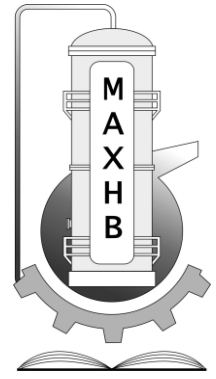


МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»



МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

ДО ВИКОНАННЯ РОЗРАХУНКОВОЇ РОБОТИ

для студентів напряму підготовки
6.050503 Машинобудування

Спеціальності 6.050503 “ Обладнання хімічних виробництв і підприємств
будівельних матеріалів ”

з ДИСЦИПЛІНИ

**“ Розрахунок і конструювання типового обладнання-2. Розрахунок і
конструювання товстостінних посудин, теплообмінних та колонних
апаратів”**

Київ-2017

Методичні вказівки до виконання розрахункової роботи для студентів напряму підготовки 6.050503 Машинобудування ” з дисципліни “ Розрахунок і конструювання типового обладнання-2. Розрахунок і конструювання товстостінних посудин, теплообмінних та колонних апаратів” : [Електронний ресурс]: / НТУУ „КПІ”; уклад. О.Г.Зубрій,.– Київ: НТУУ „КПІ”, 2017. – 36 с.

*Гриф надано Вченою радою
інженерно-хімічного факультету НТУУ „КПІ”
(Протокол № 8 від 23 жовтня 2017 р)*

Для студентів інженерно-хімічного факультету.

Відповідальний редактор Корнієнко Ярослав Микитович професор д.т.н,

Рецензенти:

Коваленко Ігор Валентинович, доцент, к.т.н.

Навчальне видання

Зубрій Олег Григорович

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

ДО ВИКОНАННЯ РОЗРАХУНКОВОЇ РОБОТИ

для студентів напряму підготовки

6.050503 Машинобудування

З дисципліни «Розрахунок і конструювання типового обладнання-2. Розрахунок і конструювання товстостінних посудин, теплообмінних та колонних апаратів»
»

Зміст

Вступ	4
1 Мета та завдання розрахункової роботи	4
2 Завдання на розрахункової роботу	5
3 Склад, обсяг і структура розрахункової роботи	5
4 Вказівки до виконання розділів розрахункової роботи	5
4.1 Структура роботи	9
4.2 Вимоги до форматування	10
4.3 Виклад тексту розрахункової роботи	11
4.4 Оформлення розрахунків	11
4.5 Оформлення додатків	14
5 Рекомендації до виконання графічної частини роботи	14
6 Вказівки щодо порядку захисту роботи	15
7 Список рекомендованої літератури	15
Додаток А	17
Приклад виконання розрахункової роботи	

Вступ

Шлях до впровадження у виробництво наукових розробок лежить через розрахунки та створення конструкторської документації. Розробка такої документації це творчий процес, який потребує від проектувальника не тільки глибоких знань дисциплін, що викладаються у ВУЗі, але й уміння використовувати їх при проектуванні та в умовах виробництва. Від якості конструкторської документації, як правило, залежить кінцевий результат наукової розробки, доля нових машин і апаратів.

Методичні вказівки складено у відповідності до ГОСТ 2.105-95.

1 Мета та завдання розрахункової роботи

Метою розрахунковографічної роботи є набуття практичних умінь при виконанні студентами технічної документації з дисципліни «Розрахунок і конструювання типового обладнання-2. розрахунок і конструювання товстостінних посудин, теплообмінних та колонних».

Завданнями розрахункової роботи є:

- привести класифікацію та опис відповідного завданню обладнання;
- обґрунтувати вибір типу апарата (машини) для забезпечення процесу;
- провести порівняння апарата (машини) з аналогами;
- обґрунтувати вибір матеріалів для виготовлення апарата (машини);
- почснити матеріальний та тепловий баланси апарата (машини);
- визначити основні геометричні розміри апарата (машини);
- виконати розрахунки вузлів та деталей на міцність, стійкість жорсткість, герметичність.
- виконати складальне креслення апарата (машини), формат креслення А2 (або А1) ;
- презентувати виконану роботу.

2 Завдання на розрахункову роботу

Завдання видається кожному студенту особисто протягом перших двох тижнів навчання. Перелік завдань розрахункових робіт наведено в робочій навчальній програмі дисципліни.

Текст завдання підписується студентом, який буде виконувати розрахункову роботу та керівником.

Зразок завдання розміщено у Додатку А.

3 Склад, обсяг і структура розрахункової роботи

Розрахункова робота складається з розділів, перелік яких визначається керівником у завданні для виконання розрахункової роботи (Додаток А). Орієнтовний обсяг пояснювальної записки 15...25 аркушів формату А4.

4 Вказівки до виконання розділів розрахункової роботи

При виконанні розділів, необхідно звернути увагу на:

Розділ «**Вступ**».

У вступі коротко надається інформація про актуальність обладнання, що буде розраховуватись. Далі у відповідності до змісту роботи ставляться мета та задачі розробки.

Приблизний обсяг розділу – 1 аркуш.

Розділ «**1. Класифікація та опис відповідного технолонічного обладнання**»

У розділі наводиться класифікація та опис конструкцій відповідного технологічного обладнання.

Приблизний обсяг розділу – 5...6 аркушів.

Розділ 2 Вибір типу апарата та обґрунтування його конструкції

У розділі наводиться призначення апарата та вибирається його тип, що забезпечує виконання технологічного процесу, а також наводиться опис основних елементів складових частин апарата і надається його схема .

Приблизний обсяг розділу – 1...2 аркуші.

Розділ 3 Характеристика середовищ і вибір матеріалів апарата

Наводиться характеристика середовищ, а також вибираються матеріали для основних деталей апарата з урахуванням агресивності середовищ та виконання умов міцності. Вказуються джерела та їх бібліографічні данні.

Приблизний обсяг розділу – 1...2 аркуші.

Розділ 4 Технічна характеристика

Подаються основні технічні характеристики апарата, що розраховується.

Приблизний обсяг розділу – 0,5 аркушу.

Розділ 5 Розрахунки, що підтверджують працездатність конструкції апарата (машини)

Підрозділ «5.1 Параметричний розрахунок апарата (машини)»

Пояснюється виконання параметричний розрахунку та даються його основні параметри та геометричні розміри виробу.

Приблизний обсяг розділу – 3...4 аркушів.

Підрозділ «5.2 Конструктивні розрахунки, розрахунки міцності, стійкості, жорсткості деталей та вузлів.

Виконуються конструктивні розрахунки, наприклад трубної решітки теплообмінника.

Визначаються розрахункові навантаження: тиск, осьова сила вигинаючий момент, поперечна сила, навантаження на краю обичайок.

