# Кожухотрубный теплообменник для нагревания смеси ацетон - вода до температуры кипения

**Федеральное агентство по образованию РФ**

Государственное образовательное учреждение

Высшего профессионального образования

**«Томский политехнический университет»**

Химико-технологический факультет

Кафедра ТООС

Группа З5Э31

**КОЖУХОТРУБЧАТЫЙ ТЕПЛООБМЕННИК ДЛЯ НАГРЕВАНИЯ СМЕСИ**

**АЦЕТОН – ВОДА ДО ТЕМПЕРАТУРЫ КИПЕНИЯ**

(вариант № 4)

Пояснительная записка к курсовому проекту по дисциплине

«Гидравлика и теплотехника»

Руководитель проекта

доцент Гусева Ж.А.

Исполнитель проекта

студент Кудрявцева Ю.А.

Томск 2007

**Федеральное агентство по образованию РФ**

Государственное образовательное учреждение

Высшего профессионального образования

**«Томский политехнический университет»**

**Задание №4**

**на расчетную индивидуальную работу по дисциплине**

**“Гидравлика и теплотехника”**

Выдано студенту: Кудрявцевой Ю.А.

1.Тема: Расчет теплообменника кожухотрубчатого

2. Срок сдачи законченной работы

3. Исходные данные к заданию:

Мольная доля р-ра по нк - 40%;

Расход - 22 т/ч;

Начальная температура раствора – 22С;

Давление в трубном пространстве – 1,6 ата;

Раствор – ацетон+вода;

Давление греющего водяного пара подобрать самостоятельно.

**СОДЕРЖАНИЕ**

ВВЕДЕНИЕ

1. ТЕПЛОВОЙ РАСЧЁТ

1.1 ТЕМПЕРАТУРНЫЙ РАСЧЁТ

1.2 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ТЕПЛОНОСИТЕЛЕЙ ПРИ СРЕДНИХ ТЕМПЕРАТУРАХ

1.3 ТЕПЛОВОЙ БАЛАНС

1.4 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОРИЕНТИРОВОЧНОЙ ТЕПЛОПЕРЕДАЮЩЕЙ ПОВЕРХНОСТИ И ПОДБОР НОРМАЛИЗОВАННОЙ КОНСТРУКЦИИ ПО СТАНДАРТАМ

1.5 УТОЧНЁННЫЙ РАСЧЁТ ТЕПЛОПЕРЕДАЮЩЕЙ ПОВЕРХНОСТИ

1.6 РАСЧЁТ ТЕПЛОВОЙ ИЗОЛЯЦИИ

2. ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЁТ

3. КОНСТРУКТИВНО-МЕХАНИЧЕСКИЙ РАСЧЁТ

3.1 РАСЧЁТ ТОЛЩИНЫ ОБЕЧАЙКИ

3.2 РАСЧЁТ И ПОДБОР ШТУЦЕРОВ

3.3 РАСЧЁТ ТОЛЩИНЫ ТРУБНОЙ РЕШЁТКИ

3.4 РАСЧЁТ ОПОР АППАРАТА

3.5 РАСЧЁТ И ПОДБОР ДНИЩА И КРЫШКИ АППАРАТА

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

ВВЕДЕНИЕ

Теплопередача – это наука о процессах распространения теплоты. Различают три различных способа переноса теплоты: теплопроводность, конвекцию и тепловое излучение. В реальных установках теплота передаётся комбинированным путём, однако вклад этих трёх составляющих в общий перенос теплоты неодинаков и определяется многими условиями: природой теплоносителя, агрегатным состоянием, температурным и гидродинамическим условиям и т.д.

В промышленности теплообмен между рабочими телами (теплоносителями) происходит в специально сконструированных аппаратах, которые называются теплообменниками. Они должны отвечать определённым общим требованиям: обладать высокой тепловой производительностью и экономичностью, обеспечивать заданные технологические условия процесса, быть просты по конструкции, компактны, обладать современным техническим и эстетическим дизайном, иметь длительный срок службы, соответствовать требованиям СНИП и ведомственным правилам Госгортехнадзора. Особые требования предъявляются к обеспечению надёжности работы аппаратов, возможности автоматического регулирования режимно-технологических параметров и аварийного отклонения.

