Федеральное агентство по образованию

Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования

**ВОЛГОГРАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**

**(ВолгГТУ)**

**Кафедра ПАХП**

# Курсовая работа

на тему:

## Расчет и подбор нормализованного теплообменного аппарата

**Выполнил: студент**

**группы ХТ-341**

**Ошкин Михаил Иванович**

**Волгоград 2008г.**

**Содержание**

Аннотация

Введение

Общая часть

1. Определение расхода теплоты и расхода воды

2. Приблизительная оценка

Расчет и подбор теплообменных аппаратов

Вариант №1: D = 273мм, n = 37, z =1 и F = 9

Вариант №2: D = 325мм, n = 56, z =2 и F = 13

Расчет нагрузочной характеристики

Заключение

Приложение №1

Приложение №2

Список используемой литературы

**Аннотация**

В данной семестровой работе рассматривается процесс передачи энергии в форме тепла и на основе расчетных данных осуществляется подбор теплообменного аппарата.

В данном случае рассматривается процесс охлаждения жидкости с заданным расходом.

Исходными материалами являются ацетон и скважинная вода. Вода является охладителем с начальной температурой равной . Для исключения накипи в межтрубном пространстве конечная температура воды не превышает *,* т.е.принята .

Жидкости подаются в теплообменный аппарат противоточно, при условии, что осуществляется развитое турбулентное течение. Кожух теплообменного аппарата выполнен из материала – сталь, с толщиной *2мм*, без учета расчета на прочность. Подбор теплообменного аппарата осуществляется при условии, что поверхность теплообмена не будет превышать 10*%*. Исходным материалом для расчета поверхности теплообменного аппарата является учебник: К.Ф. Павлов, П.Г. Романков, А.А. Носков «Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии».

**Введение**

теплообменный аппарат ацетон

В зависимости от способа передачи тепла различают две основные группы теплообменников:

1) поверхностные теплообменники, в которых перенос тепла между обменивающимися теплом средами происходит через разделяющую их поверхность теплообмена – глухую стенку;

2) теплообменники смешения, в которых тепло передается от одной среды к другой при их непосредственном соприкосновении.

*Теплообменники* и *холодильники* могут устанавливаться горизонтально и вертикально, быть одно-, двух-, четырех- и шестиходовыми по трубному пространству. Трубы, кожух и другие элементы конструкции могут быть изготовлены из углеродистой или нержавеющей стали, а трубы холодильников – также и из латуни. Распределительные камеры и крышки холодильников выполняют из углеродистой стали.

Кожухотрубчатые *конденсаторы* предназначены для конденсации паров в межтрубном пространстве, а также для подогрева жидкостей и газов за счет теплоты конденсации пара. Они могут быть с неподвижной трубчатой решеткой или с температурным компенсатором на кожухе, также вертикальные и горизонтальные. От холодильников они отличаются большим диаметром штуцера для подвода пара в межтрубное пространство.

В кожухотрубчатых *испарителях* в трубном пространстве кипит жидкость, а в межтрубном пространстве может быть жидкий, газообразный, парообразный, парогазовый или парожидкостной теплоноситель. Эти теплообменники могут быть только вертикальные, с неподвижной трубной решеткой или с температурным компенсатором на кожухе.

В работе используется кожухотрубчатый теплообменник. Кожухотрубчатые теплообменные аппараты могут использоваться в качестве теплообменников, холодильников, конденсаторов и испарителей. Этот теплообменник относится к числу наиболее часто применяемых поверхностных теплообменников. В теплообменнике одна из обменивающихся теплом сред движется внутри труб, а другая – в межтрубном пространстве. Среды обычно направляются противоположно друг другу. При этом нагреваемую среду направляют снизу вверх, а среду, отдающую тепло, - в противоположном направлении. Такое направление движения каждой среды совпадает с направлением, в котором стремится двигаться данная среда под влиянием изменения ее плотности при нагревании или охлаждении.

Конструкции теплообменников должны отличаться простотой, удобством монтажа и ремонта. В ряде случаев конструкция теплообменника должна обеспечивать возможно меньшее загрязнение поверхности теплообмена и быть легко доступной для осмотра и очистки.