Проводяться розрахунки на міцність стінки циліндричної обичайки, днищ; розрахунки температурних видовжень та температурних напружень, виконується перевірка міцності та стійкості деталей з урахуванням температурних напружень

Проводиться розрахунок укріплення отворів, Розрахунок фланцевого з'єднання у відповідності із завданням.ї

Вибираються опори та перевіряються обичайки та днища на дію опорних навантажень.

Проводиться перевірка міцності та стійкості деталей навантажених осьовою силою, вигинаючим моментом, поперечною силою.

Приблизний обсяг розділу – 10...12 аркушів.

Розділ «Висновки»

У висновку перераховуються всі роботи, що були виконані у відповідності до змісту роботи, та приводиться технічна характеристика апарата, який розраховували.

Приблизний обсяг розділу – 1 аркуш.

Розділ «Перелік посилань»

Посилання на використані джерела приводяться в тій послідовності в якій вони згадуються в тексті.

5 Рекомендації до виконання пояснювальної записки

5.1 Структура пояснювальної записки

Пояснювальна записка розрахункової роботи розпочинається титульним листом з надписом „Розрахункова робота”, наступним аркушем є „Завдання на проектування”. Далі „Зміст і розділи записки відповідно до завдання”.

До додатків вносять алгоритмічні схеми (блок-схеми), таблиці ідентифікаторів, програми, довідкові матеріали і тому подібне.

5.2 Вимоги до форматування пояснювальних записок

Текст розрахункової роботи розділяють на розділи і підрозділи, відповідно до змісту.

Розділи повинні мати порядкові номери в межах усього документа (частини), позначені арабськими цифрами з крапкою. Підрозділи повинні мати нумерацію в межах кожного розділу. Номери підрозділів складаються з номерів розділів або підрозділу, розділених крапкою. Наприкінці номера розділу або підрозділу крапка не ставиться. Розділи, як і підрозділи, можуть складатися з декількох пунктів.

Найменування розділів повинні бути короткими. Найменування розділів і підрозділів записують у вигляді заголовків з абзацу прописними літерами (окрім першої великої літери) напівжирним форматом літер. Використання курсивного форматування, підкреслення та переноси слів у заголовках не допускаються. Крапку наприкінці заголовка не ставлять. Якщо заголовок складається з двох речень, їх розділяють крапкою. Розташовувати назву розділу, підрозділу та тексту на різних сторінках забороняється.

Відстань між заголовком розділу або підрозділу і текстом повинна бути у 3 інтервали. Відстань між заголовками розділу і підрозділу – 1,5 інтервали. Кожен розділ пояснювальної записки починають з нового листа (сторінки). Відстань між попереднім підрозділом та наступним заголовком підрозділу повинна бути 3 інтервали.

Нумерація сторінок повинна бути наскрізна для всієї записки, включаючи додатки.

5.3 Оформлення розрахунків

Необхідні розрахунки апаратів визначаються і уточнюються керівником. **Всі величини подаються в системі СІ.** В пояснювальній записці записуються відповідні формули (залежності) в символічному вигляді, далі ті ж формули з підстановкою величин та дається результат обчислень.

В кожному підрозділі розрахунок складається за такою схемою

1. Мета розрахунку з вказівкою, що потрібно визначити.
2. Ескіз виробу (у довільному масштабі)
3. Вхідні данні.
4. Прийнята розрахункова модель, яка пояснюється схемою (ескізом)
5. Умови розрахунків.
6. Розрахунки.
7. Висновки, відповідно до мети.

При наведенні алгоритмів та комп'ютерних програм матеріал викладається у такій послідовності :

1. Опис математичної моделі та алгоритм розрахунку.
2. Алгоритмічна-схема та її опис.
3. Данні для розрахунку.
4. Програма.
5. Результати розрахунку на ЕОМ.
6. Висновки за результатами розрахунку на ЕОМ.

Алгоритмічна-схема, її опис та програма виносяться у додаток.

5.4 Оформлення додатків

При наявності в пояснювальній записці додатків їх виконують на аркушах формату А4. Додаток нумерують українськими літерами на першому аркуші додатку, за винятком літер Є, З, І, Ї, Й, О, Ч, Ь. Кожний додаток розпочинається з нової сторінки посередині тексту словом додаток з вказівкою номера додатку. В наступній строчці розташовується заголовок додатку.

Текст кожного додатку при необхідності розділяють на розділи, підрозділи, які нумеруються окремо по кожному додатку. Додаток може мати свій зміст та перелік посилань. Ілюстрації і таблиці в додатках нумерують у межах кожного додатка.

6 Рекомендації щодо порядку захисту розрахункової роботи

Зброшурована розрахункова робота захищається після перевірки керівником.

7 Список рекомендованої літератури

1. Павлов К.Ф., Романков П.Г., Носков В.Н. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии. – Л.: Химия, 1987. – 576 с.
2. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. – М.: Химия, 1973. – 752 с.
3. Основные процессы и аппараты химической технологии: Пособие по проектированию / Под ред. Ю.И. Дытнерского. – М.: Химия, 1982. – 772 с.
4. Иоффе И.Л. Проектирование процессов и аппаратов химической технологии. – Л.: Химия, 1991. – 352 с.
5. Кузнецов А.А., Кагерманов С.М., Судаков Е.М. “Расчеты процессов и аппаратов нефтеперерабатывающей промышленности”. Изд. 2-е , пер. и доп. Л., ”Химия”, 1974 г., 374 с.
6. Лацинский А. А., Толчинский А. Р. Основы конструирования и расчета химической аппаратуры - Л.: Машиностроение, 1970. – 752 с.

7. Оформление графической документации. Методические указания к выполнению курсовых и дипломных проектов / Сост. В.Н. Марчевский. – 1989.

8. Вимоги до оформлення текстової документації. Методичні вказівки до виконання курсових, бакалаврських і дипломних проектів. Укл. Степанюк А.Р., Швед М.П.

Рекомендації до виконання графічної частини роботи

Під час виконання розрахункової роботи необхідно виконати одне креслення формату А1, або А2 – складальне креслення апарата (машини) та специфікацію до нього.

Графічна частина виконується згідно вказівок:

- вимоги ЄКСД.
- Оформление графической документации. методические указания к выполнению курсовых и дипломных проектов / сост. В.Н. Марчевский. – К.: КПИ, 1998р. – 250 с.

