**Содержание**

Введение

1. Постановка задачи
2. Описание технологической схемы
3. Описание конструкции аппарата и обоснование его выбора
4. Технологический расчет
5. Гидравлический расчет
6. Элементы механического расчета

Заключение

Список литературы

**Введение**

Теплообменные аппараты (теплообменники) применяются для осуществления теплообмена между двумя теплоносителями с целью нагрева или охлаждения одного из них. В зависимости от этого теплообменные аппараты называют подогревателями или холодильниками.

По способу передачи тепла различают следующие типы теплообменных аппаратов:

- поверхностные, в которых оба теплоносителя разделены стенкой, причем тепло передается через поверхность стенки;

- регенеративные, в которых процесс передачи тепла от горячего теплоносителя к холодному разделяется по времени на два периода и происходит при попеременном нагревании и охлаждении насадки теплообменника;

- смесительные, в которых теплообмен происходит при непосредственном соприкосновении теплоносителей.

В химической промышленности наибольшее распространение получили поверхностные теплообменники, отличающиеся разнообразием конструкций, основную группу которых представляют трубчатые теплообменники, такие как: кожухотрубчатые, оросительные, погруженные и "труба в трубе".

Одним из самых распространенных типов теплообменников являются кожухотрубчатые теплообменники. Они представляют из себя пучек труб, концы которых закреплены в специальных трубных решетках путем развальцовки, сварки, пайки, а иногда на сальниках. Пучек труб расположен внутри общего кожуха, причем один из теплоносителей движется по трубам, а другой - в пространстве между кожухом и трубами.

Кожухотрубчатые теплообменники могут быть с неподвижной трубной решеткой или с температурным компенсатором на кожухе, вертикальные или горизонтальные. В соответствии с ГОСТ 15121-79, теплообменники могут быть двух- четырех- и шестиходовыми по трубному пространству.

Достоинствами кожухотрубчатых теплообменников являются: компактность; небольшой расход метала; легкость очистки труб изнутри, а недостатками - трудность пропускания теплоносителей с большими скоростями; трудность очистки межтрубного пространства и трудность изготовления из материалов, не допускающих развальцовки и сварки.

Кожухотрубчатые теплообменники могут использоваться как для нагрева, так и для охлаждения.

В качестве греющего агента в теплообменниках часто используется насыщенный водяной пар имеющий целый ряд достоинств:

- высокий коэффициент теплоотдачи;

- большое количество тепла, выделяемое при конденсации пара;

- равномерность обогрева, так как конденсация пара происходит при постоянной температуре;

- легкое регулирование обогрева.

**1. Постановка задачи**

В курсовой работе необходимо:

1. Выполнить технологический расчет выбранной конструкции аппарата (рассчитать тепловой поток и расход хладоагента);

2. Рассчитать коэффициент теплопередачи; определить площадь поверхности теплообмена;

3. Выполнить гидравлический расчет контактных устройств;

4. Произвести механический расчет элементов аппарата;

**2. Описание технологической схемы**

Принципиальная схема ректификационной установки представлена на рис. 2.1. Исходная смесь из промежуточной емкости 1 центробежным насосом 2 подается в теплообменник 3, где она подогревается до температуры кипения. Нагретая смесь поступает на разделение в ректификационную колонну 5 на тарелку питания, где состав жидкости равен составу исходной смеси.

Стекая вниз по колонне, жидкость взаимодействует с поднимающимся вверх паром, образующимся при кипении кубовой жидкости в кипятильнике 4. Начальный состав пара примерно равен составу кубового остатка, т.е. обеднен легколетучим компонентом. В результате массообмена с жидкостью пар обогащается легколетучим компонентом. Для более полного обогащения верхнюю часть колонны орошают в соответствии с заданным флегмовым числом жидкостью (флегмой), которая получается в дефлегматоре 6 путем конденсации пара, выходящего из колонны. Часть конденсата выводится из дефлегматора в виде готового продукта разделения – дистиллята, который охлаждается в холодильнике 7, и направляется в промежуточную емкость 8.

Из кубовой части колонны насосом 9 непрерывно выводится кубовая жидкость – продукт, обогащенный труднолетучим компонентом, который охлаждается в холодильнике 10 и направляется в емкость 11.