В химической технологии теплообменные аппараты довольно широко распространены, применяются в различных производствах легкой и тяжелой промышленности. Для обеспечения того или иного технологического процесса применяются различные типы теплообменных аппаратов. Основную группу теплообменных аппаратов, применяемых в промышленности, составляют поверхностные теплообменники, в которых теплота от горячего теплоносителя передается холодному теплоносителю через разделяющую их стенку. Другую группу составляют теплообменники смешения, в которых теплота передается при непосредственном соприкосновении горячего и холодного теплоносителей.

Теплообменные аппараты классифицируются:

1.         По назначению:

а)      холодильники;

б)      подогреватели;

в)      испарители;

г)       конденсаторы.

2.         По конструкции:

- изготовленные из труб:

а)      теплообменники «труба в трубе»;

б)      оросительные теплообменники;

в)      погружные змеевиковые;

г)       теплообменники воздушного охлаждения;

д)      из оребренных труб;

е)      кожухотрубчатые теплообменники.

- с неподвижной трубной решеткой;

- с линзовым компенсатором;

- с плавающей головкой;

- с U-образными трубами.

3.         По направлению движения теплоносителя:

а)      прямоточные;

б)      противоточные;

в)      с перекрестным движением.

Кожухотрубчатые теплообменные аппараты используются для практической реализации таких процессов, как нагревание (охлаждение), конденсация и испарение. Соответственно аппараты называются теплообменниками, холодильниками, конденсаторами и испарителями.

Теплообменники предназначены для проведения процесса теплообмена между теплоносителями, которые не изменяют своего агрегатного состояния в процессе теплообмена: это газо-жидкостные и жидкостно-жидкостные аппараты для проведения процессов охлаждения и нагревания.

Холодильники предназначены для охлаждения водой или другими нетоксичными, не пожаро- и не взрывоопасными хладагентами жидких и газообразных сред. Работают, как правило, в области минусовых температур.

В соответствии с ГОСТ 15120-79, ГОСТ 15118-79 и ГОСТ 15122-79 кожухотрубчатые теплообменники и холодильники изготавливают двух типов: «Н» - с неподвижными трубными решётками и «К» - с компенсатором температурных напряжений на кожухе.

Необходимость использования компенсатора определяется предельно-допустимой разностью температур стенок труб и кожуха, равной 50ºС или сравнительно большой длиной теплообменных труб (более 6м).

Конденсаторы предназначены для конденсации насыщенных паров. Обычно конденсацию осуществляют на наружной поверхности пучка труб в межтрубном пространстве. В химической промышленности для нагревания жидкостей и газов за счёт теплоты конденсации насыщенных паров чаще всего используется насыщенный водяной пар.

Испарители предназначены для проведения процессов испарения жидкости при кипении. При этом жидкость кипит в трубах, а в межтрубное пространство подаётся греющий агент. В соответствии со стандартом, кожухотрубчатые испарители в этом случае могут быть только одноходовыми и вертикального исполнения [4].

Из нашего технического задания (см. выше) следует, что нам надо подобрать кожухотрубчатый теплообменник (подогреватель) для нагревания насыщенным водяным паром смеси этанол-вода до температуры кипения.

Исходя из условий, которые приведены в техническом задании целесообразно назначить теплообменник типа ТНВ (теплообменник с неподвижными трубными решётками, вертикальный) ГОСТ 15122-79.

Т.к. эти теплообменники используются при температуре жидких и газообразных сред от -70 до +3500С от 0,6 до 16 МПа поверхность теплообмена от 1 до 5000 м2 [1].

Достоинства этого теплообменного аппарата:

а) простота конструкции;

б) непрерывная передача тепла от одного теплоносителя к другому;

в) интенсивный теплообмен.

Недостатки:

а) металлоемкость;

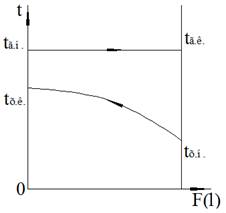
б) температурные деформации;

в) невозможность разборки и чистки трубного пространства.

В итоге для данного процесса необходимо подобрать теплообменник типа ТНВ по ГОСТ 15122-79 и провести для него тепловой, гидравлический и конструктивно-механический расчёты.

1. ТЕПЛОВОЙ РАСЧЁТ 1.1 ТЕМПЕРАТУРНЫЙ РАСЧЁТ

В нашем случае температура горячего теплоносителя (греющего водяного пара) не изменяется, а температура холодного теплоносителя (смеси ацетон-вода) увеличивается вдоль поверхности теплопередачи. Зная это, построим температурную диаграмму чистого противотока для нагрева смеси ацетон-вода водяным паром (рис. 1).