Додаток А

Приклад виконання розрахункої роботи

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ІМЕНІ ІГОРЯ
СІКОРСЬКОГО»
”**

Інженерно-хімічний факультет

Кафедра машин та апаратів хімічних і нафтопереробних виробництв

РОЗРАХУНКОВА РОБОТА

на тему: **Підігрівач гідроксиду натрія**

спеціальність 6.050503 **Машинобудування Обладнання хімічних виробництв і підприємств будівельних матеріалів**

з дисципліни:

«Розрахунок і конструювання типового обладнання-2. Розрахунок і конструювання товстостінних посудин, теплообмінних та колонних апаратів»

Виконав студент групи ЛМ-41 _____ Ю. М. Магдич
(підпис, дата)

Керівник проекту, доц. _____ О.Г.Зубрій
(підпис, дата)

Київ 2017

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
“«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ІМЕНІ ІГОРЯ
СІКОРСЬКОГО»
”

Інженерно-хімічний факультет
Кафедра машин та апаратів хімічних і нафтопереробних виробництв

ЗАВДАННЯ

до розрахункової роботи

студентові групи ЛА-81 Магдич А.А.

1.Тема проекту: Випарник гідроксиду натрія

2.Термін здачі студентом закінченого проекту: 15 грудня 2017р.

3.Вихідні дані до проекту: Розрахувати підігрівач 35% водяного розчину гідроксиду натрія для забезпечення наступних технологічних умов :

- продуктивність по вихідному розчину 1,5 кг/с;
- сировина 15%водяний розчин гідроксиду натрія;
- тиск процесу випарювання 0,1 мпа
- теплоносій насичена водяна пара
- тиск теплоносія 0,24 МПА.

4.Перелік питань, які мають бути розроблені: 1) Вступ, 2) Класифікація та опис відповідного теплотехнічного обладнання, 3) Вибір типу апарата та обгрутування його конструкції, 3) Вибір і характеристика теплоносіїв, 4) Вибір матеріалів апарата, 5) Технічна характеристика, 6) Вимоги до виробу, 7) Розрахунки, що підтверджують працездатність конструкції, 8) Висновки, 9) Перелік посилань.

5.Перелік графічного (ілюстрованого) матеріалу: Складальне креслення апарату формату А1, або А2.

6.Дата видачі завдання: „___” _____ 2017__р.

Завдання прийняв до виконання студ. _____

(підпис, дата)

Керівник розрахункової роботи, доцент Зубрій О.Г. _____

(підпис, дата)

ЗМІСТ

Перелік скорочень, умовних позначень та термінів	
Вступ.....	5
1 Класифікація та опис конструкцій теплообмінних апаратів	
2 Вибір типу та обґрунтування конструкції підігрівача	
3 Вибір і характеристика теплоносіїв	
4 Вибір і характеристика матеріалів апарата	
5 Технічна характеристика випарника	
6. Розрахунок вузлі та деталей апарату на міцність, стійкість та жорсткість	
Висновки.....	26
Перелік посилань	31

ОСНОВНІ УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ

- c – питома масова теплоємність;
- D – діаметр кожуху;
- d – зовнішній діаметр теплообмінних труб, діаметр;
- $d_{\text{э}}$ – еквівалентний діаметр;
- F – поверхня теплопередачі;
- G – масова витрата теплоносія; вага
- g – прискорення вільного падіння;
- K – коефіцієнт теплопередачі, конструктивний коефіцієнт;
- L – довжина теплообмінних труб;
- M – маса, момент;
- F – сила, площа поперечного перерізу;
- Q – поперечна сила;
- $[F]$ – допустима сила;
- $[M]$ – допустимий момент;
- $[P]$ – допустимий тиск
- N – число пластин, потужність;
- n – число труб, число паралельних потоків;

p – тиск;

P_R - розрахунковий тиск

Δp – гідравлічний опір;

Q – теплове навантаження;

q – питома теплове навантаження;

r – питома масова теплота конденсації (випаровування), радіус;

r_s – термічний опір шару забруднення;

S – площа поперечного перерізу потоку;

t – температура;

Δt – різниця температур стінки і теплоносія, різниця температур;

ω – швидкість руху теплоносія;

z – число ходів в кожухотрубних теплообмінниках; число ділянок

α – коефіцієнт тепловіддачі, коефіцієнт термічного розширення

матеріалу;

β – коефіцієнт об'ємного розширення;

$\delta_{ст}$ – товщина стінки теплопередаючої поверхні;

S_R – розрахункова товщина стінки;

S – товщина стінки;

σ – напруження, поверхневий натяг;

$[\sigma]$ – допустиме напруження;

λ – коефіцієнт теплопровідності, коефіцієнт тертя, гнучкість;

μ – динамічна в'язкість, коефіцієнт Пуасона;

ρ – густина;

$Re = \frac{\omega l \rho}{\mu}$ – критерій Рейнольдса;

$Nu = \frac{\alpha l}{\lambda}$ – критерій Нусельта;

$Pr = \frac{c \mu}{\lambda}$ – критерій Прандтля;

Індекси:

1 – теплоносій з більшою середньою температурою (гарячий);

2 – теплоносій з меншою середньою температурою (холодний);

н – початкове значення, зовнішній розмір, насос;

к – кінцеве значення, кожух;

ст – стінка;

т – теплообмінник;

т – трубний простір;

м – міжтрубний простір;

R- розрахункова величина

Вступ

У зв'язку з розвитком промисловості на основі створення високопродуктивних установок зросло значення процесів тепло і масообміну з точки зору раціонального використання теплоенергетичних та сировинних ресурсів. Одним з важливих технічних завдань промисловості є інтенсифікація технологічних процесів та заощадження сировинних ресурсів, особливо палива. Основний шлях для досягнення цього – створення технологій та технологічних процесів, при яких весь потік сировини та всі енергетичні ресурси повністю, чи з максимальною повнотою використовуються у виробництві продукції.

Деякі галузі промисловості характеризуються високими затратами теплоти. Тому потрібно створювати високоекономічні тепловикористовуючі установки.

Процеси теплообміну мають велике значення в хімічній, нафтопереробній, металургійній, харчовій та інших галузях промисловості. Теплообмінна апаратура становить значну частку технологічного обладнання в хімічній та суміжних галузях промисловості. Питома вага на підприємствах хімічної промисловості теплообмінного обладнання складає в середньому 15–18 %, у нафтохімії – 50 %. Суттєва роль теплообмінного обладнання на хімічних підприємствах пояснюється тим, що майже усі основні процеси хімічної технології пов'язані з необхідністю підведення чи відведення теплоти.

У даній роботі виконані розрахунки апарату, які підтверджують його міцність, стійкість, жорсткість та герметичність.

1 Класифікація та опис конструкцій теплообмінних апаратів

Залежно від способу передачі теплоти теплообмінники поділяються на дві основні групи:

- поверхневі теплообмінники, в яких обмін теплотою між теплоносіями відбувається крізь стінку, що їх розділяє;
- теплообмінники змішування, в яких теплота передається внаслідок безпосереднього контакту двох теплоносіїв.

