**Контрольная работа №2**

Конструкторский тепловой расчет рекуперативно­го теплообменного аппарата.

В теплообменном аппарате типа «труба в трубе» греющая вода с температурой (0С) и расходом G1 (кг/с) движется по внутренней стальной трубе диаметром d2/d1=40/37 мм. Коэффициент теплопроводности стали 50 Вт/м 0С. Нагреваемая среда движется по кольцевому зазору между трубами со скоростью ω (м/с) и нагревается от температуры (0С) до (0С). Внутренний диаметр внешней трубы d3=54 мм.

Требуется:

1. Определить поверхность теплообменного аппарата.

2. Определить конструктивные размеры теплообменного ап­парата.

3. Построить графики изменения температур теплоносителей.

Исходные данные для различных вариантов приведены в таблице 1

Таблица 1 - Исходные данные для решения задачи

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Пред-  последняя цифра шифра зачетной книжки | Тип движения теплоносителя | Нач. температура горячего теплоносителя,  , 0С | Расход теплоносителя,  G1, кг/с | Последняя цифра шифра зачетной книжки | Нач. температура нагреваемой среды , , 0С | Конечная температура нагреваемой среды,  , 0С | Скорость движения нагреваемой среды, ω, м/с | Нагреваемая среда |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 6 | Противоток | 155 | 2,0 | 6 | 20 | 80 | 1,1 | вода |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |

Каждый студент, согласно варианту, заполняет лист исходных данных в форме:

1. Тип теплообменного аппарата

2. Теплопроводность материала трубок

3. Тепловая мощность теплообменного аппарата

4. Первичный теплоноситель

5. Расход первичного теплоносителя

6. Скорость первичного теплоносителя

7. Вторичный теплоноситель

8. Расход вторичного теплоносителя

9. Скорость вторичного теплоносителя

**Порядок расчета теплообменного аппарата**

Конструкторский тепловой расчет рекуперативного теплообменного аппарата проводится в следующие эта­пы:

1. Определить тепловой поток, передаваемый через рабочую поверхность теплооб­менника.

2. Определить конечную температуру горячего теплоносителя.

Для определения конечной температуры горячего теплоносителя составляется тепловой баланс исходя из условия, что тепловой поток переданный горячим теплоносителем равен тепловому потоку, полученному холодным теплоносителем. Теплопотерями в стенках теплообменника пренебрегаем.

G1cp1(t’1- t”1) = G2cp2(t”2- t’2)

3*.* Рассчитать скорость движения горячего теплоносителя.

Величина скорости движения горячего теплоносителя рассчитывается по уравнению неразрывности:

G = ωρF, кг/с

где: ω- скорость движения теплоносителя, м/с; ρ – плотность теплоносителя, кг/м3; F – площадь сечения канала, по которому движется теплоноситель, м2.

4. Определить коэффициенты теплоотдачи на внутренней и внешней поверхностях трубы, по которой движется горячий теплоноситель.

Для определения коэффициентов теплоотдачи, необходимо установить режим движения теплоносителей (ламинарный, пе­реходный, турбулентный) и выбрать соответствую­щие критериальные уравнения, решение которых по­зволит определить искомые величины - коэффициенты теплоотдачи ά1 и ά2.

Режим течения жидкости определяются по величине числа Рейнольдса

Re = ωd/ν,

где: d – определяющий размер- диаметр трубы, по которой движется теплоноситель, м ; ν – коэффициент кинематической вязкости, м2/с.

Если Re меньше критического Reкр, то режим течения ламинарный. При движении жидкости в трубах Reкр= 2\*103. Развитый турбулентный режим устанавливается при значениях Re > 1\*104. Диапазон изменения Re от 2\*103 до 1\*104 соответствует переходному режиму течения. По найденным значениям числа Рейнольдса определяется режим течения и выбираются соответствующие критериальные уравнения:

* при ламинарном режиме течения

- режим ламинарный вязкостный (GrPr < 8\*105)

- режим ламинарный вязкостно-гравитационный (GrPr > 8\*105).

* при турбулентном режиме течения



* при переходном режиме течения



Критериальные уравнения содержат критерии подобия:

 - критерий Нуссельта;

 - критерий Прандтля;

 - критерий Грасгофа.

В уравнениях критериев подобия: g – ускорение свободного падения, м/с2; ν –кинематическая вязкость, м2/с; *а-* температуропроводность, м2/с; β – коэффициент расширения, 1/К; ά – коэффициент теплоотдачи, Вт/м2 0С; λ – коэффициент теплопроводности, Вт/м0С; tж  и tс – температура ,соответственно, набегающей жидкости и температура стенки (в расчетах принять ).

В качестве определяющей температуры (температура, при которой выбираются значения физических жидкости в критериальных уравнениях) принята: при вычислении критериев Nu, Pr, Re, Gr – температура набегающего потока, при вычислении Prс – средняя температура стенки.

При движении теплоносителя по кольцевому каналу теплообменника типа «труба в трубе» можно пользоваться приведенными выше критериальными уравнениями, взяв в качестве определяющего размера эквивалентный диаметр кольцевого сечения между трубами:

dэкв= 4F/П

где: F- площадь поперечного сечения потока, м2; П – смоченный периметр, м.

Отношение (Pr/Prс)0,25 для газов можно принять равным 1.

Физические свойства теплоносителей приведены в приложениях 1,2,3.

Определив с помощью критериального уравнения число Нуссельта, рассчитать коэффициент теплоотдачи:



5. Определить коэффициент теплопередачи от горячего теплоносителя через стенку трубы к холодному теплоносителю k, Вт/м2 0С.



где: ά1 – коэффициент теплоотдачи на границе «горячий теплоноситель- стенка трубы», Вт/м2 0С ; ά2 – коэффициент теплоотдачи на границе «стенка трубы- нагреваемый теплоноситель», Вт/м2 0С; dвн и dн – внутренний и внешний диаметры внутренней трубы, м; λ- коэффициент теплопроводности материала стенки трубы, Вт/м 0С.

6. Определить среднелогарифмический температурный напор между теплоносителями и построить график изменения температур теплоносителей по длине теплообменника.

Среднелогарифмический температурный напор

для теплообменников с прямотоком



для теплообменников с противотоком



7. Определить площадь поверхности теплообменника. Площадь поверхности теплообмена определяется из уравнения теплопередачи:

Ф= кF ∆tср, Вт

8. Компоновка и определение габаритных размеров теп­лообменного аппарата.

Задавшись рабочей длиной секции *l*=1 … 4 м. определяют поверхность нагрева одной секции Fсек, а затем число секций Z по формуле:

Z = F/Fсек

где F - площадь поверхности теплообменного аппарата: Fceк - площадь поверхности нагрева одной секции.

Знание числа секций и размеров одной секции позволяет определить габаритные размеры всего теплообменного аппара­та, путем предварительного в масштабе эскизирования теплооб­менного аппарата.