Таким образом, в ректификационной колонне осуществляется непрерывный неравновесный процесс разделения исходной смеси на дистиллят с высоким содержанием легколетучего компонента и кубовый остаток, обогащенный труднолетучим компонентом.

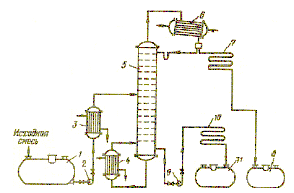


Рис. 2.1. Принципиальная схема ректификационной установки:

*1* – емкость для исходной смеси; *2, 9* – насосы; *3* – теплообменник подогреватель; *4* – кипятильник; *5* – ректификационная колонна; *6* – дефлегматор; *7* – холодильник дистиллята; *8* – емкость для сбора дистиллята; *10* – холодильник кубовой жидкости; *11* – емкость для кубовой жидкости

**3. Описание конструкции аппарата и обоснование его выбора**

Кожухотрубчатые теплообменники – наиболее распространенная конструкция теплообменной аппаратуры. В зависимости от назначения кожухотрубчатые аппараты могут быть теплообменниками, холодильниками, конденсаторами и испарителями; их изготовляют одно- и многоходовыми.

Конструктивное оформление машин и аппаратов, применяемых в химической и пищевой промышленности, неразрывно связано с их функциональным назначением и полностью определяется характером и технологическими параметрами протекающих в них процессов. При этом конструкция химического и пищевого оборудования должна не только отвечать требованиям самых совершенных технологий, но и обладать также прочностью, высокой надежностью, быть легкой, эстетичной и требовать как можно меньшего расхода дорогостоящих и дефицитных материалов. Для обеспечения сочетания прочности и надежности пищевой и химической аппаратуры с ее экономичностью и малой материалоемкостью на стадии проектирования необходимо провести подробный механический (прочностной) расчет каждого узла и детали вновь создаваемого оборудования.

Для подвода и отвода рабочих сред (теплоносителей) аппарат снабжен штуцерами. Один из теплоносителей в этих аппаратах движется по трубам, другой – в межтрубном пространстве, ограниченном кожухом и наружной поверхностью труб. Особенностью аппаратов типа Н является то, что трубы жестко соединены с трубными решетками, а решетки приварены к кожуху. В связи с этим исключена возможность взаимных перемещений труб и кожуха; поэтому аппараты этого типа называют еще теплообменниками жесткой конструкции. Трубы в кожухотрубчатых теплообменниках стараются разместить так, чтобы зазор между внутренней стенкой кожуха и поверхностью, огибающей пучок труб, был минимальным; в противном случае значительная часть теплоносителя может миновать основную поверхность теплообмена. Для уменьшения количества теплоносителя, проходящего между трубным пучком и кожухом, в этом пространстве устанавливают специальные заполнители.

Четырехходовой горизонтальный теплообменник типа Н состоит из цилиндрического сварного кожуха 3, распределительной камеры 2 и двух крышек 1 и 6. Трубный пучок образован трубами 4, закрепленными в двух трубных решетках 7. Трубные решетки приварены к кожуху. Крышки, распределительная камера и кожух соединены фланцами. В кожухе и распределительной камере выполнены штуцера для ввода и вывода теплоносителей из трубного (штуцера 8 ) и межтрубного пространств (штуцера 9). Перегородки 10 в распределительной камере образуют ходы теплоносителя по трубам. Поскольку интенсивность теплоотдачи при поперечном обтекании труб теплоносителем выше, чем при продольном, в межтрубном пространстве теплообменника установлены поперечные перегородки 11, обеспечивающие зигзагообразное по длине аппарата движение теплоносителя в межтрубном пространстве.

**4. Технологический расчет**

Теплотехнические свойства креплёного вина (при 600С):

Плотность:



Теплоёмкость:



Теплопроводность:



Вязкость:



Определение средней разности температур и средних температур потоков.

Заданием предусмотрено использование кожухотрубчатых теплообменников. Обычно в качестве холодильников используются многоходовые аппараты по трубному и межтрубному пространству, в которых движение теплоносителей соответствует схеме смешанного тока. Поэтому определяем поправку εΔt для четырехходового теплообменника по трубному пространству и имеющего поперечные перегородки в межтрубном пространстве, предполагая, что именно такой конструкции теплообменник подойдет для охлаждения смеси.

