

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ ТА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Кафедра "Процеси та обладнання хімічних
і нафтопереробних виробництв"

ЗАТВЕРДЖУЮ
Зав. кафедри

підпис, дата

Кваліфікаційна робота бакалавра
зі спеціальності 133 "Галузеве машинобудування"
освітня програма "Обладнання нафто-та газопереробних
виробництв"

Тема роботи: Установка очищення повітря від парів ацетону.
Розробити насадкову колону.

Виконав:

студент групи ХМ-61

Шаповал Михайло Володимирович

підпис

Залікова книжка

№ 16510027

Кваліфікаційна робота бакалавра
захищена на засіданні ЕК

Керівник:
д.т.н. ,професор

з оцінкою _____

Склабінський Всеволод Іванович

" ____ " _____ 20__ р.

підпис, дата

Підпис голови

(заступника голови) комісії _____

СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ ТА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
Кафедра процесів та обладнання хімічних і нафтопереробних виробництв

Спеціальність 133 "Галузеве машинобудування"
Освітня програма " Обладнання нафто-та газопереробних виробництв "

Курс 4 Група ХМ-61 Семестр 8

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА

Студент Шаповал Михайло Володимирович

1 Тема проекту: Установка очищення повітря від парів ацетону. Розробити насадкову колону.

2 Вихідні дані: Продуктивність апарату- 1 500 м/год. Тиск в колоні - 0,25 МПа; Температура середовища - 25 С; Тип колони - насадкова.

3 Перелік обов'язкового графічного матеріалу (аркуші А1):

1. Технологічна1 арк.
2. Складальне креслення апарату.....1 арк.
3. Кришка апарату1 арк
4. Опора апарату1 арк

4 Рекомендована література: 1. Основні процеси і апарати хімічної технології: Посібник з проектування / За ред. докт. техн. наук проф.Ю.І. Дитнерського.- М .: Хімія, 1983. - 272 с.

2. Касаткін А.Г. Основні процеси та апарати хімічної технології, 8-е вид. перероб. М .: Хімія, 1971. - 784 с.

3. Лашинський А.А., Толчинский А.Р. Основи конструювання і розрахунку хімічної апаратури / Під ред. інж. Н.Н.Логінова. 2-е вид. перероб. і доповн. Л .: Машинобудування, 1970. - 752 с.

5 Етапи виконання кваліфікаційної роботи:

Етапи та розділи проектування	ТИЖНІ				
	1	2,3	4,5	6,7	8
ступна частина	x				
технологічна частина		xx			
проектно-конструкторська частина			xx		
розробка креслень				xx	
формлення записки					x
захист роботи					x

6 Дата видачі завдання

Керівник

підпис

лютий 2020 р.

д.т.н., професор Склабінський В.І.

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 55 с., 5 рис., 3 табл., 1 додаток, 13 літературних джерел.

Графічні матеріали: технологічна схема установки, складальне креслення апарату, складальне креслення вузла - всього 4,0 аркуша формату А1

Тема проекту: «Установка очищення повітря від парів ацетону. Розробити насадкову колону.».

Наведено теоретичні основи і особливості процесу абсорбції очищення повітря від парів ацетону, виконані розрахунки матеріального і теплового балансів процесу, виконані технологічні розрахунки апарату, визначені його розміри, гідравлічне опір, обґрунтований вибір матеріалів для виготовлення апарату.

Розрахунками на міцність і герметичність показана надійність роботи запроектованого апарату.

Наведено відомості щодо проведення монтажу і ремонту розробленого апарату.

У розділі «Охорона праці» наведено сутність та будова занулення, сфера застосування та вимоги до нього.

Ключові слова: АПАРАТ, УСТАНОВКА, АЦЕТОН, ГАЗОВА СУМІШ, АБСОРБЕР, РОЗРАХУНОК..

ЗМІСТ

1. Технологічна частина	5
1.1.Опис технологічної схеми	5
1.2.Теоретичні основи теплообмінного процесу	6
1.3. Опис апарату і вибір матеріалів.....	8
2.Технологічні розрахунки процесу і апарату	12
2.1 Матеріальний і тепловий баланс процесу	12
2.2 Технологічні розрахунки	13
2.3.Конструктивні розрахунки	18
2.4.Гідравлічний опір апарату	20
2.5 Вибір допоміжного обладнання.....	21
3. Розрахунки на міцність апарату	26
3.1 Розрахунок товщини стінки циліндричної обичайки	26
3.2 Розрахунок товщини стінки еліптичної кришки	27
3.3 Розрахунок і вибір опори	28
4. Організація монтажних та ремонтних робіт.....	31
5. Охорона праці	40

Список літератури

Додаток А - Специфікації до креслень

Додаток Б Розрахунок фланцевого з'єднання

					ПОХНП. Т.00.00.00 ПЗ			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>	<i>Абсорбер</i> <i>Пояснювальна записка</i>	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Разраб.</i>		<i>Шаповал</i>						
<i>Провер.</i>		<i>Склабінський</i>					3	50
<i>Реценз.</i>						<i>СумДУ, ХМ-61</i>		
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Утверд.</i>								

Вступ

Абсорбцією називається процес поглинання газу або пари рідким поглиначем (абсорбентом). Зворотний процес - виділення поглиненого газу з поглинача називається десорбцією.

У промисловості адсорбція з подальшою десорбцією широко застосовується для виділення з газових сумішей цінних компонентів, для очищення технологічних і горючих газів від шкідливих домішок, для санітарної очистки газів і т.д.

За способом утворення поверхні зіткнення фаз, абсорбція апарати можна розділити на поверхневі, барботажні і розпилюючі.

До типу поверхневих абсорберів відносяться насадок абсорбери, що представляють собою колони, завантажені насадкою - твердими тілами різної форми. Наявність насадки дозволяє значно збільшити поверхню контакту газу і рідини. До найбільш поширених насадок відносяться насадки, у вигляді тонкостінних кілець (кілець Рашига) висотою, що дорівнює діаметру.

					ПОХНВ.А.00.00.00 ПЗ	лист
Змін.	лист	№ документа	підпис	Дата		5

газової суміші переходить в рідку фазу. Очищена газова суміш відводиться з верхньої частини абсорбера на подальшу переробку. Абсорбент насосом Н1 послідовно подається в теплообмінники К, П1, і П2, де підігрівається спочатку гарячим розчином, а потім насиченим водяною парою.

Підігрітий абсорбент подається зверху в десорбер Д, де відбувається процес десорбції поглиненої речовини, що виділяється з розчину у вигляді парогазової суміші, що відводиться з апарату на подальшу переробку.

Об'єднаний абсорбатами гарячий розчин насосом Н2 відкачується в теплообмінник П1 і подається в збірник Е1. Охолодження розчину відбувається в холодильнику Х за рахунок теплообміну з холодним теплоносієм. Охолоджений поглинач подається в ємність Е2.

1.2 Теоретичні основи процесу [2,3,8]

Абсорбцією називають процес поглинання газів або парів з газових або парогазових сумішей рідкими поглиначами (абсорбентами). При фізичній абсорбції поглинається газ (абсорбтив) не взаємодіє хімічно з абсорбентом.

Перебіг абсорбційних процесів характеризується їх статикою і кінетикою. Статика абсорбції, тобто рівновагу між рідкою і газовою фазами. Визначає стан, яке встановлюється при досить тривалому зіткненні фаз. Рівновага між фазами визначається термодинамічними властивостями компонента і поглинача і залежить від складу однієї з фаз, температури і тиску.

Кінетика абсорбції, тобто швидкість процесу масообміну, визначається рушійною силою процесу (тобто ступенем відхилення системи від рівноважного стану), властивостями поглинача, компонента і інертного газу, а також способом дотику фаз (пристроєм абсорбційного апарату гідродинамічним режимом його роботи). У абсорбційних апаратах рушійна сила, як правило, змінюється по їх довжині і залежить від характеру взаємного руху фаз (протитечії, прямоєчії, перехресний струм і т.д.). При цьому можливе

					ПОХНВ.А.00.00.00 ПЗ	лист
Змін.	лист	№ документа	підпис	Дата		7

здійснення безперервного або ступеневого контакту. У абсорбері з безперервним контактом характер руху фаз не змінюється подлине апарату, і зміна рушійної сили відбувається безперервно. Абсорбери із ступінчастим контактом складаються з декількох ступенів, послідовно з'єднаних по газу і рідині,

Розрізняють фізичну абсорбцію і хемосорбцію. При фізичній абсорбції розчинення газу не супроводжується хімічною реакцією (або, принаймні, ця реакція не робить помітного впливу на процес). В даному випадку над розчином існує більш-менш значне рівноважний тиск компонента і поглинання останнього відбувається лише до тих пір, поки його парціальний тиск у газовій фазі вище рівноважного тиску над розчином. Повний витяг компонента з газу при цьому можливо тільки при протитечії і подачі в абсорбер чистого поглинача, що не містить компонента.

При хемосорбції (абсорбція, супроводжувана хімічною реакцією) абсорбуємий компонент зв'язується в рідкій фазі у вигляді хімічної сполуки. При незворотною реакції рівноважний тиск компонента над розчином мізерно мало і можливо повне його поглинання. При оборотної реакції над розчином існує помітний тиск компонента, хоча і менше, ніж при фізичній абсорбції.

Масообмін в процесах абсорбції відбувається на поверхні контакту фаз, створюваної різними способами, в залежності від яких розрізняють три групи абсорбційних апаратів: а) поверхневі і насадкові і абсорбери, в яких поверхня контакту фаз утворюється плівкою рідини, що стікає по поверхні насадки; б) барботажні тарілчасті абсорбери, в яких поверхня контакту фаз розвивається при проходженні газу через отвори і прорізи затоплених контактних пристроїв і барботаж його через шар знаходиться на тарілці рідини; в) розпилювальні абсорбери, в яких поверхня контакту фаз звертається при диспергування рідини на краплі в потоці газів.

Кількість компонента, переданого при абсорбції з однієї фази в іншу, так само убутку компонента в газовій фазі і дорівнює приросту його в

					ПОХНВ.А.00.00.00 ПЗ	<i>лист</i>
<i>Змін.</i>	<i>лист</i>	<i>№ документа</i>	<i>підпис</i>	<i>Дата</i>		8

Тут G_0 та L_0 - витрати інертного газу і носія, причому

$$G_0 = G_1(1 - y_1) = G_2(1 - y_2)$$
$$L_0 = L_1(1 - x_1) = L_2(1 - x_2)$$

При заданих початкових і кінцевих концентраціях обох фаз за рівнянням (1.3) можна знайти витрата поглиначча L_0 , а також ставлення

$$l_0 = \frac{Y_1 - Y_2}{X_1 - X_2} = \pm \frac{L_0}{G_0} \quad (1.4)$$

З рівняння (1.4) випливає, що l_0 приймає при прямотечії негативне значення. Абсолютне значення l_0 одно питомій витраті поглиначча (витраті на одиницю витраті газу); індекс 0 показує, що витрати віднесені до носіїв.

1.3 Опис об'єкта розробки, вибір матеріалів в об'єкті розробки [3,4,5,]

Насадкові і абсорбери представляють собою колони, завантажені насадкою з тіл різної форми (кільця, кусковий матеріал, дерев'яні ґрати і т. Д.). Зіткнення газу з рідиною відбувається в основному на змоченою поверхні насадки, по якій стікає зрошуються рідина. Поверхня насадки в одиниці об'єму апарату може бути досить великою і тому в порівняно невеликих об'ємах можна створити значні поверхні масопередачі.

Перебіг рідини по насадці носить в основному плівковий характер, внаслідок чого насадок абсорбери можна розглядати як різновид плівкових. У той же час між насадковими і плівковими абсорберами, в тому числі абсорберами з листової насадкою, є відмінності. У плівкових абсорбера плівкове протягом рідини відбувається по всій висоті апарату, тоді як в насадок - лише по висоті елемента насадки. При перетікання рідини з одного елемента насадки на інший плівка рідини руйнується і на нижче лежачих елементі утворюється нова плівка. Деяка частина рідини при цьому провалюється у вигляді крапель через розташовані нижче шари насадки.