**Рисунок 1.1** – Температурная диаграмма.

Из рис. 1 видим, что .



На рис.1.1  - температура горячего, начальная и конечная температуры холодного теплоносителей соответственно.



Т.к.  (см. задание на курсовой проект), то нам необходимо найти  и .



1)         Для нахождения конечной температуры холодного теплоносителя построим диаграмму состояния смеси ацетон-вода в координатах  (рис. 1.2). Для этого составим таблицу расчёта (табл. 1.1), основываясь на законах [1]:



*Рауля*

,                                               (1.1)



,                                (1.2)



и *Дальтона*

,                                  (1.3)



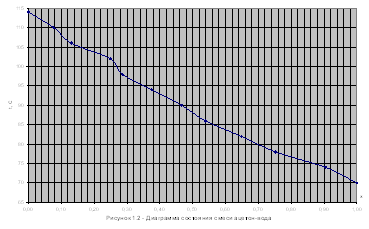
где  - общее давление смеси; ,  - парциальные давления низко- и высококипящего компонентов соответственно;  и  - давления насыщенных паров чистых низко- и высококипящего компонентов;  - мольная доля низкокипящего компонента.



При построении графика учитываем, что ацетон – низкокипящий компонент, а вода – высококипящий.

Таблица 1.1 - Расчёт для построения графика t-x [1]

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| ***t***, ***°С*** | ***Pа***, мм рт. ст. | ***Pв***, мм рт. ст. | ***П*** | (из формул 1.1, 1.2 и 1.3) |
| 70 | 1200 | 200 | 1200 | 1,00 |
| 74 | 1300 | 250 | 0,90 |
| 78 | 1500 | 290 | 0,75 |
| 82 | 1650 | 370 | 0,65 |
| 86 | 1850 | 440 | 0,54 |
| 90 | 2000 | 500 | 0,47 |
| 94 | 2200 | 600 | 0,38 |
| 98 | 2500 | 680 | 0,29 |
| 102 | 2650 | 720 | 0,25 |
| 106 | 3200 | 900 | 0,13 |
| 110 | 3600 | 1000 | 0,08 |
| 114 | 4000 | 1200 | 0,00 |



Мольная доля низкокипящего компонента в смеси ацетон-вода –  (см. задание на проект).



По рис. 1.2 определяем, что при  .



2)         Зададимся давлением греющего пара  МПа. Тогда по [1, табл. LVII] .



3)         Далее по рис.1.1 находим ,  и  по формулам (1.5), (1.6) и (1.7) соответственно [2]:



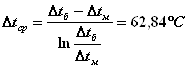
,                             (1.5)



,                              (1.6)



.                           (1.7)



4)         Определим средние температуры теплоносителей –  и .



Т. к. , то [2]:



,                               (1.8)



.                       (1.9)



5)         Определяем температуры стенок со стороны теплоносителей –  и  по формулам (1.10) и (1.11) [3]:



,                       (1.10)



.                      (1.11)



6)         Находим температуру плёнки конденсата –  по формуле (1.12) [1]:



.                        (1.12)



1.2 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ТЕПЛОНОСИТЕЛЕЙ ПРИ СРЕДНИХ ТЕМПЕРАТУРАХ

1)         Определяем теплоёмкость холодного теплоносителя при температуре  по формуле (1.13) [1]:



Дж/(кг∙К),    (1.13)



где Дж/(кг∙К) и  Дж/(кг∙К) – удельные теплоёмкости ацетона и воды соответственно при  [1, рис. XI].



Необходимо произвести перерасчёт мольной доли в массовую, а именно по формуле [1]:

,



где г/моль – молярная масса ацетона и г/моль – молярная масса смеси.



2)         Определяем плотность холодного теплоносителя при температуре  по формуле (1.14) [1]:



 кг/м3,            (1.14)



где кг/м3 и  кг/м3 – плотности ацетона и воды соответственно при  [1, табл. IV].



3)         Определяем динамический коэффициент вязкости холодного теплоносителя при температуре  по формуле (1.15) [1]:



 Па·с,                (1.15)



где Па·с и Па·с – динамические коэффициенты вязкости ацетона и воды соответственно при  [1, табл. IX].



