**Практика «Конвективный теплообмен» задание на дом**

Изолированный горизонтальный трубопровод проложен на открытом воздухе, температура которого tж. Температура наружной поверхности изоляции равна tст, наружный диаметр изоляции равен d.

Определить коэффициент теплоотдачи и тепловые потери с 1м длины трубопровода. Во сколько раз возрастут тепловые потери, если трубопровод будет обдуваться поперечным потоком воздуха со скоростью w? Данные для решения приведены в таблице 1.

Таблица 1

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Последняя  цифра шифра | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| d, мм | 100 | 150 | 200 | 250 | 300 | 350 | 400 | 450 | 500 | 550 |
| tж, оС | -30 | -25 | -20 | -15 | -10 | -5 | 0 | 10 | 15 | 10 |
| Предпослед-  няя цифра | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| tст, оС | 40 | 45 | 55 | 60 | 65 | 50 | 35 | 25 | 20 | 70 |
| w, м/с | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |

Физические свойства сухого воздуха

(при давлении 1,013∙105 Па)

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| t, °C | ρ,  кг/м3 | ср,  кДж/(кг К) | λ×102,  Вт/(м ⋅К) | μ×106,  Па⋅ с | ν×106, м/с | Рr |
| -30  -20  -10  0  10  20  30  40  50  60  70 | 1,453  1,395  1,342  1,293  1,247  1,205  1,165  1,128  1,093  1,060  1,029 | 1,013  1,009  1,009  1,005  1,005  1,005  1,005  1,005  1,005  1,005  1,009 | 2,20  2,28  2,36  2,44  2,51  2,59  2,67  2,76  2,83  2,90  2,96 | 15,7  16,2  16,7  17,2  17,6  18,1  18,6  19,1  19,6  20,1  20,6 | 10,80  11,79  12,43  13,28  14,16  15,06  16,00  16,96  17,95  18,97  20,02 | 0,723  0,716  0,712  0,707  0,705  0,703  0,701  0,699  0,698  0,696  0,694 |

**Последовательность расчета конвективной теплоотдачи**

1. Определить тип конвекции, если задана скорость движения, то конвекция вынужденная, иначе свободная.
2. Геометрический определяющий размер - :

0 = d – горизонтальная труба;

0 = h =  - вертикальная стенка.

1. Определяющая температура - :

 = tж; = tс;

По определяющей температуре определяем теплофизические свойства жидкости - λж, υж, βж, Prж, Prс, используя таблицы.

1. При свободной конвективной теплоотдаче находим определяющий критерий подобия Gr (критерий Грасгофа) и .Pr (критерий Прандтля).

При вынужденной конвективной теплоотдаче находим определяющий критерий Re (критерий Рейнольдса) и Pr.

1. В литературе подобрать критериальное уравнение Нуссельта (Nu), которое соответствует типу конвекции, геометрическим условиям однозначности, виду течения жидкости (ламинарное, переходное, турбулентное).
2. Вычисляем коэффициент теплоотдачи: α = .

**РАСЧЕТ ТЕПЛООТДАЧИ ПРИ СВОБОДНОЙ И**

**ВЫНУЖДЕННОЙ КОНВЕКЦИЯХ**

Тепловой поток при конвективном теплообмене между жидкостью или стенкой определяется по уравнению Ньютона – Рихмана:

Q = α (tж – tс) F,

где α, Вт/(м2·К) – коэффициент теплоотдачи;

tс, tж – температуры стенки и среды (жидкости) соответственно.

Конвективный теплообмен может осуществляться при свободном и вынужденном движении среды относительно стенки. Теплообмен при этом протекает по-разному.

Основные числа подобия:

Критерий Нуссельта

Nu = (α·ℓo)/λ.

Критерий Рейнольдса

Re = (w·ℓo)/ν.

Критерий Прандтля

Pr =ν/a.

*Значения Pr приводятся в таблице*.

Критерий Грасгофа .

где ℓo, м - определяющий геометрический размер (для горизонтальной трубы - диаметр d, для вертикальной пластины – высота).

Определяющая температура *-* средняя температура жидкости tж, (Prc определяется по tc).

λ,, Вт/(м·К) – коэффициент теплопроводности среды;

а, м2/с - коэффициент температуропроводности;

w, м/с – скорость потока;

ν, м2/с – кинематический коэффициент вязкости;

g = 9,81 м/с2 – ускорение свободного падения;

β, 1/К – термический коэффициент объемного расшире-

ния (для газов: β = 1/(tж + 273); для жидкостей берется из таблиц); Δt = tc – tж - температурный напор, К.

Коэффициент теплоотдачи α определяется по критериальным уравнениям.

Для *свободной конвекции в большом объеме:*

Nuж = C (Grж·Prж)m (Prж/ Prc)0,25.

В таблице 3 приведены значения величин С и m для различных условий теплообмена.

Таблица 3

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Вид поверхности | C | m | Допустимый  диапазон |
| Горизонтальные трубы:  ламинарный режим  Вертикальные трубы и плоские вертикальные поверхности:  ламинарный режим  турбулентный режим | 0,5  0,75  0,15 | 0,25  0,25  0,33 | 103<Grж,d Prж <108  103<Grж,ℓPrж < 109  Grж,ℓ·Prж > 109 |

*Для вынужденной конвекции*

Nuж = В Reжn Prжm (Prж/ Prc)0,25.

Таблица 4

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Вид движения теплоносителя | В | n | m |
| Турбулентное движение около горизонтальной пластины  (Reж,x > 105)  Ламинарное движение около горизонтальной пластины  (Reж,x < 105)  Турбулентное движение в трубе (Reж,d > 104)  \*Ламинарное движение в трубе  (Reж,d < 2300)  Поперечное обтекание трубы:  при 5 < Reж,d < 103  при 103<Reж,d< 2·105  при 3·105<Reж,d< 2·106 | 0,037  0,66  0,021  0,15  0,5  0,25  0,023 | 0,8  0,5  0,8  0,33  0,5  0,6  0,8 | 0,43  0,43  0,43  0,43  0,38  0,38  0,37 |

При ламинарном движении в трубах для расчета теплоотдачи применяется формула:

Nuж,d = В·Reж,dn·Prжm Grж,d0,1 (Prж/ Prc)0,25

Тепловой поток:

через 1 м2 стенки

q = α (tс·- tж),

от 1 погонного метра цилиндрической трубы

qℓ = π·d α(tс·- tж).