РАСЧЕТ ПРОЦЕССОВ ТЕПЛООБМЕНА

Задание.

По горизонтально расположенной трубе (λст = 20 Вт/м\*К) со скоростью W течет вода, имеющая температуру tв  °C. Снаружи труба охлаждается воздухом, температура которого tвозд  °C. Давление воздуха 760 мм рт. ст. Внутренний диаметр трубы d1 - мм, наружный – d2 мм.

Определить:

1. Коэффициенты теплоотдачи α1 (от воды к стенке трубы) и α2 (от стенки трубы к воздуху).

 Указание: при определении α2 принять в первом приближении температуру наружной поверхности трубы tст2 равной температуре воды tв.

2. Коэффициент теплопередачи KƖ и тепловой поток, отнесенный к 1 м длины трубы [Вт/м].

Построить в масштабе график зависимости температуры воды, стенки трубы, воздуха от пространственной координаты в направлении потока потерь тепла (масштаб 1мм=1мм), для чего рассчитать температуры поверхностей трубы tст1 и tст2 (см. рис.1) По продольной оси трубы нанести ось температуры в масштабе 1°С = 1м. Чтобы уместить график на формате А4 , следует верхнюю часть продольного сечения трубы (выше её оси) отбросить, как симметричную, так ,что горизонтальная продольная ось трубы будет проходить на 10-15 мм ниже верхнего края листа А4 и расстояние от оси до внутренней поверхности трубы будет =d/2 в миллиметрах. Тепловой пограничный слой воздуха, где его температура уменьшается от tст. до tвозд. при свободной конвекции примем толщиной 30 мм от наружной поверхности трубы, а температурный график – это половина квадратичной параболы, лежащей «на боку».

Таблица 1

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Первая цифраварианта | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| Температура воды tв,ºC | 110 | 120 | 130 | 140 | 150 | 16 | 170 | 180 | 190 | 200 |
| Скорость воды W, м/с | 0,8 | 1,0 | 1,2 | 1,4 | 1,6 | 1,8 | 2,0 | 2,2 | 2,4 | 2,8 |

Таблица 2

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вторая цифраварианта | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| Температура окружающего воздуха tвозд,ºC | -10 | 0 | 4 | 8 | 10 | 12 | 16 | 18 | 20 | 25 |
| Диаметр внут-ренний d1, мм | 190 | 180 | 170 | 160 | 150 | 140 | 130 | 120 | 110 | 100 |
| Диаметр на-ружный d2 мм | 210 | 200 | 190 | 180 | 170 | 160 | 150 | 140 | 130 | 120 |

Пример расчета.

Вариант № \_\_\_

Задание.

По горизонтально расположенной трубе (λст = 20 Вт/м\*К) со скоростью W течет вода, имеющая температуру tв  °C. Снаружи труба охлаждается воздухом, температура которого tвозд  °C. Давление воздуха 760 мм рт. ст. Внутренний диаметр трубы d1 - мм, наружный – d2 мм.

Определить:

1. Коэффициенты теплоотдачи α1 (от воды к стенке трубы) и α2 (от стенки трубы к воздуху).

 Указание: при определении α2 принять в первом приближении температуру наружной поверхности трубы tст2 равной температуре воды tв.

2. Коэффициент теплопередачи KƖ и тепловой поток, отнесенный к 1 м длины трубы [Вт/м]. Построить график изменения температуры от воды к воздуху, для чего рассчитать температуры стенок tст1  и tст2.

Представим схему движения жидкости (воды) в трубе.



Рис.1

Решение

Запишем основное уравнение теплопередачи для цилиндрической стенки:

, Вт.

 **=** ,

Необходимо определить коэффициент теплоотдачи от воды к внутренней стенки трубы и коэффициент теплоотдачи от наружной стенки трубы к воздуху . Для определения коэффициентов теплоотдачи используем третий метод-полуэмпирический, основанный на теории подобия. За основное число подобия принимаем число или критерий Нуссельта, которое позволяет определить коэффициент теплоотдачи .



Рассмотрим течение воды в трубе, т. к. задана скорость движения воды в трубе, то принимаем движение вынужденным. Для вынужденного движения число Нуссельта является функцией числа Рейнольдса и Прандтля Nu=f (Re, Pr).