4)         Определяем коэффициент теплопроводности холодного теплоносителя при температуре  по формуле (1.16) [1]:



 Вт/(м·К),                (1.16)



где Вт/(м·К) и Вт/(м·К) – коэффициенты теплопроводности ацетона и воды соответственно при  [1, рис. X].



5)         Определяем теплоёмкость холодного теплоносителя при температуре  по формуле (1.17) [1]:



Дж/(кг∙К),      (1.17)



где Дж/(кг∙К) и  Дж/(кг∙К) – удельные теплоёмкости ацетона и воды соответственно при  [1, рис. XI].



6)         Определяем динамический коэффициент вязкости холодного теплоносителя при температуре  по формуле (1.18) [1]:



 Па·с,                 (1.18)



где Па·с и Па·с – динамические коэффициенты вязкости ацетона и воды соответственно при  [1, табл. IX].



7)         Определяем коэффициент теплопроводности холодного теплоносителя при температуре  по формуле (1.19) [1]:



 Вт/(м·К),          (1.19)



где Вт/(м·К) и Вт/(м·К) – коэффициенты теплопроводности ацетона и воды соответственно при  [1, рис. X].



1.3 ТЕПЛОВОЙ БАЛАНС

Составим таблицу теплового баланса для нашего процесса (табл. 1.2):

Таблица 1.2 - Таблица теплового баланса

|  |  |
| --- | --- |
| **Приход (Вт)** | **Расход (Вт)** |
| 1. С горячим теплоносителем:  ;  2. С холодным теплоносителем:  . | 1. С горячим теплоносителем:  ;  2. С холодным теплоносителем:  ;  3. Тепловые потери: |

Составляем уравнение теплового баланса:

,                              (1.20)



или

,                              (1.21)



где - тепло, отдаваемое горячим теплоносителем;



- тепло, принятое холодным теплоносителем.



Учитывая, что - удельная теплота конденсация водяного пара при  и , а , получаем:



,                          (1.22)



1)         Из выражения (1.22) определим тепловую нагрузку аппарата –  по формуле (1.23):



Вт,                    (1.23)



где т/чкг/с (см. задание на проект).



2)         Из формулы (1.22) для расхода греющего пара получаем:

кг/с,                                  (1.24)



где Дж/кг [1, табл. LVI].



1.4 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОРИЕНТИРОВОЧНОЙ ТЕПЛОПЕРЕДАЮЩЕЙ ПОВЕРХНОСТИ И ПОДБОР НОРМАЛИЗОВАННОЙ КОНСТРУКЦИИ ПО СТАНДАРТАМ

1)         Ориентировочно определяем теплопередающую поверхность по формуле (1.25) [4]:

м2,                             (1.25)



где Вт/( м2·К) – ориентировочное значение коэффициента теплопередачи [1, табл. 4.8];



.



2)         Рассчитываем скорость холодного теплоносителя, обеспечивающую турбулентное течение в трубах (), по формуле (1.26) [1]:



м/с,                               (1.26)



где м – внутренний диаметр труб;



 Па·с;



 кг/м3.



3)         Рассчитываем ориентировочное число труб на один ход трубного пространства для обеспечения турбулизации потока холодного теплоносителя по формуле (1.27) [1]:

,                              (1.27)



где кг/с.



4)         По табл. 4.12 [1] выбираем теплообменник со следующими характеристиками конструкции, удовлетворяющими условиям и (табл. 1.3):



Таблица 1.3 - Характеристики теплообменника по ГОСТ 15118-79[1]

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Внутренний  диаметр кожуха , мм | Число  труб на один ход, | Длина  труб , м | Пов-сть  теплообмена , м2 |  | ,  мм | Трубы  ,  мм | Число  ходов, |  |
|  |
| 600 | 120 | 4,0 | 75 | 16 | 300 | 25x2 | 2 |  |

1.5 УТОЧНЁННЫЙ РАСЧЁТ ТЕПЛОПЕРЕДАЮЩЕЙ ПОВЕРХНОСТИ

1)         Определяем коэффициент теплоотдачи водяного пара по формуле (1.28) [1]:

Вт/(м2·К),            (1.28)



где     - для водяного пара [1];



Вт/(м·К) – коэффициент теплопроводности конденсата пара при  [1, табл. XXXIX];



кг/м3 – плотность конденсата пара при  ;



Па·с – коэффициент динамической вязкости конденсата пара при  [1, табл. XXXIX];



- общее число труб;



кг/с.