**Конденсация ацетона водой**

Примем следующие индексы:

«1» - для ацетона

«2» - для воды

***Общая часть***

**1. Определим расход теплоты и расход воды на охлаждение ацетона**

Примем температуру ацетона на входе в теплообменник равной *tн1 = 56* 0С. Конечная температура ацетона, по условию задания, равной *36 0С*. Вода подается в теплообменник с начальной температурой *tн2 = 17* 0С. Конечная температура равна *tн2 = 27* 0С.

- средняя температура воды:

0С

Данным условиям соответствуют следующие физико-химические показатели воды:

*С2 = 4231,9 Дж/(кг К)* – теплоемкость этилацетата (стр. 562, рис. XI, [1]);

*λ2 = 0,593 Вт/(м К)* – коэф. теплопроводимости (стр. 561, рис. X, [1]);

*ρ2 = 998 кг/м3* – плотность этилацетата (стр. 512, т. IV, [1]);

*μ2 = 1 10-3* *Па с* – коэф. динамической вязкости (стр. 516, т. IX, [1]).

- среднюю логарифмическую разность температур:

56→36

27←17

290С 190С

Т.к. , используется формула:

0С

**Расчет **- температурного коэффициента:





где 

 при , , 



 тогда ,





тогда0С

- среднюю температуру исходного вещества:

0С

Данным условиям соответствуют следующие физико-химические показатели ацетона:

*с1 = 2304,5 Дж/(кг К)* – теплоемкость этилацетата (стр. 562, рис. XI, [1]);

*λ1 = 0,163 Вт/(м К)* – коэф. теплопроводимости (стр. 561, рис. X, [1]);

*ρ1 = 762,5 кг/м3* – плотность этилацетата (стр. 512, т. IV, [1]);

*μ1 = 0,257 10-3* *Па с* – коэф. динамической вязкости (стр. 516, т. IX, [1]).

Определим расход исходного вещества **:**



С учетом потерь теплоты в размере 5% , тепловая нагрузка составит:



Расход воды составит:



Объемные расходы исходного вещества и воды:

0,00546

 0,00477

**2. Наметим варианты теплообменных аппаратов**

Для этого определим ориентировочное значение площади поверхности теплообмена, принимая  (стр. 47, т. 2.1, [2]):



Для более интенсивного теплообмена необходим аппарат с турбулентным режимом течения теплоносителей. Направим в трубное пространство воду, а в межтрубное пространство – ацетон. Также для наиболее эффективного теплообмена необходимо, чтобы трубы в аппарате располагались в шахматном порядке.

В теплообменниках с диаметром труб  по ГОСТу 15120-79 скорость течения исходного вещества при  должна быть более:

0,525

При этом число труб в аппарате обеспечивающих объемный расход исходного вещества при турбулентном режиме течения:

*31,1=31 шт.*

***Расчет и подбор теплообменных аппаратов***

***Вариант №1:***

*D = 273 мм, n =37 , z =1 и F=9 м2 :*

Определим расчетное значение площади поверхности теплообмена и рассчитаем запас поверхности теплообмена у теплообменного аппарата данного типа.

Размер стрелки сегмента:

*мм*

Расстояние между перегородками:

*мм*

Где 

Определим скорость и критерий Рейнольдса для исходного вещества:



36847

Для воды:





Определим коэффициенты теплоотдачи:

- для воды:

Теплоотдача течении в прямых трубах и каналах (), критерий Нуссельта рассчитывается по формуле (см. стр. 152, (4.17), [1])



*εl = 1* – поправочный коэффициент, учитывающий влияние на коэффициент теплоотдачи отношения длины трубы к ее диаметру.

Откуда 

Рассчитаем критерий Прандтля:



Тогда по формуле:

62,78

Принимаем значение = 1.

Коэффициент теплоотдачи:

1773

- для ацетона:

Рассчитаем критерий Прандтля:

3,633



Приняв.

Коэффициент теплоотдачи:

1299

Применительно к кожухотрубчатым теплообменникам с поперечными перегородками в формуле принимают коэффициент , учитывая, что теплоноситель в межтрубном лишь часть пути движется поперек труб и при угле атаки меньшем 900.