					ПОХНВ.А.00.00.00 ПЗ	<i>лист</i>
<i>Змін.</i>	<i>лист</i>	<i>№ документа</i>	<i>підпис</i>	<i>Дата</i>		10

Рух газу і рідини в насадок абсорбера зазвичай здійснюється протитечією. Прямотечії (спадний) застосовують досить рідко. Однак останнім часом велику увагу приділяють створенню прямоточних насадок абсорберів, що працюють з великими швидкостями газу (до 10 м / с). При таких швидкостях, які в разі протитечії недосяжні через настання захлебуваності, інтенсифікується процес і зменшуються габарити апарату; гідравлічний опір при прямоотечії значно нижче, ніж при протитечії. Застосування таких абсорберів доцільно в тих випадках, коли напрямок руху фаз не впливає помітно на рушійну силу.

Недолік насадок абсорберів - трудність відведення тепла в процесі абсорбції. Зазвичай застосовують циркуляційний відведення тепла, використовуючи виносні холодильники. Запропоновані конструкції абсорберів з внутрішнім відведенням тепла за допомогою поміщених в насадку охолоджувальних елементів не набули поширення.

Насадки, що застосовуються для заповнення насадок абсорберів, повинні володіти великою питомою поверхнею (поверхню на одиницю об'єму) і великим вільним об'ємом. Крім того, насадка повинна надавати малий опір газовому потоку, добре розподіляти рідину і володіти корозійну стійкість у відповідних середовищах. Для зменшення тиску на підтримуючий пристрій і стінки насадка повинна мати малий об'ємна вага, Застосовувані в абсорбера насадки можна поділити на два типи: регулярні (правильно укладені) і безладні (засипаються в навал) насадки. До регулярних відносяться хордові, кільцева (при правильному укладанні) і блокова насадки.

До безладним відносяться кільцева (при завантаженні в навал), сідлообразно і шматками насадки. Крім того, використовують спеціальні типи насадок, які можуть бути регулярними і безладними.

Найбільш повне змочування насадки і найбільша ефективність абсорбера досягаються при рівномірному розподілі рідини по поперечному перерізі колони. При перебігу по насадці рідина не зберігає початкового

					ПОХНВ.А.00.00.00 ПЗ	<i>лист</i>
<i>Змін.</i>	<i>лист</i>	<i>№ документа</i>	<i>підпис</i>	<i>Дата</i>		11

розподілу. Однак для досягнення хорошого розподілу рідини по всій висоті насадки зрошення слід подавати на неї рівномірно. Для рівномірної подачі зрошувальної рідини застосовують різні розподільні пристрої, які можна поділити на дві групи:

- пристрої, що подають рідину окремими струменями (струменеві зрошувачі); до цієї групи належать розподільні плити, жолоби, дірчасті труби, пирскавки і зрошувачі типу сегнерова колеса;

- пристрої, в яких подається на насадку рідина розбивається на краплі (розбризкують зрошувачі) в результаті удару струменя об тарілку (тарілчасті зрошувачі) або торець насадки (многоконусні зрошувачі) або під дією відцентрової сили (оберткові відцентрові розбризкувачі).

Основними вимогами до розподільних пристроїв для насадок колон є, крім забезпечення рівномірного розподілу рідини, подача її в достатній кількості точок і мінімальний бризгонос. Цим вимогам найкраще відповідають струменеві зрошувачі, зокрема, розподільні плити і дірчасті труби. Застосування бризгалок і розбризкують зрошувачів веде зазвичай до помітного бризгоносу, що викликає необхідність установки бризгоуловлювач.

Широке поширення в промисловості в якості абсорберів отримали колони, заповнені насадкою - твердими тілами різної форми. У насадковій колоні (рис. 1.3) насадка 1 укладається на опорні решітки 2, що мають отвори або щілини для проходження газу і стоку рідини. Остання за допомогою розподільника 3 рівномірно зрошує насадок тіла і стікає вниз. По всій висоті шару насадки рівномірний розподіл рідини по перетину колони зазвичай не досягається, що пояснюється пристінковим ефектом - більшою щільністю укладання насадки в центральній частині колони, ніж у її стінок. Внаслідок цього рідина має тенденцію розтікатися від центральної частини колони до її стінок. Тому для поліпшення змочування насадки в колонах великого діаметра

					ПОХНВ.А.00.00.00 ПЗ	<i>лист</i>
<i>Змін.</i>	<i>лист</i>	<i>№ документа</i>	<i>підпис</i>	<i>Дата</i>		12

насадку іноді укладають шарами (секціями) висотою 2-3 м і під кожною секцією, крім нижньої насадки.

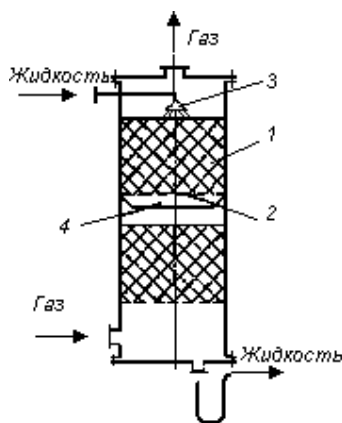


Рисунок 1.3 - Насадкова колона

- 1 - насадка; 2 - опорна решітка; 3 - розподільник рідини;
4 - пере розподільник рідини;

У насадок колоні рідина тече по елементу насадки головним чином у вигляді тонкої плівки, тому поверхнею контакту фаз є в основному змочена поверхня насадки, і насадок апарати можна розглядати як різновид плівкових. Однак в останніх плівкове протягом рідини відбувається по всій висоті апарату, а в насадок абсорбера - тільки по висоті елемента насадки. При перетікання рідини з одного елемента насадки на інший плівка рідини руйнується і на нижче лежачому елементі утворюється нова плівка. При цьому частина рідини проходить через розташовані нижче шари насадки у вигляді цівок, крапель і бризок. Частина поверхні насадки буває змочена нерухомою (застійної) рідиною.

Основними характеристиками насадки є її питома поверхня і вільний об'єм.

Вибір насадок.

Для того щоб насадка працювала ефективно, вона повинна відповідати таким основним вимогам:

- 1) володіти великою поверхнею в одиниці об'єму;
- 2) добре змочуватися зрошує рідиною;

- 3) надавати малий гідравлічний опір газовому потоку;
- 4) рівномірно розподіляти зрошують рідину;
- 5) бути стійкою до хімічної дії рідини і газу, що рухаються в колоні;
- 6) мати малу питому вагу;
- 7) мати високу механічну міцність;
- 8) мати невисоку вартість.

Насадки, що повністю задовольняють всім зазначеним вимогам, не існує, так як, наприклад, збільшення питомої поверхні насадки тягне за собою збільшення гідравлічного опору апарату і зниження граничних навантажень. У промисловості застосовують різноманітні за формою і розмірами насадки (рис. 1.13), які в тій чи іншій мірі задовольняють вимогам, що є основними при проведенні конкретного процесу абсорбції.

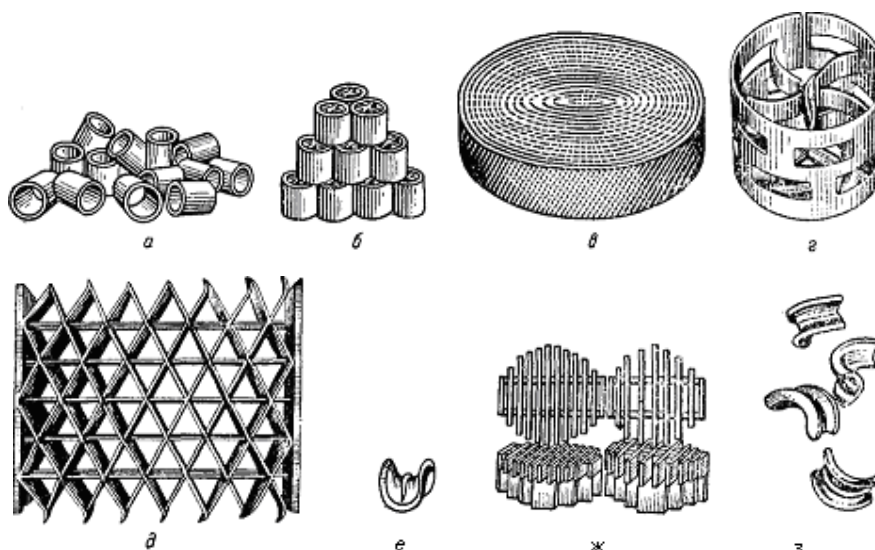


Рисунок 1.4 - Типи насадок

а-кільця Рашига, безладно укладені (навалом); б-кільця з перегородками, правильно укладені; в-насадка Гудлі; г - кільця Паля; д-насадка «Спрейпак»; е-сідла Берля; ж-хордових насадка; з - сідла «Інталлокс».

Насадки виготовляють з різноманітних матеріалів (кераміка, фарфор, сталь, пластмаси та ін.), Вибір яких диктується величиною питомої поверхні насадки, змачуваності і корозійну стійкість.

В якості насадки використовують також засипаються навалом в колону шматки коксу або кварцу розмірами 25-100 мм. Однак внаслідок ряду недоліків (мала питома поверхня, високий гідравлічний опір і т. Д.) Кускову насадку зараз застосовують рідко. Широко поширена насадка у вигляді тонкостінних керамічних кілець висотою, що дорівнює діаметру (кілець Рашига), який змінюється в межах 15-150 мм. Кільця малих розмірів засипають в абсорбер навалом (рис. 1.7а). Великі кільця (розмірами не менше 50 X50 мм) Укладають правильним і рядами, зсунутими один щодо одного (рис. 1.4б). Цей спосіб заповнення апарату насадкою називають завантаженням в укладку, а завантажену таким способом насадку - регулярною. Регулярна насадка має ряд переваг перед нерегулярної, засипаній в абсорбер навалом: володіє меншим гідравлічним опором, допускає великі швидкості газу.

Основними достоїнствами насадок колон є простота пристрою і низький гідравлічний опір. Недоліки: труднощі відведення тепла і погана змочуваність насадки при низьких щільності зрошення.

При конструюванні хімічної апаратури до конструкційних матеріалів пред'являються наступні основні вимоги:

- досить загальна хімічна і корозійна стійкість матеріалів в будь-якому середовищі при заданій температурі;

- достатня механічна міцність при заданих тиску і температурі технологічного процесу;

- найкраща здатність матеріалу зварюватись із забезпеченням високих механічних властивостей зварних з'єднань і корозійної стійкості їх в агресивному середовищі;

- низька вартість матеріалу, що не дефіцитність і освоєність її промисловістю.

					ПОХНВ.А.00.00.00 ПЗ	<i>лист</i>
Змін.	лист	№ документа	підпис	Дата		15

Для виготовлення кріпильних виробів (болти, шпильки, гайки) застосовується сталь 20 ГОСТ 1050. Замінники Сталь 15, Сталь 25.

Для ущільнення роз'ємів фланцевих з'єднань апарату застосовується неметалеві прокладки пароніт ПОН (ПОН-1) ГОСТ 481

Так як в апараті здійснюється технологічний процес із застосуванням продукту з утворенням кислого середовища, то для забезпечення умов роботи апарату прийнята корозійностійка сталь аустенітного класу 12X18H10T ГОСТ 5632-80. Сталь характеризується гарною корозійною стійкістю в середовищі, рекомендується застосовувати в температурному інтервалі - 256° С до + 525 ° С для корпусних елементів, до 600° С - для внутрішніх пристроїв без обмеження тиску. Сталь технологічна, добре зварюється, добре деформується в холодному і гарячому стані, добре обробляється всіма видами різання, характеризується задовільними лінійними властивостями. Хімічний склад і механічні властивості представлені в таблиці 1.1

Таблиця 1.1 - Хімічний склад і механічні властивості сталі 12X18H10T

C, %	Mn, %	Si, %	Cr, %	Ni, %	Cu, %	Ti, %	S, %	P, %	E·10 ⁵ МПа	σ МПа	σ МПа	δ %
0,12	2,0	0,8	17- 18	2- 11	0,3	0,8	0,02	0,035	2,1	216	530	40

До недоліків цієї сталі слід віднести те, через велику в'язкості вона гірше піддається механічній обробці. Однак, з огляду на, що механічна обробка конструктивних елементів апарату здійснюється тільки за місцем стику зварюваних елементів конструкції, то цей фактор не має істотного впливу в цілому на вартість виготовлення апарату.