2)         Уточняем критерий Рейнольдса для движения холодного теплоносителя по формуле (1.29) [1]:

.                       (1.29)



3)         Определяем критерий Прандтля для холодного теплоносителя при  по формуле (1.30) [1]:



,                            (1.30)



где Дж/(кг∙К);



Па·с;



 Вт/(м·К).



4)         Определяем критерий Прандтля для холодного теплоносителя при  по формуле (1.31) [1]:



,                     (1.31)



где Дж/(кг∙К);



Па·с;



 Вт/(м·К).



6)         Определяем критерий Нуссельта для холодного теплоносителя при турбулентном течении жидкости по формуле (1.32) [2]:

,     (1.32)



где [1, табл. 4.3].



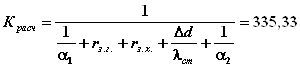
7)         Определяем коэффициент теплоотдачи холодного теплоносителя по формуле (1.33) [1]:

Вт/(м2·К).                            (1.33)



8)         Определяем расчётный коэффициент теплопередачи по формуле (1.34) [1]:

 Вт/(м2∙К),                 (1.34)



где (м2∙К) / Вт– сопротивление загрязнений стенки со стороны горячего теплоносителя [1, табл. XXXI];



 (м2∙К) / Вт – сопротивление загрязнений стенки со стороны холодного теплоносителя [1, табл. XXXI];



Вт/(м2∙К) – коэффициент теплопроводности стенки трубы [1, табл. XXVIII].



9)         Уточняем площадь теплопередающей поверхности по формуле (1.35) [1]:

м2.                                  (1.35)



10) Определяем погрешность расчёта по формуле (1.36) [2]:

.                              (1.36)



Т. к. , то считаем теплообменник подобранным.



1.6 РАСЧЁТ ТЕПЛОВОЙ ИЗОЛЯЦИИ

1)         Принимаем - температура стенки кожуха;



- температура поверхности слоя изоляции;



.



2)         Рассчитываем коэффициент теплоотдачи в окружающую среду по приближённому уравнению (1.36) [2]:

Вт/(м2∙К),                      (1.36)



где .



3)         Рассчитываем толщину слоя тепловой изоляции по формуле (1.37) [2]:

ммм,                    (1.37)



где Вт/(м2∙К) – коэффициент теплопроводности войлока шерстяного [1, табл. XXVIII].



2. ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЁТ

Гидравлический расчёт данного кожухотрубчатого теплообменника заключается в определении затрат энергии на перемещение холодного теплоносителя по трубам и подборе центробежного насоса.

1)         Рассчитываем объёмный расход (подачу) холодного теплоносителя по формуле (2.1) [5]:

м3/с,                                  (2.1)



где кг/с;



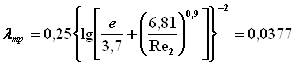
 кг/м3.



2)         Т. к. , то коэффициент трения рассчитаем по обобщённому уравнению (2.2) [5]:



,               (2.2)



где - относительная шероховатость стенок труб, причём мм - абсолютная шероховатость стенок труб [5];



.



3)         Определяем скоростное сопротивление трубного пространства движению холодного теплоносителя по формуле (2.3) [1]:

Па,                                (2.3)



где м/с – скорость движения холодного теплоносителя в трубном пространстве (формула (1.26)).



4)         Определяем скоростное сопротивление в штуцерах теплообменника по формуле (2.4) [1]:

Па,                                    (2.4)



где м/с – скорость движения холодного теплоносителя в штуцерах [1];



м – диаметр условного прохода штуцеров к трубному пространству [6, табл. II.8.];



 кг/м3.



5)         Определяем потери давления на трения в трубах по формуле (2.5):

Па,                            (2.5)



где м; м (рис. I);



 Вт/(м·К);



;



м.



6)         Определяем потери давления на преодоление местных сопротивлений по формуле (2.6) (рис. I):

Па,            (2.6)



где - коэффициент сопротивления входной и выходной камер [1];



- коэффициент сопротивления входа и выхода из труб [1];



- коэффициент сопротивления поворота на 180° [1];



- коэффициент сопротивления колена 90° [1, табл. XIII].