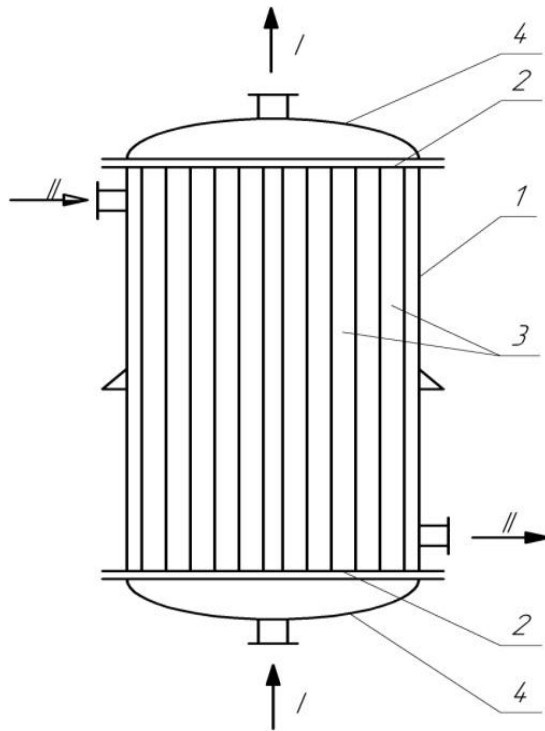
Значно рідше в хімічній промисловості застосовуються регенеративні теплообмінники, в яких нагрівання рідких середовищ відбувається за рахунок їхнього контакту з попередньо нагрітими твердими тілами – насадками, якими заповнений апарат і які періодично нагріваються іншим теплоносієм.

Найбільш поширеними є поверхневі теплообмінники.

Конструкції теплообмінників мають бути простими, зручними для монтажу й ремонту. У ряді випадків конструкція теплообмінника повинна забезпечувати якомога менше забруднення поверхні теплообміну, яка має бути легкодоступною для огляду й очищення.

Поверхневі теплообмінники бувають: кожухотрубні, зрошувальні, змієвикові, спіральні, пластинчаті, блочні та ін..(Рисунки 1.1,...)

Кожухотрубний одноходовий теплообмінник (Рисунок 1.1)



1 – корпус; 2 – трубні решітки; 3 – труби; 4 – кришки.

Рисунок 1.1 – Схема кожухотрубного одноходового теплообмінника

Застосування. Даний апарат раціонально використовувати, коли швидкість процесу визначається величиною коефіцієнта тепловіддачі у міжтрубному просторі, а також у процесі випарювання рідин.

Кожухотрубний теплообмінник складається з корпусу 1 та приварених до нього трубних решіток 2. У трубних решітках закріплені пучок труб 3. До трубних решіток кріпляться (на прокладках та болтах) кришки 4.

У кожухотрубному теплообміннику одна із речовин I рухається в трубах (у трубному просторі), а інша II – у міжтрубному просторі. Речовини зазвичай направляють протитечією одна до одної. Переваги: Висока міцність при дії тиску. Достатньо велика швидкість в трубах при великих об'ємних видатках середовища, що в них рухається. Простота конструкції та експлуатації.

Недоліки: чутливість до різниці температур кожуха та труб.

Далі приводяться ескізи та пояснюються переваги та недоліки інших конструкцій

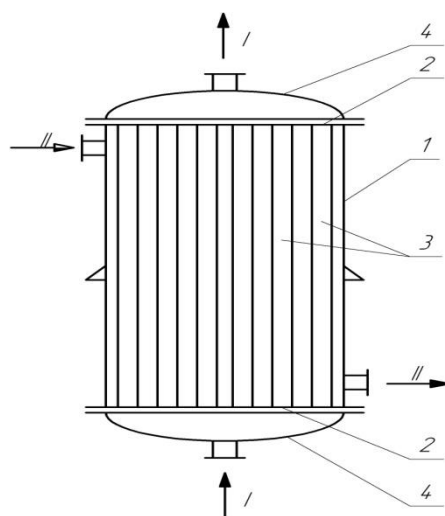
2 Вибір типу апарата та обґрунтування його конструкції

Обґрунтовується вибір конструкції виробу.

Обраний кожухотрубний теплообмінник відповідає технологічним умовам і більшості вимог, які ставляться перед теплообмінниками:

- він є поверхневим, тобто не допускається змішування теплоносіїв;
- має досить великий коефіцієнт теплопередачі, що дозволяє зменшити габаритні розміри апарата;
- проста конструкцію та простий у виготовленні;
- легкість очистки трубного простору;
- невелика металоємність;
- мала собівартість виготовлення;
- простота експлуатації.

В кожухотрубному теплообміннику один з теплоносіїв I рухається всередині труб (в трубному просторі), а інший II – в міжтрубному просторі. Теплоносії спрямовують протилежно один одному. Теплоносій, який необхідно підігрівати, спрямовують знизу вгору, а теплоносій, який необхідно охолодити, в протилежному напрямі. Теплообмінник складається із корпуса 1 і приварених до нього трубних решіток 2. В трубних решітках закріплений пучок труб 3. До трубних решіток кріпляться камери 4 (Рисунок 2.1).



1 – корпус; 2 – трубні решітки; 3 – труби; 4 – камери.

Рисунок 2.1 – Одноходовий кожухотрубний теплообмінник.

Кожухотрубчаті одноходові теплообмінники застосовують, коли різниця температур між трубами і кожухом менше 50°C . При більшій різниці температур труби і кожух теплообмінника виникають надмірні напруження в деталях.

Розділ 3 Характеристика середовищ і вибір матеріалів апарата

3.1 Характеристика теплоносіїв

Гідроксид натрію (каустична сода, каустик, їдкий натрій) – агресивна рідина без запаху і кольору, відносна густина 1500-1530 кг/м³, виключно добре розчиняється в воді, має в'язкість біля 50 мПа·с, широко використовується при виробництві паперу, штучних волокон, миючих засобів, технічних мастил, як реагент чи каталізатор в хімічних реакціях, і в якості харчової добавки Е 524.

Температура кипіння водяних розчинів залежить від концентрації лугу і значно вища від температури кипіння води.

В якості гріючого агенту доцільно використовувати водяну пару, яка є неагресивною, доступною, нетоксичною та має відносно високі термодинамічні характеристики

3.2. Вибір матеріалів теплообмінника.

Для обичайок, днищ, фланців, трубних решіток, болтів, трубних пучків, патрубків штуцерів та інших деталей зварної хімічної апаратури відповідального призначення, яка працює з середовищами середньої та підвищеної агресивності, найчастіше використовують сталь 12Х18Н10Т ГОСТ 5632-72. Допустима робоча температура стінки для такої сталі: від мінус 254 до плюс 600 °С, а її теплопровідність складає 17,5 Вт/м К. Для опорних лап і підкладних листів можна використати сталь Ст. 3пс ГОСТ 380-94 (сталь вуглецева звичайної якості). Допустимий тиск для такої сталі не більше 5 МПа, допустима робоча температура від мінус 40 до плюс 425 °С.