Матеріал зовнішньої оснастки, арматури, кріпильних елементів і т. Д., Що не мають контакту з переробляється середовищем, приймаємо конструкційну сталь 20 ГОСТ 2590-2006. Вибір на користь цієї сталі, заснований на її порівняно низької вартості, хорошій оброблюваності і досить високими фізико-механічними властивостями. Хімічний склад і механічні властивості представлені в таблиці 1.2

Таблиця 1.2 - Хімічний склад і механічні властивості сталі 20

C, %	Mn, %	Si, %	Cr, %	Ni, %	Cu, %	As, %	S, %	P, %	$E \cdot 10^5$ МПа	σ МПа	σ МПа	δ %
0,23- 0,3	0,5- 0,8	0,05- 0,19	0,3	0,5	0,3	0,08	0,05	0,04	2,0	280	400	23

2 ТЕХНОЛОГІЧНІ РОЗРАХУНКИ ПРОЦЕСУ І АПАРАТУ

2.1 Технологічний розрахунок апарату [1,7,8]

Матеріальний баланс зводиться до визначення кінцевої концентрації ацетону в повітрі, що виходить з абсорбера і кінцевої концентрації ацетону в воді, що витікає знизу з абсорбера.

Визначаємо продуктивність по газовій суміші при температурі

$$t = 25^{\circ}\text{C:}$$

$$V_{\text{см}} = V_0 \cdot \frac{T}{T_0},$$

$$V_0 = 1500 / 3600 = 0.42 \text{ м}^3 / \text{с}$$

$$V_{\text{см}} = \frac{0.42 \cdot 298}{273} = 0.46 \text{ м}^3 / \text{с}.$$

Визначаємо об'ємний і масовий витрати ацетону і повітря по рівняннях:

$$V_{\text{ац}} = V_{\text{см}} \cdot Y_{\text{н}} = 0.46 \cdot 0,06 = 0,028 \text{ м}^3 / \text{с};$$

$$V_{\text{возд}} = V_{\text{см}} - V_{\text{ац}} = 0.46 - 0,028 = 0.432 \text{ м}^3 / \text{с};$$

$$G_{\text{ац}} = \frac{0,028}{22,4} = 0,0012 \frac{\text{кмоль}}{\text{с}} = 0,0012 \cdot 58 = 0,07 \frac{\text{кг}}{\text{с}};$$

$$G_{\text{возд}} = \frac{0.432}{22,4} = 0,019 \frac{\text{кмоль}}{\text{с}} = 0,019 \cdot 29 = 0.56 \frac{\text{кг}}{\text{с}}.$$

Рівняння матеріального балансу по потокам має вигляд:

$$G_{\text{н}} + L_{\text{н}} = G_{\text{к}} + L_{\text{к}},$$

де $G_{\text{н}}$ - масова витрата газової суміші, що входить в апарат;

$L_{\text{н}}$ - масова витрата поглиначя, що входить в апарат;

$G_{\text{к}}$ - масова витрата збідненого газової суміші, що виходить з апарату;

$L_{\text{к}}$ - масова витрата збагаченого поглиначя, що виходить з апарату.

Оскільки початкові і кінцеві масові витрати дорівнюють, то рівняння матеріального балансу по розподіляється компоненту запишеться [2, с.47]:

$$M = G(Y_{\text{н}} - Y_{\text{к}}) = L(X_{\text{к}} - X_{\text{н}}), \quad (2.1)$$

					ПОХНВ.А.00.00.00 ПЗ	лист
Змін.	лист	№ документа	підпис	Дата		18

де G - масова витрата повітря в газовій суміші, кмоль/с ,

Y_n - початкова концентрація ацетону в повітрі, знизу, при вході в абсорбер, $\frac{\text{кмоль ацетона}}{\text{кмоль повітря}}$,

За рекомендацією [1, с.271-272]:

$$Y_n = \frac{y_n}{1 - y_n} \quad (2.2)$$

тут y_n - початкова концентрація газової суміші, $\frac{\text{кмоль ацетона}}{\text{кмоль (ацетон + повітря)}}$, За

вихідними даними $y_n = 0,06 \frac{\text{кмоль ацетона}}{\text{кмоль (ацетон + повітря)}}$. Тоді підставивши чисельні

значення в формулу (3.2) отримаємо:

$$Y_n = \frac{0.06}{1 - 0.06} = 0.0639 \frac{\text{кмоль ацетона}}{\text{кмоль повітря}};$$

Y_k - кінцева концентрація ацетону в повітрі, що виходить з абсорбера, $\frac{\text{кмоль ацетона}}{\text{кмоль повітря}}$, За рекомендаціями [1, с.280]:

$$Y_k = \frac{Y_n(1 - C_n)}{1 - y_n} \quad (2.3)$$

тут C_n - ступінь поглинання, за вихідними даними $C_n = 0,96$.

Підставивши чисельні значення в формулу (3.3) отримаємо:

$$Y_k = \frac{0.06(1 - 0.096)}{1 - 0.06} = 0.0026 \frac{\text{кмоль ацетона}}{\text{кмоль повітря}};$$

L - масова витрата води, кмоль/с ,

X_k - кінцева концентрація ацетону в воді, що витікає знизу з абсорбера, $\frac{\text{кмоль ацетона}}{\text{кмоль води}}$;

$$X_k = \frac{X_k^*}{\beta} \quad (2.4)$$

					ПОХНВ.А.00.00.00 ПЗ	лист
Змін.	лист	№ документа	підпис	Дата		19

тут X_{κ}^* - рівноважна концентрація ацетону в воді, $\frac{\text{кмоль ацетона}}{\text{кмоль води}}$,

Знаходиться з рівняння лінії рівноваги:

$$X_{\kappa}^* = \frac{Y_n}{1,68},$$

$$X_{\kappa}^* = \frac{0,064}{1,68} = 0,038 \frac{\text{кмоль ацетона}}{\text{кмоль води}};$$

β - коефіцієнт надлишку поглинача, $\beta = 1,25$.

Підставивши чисельні значення в формулу (3.4), отримаємо:

$$X_{\kappa} = \frac{0,038}{1,25} = 0,03 \frac{\text{кмоль ацетона}}{\text{кмоль води}}.$$

X_n - початкова концентрація ацетону в воді, яка подається вгору апарату, $\frac{\text{кмоль ацетона}}{\text{кмоль води}}$, За рекомендаціями [1, с.292] $X_n = 0 \frac{\text{кмоль ацетона}}{\text{кмоль води}}$.

будуємо на $X-Y$ діаграмі (рисунок 3.1) рівноважну (за рівнянням $Y^* = 1,68X$) і робочу лінію.

Масова витрата води знайдемо виходячи з рівняння (3.1):

$$L = \frac{G(Y_n - Y_{\kappa})}{(X_{\kappa} - X_n)},$$

$$L = \frac{0,019(0,0639 - 0,0026)}{(0,03 - 0)} = 0,039 \text{ кмоль/с}.$$

Тоді за формулою (3.1) знайдемо кількість поглинається ацетону:

$$M = 0,019(0,0639 - 0,0026) = 0,0012 \text{ кмоль/с}.$$

					ПОХНВ.А.00.00.00 ПЗ	лист
Змін.	лист	№ документа	підпис	Дата		20

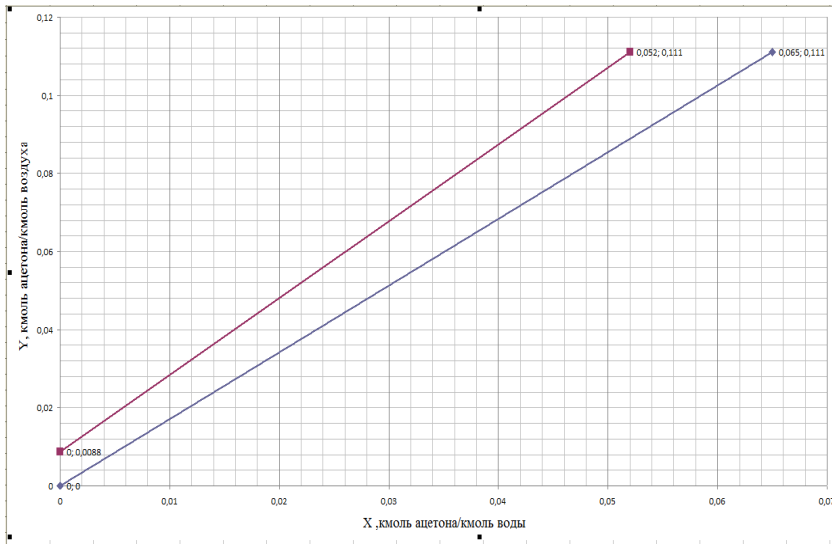


Рисунок 2.1 - $X-Y$ діаграма процесу абсорбції

Рушійну силу процесу абсорбції внизу апарату знаходимо за формулою [1, с.280]:

$$\Delta Y_n = Y_n - Y_n^* \quad (2.4)$$

тут Y_n^* - початкова рівноважна концентрація ацетону в повітрі, $\frac{\text{кмоль ацетона}}{\text{кмоль повітря}}$, Знаходимо за рівнянням лінії рівноваги $Y^* = 1,68X$ при X_n :

$$Y_n^* = 1,68 \cdot 0,03 = 0,05 \frac{\text{кмоль ацетона}}{\text{кмоль води}}$$

Тоді, підставивши чисельні значення в формулу (4.1), отримаємо:

$$\Delta Y_n = 0,064 - 0,05 = 0,014 \frac{\text{кмоль ацетона}}{\text{кмоль води}}$$

Рушійну силу зверху апарату знайдемо за формулою [1, с.280]:

$$\Delta Y_k = Y_k - Y_k^* \quad (2.5)$$

тут Y_k^* - кінцева рівноважна концентрація ацетону в повітрі, $\frac{\text{кмоль ацетона}}{\text{кмоль повітря}}$,

Знаходимо за рівнянням лінії рівноваги $Y^* = 0$.

$$\Delta Y_k = 0,0026 - 0 = 0,0026 \frac{\text{кмоль ацетона}}{\text{кмоль води}}$$

Середня рушійна сила процесу абсорбції визначається за рекомендаціями [1, с.280]:

$$\Delta Y_{cp} = \frac{\Delta Y_n - \Delta Y_k}{\ln \frac{\Delta Y_n}{\Delta Y_k}}, \quad (2.6)$$

Тоді за формулою (4.3):

$$\Delta Y_{cp} = \frac{0,014 - 0,0026}{\ln \frac{0,014}{0,0026}} = 0,0068 \frac{\text{кмоль ацетона}}{\text{кмоль води}}.$$

Необхідну поверхню масопередачі знаходимо за рівнянням

$$F = \frac{M}{K_y \Delta Y_{cp}}$$

Кількість ацетону що поглинається

$$M = \frac{V \cdot y_n \cdot c_n}{(1 - y_n) \cdot 22,4}$$

$$M = \frac{1500 \cdot 0,06 \cdot 0,96}{(1 - 0,06) \cdot 22,4} = 4,1 \text{ кмоль / ч}$$

$$F = \frac{4,1}{0,4 \cdot 0,0098} = 1046 \text{ м}^2$$

Об'єм шару керамічних кілець, необхідний для створення знайденої поверхні, при $\psi = 1$

$$V = H_H S = F / \sigma$$

$$V = 1046 / 204 = 5,1 \text{ м}^2$$

2.2 Конструктивний розрахунок насадкового абсорбера [1,7,8]

За рекомендаціями [3, с.105] виберемо насадку: керамічні кільця Рашига, розміром $25 \times 25 \times 3 \text{ мм}$. Питома поверхня насадки $\sigma = 204 \text{ м}^2 / \text{м}^3$, Вільний об'єм $V_{ce} = 0,74 \text{ м}^3 / \text{м}^3$, Насипна щільність $\rho = 650 \text{ кг} / \text{м}^3$, 50000 штук в 1 м^3 , Заповнення колони - в навал. Коефіцієнт змачуваності насадки ψ рівний 1.