Примем тепловую проводимость загрязнений стенки со стороны воды равной  (табл. 2.2, [2]), коэффициент теплопроводимости стали равной  (табл. XXVIII, [1]), тепловую проводимость загрязнений стенки со стороны исходного вещества равной  (табл. 2.2, [2]).

Тогда



Коэффициент теплоотдачи рассчитаем по формуле:



Поверхностная плотность теплового потока:



Расчетная площадь поверхности теплообмена составит:

14,5

Запас поверхности составляет при этом:



Запас поверхности теплообмена данного аппарата не удовлетворяет условию. По аналогичной схеме рассчитаем другой вариант.

***Вариант №2***

*D =325 мм, n =56 , z =2 и F = 13 :*

Определим скорости и критерии Рейнольдса:

- для исходного вещества: 



- для воды: 



Определим коэффициенты теплоотдачи:

- для ацетона:





- для воды:





Коэффициент теплопередачи:



Поверхностная плотность теплового потока:



Расчетная площадь поверхности теплообмена:



Запас поверхности составляет при этом:



Запас поверхности теплообмена данного аппарата удовлетворяет условию.

***Расчет нагрузочной характеристики***

Примем следующий интервал температур стенки со стороны горячего теплоносителя:

*T1 =* / 25 30 40 50 55/ *0С*

Данным температурам соответствуют следующие физико-химические показатели исходного вещества:

*с1.1 =2220,7 Дж/(кг К)* – теплоемкость при *tст =25 0C*;

*с1.2 = 2258,41 Дж/(кг К)* – теплоемкость при *tст =30 0C;*

*с1.3 = 2283,55 Дж/(кг К)* – теплоемкость при *tст =40 0C;*

*с1.4 =2308,69 Дж/(кг К)* – теплоемкость при *tст = 50 0C;*

*с1.5 =2342,21 Дж/(кг К)* – теплоемкость при *tст =55 0C;*

*λ1.1 =0,169 Вт/(м К)* *ρ1.1 = 785,3 кг/м3*

*λ1.2 =0,167 Вт/(м К)* *ρ1.2 = 779,5 кг/м3*

*λ1.3 = 0,165 Вт/(м К)* *ρ1.3 =768 кг/м3*

*λ1.4 =0,163 Вт/(м К)* *ρ1.4 = 757 кг/м3*

*λ1.5 =0,162 Вт/(м К)* *ρ1.5 = 751,5 кг/м3*

*μ1.1 = 0,3075 10-3* *Па с*

*μ1.2 =0,293 10-3* *Па с*

*μ1.3 = 0,268-3* *Па с*

*μ1.4 = 0,246 10-3* *Па с*

*μ1.5 = 0,476 10-3* *Па с*

Скорость исходного вещества равна:



Критерии Рейнольдса и Прандтля:







24209,73

26077,6

28002,85

14366,9



3,96

3,71

3,48

6,88

Значение *Nu* рассчитываем по формуле:





166,6

170

145,54

Коэффициент теплоотдачи рассчитаем по формуле:



1090

1100

1108

943,1

Плотность теплового потока







6597,4

-4433,7

-8487,8

Определим температуру стенки со стороны холодного теплоносителя – воды:













Данным температурам соответствуют следующие физико-химические показатели воды:

*с2.1 = 4231,9 Дж/(кг К)* – теплоемкость воды при *tст = 240C*;

*с2.2 = 4252,9 Дж/(кг К)* – теплоемкость воды при *tст = 29,250C;*

*с2.3 = 4273,8 Дж/(кг К)* – теплоемкость воды при *tст = 39,70C;*

*с2.4 = 4315,7 Дж/(кг К)* – теплоемкость воды при *tст = 50,20C;*

*с2.5 = 4336,7 Дж/(кг К)* – теплоемкость воды при *tст = 55,40C;*

*λ2.1 = 0,611 Вт/(м К)* *ρ2.1 = 993,5 кг/м3*

*λ2.2 = 0,616 Вт/(м К)* *ρ2.2 = 995кг/м3*

*λ2.3 = 0,637 Вт/(м К)* *ρ2.3 = 992 кг/м3*

*λ2.4 = 0,645 Вт/(м К)* *ρ2.4 = 987,5 кг/м3*

*λ2.5 = 0,651 Вт/(м К)* *ρ2.5 = 985,3 кг/м3*

*μ2.1 = 0,9 10-3* *Па с*

*μ2.2 = 0,801 10-3* *Па с*

*μ2.3 = 0,656 10-3* *Па с*

*μ2.4 = 0,549 10-3* *Па с*

*μ2.5 = 0,509 10-3* *Па с*

Скорости воды:



Критерии Рейнольдса и Прандтля считаем аналогично:











Значение Прандтля:











Т.к. все значения *Re>10000,* то значение *Nu*:











Коэффициент теплоотдачи:











Плотность теплового потока:











Далее строим графики зависимости и . Совмещенные кривые отображают нагрузочную характеристику теплообменного аппарата. Для установившегося процесса теплопередачи должно соблюдаться условие *q1 = q2*, поэтому точка пересечения кривых определяет действительную плотность теплового потока и действительную температуру на поверхности стенки со стороны горячего теплоносителя. Зная эту температуру можно с помощью критериальных уравнений вычислить значения коэффициентов теплоотдачи и рассчитать величину коэффициента теплопередачи.



Данной температуре (Т=29) соответствуют следующие физико-химические показатели:

- для исходного вещества:

*с1 = 2258,4 Дж/(кг К)* – теплоемкость (стр. 562, рис. XI, [1]);

*λ1 =0,167 Вт/(м К)* – коэф. теплопроводимости (стр. 561, рис. X, [1]);

*ρ1 =779,5 кг/м3* – плотность (стр. 512, т. IV, [1]);

*μ1 = 0,293 10-3* *Па с* – коэф. динамической вязкости (стр. 516, т. IX, [1]).

- для воды:

*с2 = 4232,9 Дж/(кг К)* – теплоемкость (стр. 562, рис. XI, [1]);

*λ2 =0,616 Вт/(м К)* – коэф. теплопроводимости (стр. 561, рис. X, [1]);

*ρ2 =995 кг/м3* – плотность (стр. 512, т. IV, [1]);

*μ2 = 0,801 10-3* *Па с* – коэф. динамической вязкости (стр. 516, т. IX, [1]).

Рассчитаем значения *Re* и *Pr*:

 

 





Коэффициент теплоотдачи:





Коэффициент теплопередачи:



Погрешность расчета:



**Заключение**

Для достижения поставленной цели в данной семестровой работе рассматривались только нормализованные теплообменные аппараты (холодильники), без рассмотрения экономических факторов, таких как: металлоемкость, себестоимость, вес и т.п.

В процессе приблизительной оценки были рассмотрены нормализованные теплообменные аппараты с внутренним диаметром кожуха *400мм*, *600мм* и *800мм*. Запас поверхности теплообмена, у теплообменника с внутренним диаметром кожуха *800мм,* не удовлетворял исходным требованиям, и в дальнейшем расчете нагрузочной характеристики не рассматривался. При рассмотрении теплообменных аппаратов с внутренним диаметром кожуха *400мм* и *600мм,* запас поверхности теплообмена составил, соответственно, *9,7%* и *5%.*

Далее рассчитывалась нагрузочная характеристика аппаратов. Вследствие чего, теплообменный аппарат, с внутренним диаметром кожуха *600мм*, имел высокую ошибку при расчете коэффициента теплопередачи (свыше 10%), что не удовлетворяет условию задачи.

Всем требуемым условиям соответствует двухходовой нормализованный кожухотрубчатый теплообменный аппарат с внутренним диаметром кожуха *400мм*, в количестве *2шт*.