Средняя разность температур противотоков:



; (1) .



Рассчитаем коэффициенты R и P:

; (2)



.



; (3)



.



По графику определили значение поправочного коэффициента



Находим среднюю температуру потоков:

; (4)



.



Поступающее в аппарат сырьё (креплёноё вино) меняет свою температуру на , а вода – на . Следовательно, в соответствии с правилом, средняя температура сырья составит:



;



а средняя температура воды:

.



Определение свойств индивидуальных веществ при средних температурах.

Таблица № 1

Свойства индивидуальных веществ при средних температурах

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Свойство | Креплёное вино | Вода |
| Средняя температура, | 41 | 14 |
| Плотность, | 994 | 999 |
| Теплоёмкость, | 3730 | 4190 |
| Вязкость, | 1,310-3 | 1,15510-3 |
| Теплопроводность, | 0,418 | 0,587 |



Определение тепловой нагрузки, расхода хладагента, расчёт ориентировочной поверхности теплообмена, выбор типа и конструкции теплообменника. Так как в начале расчёта коэффициент теплопередачи К не известен, то для нахождения поверхности теплопередачи F принимаем его ориентировочное значение , которое выбирается на основе опыта эксплуатации теплообменного оборудования.



Определим тепловую нагрузку необходимую для охлаждения сырья до необходимой температуры. Так как в заданном нам процессе не происходит изменение агрегатного состояния ни вещества теплоносителя, ни вещества хладоагента, то тепловая нагрузка находится по формуле:

; (5)



Определим расход хладагента (воды):

; (6)



.



Вычислим ориентировочное значение требуемой поверхности теплопередачи Fор:

; (7)



.



Так как нам выгодно снижение температуры креплёного вина, направим горячий поток в межтрубное пространство, а хладагент – в трубное. В этом случае будут потери теплоты в окружающую среду через кожух теплообменника.

Примем размер труб трубного пучка мм. Зададимся величиной критерия Рейнольдса для трубного пространства Reтр=10000. Найдём число труб n, которое обеспечит развитое турбулентное движение хладагента.



; (8)



.



Теперь, ориентируясь на величину поверхности теплопередачи Fор и количеством труб, выбираем нормализованный кожухотрубчатый теплообменник.

Таблица № 2

Характеристики нормализованного кожухотрубчатого теплообменника

|  |  |
| --- | --- |
| Параметр | Значение |
| Поверхность теплопередачи Fт, м2 | 209 |
| Диаметр кожуха внутренний D, мм | 1000 |
| Общее число труб n, шт | 666 |
| Длина труб L, м | 4,0 |
| Площадь трубного пространства Sтр, м2 | 0,055 |
| Площадь межтрубного пространства Sмтр, м2 | 0,106 |
| Число рядов труб по вертикали nр | 26 |
| Число ходов z | 4 |

Расчёт коэффициентов теплоотдачи для трубного и межтрубного пространств. Расчёт коэффициента теплоотдачи для межтрубного пространства. Определяем объёмный расход креплёного вина:

; (9)



.



Находим скорость потока в межтрубном пространстве:

; (10)



.



Находим значение критерия Рейнольдса Re1 для межтрубного пространства:

; (11)



.



Вычисляем критерий Прандтля:

; (12)



.



Определяем критерий Нуссельта. Примем , а значение скобки



.



; (13)



.



Теперь находим коэффициент теплоотдачи для межтрубного пространства:

; (14)



.



Расчёт коэффициента теплоотдачи для трубного пространства.

Определяем объёмный расход воды:

; (15)



.



Находим скорость потока в межтрубном пространстве:

; (16)



.



Находим значение критерия Рейнольдса Re1 для трубного пространства:

; (17)



.



Вычисляем критерий Прандтля:

; (18)



.



Определяем критерий Нуссельта. Примем , а значение скобки



.



; (19)



.



Теперь находим коэффициент теплоотдачи для трубного пространства:

; (20)



.



