Содержание

1. Исходные данные

2. Математическая модель

2.1 Расчёт параметров теплоносителей

2.2 Полученные результаты

3. Теплофизические свойства теплоносителей

3.1 Горячий теплоноситель

3.2 Холодный теплоноситель

4. Эскизная компоновка теплообменника

5. Гидравлический и аэродинамический, тепловой расчёты

5.1 Холодный теплоноситель

5.1.1 Гидравлический расчёт

5.1.2 Тепловой расчёт

5.2 Горячий теплоноситель

5.2.1 Аэродинамический расчёт

5.2.2 Тепловой расчёт

6. Интенсификация теплообменного аппарата

Литература

1. Исходные данные

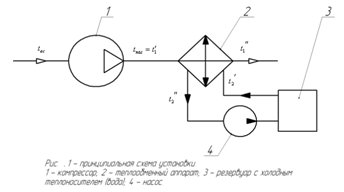
Цель: разработка рекуперативного теплообменного аппарата для концевого охлаждения воздушно-компрессорной установки.

Исходные данные приведены в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Исходные данные согласно варианту

|  |  |
| --- | --- |
| Объёмный расход воздуха, |  |
| Давление всасывания, |  |
| Температура всасывания, |  |
| Давление нагнетания, МПа |  |
| Политропный кпд, |  |
| Условный показатель политропы |  |
| Горячий теплоноситель | Воздух |
| Холодный теплоноситель | Вода |
| Тип теплообменного аппарата | Рекуперативный |
| Температура поступающего холодного теплоносителя, |  |

Принципиальная схема установки приведена на рис. 1.1.



2. Математическая модель

Уравнение состояния газа:

. (2.1)



Первый закон термодинамики:

. (2.2)



Работа компрессора в политропном приближении:

(2.3)



Уравнение аддитивности:

. (2.4)



Тепловой поток, отбираемый от горячего теплоносителя:

. (2.5)



Тепловой поток, передаваемый холодному теплоносителю:

. (2.6)



Средне логарифмический температурный напор:

, (2.7)



где ; .



Уравнение Ньютона – Рихмана:

. (2.8)



Коэффициент теплопередачи в I-м приближении:

(2.9)



Уравнение неразрывности:

. (2.10)



Число Рейнольдса:

. (2.11)



Коэффициент теплоотдачи для гладких труб:

. (2.12)



Коэффициент теплопередачи во II-м приближении:

. (2.13)



Степень эффективности ребра:

. (2.14)



Коэффициент межтрубного пространства:

. (2.15)



Коэффициент теплоотдачи от оребрённых труб:

. (2.16)



Коэффициент теплопередачи от оребрённых труб:

. (2.17)



Потери давления за счёт оребрения труб:

. (2.18)



2.1 Расчёт параметров теплоносителей

Из (2.1), плотность горячего теплоносителя на входе в компрессор:



где газовая постоянная для воздуха.



Массовый расход горячего теплоносителя:

.



Из уравнения политропного сжатия, определяем температуру горячего теплоносителя после процесса сжатия в компрессоре:

.



Заранее принимаем температуру горячего теплоносителя на выходе из теплообменного аппарата равной .



Считаем, что теплоемкость не сильно зависит от давления:

,



.



Согласно (2.4):

.



Тепловой поток, отбираемый от горячего теплоносителя, (2.5)

.



Заранее принимаем температуру холодного теплоносителя на выходе из теплообменного аппарата равной .



Теплоемкость холодного теплоносителя:

,



.



Согласно (2.4):

.



Принимаем, что потери отсутствуют при теплопередаче между холодным и горячим теплоносителями:

,



Из (2.5) найдём массовый расход холодного теплоносителя:

.



Удельная работа сжатия компрессора, (2.3):

.



Давление горячего теплоносителя на входе в теплообменный аппарат:

.



Давление горячего теплоносителя на выходе из теплообменного аппарата:

.



Допустимые потери давления для горячего теплоносителя:

.



2.2 Полученные результаты

Полученные результаты приведены в таблице 3.2 и 3.3.

Таблица 3.2 – Полученный результат для горячего теплоносителя

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | горячий теплоноситель | | | |
| параметры на всасывание | давление | температура | расход | |
| МПа | 0С | м3/мин | кг/сек |
| 0,28 | -5 | 12 | 0,728 |
| параметры на входе | давление | температура | теплоемкость | средняя теплоемкость |
| МПа | 0С | кДж/(кг\*К) | кДж/(кг\*К) |
| 1,1 | 109,1 | 1,009 | 1,011 |
| параметры на выходе | давление | температура | теплоемкость |  |
| МПа | 0С | кДж/(кг\*К) |
| 1,078 | 30 | 1,005 |

Таблица 3.3 – Полученный результат для холодного теплоносителя

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | холодный теплоноситель | | |
| параметры на входе | температура | теплоемкость | средняя теплоемкость |
| 0С | кДж/(кг\*К) | кДж/(кг\*К) |
| 20 | 4,183 | 4,165 |
| параметры на выходе | температура | теплоемкость | массовый расход |
| 0С | кДж/(кг\*К) | кг/сек |
| 40 | 4,174 | 0,699 |

3. Теплофизические свойства теплоносителей

3.1 Горячий теплоноситель

Параметры на входе в теплообменный аппарат.

