Определение коэффициента теплоотдачи при свободном движении воздуха

Передача тепла от нагретого твёрдого тела к газообразному теплоносителю или наоборот, является одним из наиболее распространённым случаев сложного теплообмена.

Коэффициент теплоотдачи может быть различным в разных точках поверхности теплообмена. Для упрощённых расчётов пользуются средним по поверхности значением α. В случае теплоотдачи поверхности металлической трубы (внутри которой находится электрический нагреватель) в неограниченную среду, наблюдаемый сложный теплообмен включает все три вида теплообмена - теплопроводность, конвекцию и лучеиспускание. При этом имеет место конвективный теплообмен между поверхностью и омывающим её газом, и, кроме того, та же самая поверхность излучает и поглощает энергию, обмениваясь потоками излучения с газом и окружающими предметами. В целом интенсивность сложного теплообмена в этом случае характеризуют суммарным коэффициентом теплоотдачи.

α = αк+ αл. (1)

При этом считается, что конвекция и излучение независимы друг от друга.

За полный тепловой поток, передаваемый поверхностью нагретого тела окружающей среде (воздуху) можно принять мощность нагревателя

Φ = Ν = Ι · U (2)

Действительно, при прохождении электрического тока по проводнику, в нём выделяется тепло Q = Ν = Ι·U·τ и тепловой поток Φ = Q/τ = Ι·U.

Рассмотрим два способа определения конвективного коэффициента теплоотдачи αк в случае естественной конвекции.

1) Экспериментальное определение конвективного коэффициента теплоотдачи.

Конвективный коэффициент теплоотдачи можно рассчитать, используя формулу

αк = Фк /[ (t'ст - t'г)·F] (3).

Конвективный тепловой поток находим

Фк = Ф - Фл (4)

Фл = ε ·С0· [(Тст/100)4 - (Тг/100)4] · F (5)

теплоотдача конвективный число подобие

Предварительно необходимо рассчитать значения лучистого теплового потока и полного теплового потока, используя формулы (2) и (5). В формуле (5) температуру нагретой поверхности t'ст находят с помощью термопар, подключённых к автоматическому потенциометру (см.рис.1) и берут среднее значение(складываются показания всех термопар и делятся на число термопар). Температуру воздуха вдали от нагревателя (температура среды-газа) t'г находим с помощью стеклянного жидкостного термометра.



Рис.1. Схема установки. В горизонтальной расположенной стальной трубе 1 находится электрический нагреватель, подключенный к источнику тока 5 . Амперметр 3 и вольтметр 4 позволяют найти мощность нагревателя N. Термопары 6 , подключенные с помощью компенсационных проводов 8 к автоматическому потенциометру 7, измеряют температуру поверхности трубы.

Для перевода температуры в 0С в 0К необходимо использовать их связь:

Тст0 К= t'ст0С +273,15; Тг0К= t'г0С+273,15. (6)

Степень черноты ε имеет следующие значения: сталь с шероховатой поверхностью - 0.95 - 0.98; Сталь окисленная - 0.8; Сталь сильно окисленная - 0.98 (выбрать, исходя из степени окисления металла нагревателя).

Коэффициент лучеиспускания абсолютно чёрного тела С0 = 5,67 вт/(м2 град4).

Значения силы токаΙ, проходящего по нагревателю, и напряжения U, подаваемого на его концы, находят по амперметру и вольтметру.

За площадь нагретой поверхности принимается площадь поверхности цилиндра длиной l и диаметром

: F= π · d · l (7).

Аналогично ф-ле 3 можно рассчитать и лучистый коэффициент теплоотдачи:

αл = Фл /[ (t'ст - t'г)·F] (8)

) Определение конвективного коэффициента теплоотдачи с помощью теории подобия.

Конвективный коэффициент теплоотдачи можно также определить, используя теорию подобия. Теплоотдача в неограниченном пространстве для тел любой формы и размера определяется уравнением подобия:

Nuж = 0,5·(Grж ·Pr ж)0,25 (Pr ж/Prст)0,25.

Для газа (Pr ж/Prст)0,25 =1.

Индексы ж заменим на г, т.е. значения физических величин, входящих в числа Грасгофа и Прандтля необходимо брать при температуре окружающего воздуха (табл.1).

Табл.1. Физические свойства сухого воздуха

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Т °К | ρ кг/м3 | ср кдж/(кг ·град) | λ , вт/(м·град) | ν м2/сек |
| 273  | 1,252  | 1,011  | 2,374 · 10-2  | 13,7 · 10 -6  |
| 283  | 1,206  | 1,012  | 2,456 ---  | 14,70 ---  |
| 293  | 1,164  | 1,013  | 2,522 ---  | 15,70 --- 16,61 -  |
| 303  | 1,127  | 1,014  | 2,580 ---  | 16,61 --- |
| 313  | 1,092  | 1,015  | 2,654 ---  | 313  |

= 0,5·(Grг ·Prг)0,25 (9)

Nu = αк L / λ (10)

Здесь Nu - число подобия Нуссельта; отсюда конвективный коэффициент теплоотдачи

αк = Nu ·λ/ d (11)

- определяющий размер нагретого тела в данном случае ( L= d) равен диаметру цилиндра, λ - коэффициент теплопроводности теплоносителя, в данном случае воздуха.

Числа подобия Грасгофа Gr и Прандтля Рг, входящие в уравнение подобия (9), определяются следующим образом:

г =β·g·(d)3·ΔT/v2; (12)г =ρ·сp·v/λ (13)

Здесь v - кинематическая вязкость (динамическая вязкость теплоносителя, деленная на его плотность ), cр - изобарная теплоёмкость теплоносителя; зависимость удельной изобарной теплоёмкости для воздуха дана в табл.3. ( приближённо для воздуха -идеального двухатомного газа- её можно найти по формуле сp= (7/2)·R/μ = 1,003 кдж / кг град, что всего на 0,8% меньше теплоёмкости реального воздуха при 200С; это и позволяет считать воздух идеальным газом при невысоких температурах и давлениях), λ - коэффициент теплопроводности воздуха.

Значения коэффициентов В и n зависят от величины произведения Gr · Рr и берутся из таблицы 2.

Табл.2. Зависимость коэффициентов В и n от произведения чисел подобия Грасгофа и Прандтля.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Gr · Pr  | В  | n |
|  <103 | 1.18 | 1/8  |
| 103 ÷ 108  | 0.50  | 1/4  |
| > 109 | 0.13  | 1/3  |

Литература

1. Теплотехника - Баскаков А.П. 1991г.

. Теплотехника - Крутов В.И. 1986г.

. Теплотехника, теплогазоснабжение и вентиляция - Тихомиров К.В. 1981г.57.

. Теплотехнические измерения и приборы - Преображенский В.П.1978г.