Определяем расчётное значение коэффициента теплоотдачи Кр

Теплообменник будет изготовлен из обычной углеродистой стали с коэффициентом теплопроводности λст=46,5 Вт/(м∙К). Учтем также появление в процессе эксплуатации аппарата загрязнений как со стороны дистиллята rзаг.1 = 1/5800 Вт/(м2∙К), так и со стороны охлаждающей воды rзаг.2 = 1/1500 Вт/(м2∙К).

Тогда коэффициент теплопередачи будет равен:

; (21)



.



Определение температур стенок.

Определение температуры стенки для горячего потока tст1:

; (22)



.



Определение температуры стенки для холодного потока tст2:

; (23)



.



Расчёт критерия Прандтля для горячего и холодного потоков с использованием физико-химических свойств, взятых при температурах стенки tст1 и tст2.

Таблица № 3

Свойства индивидуальных веществ при температурах стенки tст1 и tст2

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Свойство | Креплёное вино | Вода |
| Средняя температура, | 28 | 19 |
| Плотность, | 1017 | 998 |
| Теплоёмкость, | 3730 | 4180 |
| Вязкость, | 1,810-3 | 1,010-3 |
| Теплопроводность, | 0,410 | 0,599 |

Критерий Прандтля для горячего потока (креплёного вина):

; (24)



.



Критерий Прандтля для холодного потока (воды):

; (25)



.



Вычислим значение скобок в формулах (13) и (19).

Для горячего потока: .



Для холодного потока: .



Определение расчётной поверхности теплопередачи и её запаса

Определим расчётную поверхность теплопередачи

; (26)



.



Теперь определим запас поверхности теплопередачи

; (27)



.



**5. Гидравлический расчет**

Выбор диаметра штуцеров для трубного и межтрубного пространств

Для расчета диаметров штуцеров необходимо принять значение допустимой скорости в штуцерах, которая зависит от того, является трубопровод напорным или самотечным. Уходящий с верха колонны пар конденсируется и самотеком поступает в емкость. Из этой емкости жидкость насосом по одному трубопроводу направляется на верх колонны для создания орошения, а по второму (нашему) прокачивается через холодильник и далее на склад. Таким образом, скорость во всех штуцерах берем как для напорных трубопроводов wдоп = 1,5 м/с.

Диаметр штуцеров для трубного пространства

; (28)



.



Диаметр штуцеров для межтрубного пространства

; (29)



.



По ГОСТу выбираем стандартный условный диаметр :



;



; .



Перед проведением гидравлического расчёта уточняем скорость потока в штуцере.

Скорость потока для трубного пространства

; (30)



.



Скорость потока для межтрубного пространства

; (31)



.



Определим коэффициент трения для шероховатых труб:



; (32)



.



Отсюда получаем:



Вычислим гидравлическое сопротивление трубного пространства.

Под термином «гидравлическое сопротивление» принято понимать величину разности статических давлений на входе потока в рассматриваемый аппарат и на выходе из него в зависимости от средней скорости потока, свойств веществ потока, геометрических размеров и конфигурации аппарата, через который протекает поток.

; (33)

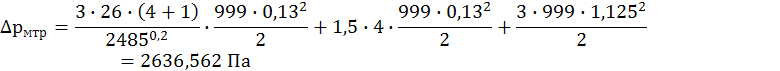


.



Вычислим гидравлическое сопротивление межтрубного пространства:

; (34)



**6. Элементы механического расчета**

Расчет толщины кожуха

Главным составным элементом корпуса большинства химических аппаратов является кожух (обечайка). Наибольшее распространение получили цилиндрические кожухи, которые отличаются простотой изготовления, рациональным расходом материала и достаточной прочностью.

Цилиндрические кожухи из стали при избыточном давлении среды в аппарате р следует рассчитывать по формуле:

*δ = D ∙ p / (2 ∙ σд ∙ φ) + Ск + Сокр ,*

где *D* – внутренний диаметр кожуха, м;

*σд* – допускаемое напряжение на растяжение для материала кожуха, МН/м2 (*σд* = 140 МН/м2).

Коэффициент *φ* учитывает ослабление кожуха из-за сварного шва и наличия неукрепленных отверстий, *φ* = *φш* = 0,95.