Величини необхідні для розрахунків міцності, стійкості даються ГОСТ 14249

Для шпильок та болтів можна використати Сталь 35 ГОСТ 1050-88, а для ущільнювальних прокладок – пароніт загального призначення ГОСТ 481-80.

4 Технічна характеристика

Апарат призначено для підігрівання гідроксиду натрія водяною парою

1.Продуктивність по 35% водяному розчину лугу, кг/с	-	3,611
2.Температура, °С:		
а) розчину лугу на вході в апарат	-	15
б) розчину лугу на виході з апарата	-	температура кипіння розчину
3.Середовище в апараті:		
а) у трубному просторі	-	35% розчин лугу (вибухобезпечний, агресивний);
Тиск:, мПа		
у трубному просторі		0,2
у між трубному		0,5
б) у міжтрубному просторі		– водяна пара (не токсична, неагресивна)
4.Абсолютний тиск, МПа:		
а) у трубному просторі		0,3
б) у міжтрубному просторі		0,3
Поверхня теплообміну,м ²		185
Об'єм трубного простору, м ³		0,855
Об'єм міжтрубного простору, м ³		1,366

5 Розрахунки, що підтверджують працездатність конструкції апарата (машини)

5.1 Розрахунок товщини стінки обичайки та днища колони

Метою розрахунку є визначення товщини стінки сталеві обичайки корпусу ректифікаційної колони, яка б витримувала навантаження від внутрішнього тиску в апараті.

Розрахункові схеми зображено на рисунках 5.1 і 5.2.

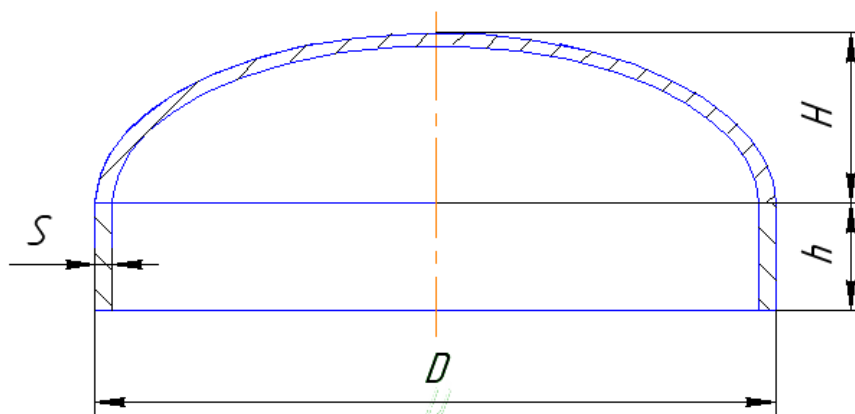


Рисунок 5.1 – Схема днища, навантаженого внутрішнім тиском

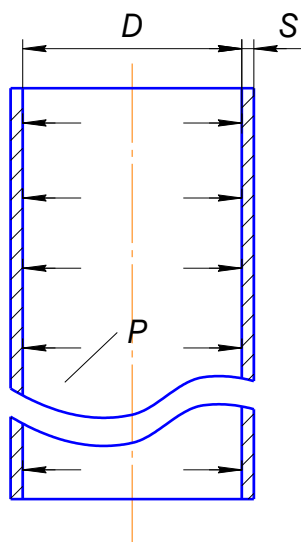


Рисунок 5.2 – Схема обичайки, навантаженої внутрішнім тиском

Вихідні дані до розрахунку:

Розрахункова температура t_R , °C 102;

Внутрішній(абсолютний) тиск P , МПа 0,4;

Матеріал стінки X18H10T;

Допустиме напруження матеріалу стінки при температурі

102°C: σ , МПа 130;

Внутрішній діаметр сталевий циліндричної обичайки D, м 0,5.

Розрахунок здійснюється за методикою[2].

Розраховуємо робочий тиск:

$$p_{роб} = p_{надл} = p - p_{атм} = 4 - 1 = 3 \text{ ат} = 0,3 \text{ МПа} .$$

Визначення гідростатичного тиску:

$$p_2 = \rho g H = 923 \cdot 9,8 \cdot 10 = 0,091 \text{ МПа} ,$$

де ρ - густина рідини в колоні, $\rho = \frac{\rho_x^b + \rho_x^H}{2} = \frac{886 + 960}{2} = 923 \text{ кг/м}^3$.

Через те, що гідростатичний тиск:

$p_2 = 0,091 \text{ МПа} > 0,05 p_{роб} = 0,015 \text{ МПа}$, тоді розрахунковий тиск:

$$p_R = p_{роб} + p_2 = 0,3 + 0,091 = 0,391 \text{ МПа} .$$

Визначаємо допустимі напруження матеріалу стінки:

1. при розрахунковій температурі:

$$\sigma = \sigma^* \eta, \quad (4.49)$$

де σ^* - нормативне допустиме напруження при розрахунковій температурі (ГОСТ 14249-89);

η - поправочний коефіцієнт(залежить від того чи апарат зварний, чи ні), $\eta=1$;

2. при температурі 20°C за 5 :

$$\sigma_{20} = \sigma_{20}^* , \quad (4.50)$$

де σ_{20}^* - нормативне допустиме напруження при температурі 20°C .

Отже $\sigma = 130 \text{ МПа}$, $\sigma_{20} = 140 \text{ МПа}$.

Визначаємо пробний тиск (при випробуванні):

$$p_{пр} = 1,25 p_R \frac{\sigma_{20}}{\sigma} = 1,25 \cdot 0,391 \cdot \frac{140}{130} = 0,526 \text{ МПа}.$$

Через те, що $p_{np} < 1,35 p_R \frac{\sigma_{20}}{\sigma}$, то подальший розрахунок проводимо

тільки на розрахунковий тиск.

Розрахункова товщина стінки обичайки:

$$S_R = \frac{p_R D}{2 \cdot \sigma \varphi - p_R} = \frac{0,391 \cdot 0,5}{2 \cdot 130 \cdot 1 - 0,391} = 0,000753 \text{ м.}$$

де $\varphi = 1,0$ – коефіцієнт міцності зварного шва обичайки(залежить від виду шва: стиковий з двостороннім проваром, який виконується автоматичним зварюванням) за 5.

Розрахункова товщина стінки еліптичного днища:

$$S_R = \frac{p_R R}{2 \sigma \varphi - 0,5 p_R} = \frac{0,391 \cdot 0,5}{2 \cdot 130 \cdot 1 - 0,5 \cdot 0,391} = 0,000752 \text{ м,}$$

де $R = D = 0,5$ м.

Визначення виконавчої товщини обичайки та днища.