Определяем коэффициент теплоотдачи

Для определения коэффициента теплоотдачи необходимо рассчитать число Рейнольдса по формуле:

 ,

где:

-, температура воды, °С;

- , скорость воды в трубе, м/с;

- , внутренний диаметр трубы, м;

-, коэффициент теплопроводности воды в зависимости от ее температуры, Вт/(м\*К);

-, кинематический коэффициент вязкости воды в зависимости от ее температуры, м2/с;

- , безразмерное число Прандтля для воды.

Данные искомых величин можно определить по таблице физических свойств воды на линии насыщения набрать в адресной строке ссылку- http://go.mail.ru/redir?type=sr&redir=eJzLKCkpsNLXL0mtKEksSs7ILEvVKyrVT9Y1tDA2NzYw1C0w0csoyc1hYDA0tbAwNTczNTFgWNDBXWr9wfxG2D27dXdvy7UAAPseF1w&src=1bfcbb8&via\_page=1&user\_type=47&oqid=ab9be6dabd5797f3 или по калькулятору физических свойств [**http://go.mail.ru/redir?type=sr&redir=eJzLKCkpKLbS10\_MS0zKL9ErKtXPSUzST07MSdZnYDA0tbAwNTcxMjNgCLicErEzeFtE9ZaFwjfil5kAABV2E6A&src=5855d7e&via\_page=1&user\_type=47&oqid=ab99ad1bef741456**](http://go.mail.ru/redir?type=sr&redir=eJzLKCkpKLbS10_MS0zKL9ErKtXPSUzST07MSdZnYDA0tbAwNTcxMjNgCLicErEzeFtE9ZaFwjfil5kAABV2E6A&src=5855d7e&via_page=1&user_type=47&oqid=ab99ad1bef741456)

После определения численного значения критерия Рейнольдса необходимо выбрать уравнение в виде степенной зависимости числа Нуссельта. Выбор уравнения зависит от режима движения – ламинарный или турбулентный.

 - развитый турбулентный режим;

– Reж

 В первом приближении, когда температуру воды приравниваем к температуре внутренней стенки,

=1

 -вязко-гравитационный режиме течения.

Определив коэффициент теплоотдачи от воды к внутренней поверхности трубы, рассмотрим движение теплоносителя (воздуха) при свободном движении. При свободном движения число Нуссельта является функцией числа Грасгофа и Прандтля Nu=f (Gr, Pr).

Рассчитаем число Грасгофа:

где:

-tвозд, температура воздуха, °С;

-, ускорение свободного падения, м/с2;

--коэффициент объемного расширения, для воздуха =1/T=1/(tвозд +273), К-1

- , температурный напор, С;

-, наружный диаметр трубы, м;

-коэффициент теплопроводности воздуха в зависимости от его температуры, Вт/(м\*К);

-кинематический коэффициент вязкости воздуха в зависимости от его температуры, м/с2;

-Prвозд, безразмерное число Прандля в зависимости от его температуры.

Определяем значения соответствующих величин либо по таблице физических свойств сухого воздуха, либо используем ссылку:

<http://go.mail.ru/redir?type=sr&redir=eJzLKCkpsNLXLy8v18s2MjDRKyrVT61IzC3WL0ktLtFPzCyKLyjKLzDWyyjJZWAwNLWwMLUwNDQyZrgkuHtLqoVU4gSfe9-rEpVuAgB73xlu&src=5410050&via_page=1&user_type=47&oqid=aba060e9c3341458>.

При определении α2 принимаем в первом приближении температуру наружной поверхности трубы tст2 равной температуре воды tв.

Рассчитав численные значения Грасгофа и Прандтля, определяем уравнение в виде степенной зависимости числа Нуссельта при свободной конвекции для воздуха:

После определения α2, рассчитываем линейную плотность теплового потока и тепловой поток .

, Вт;

,- линейная плотность теплового потока;

, – линейный коэффициент теплопередачи;

Для построения графика изменения температуры от воды к воздуху рассчитываем температуры стенок tст1  и tст2.

,°С;

, °С.

Для проверки:

 , °С

Расхождение при определении не должно превышать 2-3%.

Строим график зависимости изменения температуры от воды к воздуху.

График зависимости изменения температуры от воды к воздуху.



Рис.2