Прибавка толщины с учетом коррозии *Ск* определяется формулой: *Ск = П∙τа* ,

*П* = 0,1 мм/год; *τа* = 10 лет, а суммарное значение толщины округляется до ближайшего нормализованного значения добавлением *Сокр*.

*Cк = П . τа = 0,1 . 10 = 0,001 м*.

Границей применимости формулы для расчета кожуха является условие:

*(δ - Ск) / D ≤ 0,1.*

Толщина кожуха с учетом запаса на коррозию и округления равна:

*δ = 0,8 ∙ 0,392 / (2 ∙ 140 ∙ 0,95) + 0,001 = 0,0022 м = 2,2 мм.*

Условие (0,0022 - 0,001) / 1 < 0,1 выполняется.

На основании данных практического использования кожухотрубчатых теплообменных аппаратов принимаем толщину стенки кожуха равной 4мм.=0,004м.

Допускаемое избыточное давление в обечайке можно определить из формулы:

*рд = 2 ∙ σд ∙ φ ∙ (δ - Ск ) / (D + (δ - Ск )) =*

*= 2 ∙ 140 ∙ 0,95 ∙ (0,0022 - 0,001) / (0,8 + (0,0022 - 0,001))= 0,39 МПа.*

Расчет толщины днища

Составным элементами корпусов химических аппаратов являются днища, которые обычно изготавливаются из того же материала, что и кожуха, и привариваются к ней. Днище неразъемно ограничивает корпус горизонтального аппарата с боков. Форма днища может быть эллиптической, сферической, конической и плоской. Наиболее рациональной формой днищ для цилиндрических аппаратов является эллиптическая. Днища такой формы изготавливаются из листового проката штамповкой и могут использоваться в аппаратах с избыточным давлением до 10 МПа. Толщину стандартных эллиптических днищ, работающих под внутренним избыточным давлением р, рассчитывают по формуле, которая справедлива при условии: (δ - Ск) / D ≤ 0,125.

Примем, что днище у аппарата стандартное отбортованное эллиптическое сварное и в нем нет неукрепленных отверстий.

Примем φ = φш = 0,95.

Толщина днища:

δ = D ∙ p / (2 ∙ σд ∙ φ) + Ск + Сокр = 0,8∙ 0,3924 / (2 ∙ 140 ∙ 0,95) + 0,001= 0,0022 м = 2,2 мм.

Требуемое условие (0,0022 - 0,001) / 1 < 0,125 выполняется. Исходя из условия, по которому толщина стенки полусферического днища должна быть не меньше толщины стенки кожуха принимаем толщину стенки днища равной 5мм.=0,005м.

Расчет фланцевых соединений

Подсоединение трубопроводов к сосудам и аппаратам осуществляется с помощью вводных труб или штуцеров. Штуцерные соединения могут быть разъемными и неразъемными. Наиболее употребительны разъемные соединения с помощью фланцевых штуцеров. Стальные фланцевые штуцера представляют собой короткие куски труб с приваренными к ним фланцами либо с фланцами, удерживающимися на отбортовке, либо с фланцами, откованными заодно со штуцером. В зависимости от толщины стенок патрубки штуцеров могут быть тонко- или толстостенными. Штуцера не рассчитывают на прочность, а выбирают. Типы штуцеров определены действующими стандартами, сводную таблицу которых можно найти в справочнике.

По назначению все фланцевые соединения в химическом аппаратостроении подразделяются на фланцы для трубной арматуры и труб и фланцы для аппаратов. Фланцевое соединение состоит из двух симметрично расположенных фланцев, уплотнительного устройства и крепежных элементов.

Конструкцию фланцевого соединения принимают в зависимости от рабочих параметров аппарата: при *р ≤ 2,5 МПа* и *t ≤ 300˚С* применяют плоские приварные фланцы (рис. 6.2).

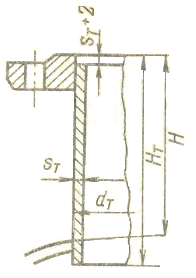


Рис. 6.2. Конструкция плоского приварного фланцевого соединения

Во фланцевых соединениях при *р ≤ 2,5 МПа* *и t ≤ 300˚С* применяют болты.

Опоры служат для установки аппаратов на фундамент. Опора имеет обечайку цилиндрической или конической формы и фундаментное кольцо из полосовой стали, приваренное к кожуху. Опору приваривают к корпусу аппарата сплошным швом.