Из уравнения (2.1), плотность теплоносителя:



,



где давление и температура берутся из табл. 3.2.

Среднее значение плотности горячего теплоносителя:

.



Средняя температура теплоносителя:

.



Принимаем, что теплофизические свойства вещества не зависят от давления в данном случае.

Для данной температуры , из [1] ст. 27 приведены значения в таблице 3.1.



Таблица 4.1 – Теплофизические свойства горячего теплоносителя

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |
| 2,96 | 28,6 | 20,6 | 20,02 | 0,694 |

3.2 Холодный теплоноситель

Холодный теплоноситель – жидкость, параметры которой приведены ниже:

,



,



.



Теплофизические свойства холодного теплоносителя из [5, с. 78, приведены в таблице 3.2.

теплообменный аппарат расчет

Таблица 4.2 – Теплофизические свойства холодного теплоносителя

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |
| 0,618 | 0,0712 | 0,805 | 5,42 |

Принимаем перекрёстно-противоточную схему движения теплоносителей (четырёх кратную – это значит, что перегородок должно быть три штуки – х =3). Поправочный коэффициент определяем по монограмме [1] с. 12.



Поправочный множитель принимаем равным .



Средне логарифмический температурный напор (2.6)

.



где ; .



Учитывая поправочный множитель, .

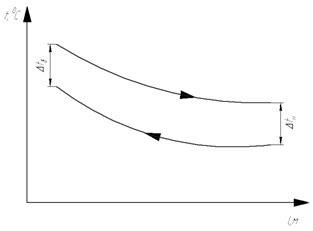


Рисунок 3.1 – Противоточная схема движения теплоносителей

Из (2.7), площадь теплообмена:

,



где коэффициент теплопередачи (2.8):



,



где - коэффициенты, взятые из [1] с.9.



Результаты расчётов и теплофизические свойства теплоносителей приведены в таблице 3.3.

Таблица 4.3 – Результаты расчётов

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | горячий теплоноситель | | холодный теплоноситель | |
|  |  |  |  |
| Температура, | 109,1 | 30 | 20 | 40 |
| Давление, | 1,1 | 1,078 | 0,1013 | 0,1013 |
| Плотность, | 10,03 | 12,4 | 998,2 | 992,2 |
| Теплопроводность, | 2,96 | | 61,8 | |
| Кинематическая вязкость, | 20,02 | | 0,805 | |
| Число Прандтля | 0,694 | | 5,42 | |
| Средне логарифмическая разность температур, | 30 | | | |
| Площадь теплоотдающей поверхности, | 66,92 | | | |

4. Эскизная компоновка теплообменника

Скорость движения холодного теплоносителя (воды) в теплообменном аппарате принимаем равной .



Принимаем трубу с параметрами 18х2 мм из стандартного ряда. Материал труб Сталь 08 сп, теплопроводность которой при данных температурных условиях составляет , плотность , модуль упругости .



Химический состав труб Сталь 08 сп

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| C | Mn | Si | Ni | S | P | Cu | Cr | As |
| 0,05-0,11 | 0,25-0,5 | до 0,03 | до 0,25 | до 0,04 | до 0,035 | до 0,25 | до 0,1 | до 0,08 |

Число труб в теплообменном аппарате:

.



Принимаем число труб , число ходов .



Уточнённая скорость движения холодного теплоносителя:

.



Длина трубы:

.



Для кожухотрубчастых аппаратов в зависимости от производительности длина трубы принимается в диапазоне .



Расстояние между трубами:

.



Диаметр входного патрубка для холодного теплоносителя:

.



Диаметр входного патрубка для горячего теплоносителя:

.



Внутренний диаметр кожуха:

,



где – число труб в наибольшей диагонали.



Расстояние между перегородками:

.



Число перегородок:

,



примем – для увеличения скорости горячего теплоносителя.



5. Гидравлический, аэродинамический и тепловой расчёты

5.1 Холодный теплоноситель

5.1.1 Гидравлический расчёт

Число Рейнольдса (2.10):

.



Режим течения – турбулентный.

Коэффициент гидравлического сопротивления при установившемся течении:



Суммарные потери давления:

.



– местное сопротивление, поворот на 1800 с одной секции в другую через промежуточную камеру.



Местное сопротивление взято из [1], с. 22.

5.1.2 Тепловой расчёт

Осреднённая теплоотдача:

,



.



Коэффициент теплоотдачи (2.11):

.



5.2 Горячий теплоноситель

5.2.1 Аэродинамический расчёт

Площадь проходного сечения:

,



- число перегородок в кожухе (в радиальном направлении).



Средне расходная скорость теплоносителя:

.