Виконавча товщина:

$$S = S_R + c + c_0 = 0,000753 + 0,002 + 0,000247 = 0,003 \text{ м,}$$

де c_0 – додаток до розрахункової товщини, який необхідний для округлення її до найбільшої стандартної товщини листа, м;

c - сума додатків c_1, c_2, c_3 :

c_1 – додаток до розрахункової товщини на компенсацію корозії і ерозії, м;

c_2 – технологічний додаток до розрахункової товщини, який враховує стоншення листа при технологічних операціях(вигин, штампування, витяжка), м;

c_3 – додаток до розрахункової товщини, який враховує від'ємний допуск, м.

Приймаємо за 5, що $c_2 = c_3 = 0$, а $c_1 = 0,002$ м(тому, що значення $V_{кор}$, мм/рік немає для конкретних умов, але відомо, що матеріал буде стійким для даного середовища). Тоді $c = 0,002$ м.

За результатами розрахунку, враховуючи додатки на товщину остаточно приймаємо товщину стінки $S = 4 \text{ мм} = 0,004 \text{ м}$.

Перевірка умови застосування розрахункових формул для обичайки при $D \geq 0,2 \text{ м}$:

$$\frac{S - c}{D} < 0,1: \frac{(4 - 2) \cdot 10^{-3}}{0,5} = 0,004 < 0,1 .$$

Умова виконується.

Перевірка умови застосування розрахункових формул для днища:

$$0,002 \leq \frac{S - c}{D} \leq 0,1: 0,002 < \frac{0,004 - 0,002}{0,5} = 0,004 < 0,1 \text{ м};$$

$$0,2 \leq \frac{H}{D} \leq 0,5: 0,2 < \frac{0,125}{0,5} = 0,25 < 0,5 \text{ м},$$

де H - висота еліптичної частини днища:

$$\frac{R + 0,5}{R + 0,5} \frac{H}{D} \leq 0,5 \text{ м.}$$

Умова виконується.

Допустимий тиск, що може витримати обичайка:

$$\frac{2 \sigma \varphi S - c}{R + 0,5} \leq 0,391 \text{ МПа.}$$

Перевірка: $p = 1,03 \text{ МПа} > p_R = 0,391 \text{ МПа} .$

Умова міцності виконується.

Достимий тиск, що може витримати днище:

$$p = \frac{2 \sigma \varphi S - c}{R + 0,5} = \frac{2 \cdot 130 \cdot 1 \cdot 0,004 - 0,002}{0,5 + 0,5} = 1,04 \text{ МПа.}$$

Перевірка: $p = 1,04 \text{ МПа} > p_R = 0,391 \text{ МПа} .$

Висновок: при товщині стінки $S = 4 \text{ мм} = 0,004 \text{ м}$ забезпечується міцність обичайки і днища апарата.

Приймаємо днище за ГОСТ6533-78 з такими параметрами:

внутрішній діаметр, м	0,5;
товщина стінки, м	0,004;

висота еліптичної частини, м	0,125;
висота циліндричної частини(відбортовки), м	0,025.

6.2 Вибір опори колони

Метою розрахунку є визначення навантаження, що діє на опору колонного апарата, та вибір опори, що витримує це навантаження.

Розрахункова схема представлена на рисунку 4.26.

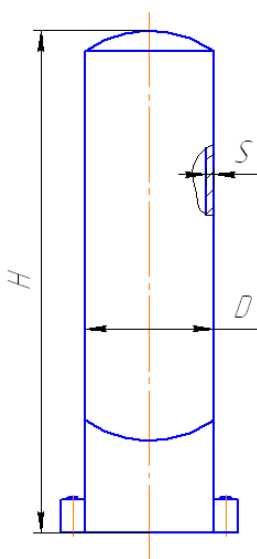


Рисунок 6.21 – схема апарату

Вихідні дані до розрахунку:

Діаметр колони D , м 0,5;

Висота колони H , м 10;

Товщина стінки корпусу S , м 0,004;

Матеріал корпусу сталь 18Н10Т.

Розрахунок ведемо за методикою.

Опора – циліндрична. Розрахунок проводиться для робочих умов.

Визначимо навантаження пустого апарата на опору:

$$Q_{an} = M_{an}g, \quad (4.51)$$

де M_{an} - маса пустого апарата, що дорівнює сумі мас корпуса, днища, кришки, тарілок, фланців та арматури відповідно

$$M_k = H\pi DS\rho = 10 \cdot 3,14 \cdot 0,5 \cdot 0,004 \cdot 7850 = 493 \text{ кг},$$

де ρ - густина матеріалу корпусу, $\rho = 7850 \text{ кг/м}^3$.

$$M_{\text{дн}} = M_{\text{кр}} = FS\rho = 0,31 \cdot 0,004 \cdot 7850 = 9,8 \text{ кг},$$

де F - площа внутрішньої поверхні еліптичного днища (кришки),
 $F = 0,31 \text{ м}^2$.

$$M_m = N_d m_m = 33 \cdot 62 = 2046 \text{ кг}.$$

Масу фланців та арматури приймаємо $M_{\text{фл}} = 25 \text{ кг}$.

Тоді маса порожнього апарату:

$$M_{\text{ан}} = M_k + M_{\text{дн}} + M_{\text{кр}} + M_m + M_{\text{фл}} = 493 + 2 \cdot 9,8 + 2046 + 2 \cdot 25 = 2610 \text{ кг}$$

і навантаження:

$$Q_{\text{ан}} = M_{\text{ан}} g = 2610 \cdot 9,81 = 25578 \text{ Н}.$$

Висновок: згідно ОСТ 26-467-78 вибираємо циліндричну опору 3-500-63-32-1000 (рисунок 4.27).

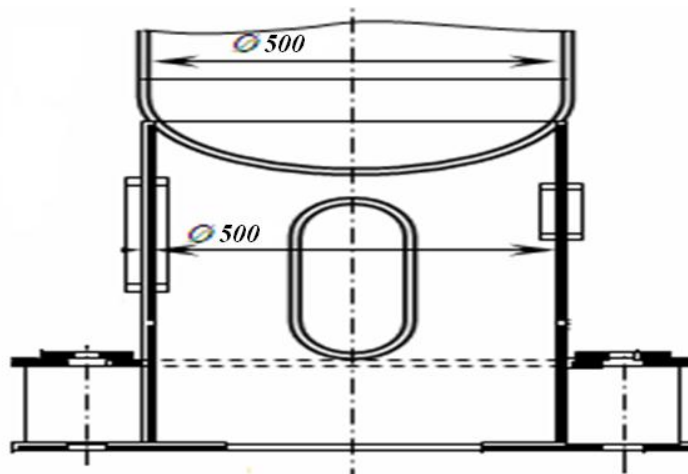


Рисунок 6.22 – Циліндрична опорна обичайка

Приклад розрахунку крайових навантажень

Визначити крайову силу P_0 і момент M_0 в циліндричному корпусі виготовленому з 2 обичайок з товщинами $S_1=10\text{мм}$, $S_2=14\text{мм}$ і довжиною $L=1\text{м}$ кожна, рис.3. Внутрішній діаметр $D=1,2\text{м}$, розрахункове внутрішній тиск $P=1\text{МПа}$, розрахункова температура стінки $t=180^\circ\text{C}$. Матеріал корпуса сталь 20, прибавка до розрахункової товщини $c=2\text{мм}$.