7)         Определяем потери давления на поднятие столба жидкости на высоту 10 м по формуле (2.7) [1]:

кожухотрубный теплообменник смесь гидравлический

Па.                           (2.7)



8)         Определяем общее гидравлическое сопротивление трубного пространства по формуле (2.8) [1]:

Па.                           (2.8)



По табл. I.2 [6] выбираем центробежный насос со следующими характеристиками (табл. 2.1):

Таблица 2.1 - Технические характеристики центробежного насоса[6]

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Марка | ,м3/с | H, м столба  жидкости | , 1/с |  | Электродвигатель | | |
| тип | , кВт |  |
| X45/21 | 1,25∙10-2 | 17,3 | 48,3 | 0,60 | АО2-51-2 | 10 | 0,88 |

9)         Рассчитываем потребляемую мощность электродвигателем насоса по формуле (2.9) [5]:

кВт,                         (2.9)



где - к.п.д. передачи, т.к. вал двигателя непосредственно соединяется с рабочим колесом насоса.



Что удовлетворяет условию и .



3. КОНСТРУКТИВНО-МЕХАНИЧЕСКИЙ РАСЧЁТ 3.1 РАСЧЁТ ТОЛЩИНЫ ОБЕЧАЙКИ

Выбираем цилиндрическую обечайку, изготовленную из стали **Ст3**.

Рассчитаем толщину обечайки по формуле (3.1):

м,                      (3.1)



где м – внутренний диаметр обечайки;



МПа – внутренне избыточное давление;



МН/м2 – допускаемое напряжение на растяжение для стали **Ст3** [6, рис. IV.1];



 - коэффициент, учитывающий ослабление обечайки из-за сварного шва;



м – запас на коррозию;



м.



3.2 РАСЧЁТ И ПОДБОР ШТУЦЕРОВ

1)         Определяем диаметр условного прохода (внутренний диаметр) штуцеров для подвода горячего теплоносителя (пара) по формуле (3.2) [5]:

 м,                          (3.2)



где м/с [5];



кг/с;



кг/м3.



По [7] округляем до ближайшего большего стандартного значения, т.е.  мм.



По табл. 27.1 [7] выбираем штуцер 25 – 200 – А МН 4579-63, а к нему по табл. 27.2 выбираем фланец типа I мм ГОСТ 1235-67.



2)         Определяем диаметр условного прохода (внутренний диаметр) штуцеров для отвода конденсата пара по формуле (3.3) [5]:

 м,                           (3.3)



где м/с [5];



кг/с;



кг/м3.



По [7] округляем до ближайшего большего стандартного значения, т.е.  мм.



По табл. 27.1 [7] выбираем штуцер 25 – 100 – А МН 4579-63, а к нему по табл. 27.2 выбираем фланец типа I мм ГОСТ 1235-67.



3)         Определяем диаметр условного прохода (внутренний диаметр) штуцеров для подвода и отвода холодного теплоносителя по формуле (3.4) [5]:

м,                          (3.4)



где м/с [5];



кг/с;



 кг/м3.



По [7] округляем до ближайшего большего стандартного значения, т.е.  мм.



По табл. 27.1 [7] выбираем штуцер 1,6 – 150 – А МН 4579-63, а к нему по табл. 27.2 выбираем фланец типа I мм ГОСТ 1235-67.



3.3 РАСЧЁТ ТОЛЩИНЫ ТРУБНОЙ РЕШЁТКИ

В среднем толщина трубной решётки составляет от 15 до 35 мм.

Толщину трубной решётки рассчитываем ориентировочно по формуле (3.5) [5]:

м,                            (3.5)



где м.



Принимаем по [7] мм.



Причём, шаг между трубами рассчитываем по формуле (3.6) [6]:

м.                          (3.6)



Трубы в трубной решётке размещают по вершинам равносторонних треугольников, закрепляя их развальцовкой.

При этом число труб на диаметре решётки определим по общему числу труб:

,



где .



3.4 РАСЧЁТ ОПОР АППАРАТА

1)         Определяем объём трубного пространства по формуле (3.7):

м3,                                   (3.7)



где м;



;



.



2)         Определяем объём межтрубного пространства по формуле (3.8):

м3.                 (3.8)



3)         Определяем массу холодного теплоносителя по формуле (3.9):

кг,                    (3.9)



где  кг/м3.



4)         Определяем массу корпуса аппарата по формуле (3.10):

кг,                         (3.10)



где кг/м3;



м.