					ПОХНВ.А.00.00.00 ПЗ	лист
Змін.	лист	№ документа	підпис	Дата		22

Визначення швидкості інверсії фаз і робочої швидкості газової суміші і діаметра абсорбера

Швидкість інверсії фаз знаходимо за рекомендаціями [1, с.281]:

$$\omega_{инв} = 1.65 - \text{фіктивна швидкість газу, } \text{м/с};$$

Робочу швидкість газу приймаємо за рекомендаціями [1, с.281] на 25% менше фіктивної швидкості:

$$\omega = 0,25\omega_{инв},$$

$$\omega = 0,75 \cdot 1.65 = 1.24 \text{ м/с}.$$

Діаметр абсорбера знаходимо за рекомендаціями [3, с.106]:

$$d = \sqrt{\frac{4V}{\pi\omega}}, \text{ м}.$$

тут V - об'ємна витрата газу, $\text{м}^3/\text{с}$, За початковими умовами $V = 0.47$

$$\text{м}^3/\text{с} \cdot d = \sqrt{\frac{4 \cdot 0.47}{3,14 \cdot 1.24}} = 0.695 \text{ м}.$$

За рекомендаціями [3, с.106] вибираємо стандартний діаметр обичайки, яка застосовується в хімічній промисловості:

$$D = 0.8 \text{ м}.$$

S - площа поперечного перерізу абсорбера, м^2 , $S = \pi d^2/4$. З огляду на раніше знайдений діаметр абсорбера $D = 0,8 \text{ м}$, Знайдемо площу:

$$S = 3,14 \cdot 0,8^2/4 = 0.5 \text{ м}^2.$$

За рекомендаціями [3, с.107] знайдемо висоту насадки:

$$H = \frac{F}{\sigma\psi S}, \text{ м},$$

$$H = \frac{1046}{204 \cdot 1 \cdot 0.5} = 10.2 \text{ м}.$$

Загальну висоту абсорбційної колони визначають з урахуванням вимог, додаючи до висоти насадок висоту кубової (2,2 м) і сепараційної (1,6 м) частин, розривів для установки перерозподільних тарілок (0,8 м), висоту опори (1,4 м), кришки апарату (0,48 м).

$$H_{заг} = 10,2 + 2,2 + 1,6 + 0,8 + 1,4 + 0,48 = 16,68 \text{ м}$$

					ПОХНВ.А.00.00.00 ПЗ	лист
Змін.	лист	№ документа	підпис	Дата		23

2.4 Гідрравлічний опір насадки [4,7,8]

Для розрахунку гідрравлічного опору насадкового апарату попередньо визначається опір сухої насадки за звичайним рівнянням, Па:

$$\Delta P_{\text{сух}} = \frac{\lambda \cdot H \cdot a_n \cdot \rho_r \cdot w_r^2}{8 \cdot \varepsilon^3} \quad (2.43)$$

$$\Delta P_{\text{сух}} = \frac{3,16 \cdot 10,2 \cdot 140 \cdot 1,85 \cdot 1,24^2}{8 \cdot 0,78^3} = 377,2$$

де λ - коефіцієнт опору, що враховує сумарні втрати тиску на тертя і місцеві опори.

Коефіцієнт опору залежить від режиму руху газу.

$$\text{при турбулентному русі (} Re_r > 40 \text{)} \lambda = \frac{16}{Re_r^{0,2}} = \frac{16}{1661,3^{0,2}} = 3,16$$

Опір зрошуваної насадки при роботі колони нижче точки інверсії можна знайти за емпіричною формулою, Па:

$$\Delta P_{\text{зр}} = \Delta P_{\text{сух}} (1 + kU) \quad (2.44)$$

$$\Delta P_{\text{зр}} = 377,2 (1 + 0,6 \cdot 0,2 \cdot [10]^{-4}) = 377,23$$

де U - щільність зрошення (витрата рідини на одиницю площі поперечного перерізу), $\text{м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$; k - досвідчений коефіцієнт (для безладно засипаних кільцевих насадок $k = 0,06$)

2.5 Розрахунок і вибір допоміжного обладнання [5,7,8]

2.5.1 Розрахунок насосу

Приймемо: геометрична висота підйому 9 м, витрата абсорбенту - $0,018 \text{ м}^3/\text{с}$, довжина трубопроводу на лінії всмоктування - 12 м, на лінії нагнітання - 20 м. На лінії нагнітання є 10 відводів під кутом 90° з розміром повороту рівним 6 діаметрам труби і два нормальних вентиля. На всмоктуючому ділянці встановлено 2 прямоточних вентиля 4 відведення під кутом 90° з радіусом рівним 6 діаметра труби.

					ПОХНВ.А.00.00.00 ПЗ	лист
Змін.	лист	№ документа	підпис	Дата		24

Визначимо втрати на тертя і місцеві опори.

Фактична швидкість води в трубі

$$\omega = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot d^2} \quad (2.43)$$

$$\omega = \frac{4 \cdot 0,018}{3,14 \cdot 0,15^2} = 1,28 \text{ м/с}$$

Визначаємо критерій Рейнольдса:

$$\text{Re} = \frac{\omega \cdot d \cdot \rho}{\mu} \quad (2.44)$$

$$\text{Re} = \frac{1,28 \cdot 0,15 \cdot 995}{1,605 \cdot 10^{-3}} = 119386$$

Режим течії турбулентний.

Прийmemo абсолютну шорсткість рівної

$$\Delta = 2 \cdot 10^{-4} \text{ м}$$

тоді

$$e = \frac{\Delta}{d} = \frac{2 \cdot 10^{-4}}{0,15} = 0,0013$$

далі отримаємо

$$\frac{1}{e} = 750; \quad \frac{560}{e} = 430770; \quad 10/e = 7500.$$

Оскільки $7500 < \text{Re} < 430770$, То коефіцієнт тертя розраховуємо за формулою

$$\lambda = 0,11 \cdot (e + 68/\text{Re})^{0,25} \quad (2.45)$$

$$\lambda = 0,11 \cdot (0,0013 + 68/119386)^{0,25} = 0,022$$

Визначимо суму коефіцієнтів місцевих опорів окремо для всмоктуючої і нагнітальної ліній.

Для всмоктуючої лінії

А) вхід в трубу (приймаємо з гострими краями) $\xi_1 = 0,5$ [3, стор.15].

Б) прямоточні вентиля для $d = 0,15 \text{ м}$, $\xi_2 = 0,3$ [3, стор.15].

В) відводи коеф. $A = 1$, коеф. $B = 0,09$, $\xi_3 = 0,09$ [3, стор.15].

					ПОХНВ.А.00.00.00 ПЗ	лист
Змін.	лист	№ документа	підпис	Дата		25

Сума коефіцієнтів місцевих опорів у всмоктувальній лінії

$$\sum \xi_{вс} = \xi_1 + 2\xi_2 + 4 \cdot 0,09 \quad (2.46)$$

$$\sum \xi_{вс} = 0,5 + 2 \cdot 0,3 + 4 \cdot 0,09 = 1,46$$

Втрачений натиск у усмоктувальній лінії

$$h_{н.вс} = \left(\lambda \frac{10}{d_3} + \sum \xi_{вс} \right) \cdot \frac{\omega^2}{2g} \quad (2.47)$$

$$h_{н.вс} = \left(0,022 \frac{10}{0,15} + 1,46 \right) \cdot \frac{1,28^2}{2 \cdot 9,81} = 1,58 \text{ м}$$

На нагнітальній лінії

А) відводи під кутом 90° $A = 1$, коэф. $B = 0,09$, $\xi_1 = A \cdot B = 1 \cdot 0,09 = 0,09$.

Б) нормальні вентиля для $d = 0,15$ м, $\xi_2 = 4,5$.

В) вихід з труби $\xi_3 = 1$ [3, стор.15].

Сума коефіцієнтів місцевих опорів у всмоктувальній лінії

$$\sum \xi_{наг} = 12 \cdot \xi_1 + 2 \cdot \xi_2 + \xi_3 \quad (2.48)$$

$$\sum \xi_{наг} = 12 \cdot 0,09 + 2 \cdot 4,5 + 1 = 12,9 \text{ м}$$

Втрачений натиск в нагнітальній лінії

$$h_{н.наг} = \left(0,022 \frac{40}{0,15} + 12,9 \right) \cdot \frac{1,28^2}{2 \cdot 9,81} = 1,6 \text{ м}$$

необхідний напір

$$H = \frac{P_2 - P_1}{\rho \cdot g} + H_z + h_{н.вс} + h_{н.наг} \quad (2.49)$$

де

P_1 - тиск в апараті, з якого перекачується вода, $P_1 = 0,1$ МПа

P_2 - тиск в абсорбері, $P_2 = 0,2$ МПа;

H_z - геометрична висота підйому, $H_z = 20$ м

$$H = \frac{(0,2 - 0,1) \cdot 10^6}{998 \cdot 9,81} + 20 + 1,58 + 1,6 = 31,3 \text{ м вод. ст.}$$

					ПОХНВ.А.00.00.00 ПЗ	лист
Змін.	лист	№ документа	підпис	Дата		26

Корисна потужність насоса

$$N_n = \rho \cdot g \cdot V \cdot H \quad (2.50)$$

$$N_n = 995 \cdot 9,81 \cdot 0,018 \cdot 31,3 = 8734 \text{ Вт}$$

Приймаємо по Додатку 1,1 [3] відцентровий насос X500 / 37
 $Q = 2,5 \cdot 10^{-2} \text{ м}^3 / \text{с}$ $H = 33 \text{ м ст. рідини}$ $n = 48 \text{ с}^{-1}$, $\eta_0 = 0,7$ $N = 30 \text{ кВт}$.

					ПОХНВ.А.00.00.00 ПЗ	лист
Змін.	лист	№ документа	підпис	Дата		27

3 Розрахунки на міцність апарату

3.1. Розрахунок товщини стінки корпусу [7,8,9,10]

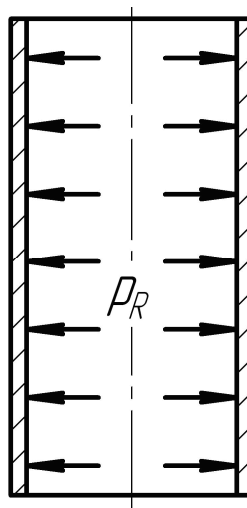


Рисунок 3 – Схема вантаження стінки внутрішнім тиском.

Розрахункова товщина стінки циліндричної обичайки корпусу, навантаженого внутрішнім надлишковим тиском, згідно з ГОСТ 14249 - 89, визначаємо за формулою:

$$s_p = \max \left\{ \begin{array}{l} \frac{p_R \cdot D_e}{2 \cdot [\sigma] \cdot \phi - p_a} \\ \frac{p_u \cdot D_e}{2 \cdot [\sigma]_u \cdot \phi - p_u} \end{array} \right\}; \quad (11)$$

де: p_a – тиск в апараті, $p_R = 0,12 + 0,13 = 0,25$ МПа.

$[\sigma]$ – допустиме напруження сталі при розрахунковій температурі 25°C ,
 $[\sigma] = 147$ МПа [8, табл.1.3 с. 11];

D_e – внутрішній діаметр циліндричної обичайки, $D_e = 0,8$ м;

ϕ - коефіцієнт міцності зварного з'єднання, при стиковому шві доступному до зварювання тільки з одного боку і мають в процесі зварювання металеву підкладку, з боку кореня шва, прилеглу по всій довжині шва до основного металу, $\phi = 0,9$ (при 100% контролі шва).

p_u – пробний тиск при гідравлічних випробуваннях, яка розраховується за формулою:

					ПОХНВ.А.00.00.00 ПЗ	лист
Змін.	лист	№ документа	підпис	Дата		28

$$p_u = \frac{1,25 \cdot p_R \cdot [\sigma]_{20}}{[\sigma]}; \quad (12)$$

де: $[\sigma]_{20}$ – допустиме напруження сталі 12x13 при температурі 20°C,
 $[\sigma]_{20} = 160 \text{ МПа}$ [8. табл. 1.3, с. 11];

$$p_u = \frac{1,25 \cdot 0,25 \cdot 160}{146,4} = 0,34 \text{ МПа};$$

Напруга, що допускається при гідравлічних випробуваннях.

$$[\sigma]_u = \frac{\sigma_{T20}}{1,1}; \quad (13)$$

де: $\sigma_{T20} = 236 \text{ МПа}$ - межа плинності для сталі 12X18H10T при $t = 25^\circ\text{C}$ [8. табл.3.8 с. 41].

$$[\sigma]_u = \frac{236}{1,1} = 214,5 \text{ МПа}.$$

$$s_p = \max \left\{ \begin{array}{l} \frac{0,25 \cdot 800}{2 \cdot 146,4 \cdot 0,9 - 0,25} \\ \frac{0,34 \cdot 800}{2 \cdot 214,5 \cdot 0,9 - 0,34} \end{array} \right\} = \max \left\{ \begin{array}{l} 0,73 \\ 1,04 \end{array} \right\} = 1,04 \text{ мм}.$$

Виконавча товщина стінки циліндричної обичайки корпусу в першому наближенні визначається за формулою:

$$s = s_p + c; \quad (14)$$

де: c – надбавка до розрахункової товщині стінки циліндричної обичайки визначається за формулою:

$$c = c_1 + c_2 + c_3; \quad (15)$$

де: c_1 – надбавка для компенсації корозії та ерозії:

$$c_1 = \Pi \cdot \tau_g + c_3; \quad (16)$$

де: надбавка для компенсації ерозії, $c=0$, так як згідно з рекомендаціями враховувати вплив середовища на деталі в хімічних апаратах рекомендується тільки при $\omega > 20 \text{ м/с}$;

Π проникність середовища в матеріал (швидкість корозії),

$\Pi = 0,1 \text{ мм/рік}$ [9. с.292];

					ПОХНВ.А.00.00.00 ПЗ	лист
Змін.	лист	№ документа	підпис	Дата		29

τ_B – термін служби апарату, $\tau_B = 20$ років.

$$c_1 = 0,1 \cdot 20 + 0 = 2 \text{ мм};$$

c_2 – надбавка для компенсації мінусового допуску, $c_2 = 0$;

c_3 – технологічна надбавка для компенсації утонення стінки, $c_3 = 0$.

