из конвективного и лучистого потоков:

$$Q = \Phi + Q_{л.} \quad (5)$$

Аналогично и коэффициент теплоотдачи условно представляют как сумму конвективного и «лучистого» коэффициентов:

$$\alpha = \alpha_k + \alpha_{л.} \quad (6)$$

Для определения коэффициента теплообмена, характеризующего конвективный теплообмен, следует из общего теплового потока исключить количество тепла, передаваемого лучистым путем:

Общий тепловой поток Φ от трубы к воздуху при установившемся режиме будет равен количеству подводимой в единицу времени электроэнергии, т. е. может быть найден по показаниям приборов:

$$\Phi = I \cdot U, \text{ Вт.} \quad (7)$$

Где I – сила тока, А;
 U – напряжение сети тока, В.

Поскольку коэффициент теплообмена зависит от большого числа факторов, для использования опытных данных на практике их следует обработать в критериальном виде. Конвективный теплообмен на границе со стенкой характеризуется критерием подобия Нуссельта (Nu). Подобие процессов свободной конвекции определяется критерием Грасгофа (Gr). Физическое подобие описывается критерием Прандтля (Pr), но физические параметры воздуха пренебрежимо мало зависят от температуры, и поэтому критерий Прандтля является практически постоянной величиной.

Зная эти критерии можно определить коэффициент теплообмена по формуле [1]:

$$\alpha = Nu \frac{\lambda}{d} \quad (8)$$

где d – диаметр трубы (определяющий размер), м;
 λ – коэффициент теплопроводности теплоносителя, Вт/м·К.

4. Описание лабораторной установки

Опытная установка (Рис. 1) представляет собой горизонтальную медную трубу 1, внутри которой вмонтирован электрический нагреватель 2. На поверхности трубы запаяны шесть термопар 3, подключенных к электронному измерителю температуры 13 (потенциометру).

Торцы опытной трубы защищены тепловой изоляцией, а пространство между трубой и нагревателем заполнено песком. Все холодные спаи термопар помещены в сосуд 10, где находится масло с постоянной температурой.

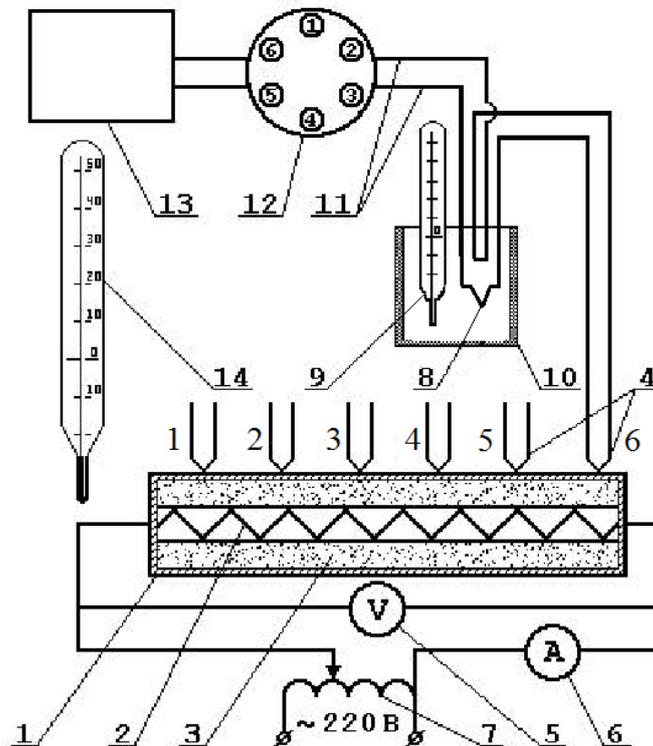


Рис. 1. Схема установки: 1 – горизонтальная труба; 2 – нагревательный элемент; 3 – наполнитель песок; 4 – горячие спаи термопар №1-6;
 5 – вольтметр; 6 – амперметр; 7 – ЛАТР; 8 – холодные спаи термопар;
 9 – термометр для замера температуры холодных спаев; 10 – сосуд Дьюара; 11 – компенсационные провода; 12 – переключатель термопар;
 13 – электронный измеритель температуры; 14 – термометр для замера температуры окружающей среды

При установившемся режиме весь тепловой поток от нагревателя передается через стенки трубы к окружающему воздуху. Вследствие нагревания трубы около ее поверхности возникает

8. Контрольные вопросы

- 1) Какой физический смысл коэффициента теплоотдачи?
- 2) Какие виды теплообмена включает процесс теплоотдачи?
- 3) Почему для измерения температуры поверхности трубы используется не одна, а шесть термопар?
- 4) Как определяется тепловой поток, передаваемый от трубы воздуху?