5)         Определяем массу труб по формуле (3.11):

кг.                         (3.11)



6)         Масса всех штуцеров, крышек, фланцев и трубной решётки составляет [7] кг.



7)         Рассчитываем вес всего аппарата по формуле (3.12):

Н.                (3.12)



8)         Т. к. всего у нас четыре опоры, то вес, приходящий на одну опору определим по формуле (3.13):

Н.                                             (3.13)



По табл. 29.2 [7] подбираем стандартные стальные опоры к корпусу аппарата (OB – II – Б – 400 – 6 OH).

3.5 РАСЧЁТ И ПОДБОР ДНИЩА И КРЫШКИ АППАРАТА

Для данного аппарата подбираем по табл. 16.1 [7] два стандартных эллиптических отбортованных стальных днища типа: днище  ГОСТ 6533 – 68. Причём толщину днищ выбираем в соответствии с толщиной обечайки.



Для днищ по табл. 21.9. [7] подбираем цельные фланцы типа I  мм ГОСТ 1235-67.



ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По данному курсовому проекту были произведены тепловой, гидравлический и конструктивно-механический расчёты теплообменного аппарата (подогревателя), необходимого для нагревания смеси ацетон-вода до температуры кипения насыщенным водяным паром.

Вследствие чего по стандартным каталогам (ГОСТ 15118-79, ГОСТ 15120-79 и ГОСТ 15122-79) был выбран кожухотрубчатый вертикальный теплообменник с неподвижными трубными решётками со следующими основными характеристиками [1]:

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Внутренний  диаметр кожуха , мм | Число  труб на один ход, | Длина  труб , м | Пов-сть  теплообмена , м2 |  | ,  мм | Трубы  ,  мм | Число  ходов, |  |
|  |
| 600 | 120 | 4,0 | 75 | 16 | 300 | 25x2 | 2 |  |

Рассчитана тепловая изоляция для него: мм – материал: шерстяной войлок.



Для подачи холодного теплоносителя (смесь: ацетон-вода) в аппарат подобран центробежный насос марки **Х45/21**.

Также подобраны диаметры штуцеров для данного теплообменного аппарата:

·      для ввода насыщенного водяного пара – 0,2 м;

·      для отвода конденсата – 0,1 м;

·      для ввода и отвода смеси ацетон-вода – 0,15 м.

В данном теплообменнике трубы, изготовленные из стали Ст3, расположены по вершинам равносторонних треугольников и закреплены в трубной решётке развальцовкой.

В месте подачи насыщенного водяного пара и отвода конденсата прикреплены два отбойника для предотвращения эрозии и износа труб.

Теплообменник установлен на четыре опоры типа OB – II – Б – 400 – 6 OH.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1.           Павлов К.Ф., Романков П.Г., Носков А.А. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии. Учебное пособие для вузов/Под ред. чл.-корр. АН СССР П.Г. Романкова. – 10-е изд., перераб. и доп. – Л.: Химия, 1987. – 576 с., ил.

2.           Методические указания к курсовому проектированию для студентов химико-технологического и заочного энерго-механического факультетов в 2-х частях. – Ч. I. Тепловой расчёт/Гусев В.П., Гусева Ж.А. – Томск: ТПУ, 1996. – 42 с.

3.           Кожухотрубный теплообменник. Методические указания к выполнению лабораторных работ для студентов всех специальностей химико-технологического факультета/А.Г. Пьянков, В.В. Тихонов. – Томск: ТПУ, 2005. – 24 с.

4.           Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. Учебник для химико-технологических вузов. – 8-е изд. перераб. – М.: Химия, 1971. – 784 с., ил.

5.           Методические указания к курсовому проектированию для студентов химико-технологического и заочного энерго-механического факультетов в 2-х частях. – Ч. II. Гидравлический и конструктивно-механический расчёты/Гусев В.П., Гусева Ж.А. – Томск: ТПУ, 1996. – 32 с.

6.           Основные процессы и аппараты химической технологии: Пособие по проектированию/Под ред. Ю.И. Дытнерского. – М.: Химия, 1983. – 272 с., ил.

7.           Лащинский А.А., Толчинский А.Р. Основы конструирования и расчёта химической аппаратуры. Справочник/Под ред. инж. Н.Н. Логинова. – 2-е изд. перераб. и доп. – Л.: Машиностроение, 1970. – 752 с., ил.