Таким чином $c = c_1 = 2$ мм.

$$s > 1,04 + 2 = 3,04 \text{ мм}.$$

Конструктивно приймаємо більше стандартне значення, зі стандартного ряду при $D_B = 800$ мм по ГОСТ 9929-82 $S = 12$ мм.

3.2 Розрахунок товщини стінки еліптичного днища [7,8,9]

Допустиме внутрішній тиск для обичайки:

$$[p]_o = \frac{2 \cdot [\sigma] \cdot \phi \cdot (s - c)}{D_e + (s - c)}; \quad (17)$$

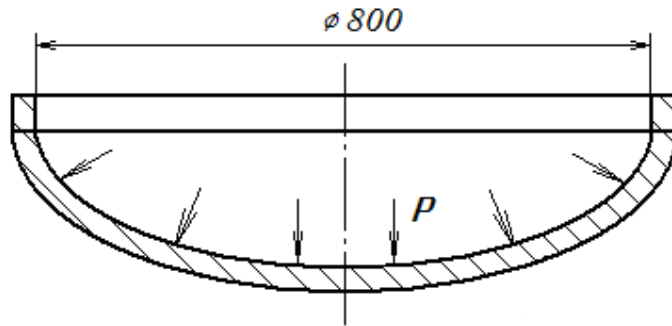


Рисунок 4 – Схема навантаження еліптичного днища внутрішнім тиском.

$$[p]_o = \frac{2 \cdot 146,4 \cdot 0,9 \cdot (12 - 2)}{800 + (12 - 2)} = 3,25 \text{ МПа} > p_a - \text{умови виконуються.}$$

Виконавча товщина еліптичної кришки:

$$s_p = \max \left\{ \begin{array}{l} \frac{p \cdot D_e}{2 \cdot [\sigma] \cdot \phi - p_2} \\ \frac{p_2 \cdot D_e}{2 \cdot [\sigma]_u \cdot \phi - p_2} \end{array} \right\};$$

де: p_a – тиск в апараті, $p = 0,14 + 0,13 = 0,25$ МПа.

					ПОХНВ.А.00.00.00 ПЗ	лист
Змін.	лист	№ документа	підпис	Дата		30

$[\sigma]$ – допустиме напруження сталі 12х13 при розрахунковій температурі 125°C, $[\sigma] = 148,2$ МПа [8. табл.1.3 с. 11];

D_B – внутрішній діаметр циліндричної обичайки, $D_B = 0,8$ м.

$$p_u = \frac{1,25 \cdot 0,25 \cdot 160}{146,4} = 0,34 \text{ МПа};$$

$$s_p = \max \left\{ \begin{array}{l} \frac{0,25 \cdot 800}{2 \cdot 146,4 \cdot 0,9 - 0,25} \\ \frac{0,34 \cdot 800}{2 \cdot 214,5 \cdot 0,9 - 0,34} \end{array} \right\} = \max \left\{ \begin{array}{l} 0,73 \\ 1,04 \end{array} \right\} = 1,04 \text{ мм.}$$

$$s = 1,04 + 2 = 3,04 \text{ мм.}$$

Приймаємо $s_{кр} = 12$ мм.

Допустимий тиск для кришки.

Допустимий внутрішній тиск для кришки

$$[p]_{кр} = \frac{2 \cdot [\sigma] \cdot s \cdot (s_{кр} - c)}{D_6 + 0,5 \cdot (s_{кр} - c)} = \frac{2 \cdot 146,4 \cdot 0,9 \cdot (12 - 2)}{800 + 0,5 \cdot (12 - 2)} = 3,25 \text{ МПа.}$$

$[p]_{кр} > p_a$, т.е $3,25$ МПа $>$ $0,25$ МПа.

3.3 Розрахунок фланцевого з'єднання

Товщину втулки фланця приймаємо $s_0 = 12$ мм.

Діаметр болтового кола визначаємо по формулі або відповідно до табл.

[8, табл.13,7, с. 234]:

$$D_6 \geq D + 2 \cdot (2 \cdot s + d_6 + u); \quad (18)$$

де: d_6 – зовнішній діаметр болта, при $D = 800$ мм і $p_R = 0,25$ МПа

$d_6 = 23$ мм;

u – нормативний зазор між гайкою і втулкою, $u = 4 \div 6$ мм.

$$D_6 = 800 + 2 \cdot (2 \cdot 12 + 23 + 6) = 882 \text{ мм};$$

Приймаємо $D_6 = 890$ мм.

					ПОХНВ.А.00.00.00 ПЗ	лист
Змін.	лист	№ документа	підпис	Дата		31

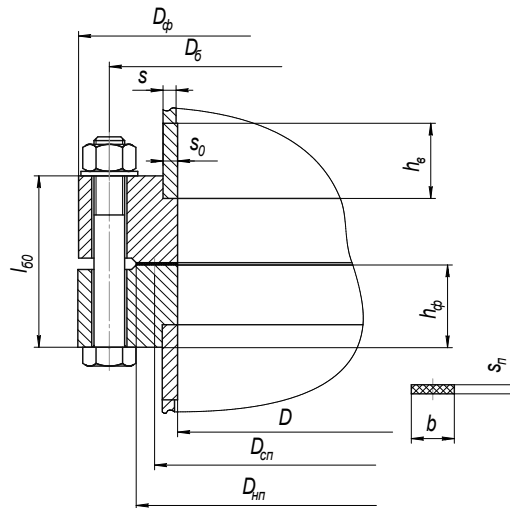


Рисунок 3.3 - Фланцеве з'єднання.

Зовнішній діаметр фланця визначується по формулі і відповідно до табл. 13.7 [8, табл 13.7, с.233]:

$$D_{\phi} \geq D_{\phi} + a; \quad (63)$$

де: a – конструктивна добавка для розміщення гайок по діаметру фланця, приймаємо $a = 40$ мм [8, табл. 13.27, с.264].

$$D_{\phi} = 890 + 40 = 930 \text{ мм};$$

Приймаємо $D_{\phi} = 930$ мм.

Зовнішній діаметр прокладки:

$$D_{нт} = D_{\phi} - e; \quad (19)$$

де: e – нормативний параметр, залежний від товщини прокладки, $e = 30$ мм [8, табл. 13.27, с.264].

$$D_{нт} = 890 - 30 = 860 \text{ мм};$$

Середній діаметр прокладки визначається по формулі:

$$D_{сп} = D_{нт} - b; \quad (19)$$

де: b – ширина прокладки, що приймається згідно таблиці [8, табл. 13.25, с. 262], $b = 20$ мм.

$$D_{cn} = 960 - 20 = 940 \text{ мм};$$

Приймаємо матеріал прокладки паранит по ГОСТ 481 – 80 з товщиною $s_{II} = 2$ мм.

Кількість болтів, необхідна для забезпечення герметичності з'єднання визначується по формулі:

$$n_{\sigma} \geq \frac{\pi \cdot D_{\sigma}}{t_u}; \quad (20)$$

де: t_u – крок розташування болтів, що рекомендується, рекомендується для болтів M20 і $R_y = 0,14$ МПа,

$$t_u = (3,8 \div 4,8) \cdot d_{\sigma} = 76 \div 96, [8, \text{табл.13,29, с.266}].$$

$$n_{\sigma} = \frac{3,14 \cdot 890}{76 \div 96} = 36 \div 28 \text{ шт};$$

Приймаємо кількість болтів $n_{\sigma} = 36$, кратне чотирьом.

Висоту фланця h_{ϕ} визначаємо по формулі:

$$h_{\phi} \geq \lambda_{\phi} \cdot \sqrt{D \cdot S_3}; \quad (21)$$

де: λ_{ϕ} – коефіцієнт, визначується по графіку [8, мал. 13,14]

$$\lambda_{\phi} = 0,40;$$

S_3 – еквівалентна товщина втулки фланця, оскільки фланець плоский, то $\beta_1 = S_1/S_0 = 1$, приймаємо $S_3 = S_0 = 6$ мм.

$$h_{\phi} = 0,4 \cdot \sqrt{800 \cdot 6} = 27,7 \text{ мм};$$

Приймаємо висоту фланця $h_{\phi} = 30$ мм.

Розрахункова довжина болта визначається по формулі:

$$l_{\sigma} = l_{\sigma 0} + 0,28 \cdot d_{\sigma}; \quad (22)$$

де: $l_{\sigma 0}$ – відстань між опорними поверхнями головки болта і гайки при товщині прокладки $S_{II} = 2$ мм;

$$l_{\sigma 0} = 2 \cdot h_{\phi} + s_{II}; \quad (23)$$

$$l_{\sigma 0} = 2 \cdot 30 + 2 = 62 \text{ мм};$$

$$l_{\sigma} = 62 + 0,28 \cdot 23 = 68,44 \text{ мм}.$$

Приймаємо розрахункову довжину болтів $l_{\sigma} = 80$ мм.

					ПОХНВ.А.00.00.00 ПЗ	лист
Змін.	лист	№ документа	підпис	Дата		33

Визначення навантажень що діють на фланець

Рівнодіючу внутрішнього тиску визначуваний по формулі:

$$F_{\sigma} = \frac{\pi \cdot D_{cn}^2}{4} \cdot p_R; \quad (24)$$

$$F_{\sigma} = \frac{3,14 \cdot 0,84^2}{4} \cdot 0,14 = 0,078 \text{ МН};$$

Реакція прокладки визначається по формулі:

$$R_n = \pi \cdot D_{cn} \cdot b_0 \cdot k_{np} \cdot p_R; \quad (25)$$

де: k_{np} – коефіцієнт, залежний від матеріалу і конструкції прокладки, $k_{np} = 2,5$ [8];

b_{II} – еквівалентна ширина прокладки, при $b_{II} = 20 \text{ мм}$:

$$b_0 = 0,6 \cdot \sqrt{b_{II}}; \quad (26)$$

$$b_0 = 0,6 \cdot \sqrt{20 \cdot 10^{-3}} = 0,085 \text{ м};$$

$$R_n = 3,14 \cdot 0,84 \cdot 0,085 \cdot 2,5 \cdot 0,14 = 0,078 \text{ МН};$$

Зусилля, що виникає від температурних деформацій, визначається по формулі:

$$F_t = \frac{y_{\sigma} \cdot n_{\sigma} \cdot f_{\sigma} \cdot E_{\sigma} \cdot (\alpha_{\phi} \cdot t_{\phi} - \alpha_{\sigma} \cdot t_{\sigma})}{y_n + y_{\sigma} + 0,5 \cdot y_{\phi} \cdot (D_{\sigma} - D_{cn})^2}; \quad (27)$$

де: α_{ϕ} – коефіцієнт лінійного розширення матеріалу фланця

$$\alpha_{\phi} = 12,410^{-6} \cdot ^{\circ}\text{C}^{-1};$$

α_{σ} – коефіцієнт лінійного розширення матеріалу болта (приймаємо для болта сталь 20), $\alpha_{\sigma} = 12,410^{-6} \cdot ^{\circ}\text{C}^{-1}$ [8],

t_{ϕ} – розрахункова температура неізольованих фланців

$$t_{\phi} = 0,96 \cdot t = 0,96 \cdot 25 = 24 \text{ }^{\circ}\text{C};$$

t_{σ} – розрахункова температура неізольованих болтів

$$t_{\sigma} = 0,95 \cdot t = 0,95 \cdot 25 = 23,5 \text{ }^{\circ}\text{C};$$

y_{σ} – лінійна податливість болтів, що визначається по формулі:

$$y_{\sigma} = \frac{l_{\sigma}}{E_{\sigma} \cdot f_{\sigma} \cdot n_{\sigma}}; \quad (28)$$