Местные сопротивление взяты из:

– вход в межтрубное пространство под углом в 900 к холодному теплоносителю;



– огибание радиальных перегородок;



– выход из межтрубного пространства под углом в 900 к холодному теплоносителю.



Коэффициент потерь при радиальном обтекании пучка труб:

.



Суммарное аэродинамическое сопротивление:



Принятые потери давления: .



, условие выполняется.



Число Рейнольдса (2.10):

,



где – наружный диаметр труб (для поперечного обтекания шахматного пучка труб характерным размером является наружный диаметр).



.



5.2.2 Тепловой расчёт

Осреднённая теплоотдача для одной трубы в средине пучка:

,



где параметры А, m, n – взяты из [1], с.21 для шахматного расположения труб.

Теплоотдача от всего пучка труб:

,



где – коэффициент угла атаки;



– учитывает влияние от числа рядов; определили по рис. В1 [1], с.20.



Коэффициент теплоотдачи (2.11):

.



Коэффициент теплопередачи (2.12):

.



Площадь теплообменного аппарата (2.7):

.



Длина тубы:

.



Длина трубы очень большая, для её уменьшения необходимо произвести интенсификацию теплообменного аппарата.

6. Интенсификация теплообменного аппарата

Так как полученные значения числа Рейнольдса для горячего теплоносителя малы, то принимаем метод интенсификации теплообменного аппарата за счёт оребрения, для увеличения коэффициента теплоотдачи воздуха. Рёбра накатанные трапециевидные. Материал ребер – алюминий, с теплопроводностью при данных температурных условиях равной .



Геометрические параметры ребер:

1) высота ребра:

;



2) толщина ребра (торца):

;



3) толщина основания ребра:

;



4) шаг между рёбрами:

;



5) толщина накатанной стенки:

;



6) диаметр оребрённой поверхности:

;



Расстояние между рёбрами:

.



Площадь поверхности рёбер, отнесённая к 1 метру труб (из [2, с.]):



Площадь поверхности труб свободной от рёбер (межрёберных участков) отнесённая к 1 метру труб (из [2, с.]):



Площадь оребрённой поверхности труб отнесённая к 1 метру труб:



Площадь гладкой поверхности труб, отнесённая к 1 метру труб:

.



Коэффициент оребрения отнесённый к наружной поверхности:

.



С учетом оребрения строим эскиз поперечного сечения теплообменника. Учитывая расположение труб в виде правильного треугольника. А размещение трубной решетки внутри кожуха в виде шестиугольника.

Коэффициент межтрубного пространства:



где – угол наклона навивки ребер теплообменника.



Площадь проходного сечения:

,



Скорость движения горячего теплоносителя:

.



Число Рейнольдса, (2.10):

.



где

;



Здесь в качестве определяющего размера принята величина эквивалентного диаметра суженного проходного сечения. Взято из [2, с. 308].



Критерий Нуссельта для шахматного оребрённого пучка:

,



где

, .



Коэффициенты взяты из [1], с. 23.



Коэффициент теплоотдачи для гладких труб (с учетом слоя алюминия), [2]:

.



Степень эффективности ребра, [2 с. 309]:

,



где

;



.



Приведённый коэффициент теплоотдачи от оребрённых труб (отнесённый к оребрённой поверхности), [3]:



Коэффициент теплопередачи, приведённый к наружной поверхности, [3]:

;



.



В действительности с учётом изменения коэффициента теплоотдачи и температуры вдоль ребра эффект от оребрения может быть значительно меньше (действительный коэффициент теплоотдачи можно получить только экспериментально).

Потери давления за счёт оребрения труб, [2]:

,



где

.



– количество рядов.



.



Суммарные потери давления:



Принятые потери давления: .



, условие выполняется.



Площадь теплообменного аппарата:

. С учётом того, что расчётная площадь может быть значительно занижена, найдём её с учётом 30 % запаса [2, c. 317]. .



Длина трубы:



.



Литература

1. Методические указания к выполнению курсовой работы с дисциплины «Тепломассообмен»/ Автора: В.М. Марченко, С.С. Мелейчук.- Сумы: Узд-во СумГУ, 2006. - 29 с.
2. Тепловые и конструктивные расчёты холодильных машин: Под общ. ред. д-ра техн. наук профессора / Н.Н. Кошкина. – Л.: Машиностроение, 1976. – 461 с.
3. Теплообменные аппараты холодильных установок/Г.Н. Данилова, С.Н. Богданов, О.П. Иванов и др.; Под общ. ред. д-ра техн. наук Г.Н. Данило-вой. – 2-е изд., перераб. и доп. – Л.: Машиностроение. Ленингр. отделение, 1986. – 303 с.: ил.
4. Холодильные машины: Учебник для Вузов/ Н.Н. Кошкин,И.А. Сакун, Е.М. Бамбушек и др.; Под. Ред. И.А. Сакуна. – Л.: Машиностроение, 1985. – 510 с.
5. С.Л. Ривкин, А.А. Александров. Термодинамические свойства воды и водяного пара. М.: Энергия , 1975.