**Приложение №1**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Диаметр кожуха внутренний *D*, *мм* | Число труб *n* | Длина труб *l, мм* | | | | | | | Проходное сечение, *м2* | | | *n*р | *h*, *мм* |
| 1,0 | 1,5 | 2,0 | 3,0 | 4,0 | 6,0 | 9,0 | *S*т102 | *S*м102 | *S*в.п.102 |
| Поверхность теплообмена *F, мм* | | | | | | |
| Одноходовые | | | | | | | | | | | | | |
| 159\* | 13 | 1,0 | 1,5 | 2,0 | 3,0 | - | - | - | 0,5 | 0,8 | 0,4 | 5 | 100 |
| **273\*** | **37** | 3,0 | 4,5 | 6,0 | **9,0** | - | - | - | 1,3 | 1,1 | 0,9 | 7 | 130 |
| 325\* | 62 | - | 7,5 | 10,0 | 14,5 | 19,5 | - | - | 2,1 | 2,9 | 1,3 | 9 | 180 |
| 400 | 111 | - | - | 17 | 26 | 35 | 52 | - | 3,8 | 3,1 | 2,0 | 11 | 250 |
| 600 | 257 | - | - | 40 | 61 | 81 | 121 | - | 8,9 | 5,3 | 4,0 | 17 | 300 |
| 800 | 465 | - | - | 73 | 109 | 146 | 219 | 329 | 16,1 | 7,9 | 6,9 | 23 | 350 |
| 1000 | 747 | - | - | - | 176 | 235 | 352 | 528 | 25,9 | 14,3 | 10,6 | 29 | 520 |
| 1200 | 1083 | - | - | - | - | 340 | 510 | 765 | 37,5 | 17,9 | 16,4 | 35 | 550 |
| Двухходовые | | | | | | | | | | | | | |
| **325\*** | **56** | - | 6,5 | 9,0 | **13,0** | 17,5 | - | - | 1,0 | 1,5 | 1,3 | 8 | 180 |
| 400 | 100 | - | - | 16,0 | 24,0 | 31,0 | 47 | - | 1,7 | 2,5 | 2,0 | 10 | 250 |
| 600 | 240 | - | - | 38 | 57 | 75 | 113 | - | 4,2 | 4,5 | 4,0 | 16 | 300 |
| 800 | 442 | - | - | 69 | 104 | 139 | 208 | 312 | 7,7 | 7,0 | 6,5 | 22 | 350 |
| 1000 | 718 | - | - |  | 169 | 226 | 338 | 507 | 12,4 | 13,0 | 10,6 | 28 | 520 |
| 1200 | 1048 | - | - |  |  | 329 | 494 | 740 | 17,9 | 16,5 | 16,4 | 34 | 550 |
| Четырехходовые | | | | | | | | | | | | | |
| 600 | 206 | - | - | 32 | 49 | 65 | 97 | - | 1,8 | 4,5 | 4,0 | 14 | 300 |
| 800 | 404 | - | - | 63 | 95 | 127 | 190 | 285 | 3,0 | 7,0 | 6,5 | 20 | 350 |
| 1000 | 666 | - | - | - | 157 | 209 | 314 | 471 | 5,5 | 13,0 | 10,6 | 26 | 520 |
| 1200 | 986 | - | - | - | - | 310 | 464 | 697 | 8,4 | 16,5 | 16,4 | 32 | 550 |
| Шестиходовые | | | | | | | | | | | | | |
| 600 | 196 | - | - | 31 | 46 | 61 | 91 | - | 1,1 | 4,5 | 3,7 | 14 | 300 |
| 800 | 384 | - | - | 60 | 90 | 121 | 181 | 271 | 2,2 | 7,0 | 7,0 | 20 | 350 |
| 1000 | 642 | - | - | - | 151 | 202 | 302 | 454 | 3,6 | 13,0 | 10,2 | 26 | 520 |
| 1200 | 958 | - | - | - | - | 301 | 451 | 677 | 5,2 | 16,5 | 14,2 | 32 | 550 |

\* Наружный диаметр кожуха

*n*р – число рядов по вертикали для горизонтальных аппаратов – по ГОСТ 15118-79;

*h* – расстояние между перегородками

Приложение №2



**Список используемой литературы**

1. К.Ф. Павлов, П.Г. Романков, А.А. Носков «Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии», 10-ое издание, переработанное и дополненное. Под ред. П.Г. Романтшва. Л.: Химия, 1987.-576С.
2. «Основные процессы и аппараты химической технологии»: Пособие по проектированию / Г.С. Борисов, В.П. Брыков, Ю.И. Дытнерский и др. Под ред. Ю.И. Дытнерского, 2-ое издание, переработанное и дополненное М.: Химия, 1991.-496С.
3. А.Г. Касаткин «Основные процессы и аппараты химической технологии». М.: Химия, 1971.-784С.

Размещено на