					ПОХНВ.А.00.00.00 ПЗ	лист
Змін.	лист	№ документа	підпис	Дата		34

де: E_6 – модуль подовжньої пружності матеріалу болта

$$E_6 = 2,0 \cdot 10^5 \cdot \text{МПа.}$$

f_6 – розрахункова площа поперечного перетину болта по внутрішньому діаметру, згідно таблиці [8, табл. 13.27, с.264]

$$f_6 = 2,35 \cdot 10^{-4} \cdot \text{м}^2;$$

$$y_6 = \frac{0,08}{2,0 \cdot 10^5 \cdot 2,35 \cdot 10^{-4} \cdot 36} = 4,748 \cdot 10^{-5} \text{ м / МН};$$

$y_{\text{п}}$ – лінійна податливість неметалічної прокладки, що визначається по формулі:

$$y_{\text{п}} = \frac{K_{\text{п}} \cdot h_{\text{п}}}{E_{\text{п}} \cdot \pi \cdot D_{\text{сн}} \cdot b}; \quad (29)$$

де: $K_{\text{п}}$ – коефіцієнт обтискання прокладки, для прокладок з параніта

$$K_{\text{п}} = 1,0 [8];$$

$E_{\text{п}}$ – модуль подовжньої пружності для матеріалу прокладки

$$E_{\text{п}} = 2000 \text{ МПа} [8].$$

$h_{\text{п}}$ – висота прокладки, $h_{\text{п}} = S_{\text{п}} = 2 \text{ мм.}$

$$y_{\text{п}} = \frac{0,8 \cdot 0,002}{2000 \cdot 3,14 \cdot 0,84 \cdot 0,02} = 1,52 \cdot 10^{-5} \text{ м / МН};$$

$y_{\text{ф}}$ – кутова податливість фланця, що визначається по формулі:

$$y_{\text{ф}} = \frac{[1 - \nu \cdot (1 + 0,9 \cdot \lambda'_{\text{ф}})] \cdot \psi_2}{h_{\text{ф}}^3 \cdot E_{\text{ф}}}; \quad (30)$$

де: ν , $\lambda'_{\text{ф}}$ – безрозмірні параметри, що визначаються по формулах:

$$\lambda'_{\text{ф}} = \frac{h_{\text{ф}}}{\sqrt{D \cdot s}}; \quad (31)$$

$$\lambda'_{\text{ф}} = \frac{0,03}{\sqrt{0,8 \cdot 0,006}} = 0,433;$$

$$\nu = \frac{1}{1 + 0,9 \cdot \lambda'_{\text{ф}} \cdot \left(1 + \psi_1 + \frac{h_{\text{ф}}^2}{s^2}\right)}; \quad (32)$$

де: ψ_1 – коефіцієнт, визначуваний по формулі:

					ПОХНВ.А.00.00.00 ПЗ	лист
Змін.	лист	№ документа	підпис	Дата		35

Болтове навантаження в робочих умовах визначаємо по формулі:

$$F_{\sigma 2} = F_{\sigma 1} + (1 - K_{жс}) \cdot F_{\sigma} + F_t; \quad (37)$$

$$F_{\sigma 2} = 2,242 + (1 - 0,84) \cdot 0,078 + 0,0004 = 2,255 \text{ МН};$$

Приведений момент, що вигинає, обчислюваний за формулою:

$$M_0 = \max \left\{ \begin{array}{l} 0,5 \cdot (D_{\sigma} - D_{cn}) \cdot F_{\sigma 1} \\ 0,5 \cdot [(D_{\sigma} - D_{cn}) \cdot F_{\sigma 2} + (D_{cn} - D - s_s) \cdot F_{\sigma}] \cdot \frac{[\sigma]_{20}}{[\sigma]} \end{array} \right\}; \quad (38)$$

$$M_0 = \max \left\{ \begin{array}{l} 0,5 \cdot (0,89 - 0,84) \cdot 2,242 \\ 0,5 \cdot [(0,89 - 0,84) \cdot 2,285 + (0,84 - 0,8 - 0,006) \cdot 0,078] \cdot \frac{140}{131,5} \end{array} \right\} =$$

$$= \max \left\{ \begin{array}{l} 0,56 \\ 0,066 \end{array} \right\} = 0,56 \text{ МН} \cdot \text{м}.$$

Перевірка міцності і герметичності фланцевого з'єднання

Матеріал болтів Сталь 10Г2:

Умова міцності болтів визначається по формулі:

в умовах монтажу:

$$\frac{F_{\sigma 1}}{n_{\sigma} \cdot f_{\sigma}} < [\sigma]_{\sigma}^{20}; \quad (39)$$

у робочих умовах:

$$\frac{F_{\sigma 2}}{n_{\sigma} \cdot f_{\sigma}} < [\sigma]_{\sigma}^t; \quad (40)$$

Матеріал болтів Сталь 10Г2:

де: $[\sigma]_{\sigma}^{20}$ – межа міцності для матеріалу болтів при температурі

20 °С $[\sigma]_{\sigma}^{20} = 220 \text{ МПа}$ [8 табл.11.2].

$[\sigma]_{\sigma}^t$ – межа міцності для матеріалу болтів при температурі

100 °С $[\sigma]_{\sigma}^t = 205 \text{ МПа}$ [8 табл.11.2].

• в умовах монтажу:

$$\frac{2,242}{36 \cdot 2,35 \cdot 10^{-4}} = 32,8 < 220; \quad 32,8 \text{ МПа} < 220 \text{ МПа} - \text{ умова виконується};$$

					ПОХНВ.А.00.00.00 ПЗ	лист
Змін.	лист	№ документа	підпис	Дата		37

•у робочих умовах:

$$\frac{2,255}{36 \cdot 2,35 \cdot 10^{-4}} = 33,5 < 205; \quad 33,5 \text{ МПа} < 205 \text{ МПа} - \text{ умова виконується.}$$

Умова міцності неметалічної прокладки (з пароніту) визначається по формулі:

$$\frac{F_{\sigma \max}}{\pi \cdot D_{cn} \cdot b} \leq [P_{n.p}]; \quad (41)$$

де: $[P_{n.p}]$ – тиск, що допускається, на прокладку по таблиці [8, табл. 13.28, с. 265] $[P_{n.p}] = 130 \text{ МПа}$.

$$F_{\sigma \max} = \max \{F_{\sigma 1}; F_{\sigma 2}\} = \max \{2,242; 2,285\} = 2,285 \text{ МН.}$$

$$\frac{2,255}{3,14 \cdot 0,84 \cdot 0,02} = 43,3 \leq 130; \quad 43,3 \text{ МПа} < 130 \text{ МПа} - \text{ умова виконується.}$$

Умова міцності втулки фланця для перетину обмеженого розміром S перевіряємо по формулі:

$$\sqrt{(\sigma_0 + \sigma_m)^2 + \sigma_t^2} - (\sigma_0 + \sigma_m) \cdot \sigma_t \leq \phi \cdot [\sigma_o]; \quad (42)$$

де: σ_0 – максимальна напруга в перетині, обмеженому розміром S, визначається по формулі:

$$\sigma_0 = \psi_3 \cdot \sigma_1; \quad (43)$$

де: ψ_3 – параметр, визначуваний по графіку на рис.13.18

[8], при відношенні $S_1/S_0 = 1$ і $D^* = D = 0,8 \text{ м}$, оскільки $D > 20 \cdot S \cdot 0,8 > 200,006 = 0,12 \text{ м}$), $\psi_3 = 1,0$;

σ_1 – максимальна напруга в перетині s_1 фланця, визначається по формулі:

$$\sigma_1 = \frac{T_{\phi} \cdot M_0 \cdot \nu}{D^* \cdot (s_1 - c)^2}; \quad (44)$$

де: T_{ϕ} – безрозмірний коефіцієнт, визначуваний по формулі:

$$T_{\phi} = \frac{D_{\phi}^2 \cdot \left[1 + 8,55 \cdot \lg \left(\frac{D_{\phi}}{D} \right) \right] - D^2}{(1,05 \cdot D^2 + 1,945 \cdot D_{\phi}^2) \cdot \left(\frac{D_{\phi}}{D} - 1 \right)}; \quad (45)$$

						ПОХНВ.А.00.00.00 ПЗ	лист
Змін.	лист	№ документа	підпис	Дата			38

$$\sigma_{\kappa} = 0.56 \cdot [1 - 0.09 \cdot (1 + 0.9 \cdot 0.433)] \cdot \frac{13.4}{(0.8 \cdot 0.03^2)} = 9.1 \text{ МПа};$$

Умова герметичності фланцевого з'єднання визначається кутом повороту фланця по формулі:

$$\theta = \left(\frac{\sigma_{\kappa}}{E} \right) \cdot \left(\frac{D}{h_{\phi}} \right) \leq [\theta]; \quad (49)$$

де: $[\theta]$ – кут повороту фланця, що допускається, приймається для плоских фланців $[\theta] = 0,013$ рад;

$$\theta = \left(\frac{9.1}{2.0 \cdot 10^5} \right) \cdot \left(\frac{0.8}{0.03} \right) = 0,0012 \text{ рад} < 0,013 \text{ рад}.$$

Умова герметичності фланцевого з'єднання виконується.

3.4 Розрахунок зміцнення отворів

Корпус апарату, днище, кришка забезпечуються необхідною кількістю штуцерів для підключення його до технологічних ліній, огляду і ремонту апарату і тому подібне. Отвори не тільки зменшують площу матеріалу корпусу або днища, що несе, кришки, але і викликають високу концентрацію напруги поблизу краю отвору.

Приймаємо конструктивно на кришці корпусу апарату чотири отвори:

- $D_y = 300$ мм – люк для огляду внутрішніх устроїв.

Люк 2-300-16-33 ОСТ 26-2004-77.

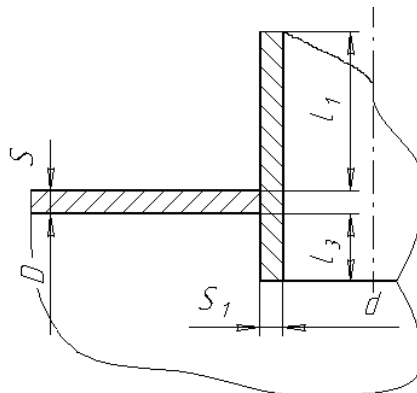


Рисунок 3.4 – Ескіз зміцнення отвору.

Найбільший діаметр отвору, що не вимагає зміцнення в еліптичній кришці корпусу, визначається по формулі:

$$d_0 = 2 \cdot \left(\frac{s-c}{s_p} - 0,8 \right) \cdot \sqrt{D_e \cdot (s-c)}; \quad (50)$$

де: s_p – розрахункова товщина стінки кришки, $s_p = 3,56$ мм.

$$d_0 = 2 \cdot \left(\frac{12-2}{3.56} - 0,8 \right) \cdot \sqrt{800 \cdot (12-2)} = 359.6 \text{ мм.}$$

Отже, отвори в кришці зміцнення не вимагає.

Так запас міцності перевищує потрібний, то від застосування накладного листа можна відмовитися, зміцнення отвору відбудеться за рахунок надмірної товщини стінки кришки і патрубка.

3.5 Розрахунок и вибір опори

Вибір типу опори залежить від ряду умов: місця установки апарату, співвідношення висоти і діаметра апарату, його маси і т.д. При відношенні H / D більше 5 обрана опора, зображена на кресленні колони. За ОСТ 26-467-78 вибираємо циліндричну опору виконання 3 і проводимо перевірочні розрахунки.