При установке аппарата внутри помещения на полу применяются отдельные опорные лапы обычно 4. Выбирают лапы по нормали в зависимости от нагрузки. Подвесные опорные лапы рекомендуется располагать выше центра масс аппарата.

Выбор конструкции опор аппарата

Опоры служат для установки аппаратов на фундамент. Опора имеет обечайку цилиндрической или конической формы и фундаментное кольцо из полосовой стали, приваренное к кожуху. Опору приваривают к корпусу аппарата сплошным швом.

При установке аппарата внутри помещения на полу применяются отдельные опорные лапы обычно 4. Выбирают лапы по нормали в зависимости от нагрузки. Подвесные опорные лапы рекомендуется располагать выше центра масс аппарата.

Выбор типа опоры аппарата зависит от ряда условий: места установки аппарата, соотношения высоты и диаметра аппарата, его массы и т.д. При установке колонных аппаратов на открытой площадке, когда отношение высоты опоры к диаметру аппарата меньше или равно 5, то рекомендуют использовать опоры в виде ножек. Для горизонтальных аппаратов, устанавливаемых в помещениях, рекомендуют применять седловые опоры. Руководствуясь этими рекомендациями, мы выбираем седловые опоры.

Расчет трубных решеток

Одним из основных элементов кожухотрубчатых теплообменников являются трубные решетки. Они представляют собой перегородки, в которых закрепляются трубы и которыми трубное пространство отделяется от межтрубного.

Для большинства типов неподвижно закрепленных решеток их высоту рассчитывают по формуле:

*h = K ∙ D √ p / φ0σи.д + Ск + Сокр,*

где *К* = 0,45;

*D* = *Dп* – средний диаметр цилиндрической обечайки кожуха аппарата:

м;



*р* = 0,392 МПа – рабочее давление;

*σи.д* = 140 МН/м2 – допускаемое напряжение на изгиб материала решетки;

*Ск* = 0,001 м;

*φ0* – коэффициент ослаблений решетки отверстиями:

*φ0 = (Dп – zр∙ dн) / Dп* = (0,805 -10 ∙ 0,02) / 0,805= 0,75,

где *zр* – число труб на диаметре решетки;

*dн* – наружный диаметр труб.

*h = 0,45 ∙ 0,805 ∙ √0,392 / (0,75 ∙ 140) + 0,001 = 0,023 м = 23 мм.*

Высоту решетки снаружи определяют по формуле:

*h1 = K1 ∙ Dп √ p / σи.д + Ск + Сокр,*

*h1 = 0,36 ∙ 0,805 ∙ √0,392 / 140 + 0,001 = 0,016 м = 16 мм.*

где *K1*= 0,36; *Dп* = 0,805 м; *р* = 0,392 МПа.

Минимальный шаг между трубами *t* рекомендуется принимать соответственно диаметру труб: *dн* = 25 мм, *t = 1,3 ∙ dн*

*t = 1,3 ∙ 25 = 32,5 мм.*

Высоту трубной решетки принимаем 32 мм

**Заключение**

В данном курсовом проекте я произвел подбор и расчет теплообменной установки, предназначенной для использования в производстве крепленого вина. Мной был произведен технологический, гидравлический расчет, а также элементы механического расчета. Исходя из полученных данных был подобран по каталогу нормализованный четырехходовой кожухотрубчатый теплообменник. Кроме того была подробна рассмотрена технологическая схема теплообмена.

**Список литературы**

1. Основные процессы и аппараты химической технологии: Пособие по проектированию/Под ред. Ю.И. Дытнерского, 2-е изд., перераб. и доп. М.: Химия, 1991. 496с.
2. Павлов К.Ф. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии: Учебное пособие для вузов/ К.Ф. Павлов, П.Г. Романков, А.А. Носков//Под ред. Чл-корр. АН СССР П.Г. Романкова.- 10-е изд., перераб. и доп. Л.: Химия, 1987. 576с.
3. Расчет теплообменных аппаратов: Учеб. пособ./ В.Д. Измайлов, В.В. Филиппов; Самар. гос. техн. ун-т. Самара, 2006. 108с.