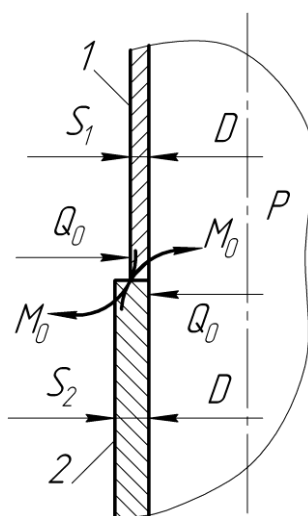


Рисунок 6.3— До визначення крайових навантажень

Розв'язок

Модуль пружності матеріалу $E=1.88 \times 10^5 \text{МПа}$, коефіцієнт Пуансона $\mu=0.3$. З нормальною для розрахунку точністю вважаємо радіуси середньої поверхні обичайок однаковими які дорівнюють: $R=0.5D=0.6\text{м}$.

Коефіцієнти затухання k_1 та k_2 для обичайок по формулі (9):

$$k_1 = \sqrt[4]{\frac{3(1-\mu^2)}{R^2(S-c)^2}} \quad (9)$$

$$k_1 = \sqrt[4]{\frac{3(1-0.3^2)}{0.6^2(10-2)^2 \cdot 10^{-6}}} = 18.55 \frac{1}{\text{М}}$$

$$k_1 = 15.14 \frac{1}{\text{М}}$$

Переміщення країв обичайок визначаємо за [7,9] .

Результати розрахунків – зводимо в таблицю .

Величин и	П е р е м і щ е н н я	
	Обичайки	Обичайки
$\Delta_{P,m}$	$\Delta_{1P} = 2,035 \cdot 10^{-4}$	$\Delta_{2P} = 1.356 \cdot 10^{-4}$
$\Delta_{P_0,m}$	$\Delta_{1P_0} = 8,812 \cdot 10^{-3} P_0$	$\Delta_{2P_0} = 4,835 \cdot 10^{-4} P_0$
$\Delta_{M_0,m}$	$\Delta_{1M_0} = 1,648 \cdot 10^{-1} M_0$	$\Delta_{2M_0} = 7.324 \cdot 10^{-2} M_0$
Θ_{P_0}	$\Theta_{1P_0} = 1,648 \cdot 10^{-1} P_0$	$\Theta_{2P_0} = 7,324 \cdot 10^{-2} M_0$
Θ_{M_0}	$\Theta_{1M_0} = 6,115 M_0$	$\Theta_{2M_0} = 2,219 M_0$

Рівняння крайових сил (1), (2) з урахуванням знаків деформації має вигляд:

$$-\Delta_{1P} + \Delta_{1P_0} + \Delta_{1M_0} = -\Delta_{2P} - \Delta_{2P_0} + \Delta_{2M_0}$$

$$\Theta_{1P_0} + \Theta_{1M_0} = \Theta_{2P_0} - \Theta_{2M_0}$$

$$-2,35 \cdot 10^{-4} + 8,882 \cdot 10^{-8} P_0 + 1,648 \cdot 10^{-1} M_0 = -1,356 \cdot 10^{-4} - 4,835 \cdot 10^{-3} P_0 + 7,324 \cdot 10^{-2} M_0$$

$$1,648 \cdot 10^{-1} P_0 + 6,115 M_0 = 7,324 \cdot 10^{-2} P_0 - 2,219 M_0$$

Розв'язуючи рівняння, отримуємо $P_0 = 5,336 \cdot 10^{-3} \text{ Мі/л}$, $M_0 = -5,862 \cdot 10^{-5} \text{ Мі}$.

Момент M_0 направлений протилежно вказаному на рис.4.

Приклад 2. Визначити крайові навантаження у вузлі з'єднання циліндричної обичайки і плоского днища, рис.5. Внутрішній діаметр обичайки $D = 2 \text{ м}$, довжина $L = 2,5 \text{ м}$, товщина $S_1 = 5 \text{ ì}$, товщина днища $S_R = 25 \text{ ì}$, прибавка до розрахункової товщини $C = 1 \text{ ì}$. Розрахунковий тиск $P = 0,07 \text{ МПа}$, розрахункова температура $t = 100^\circ \text{ C}$. Матеріал обичайки і днища Ст3.

Розв'язок. Модуль пружності матеріалу обичайки і днища $E = 1,91 \cdot 10^5 \text{ МПа}$, коефіцієнт Пуассона $\mu = 0,3$. Коефіцієнт затухання (по формулі 9).

$$k = 20,321 / \lambda . \text{Довжина зони впливу краю } l = 2,44\sqrt{R \left(\frac{1}{\lambda} - c \right)}$$

$$l = 2.44\sqrt{2(0.005 - 0.001)}$$

$$l=0.154\text{м}$$

Ця величина значно менше довжини обичайки, тому верхній край не впливає на розрахунковий вузол.

Переміщення обичайки і днища розраховується по формулі (3) - (7) і (43) - (46)

Результати розрахунків представлені в таблиці

Величини переміщень підставляємо в рівняння крайових сил (1) і (2). Знаки деформацій встановлюємо згідно з правилом знаків, стр.6 і рис.2.

Величини	Переміщення	
	обичайки	днища
Δ_P, m	$\Delta_{1P} = 7,788 \cdot 10^{-5}$	$\Delta_{2P} = 0$
Δ_{P_0}, m	$\Delta_{1P_0} = 5,32 \cdot 10^{-5} P_0$	$\Delta_{2P_0} = 1,527 \cdot 10^{-4} P_0$
Δ_{M_0}, m	$\Delta_{1M_0} = 1,08 M_0$	$\Delta_{2M_0} = 0$
Θ_P	$\Theta_{1P} = 0$	$\Theta_{2P} = 2,784 \cdot 10^{-2}$
Θ_{P_0}	$\Theta_{1P_0} = 1,08 P_0$	$\Theta_{2P_0} = 3,318 \cdot 10^{-2} P_0$
Θ_{M_0}	$\Theta_{1M_0} = 43,95 M_0$	$\Theta_{2M_0} = 3,181 M_0$

Рівняння крайових сил

$$-\Delta_{1P} + \Delta_{1P_0} - \Delta_{1M_0} = -\Delta_{2P_0}$$

$$-7.788 \cdot 10^{-5} + 5.32 \cdot 10^{-2} \cdot P_0 - 1.08 \cdot M_0 = -1.527 \cdot 10^{-4} \cdot P_0$$

$$1.08 P_0 - 43.95 M_0 = -2.784 \cdot 10^{-2} + 3.818 \cdot 10^{-2} \cdot P_0 + 3.181 \cdot M_0$$

Вирішуючи рівняння отримуємо краєві навантаження:

$$P_0 = 0.024 \text{ Мн/м}$$

$$M_0 = 1.0106 \cdot 10^{-3} \text{ Мн.м/м}$$

Ці величини використовуються для визначення напружень у станку

циліндричної обичайки. Розрахункові залежності дані у параграфі 2.