З таблиці (4, VI.1) насипна щільність насадки

$$\rho = 650 \text{ кг/м}^3,$$

тогда масса насадки

$$m_1 = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot H \cdot \rho \quad (51)$$

$$m_1 = \frac{3,14 \cdot 0,8^2}{4} \cdot 10,2 \cdot 650 = 3331 \text{ кг.}$$

Маса обичайки колони з урахуванням сепарації простору

$$m_2 = \pi \cdot (D + s) \cdot s \cdot H \cdot \rho \quad (52)$$

$$m_2 = 3,14 \cdot (0,8 + 0,012) \cdot 0,012 \cdot 14,6 \cdot 7850 = 3507 \text{ кг.}$$

					ПОХНВ.А.00.00.00 ПЗ	лист
Змін.	лист	№ документа	підпис	Дата		41

Маса оснащення колони приймається в розмірі 20% від маси обичайки

$$m_3 = 0,2 \cdot m_2 \quad (53)$$

$$m_3 = 0,2 \cdot 3507 = 701 \text{ кг.}$$

Об'єм колони $V = 5,8 \text{ м}^3$, тоді маса води при гідравлічних випробуваннях

$$m_4 = V \cdot \rho_{\text{в}} \quad (54)$$

$$m_4 = 5,8 \cdot 1000 = 5800 \text{ кг.}$$

Наведена навантаження на опору

$$Q = (m_1 + m_2 + m_3 + m_4) \cdot g \quad (55)$$

$$Q = (3331 + 3507 + 701 + 5800) \cdot 9,81 = 130,9 \cdot 10^3 \text{ Н} = 130,9 \text{ кН.}$$

Міцність зварного з'єднання опори з корпусом визначаємо за умовою

$$\sigma = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot D \cdot a_1} \leq \varphi_s \cdot [\sigma], \quad (56)$$

де $a_1 = 6 \text{ мм}$ - розрахункова товщина зварного шва; φ_s - коефіцієнт міцності зварного шва, зазвичай приймається $\varphi_s = 0,7$.

Тоді

$$\sigma = \frac{4 \cdot 130,9 \cdot 10^3}{3,14 \cdot 800 \cdot 6} = 34,7 \text{ МПа} \leq 0,7 \cdot 147 = 103 \text{ МПа.}$$

Отже, умова міцності зварного шва виконується.

По ОСТ 20-467-78 [2, с. 288, табл. 14.10, с.288, табл. 14.11] вибираємо опору:

1-800-0,25-0,125-800, яка має наступні параметри:

- зовнішній діаметр = 1080 мм;
- діаметр болтової окружності = 960 мм;
- число болтів = 6 шт;
- товщина опорного кільця = 20 мм.

					ПОХНВ.А.00.00.00 ПЗ	лист
Змін.	лист	№ документа	підпис	Дата		42

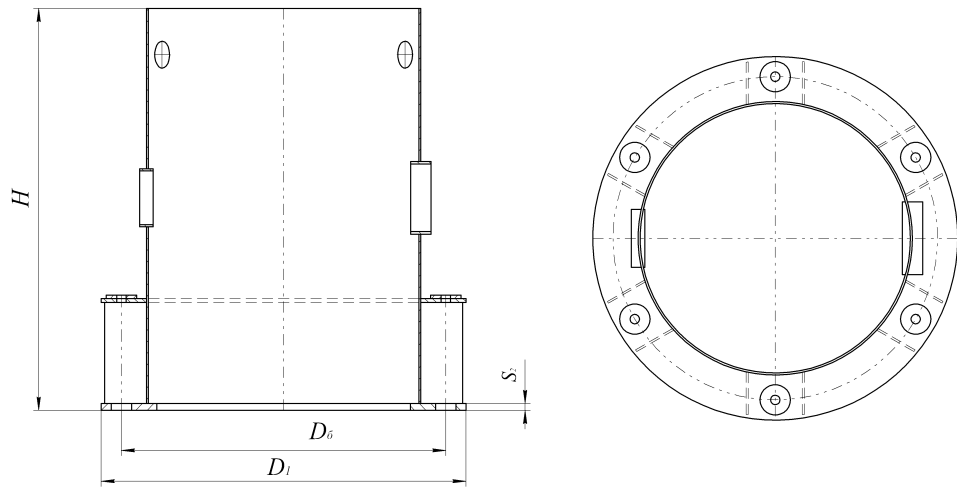


Рисунок. 3,5 - Опора абсорбційної колони

					ПОХНВ.А.00.00.00 ПЗ	лист
Змін.	лист	№ документа	підпис	Дата		43

4. Організація монтажних та ремонтних робіт [11,12]

Монтаж, випробування й ремонт насадкових і тарілчастих колонних апаратів

Негабаритні колони діаметром 5-12 м, що поставляються блоками, збираються на монтажній площадці із використанням складальних стендів — роликів або канатних. Роликовий стенд складається зі звареної металевої рами, привода, облицьованих гумою приводних і холостих роликів. Перестановка роликів опор у напрямних дозволяє збирати апарати різного діаметра. Канатний стенд має кілька опор, у яких стикувальні блоки підвішуються на канатах.

На складальних стендах (рис. 4.1) здійснюються перевірка блоків із осьовим переміщенням і обертанням, а також зварювання. Для зварювання кільцевих швів стенди обладнані перекидними містками, на яких розташовується зварювальне устаткування. Шви днищ варяться вручну, кільцеві шви обичайок — вручну або зварювальним автоматом.

Стикування блоків проводиться із застосуванням пристроїв, що забезпечують з'єднання країв. Залежно від прийнятого способу монтажу (укрупненими блоками або повністю зібраного апарата) на стенді здійснюється збирання всього апарата або тільки укрупнених блоків, що складаються із 2-3 блоків поставки.

При монтажі укрупненими блоками після установки в проектне положення чергового блоку проводиться монтаж тарілок,

					ПОХНВ.А.00.00.00 ПЗ	лист
Змін.	лист	№ документа	підпис	Дата		44

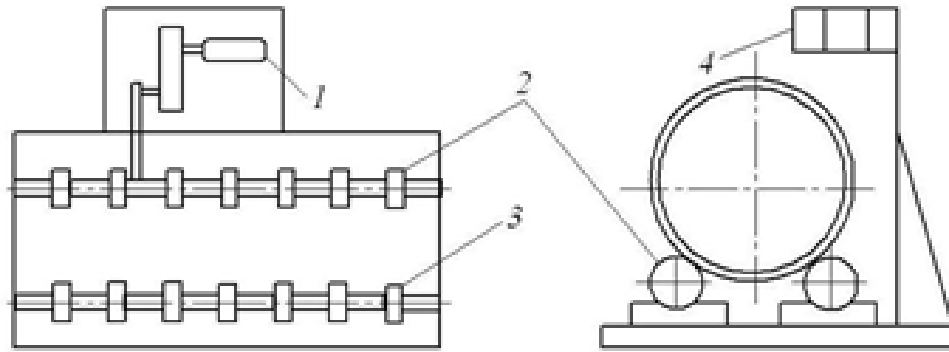


Рисунок 4.1 — Стенд для автоматичного зварювання колонної апаратури:

1 – привод; 2 – приводні ролики; 3 – холості ролики; 4 – площадка для зварювальника

При монтажі повністю зібраного апарата спочатку він збирається із блоків, а потім приварюється опора.

Стикувальні частини апарата підтягують одна до одної трубоукладачами або тракторами. Для збігу стиків по всьому периметру до країв однієї зі стикувальних частин приварюють вісім і більше напрямних планок (рис.4.2), які після прихоплювання стику короткими звареними швами зрізають газокисневим різанням. Подібні напрямні планки використовують і при установці одного блока на інший у вертикальному положенні (при монтажі блоками). Стикування роблять строго за заводськими контрольними рисками або кернами, нанесеними на корпусах, які ретельно з'єднуються, а також за маркуванням на деталях. Відхилення розмірів стикувальних ділянок повинні бути в межах допустимих норм: зсув країв у кільцевих швах не повинен перевищувати 10 % від товщини листа апарата, а у випадку двошарової сталі повинен бути не більше товщини плакувального шару. Припасування стиків, наприклад, місцевим підтягуванням, роздачею, роблять інструментами

й пристроями, застосовуваними на машинобудівних заводах: гвинтовими струбцинами (рис.4.3), стяжними клинами (рис. 4.4) та ін.

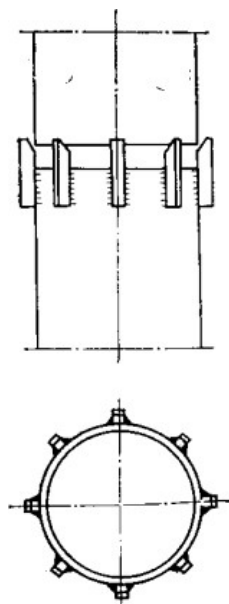


Рисунок 4.2 — Стикування обичайок

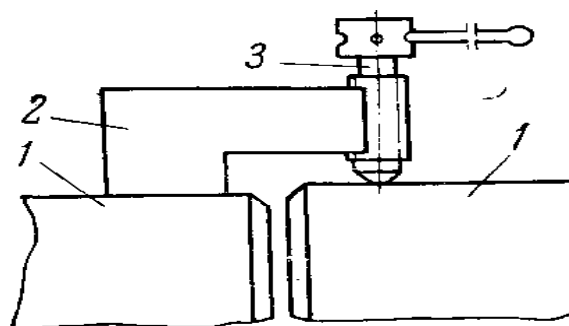


Рисунок 4.3 — Гвинтова струбцина для підготовки країв:

1- обичайка; 2 – струбцина; 3 –гвинт

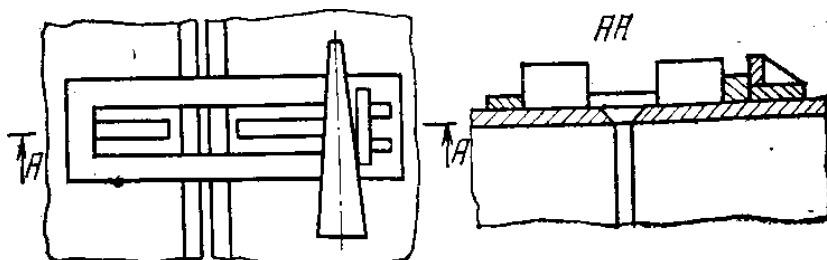


Рисунок 4.4 — Підганяння країв обичайки за допомогою клина

Змін.	лист	№ документа	підпис	Дата

ПОХНВ.А.00.00.00 ПЗ

лист

46

Установка апаратів у проектне положення. Технологія підймання апарата є складовою частиною проекту проведення монтажних робіт. Проектом передбачається докладна схема підйому, зазначаються місця установки щогл або кранів, їхнє положення на різних етапах підйому, розташування розчалювань, лебідок, відвідних тросів, поліспастів і т.д. У цьому ж проекті наводяться технічні характеристики усіх підймальних засобів.

Зусилля, випробовувані елементами такелажного оснащення при підйманні апаратів, змінюються в широкому інтервалі. Розрахунок цих елементів роблять на максимальне зусилля.

Ступінь складності установки колонних апаратів у проектне положення визначається їхніми габаритними розмірами (висотою й діаметром), масою, а також висотою фундаменту (постаменту). Підймання апаратів здійснюють кранами або за допомогою щогл.

Застосовують два основних способи підйому: ковзання й поворот навколо шарніра (рис. 4.5).

При підйомі апарата з ковзанням опорної частини по землі щогли встановлюють по обох боках від фундаменту (рис. 4.5а). Підймальний апарат попередньо підтягують тракторами як можна ближче до фундаменту так, щоб його вісь була перпендикулярна до площини обох щогл. При підйманні верху апарата його опорна частина наближається до фундаменту, сковзаючи по заздалегідь підготовленій основі на башмаку, що захищає опорні конструкції від поломки або деформації. Щоб регулювати рух опорної частини й запобігти тим самим ривкам або ударам по фундаменту, нижню частину апарата страхують відтяжним тросом. Коли вісь апарата наближається до вертикального положення, його опорну частину відривають від землі. Далі апарат піднімають над фундаментом, за допомогою відтяжних тросів надають йому проектної орієнтації й

					ПОХНВ.А.00.00.00 ПЗ	лист
Змін.	лист	№ документа	підпис	Дата		47

опускають на фундамент. Перед зняттям строп перевіряють положення апарата й затягують фундаментні болти.