6.5 Розрахунок фланцевого з'єднання

Метою розрахунку - є визначення навантаження на кріпильні деталі, визначення діаметру та товщини фланця, кількості та діаметру болтів.

Розрахункова схема зображена на рисунку 4.4.

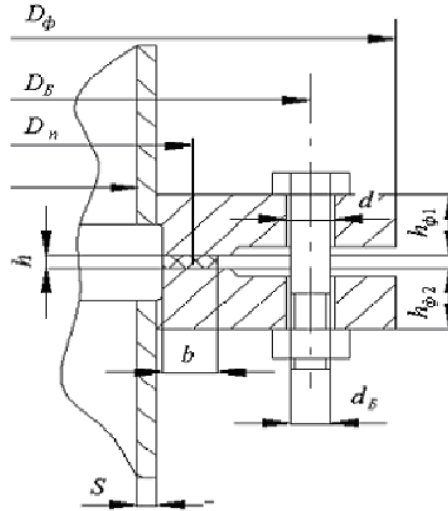


Рисунок 6.51 – Схема фланцевого з'єднання

Вихідні дані:

температура середовища в апараті, К, t 473

.....

внутрішній тиск в апараті, МПа, p 0,25

Розрахунок ведемо по методиці, приведеній в [7,15].

Згідно з таблицею 1 для заданих умов підходить плоский приварний фланець з гладкою ущільнювальною поверхнею за ОСТ 26-426-79.

По таблиці 9 вибираємо болти М20, тобто $d_B = 0,02$ м.

Тоді діаметр болтового кола:

$$D_B \geq D + 2(S_0 + d_B + 0,006) = 0,550 + 2(0,014 + 0,02 + 0,006) = 0,680, \text{ м.}$$

.....

Розраховуємо орієнтовну кількість болтів z:

$$z = \frac{\pi \cdot d_B}{t_B} = \frac{3,14 \cdot 0,680}{0,1} = 21,35, ,$$

де t – рекомендований крок болтів, з таблиці 16 приймаємо

$$t_B = 5 \cdot d_B = 5 \cdot 0,02 = 0,1 \text{ м.}$$

Округляємо в більший бік до 24 болтів.

Висновок: Приймаємо стандартний фланець за ОСТ 26-427-79:

зовнішній діаметр, м 0,740

.....

діаметр болтів, м 0,020.

«Висновки»

У висновку перераховуються всі роботи, що були виконані у відповідності до змісту роботи, та приводиться технічна характеристика апарата, який розраховували

7 Список рекомендованої літератури

1. ДНАОП О: 001.07 – 94 Правила будови та безпечної експлуатації посудин, що працюють під тиском, -К.: Держнаглядохорона праці, 1998 273с.
- 2.. ГОСТ 14249 –89. Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность
3. ГОСТ 24755-81. Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность
Укрепление отверстий.
4. Лацинский А. А., Толчинский А. Р. Основы конструирования и расчета химической аппаратуры - Л.: Машиностроение, 1970. – 752 с.
5. Лацинский А.А. Конструирование сварных химических аппаратов:
Справочник. – Л.: Машиностроение, 1981. – 382 с.
6. . ГОСТ 25215-82. Сосуды и аппараты высокого давления. Обечайки и днища.
Методы расчета на прочность
- 7.. Михалев М.Ф., Третьяков Н.П., Мильченко А.И., Злобин В.В. Расчет и конструирование химических производств. Примеры и задачи: Учебное пособие под ред. Михалева М.Ф. – Л.: Машиностроение, 1984, 301с.
8. Соколов В.И. Основы расчета и конструирования машин и аппаратов пищевых производств: Учебник – М.: Машиностроение. 1983. 447с.
9. Зубрий О.Г. Миргородский В.Т.,. Методические указания по применению вычислительной техники по курсу “РК МАХП” Алгоритмы расчета краевых напряжений в вконструкциях сосудов и аппаратов., Киев: КПИ, 1984. 28с.
10. В.Г. Доброногов, І,О. Микуленок . Конструювання опорних вузлів хімічних апаратів і перевірка несучої спроможності обичайок що до опорних навантажень. К.: ІСДО, 1995.-184 с.
12. Андреєв І.А., Зубрій О.Г., Мікуленок І.О. Застосування матеріалів у хімічному машинобудуванні. Сталі і чавуни,- К.: 1999.-148 с.
13. О. В. Румянцев. Оборудование цехов синтеза высокого давления в азотной промышленности . М.: Химия, 1970. – 356 с.
14. А.С.Тимонин Основы конструирования и расчета химико-технологического и природоохранного оборудования. Справочник. Изд-е 2-е перераб и доп. т1 Калуга 2002с. 844

15. А.С.Тимонин Основы конструирования и расчета химико-технологического и природоохранного оборудования. Справочник. Изд-е 2-е перераб и доп. т2 Калуга 2002с. 1017
18. Павлов К.Ф., Романков П.Г., Носков А.А. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии. - Л.: Химия, 1987, 576 с.
19. Корнієнко Я.М., Лукач Ю.Ю., Мікульонок І.О., та ін. Процеси та обладнання хімічної технології:К:НТТУ"КП", 2011.-300с.
20. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. - М.: Химия, 1973, 750 с.
21. Дытнерский Ю.И. Процессы и аппараты химической технологии: в 2 кн - М.: Химия, 1995
22. Дытнерский Ю.И. Основные процессы и аппараты химической технологии. Пособие по проектированию/Под ред. Ю.И. Дытнерского.- М.: Химия, 1983.-272 с.
23. М.К. Захаров, Г.А. Носков и др. Под ред. В.Г. Айнштейна. М.: Логос; Высшая школа, Общий курс процессов и аппаратов химической технологии: учебник: в 2 кн. / В.Г. Айнштейн, 2003.
- 24.Иоффе И.Л. Проектирование процессов и аппаратов химической технологии. – Л.: Химия, 1991. – 352 с.
25. Оформление графической документации. Методические указания к выполнению курсовых и дипломных проектов / Сост. В.Н. Марчевский. – 1989.
26. Вимоги до оформлення текстової документації. Методичні вказівки до виконання курсових, бакалаврських і дипломних проектів. Укл. Степанюк А.Р., Швед М.П.