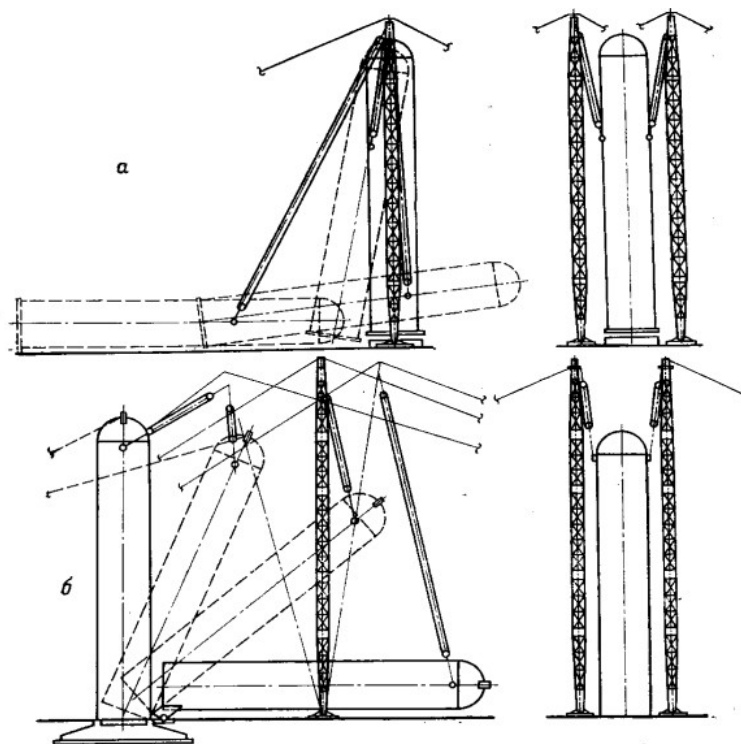
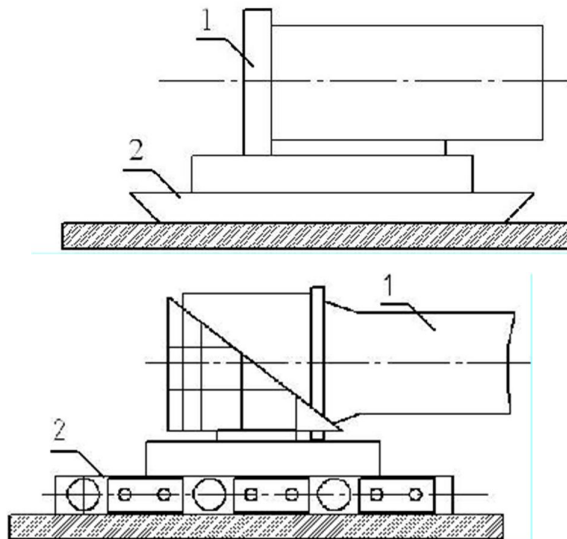


Рисунок 4.5 — Способи підймання колонного апарата

а – способом ковзання опорної частини; б – поворотом навколо шарніра

Пристрої для ковзання і повороту. Підйом методом ковзання забезпечує горизонтальне переміщення опори апарата. При підйманні кранами допустиме відхилення поліспасти від вертикалі не повинне перевищувати 3° , тому обов'язковим є підтягання опори апарата лебідкою. При монтажі будь-яким способом опора апарата може підвішуватися краном і ковзає практично на підвісці. Для великих апаратів використовуються спеціальні сани або візки (рис. 4.6 а), які переміщуються по рейкових шляхах, виготовлених у вигляді інвентарних секцій. Для запобігання скачуванню апарата з візка з двох боків на нього укладаються шпали. Візки використовуються також для розвертання апарата в горизонтальній площині.



а) б)

Рисунок 4.6 - Пристрої для ковзання апарата:

а) 1 – апарат; 2 – сани б) 1 – апарат; 2 – шарнірно-поворотна опора

Якщо укладанню апарата на візку заважають штуцери, використовується візок із хомутом, а також із шарнірною опорою, що дозволяє плавно переводити апарат із горизонтального положення у вертикальне. Підтягання саней здійснюється лебідкою або трактором.

Візки для пересування устаткування в монтажній зоні легко виготовляються на виробничих базах монтажних організацій. Монтажні сани застосовуються при вазі апаратів до 100 кН. Сани і візки переміщуються лебідками з поліспастом або тракторами. Коефіцієнт тертя-ковзання для саней змінюється від 0,7 (сталь по суглинку і супіску)

до 0,3 (сталь по піску і глині). Коефіцієнт тертя-ковзання для пари сталь – сталь становить 0,15, а за наявності мастила 0,05–0,12; коефіцієнт тертя кочення тієї самої пари дорівнює для візків 0,005.

Сани з опорними елементами у вигляді сідел виконуються універсальними, тобто мають нагоду заміни сідел, а сідла забезпечуються

					ПОХНВ.А.00.00.00 ПЗ	лист
Змін.	лист	№ документа	підпис	Дата		49

шарніром для повороту апарата. Для рівномірної передачі навантаження на катки візків катки підвішуються до рами попарно на балансирах. Якщо транспортування апарата здійснювалося по залізниці, залізничні колії продовжуються прямо до фундаменту, і роль візка для ковзання низу апарата виконує залізнична платформа.

Підймання апарата поворотом навколо шарніра (рис. 4.5б) може виконуватися двома способами. У першому випадку поворотний шарнір монтується на фундаменті (рис. 4.7), а у другому — як поворотний пристрій для підняття апаратів використовується шарнір на розрізній опорі. Опора апарата встановлюється в проектне положення, перевіряється та кріпиться до фундаменту анкерними болтами. Розмічається місце розрізування опори. Нижче місця розрізу приварюються нижні частини шарніра, вище — верхні частини шарніра. Після цього опору розрізають, краї підготовляються до наступного зварювання після завершення монтажу, відрізнена частина опори повертається на 90° , і до неї пристискається й приварюється встановлений апарат. До підйому на апарат наноситься ізоляція, встановлюються кожухи, площадки для обслуговування, трубопроводи. Можлива зворотна послідовність установки шарніра.

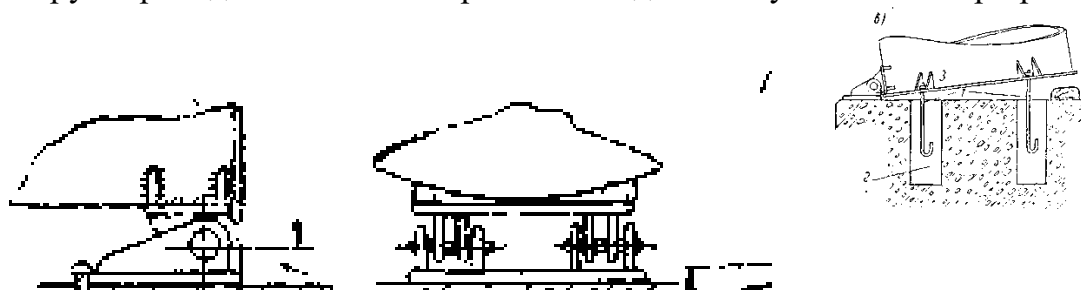


Рисунок 4.7 — Підймання апарата поворотом навколо шарніра:

а – конструкція шарніра; в – установлення апарата на фундамент: 1- анкерний болт; 2-колодязь; 3 –лапи апарата

					ПОХНВ.А.00.00.00 ПЗ	лист
Змін.	лист	№ документа	підпис	Дата		50

В останній момент виведення апарата у вертикальне положення з одночасною посадкою на фундамент останній під дією більших сил інерції може повернутися навколо шарніра. Щоб запобігти цьому, до верхньої частини апарата, що піднімається, прив'язують відтяжний трос (гальмове відтягнення), за допомогою якого здійснюють плавну посадку на фундамент.

Порівнюючи способи ковзання й повороту, можна відзначити такі їх переваги і недоліки. Підняття способом ковзання з відривом апарата від землі є найбільш простим, потребує мінімальних витрат на підготовчі роботи й оснащення. Однак при цьому способі вантажопідйомність монтажних механізмів повинна дорівнювати вазі апарата або перевищувати її. Іншим недоліком цього методу є підвищена вимога до перевірки такелажного оснащення, оскільки максимальне навантаження на оснащення впливає тільки наприкінці піднімання.

Підняття способом повороту навколо шарніра вимагає більш високих витрат на підготовчі й допоміжні роботи. Ці витрати пов'язані із виготовленням і установкою шарніра, а також із додатковими заходами для сприйняття горизонтальних навантажень на фундамент. Однак при цьому способі вантажопідйомність монтажних механізмів може бути значно меншою від ваги апарата (небагато більше 50 % від ваги апарата). Перевагою цього методу є також те, що максимальне навантаження на такелажне оснащення діє у перші моменти підняття, а потім у міру піднімання апарата зменшується. Це дозволяє на початку підняття після відриву апарата від землі дати витримку і перевірити стан оснащення при повному навантаженні. В останній момент виведення апарата у вертикальне положення з одночасною посадкою на фундамент останній під дією більших сил інерції може повернутися навколо шарніра. Щоб запобігти цьому, до верхньої частини апарата, що піднімається, прив'язують

					ПОХНВ.А.00.00.00 ПЗ	<i>лист</i>
<i>Змін.</i>	<i>лист</i>	<i>№ документа</i>	<i>підпис</i>	<i>Дата</i>		51

відтяжний трос (гальмове відтягнення), за допомогою якого здійснюють плавну посадку на фундамент.

Порівнюючи способи ковзання й повороту, можна відзначити такі їх переваги і недоліки. Підняття способом ковзання з відривом апарата від землі є найбільш простим, потребує мінімальних витрат на підготовчі роботи й оснащення. Однак при цьому способі вантажопідйомність монтажних механізмів повинна дорівнювати вазі апарата або перевищувати її. Іншим недоліком цього методу є підвищена вимога до перевірки такелажного оснащення, оскільки максимальне навантаження на оснащення впливає тільки наприкінці піднімання.

Підняття способом повороту навколо шарніра вимагає більш високих витрат на підготовчі й допоміжні роботи. Ці витрати пов'язані із виготовленням і установкою шарніра, а також із додатковими заходами для сприйняття горизонтальних навантажень на фундамент. Однак при цьому способі вантажопідйомність монтажних механізмів може бути значно меншою від ваги апарата (небагато більше 50 % від ваги апарата). Перевагою цього методу є також те, що максимальне навантаження на такелажне оснащення діє у перші моменти підняття, а потім у міру піднімання апарата зменшується. Це дозволяє на початку підняття після відриву апарата від землі дати витримку і перевірити стан оснащення при повному навантаженні.

					ПОХНВ.А.00.00.00 ПЗ	<i>лист</i>
<i>Змін.</i>	<i>лист</i>	<i>№ документа</i>	<i>підпис</i>	<i>Дата</i>		52

4.2 Ремонт насадкових колон.

При ремонті й обслуговуванні насадкових колон основна увага повинна приділятися очищенню внутрішніх пристроїв апарата, його корпусу й заміні насадкових кілець.

За допомогою лебідки, цебра й крана-укосини на верх колони (або до будь-якого люка) подаються нові насадкові кільця й опускаються вниз старі або такі, що закоксувалися. Для завантаження й вивантаження насадки, як правило, використовуються цебра із днищем, що відкриваються, і змінні переносні лотки, завдяки чому трудомісткі роботи значно скорочуються.

Для вивантаження насадкових кілець можуть використовуватися стаціонарні лотки, які встановлюються або зовні, або усередині обслуговуючих площадок. Швидкості падаючих кілець гасяться наприкінці лотка. Для цього передбачається бункер із затвором-шибером, яким регулюється надходження кілець у пересувний контейнер, що постачає їх у самоскид або спеціальний контейнер.

Насадкові кільця подаються до апарата акумуляторним навантажувачем або іншими видами транспорту у спеціальному бункері (цебрі). Останній піднімається за допомогою пересувної електричної талі на верхню оцінку, переміщається по монорейці до осі відкритого прорізу й опускається на лоток, з'єднаний із відкритим завантажувальним люком колони.

При ослабленні натягу стріли нижній клапан цебра відкривається, і насадка висипається в апарат. Нижні секції колони завантажуються аналогічно, лише попередньо відкриваються прорізи, монтується лоток на найближчій площадці й встановлюються тимчасові огороження. Верхня частина колони завантажується насадкою після зняття верхньої кришки апарата.

					ПОХНВ.А.00.00.00 ПЗ	<i>лист</i>
<i>Змін.</i>	<i>лист</i>	<i>№ документа</i>	<i>підпис</i>	<i>Дата</i>		53

Після ремонту проводиться гідравлічне або пневматичне випробування апарата на щільність та герметичність. За відсутності порушень у роботі колона забирається з ремонту з оформленням акта.

Випробування колонних апаратів.

Нові колони, а також колони, корпуси яких зазнавали значного ремонту, обпресовують. Обпресовування з метою перевірки міцності і щільності апарату проводиться на пробне тиск, величину якого встановлюють залежно від робочого тиску і вказують в паспорті або технологічною картою. При такому тиску апарат витримують протягом 5 хв, після чого тиск повільно знижують до робочого і приступають до огляду корпусу, одночасно оббивають зварні шви молотком.

При гідравлічної обпресування високих колонних апаратів слід враховувати величину гідростатичного стовпа обпресувальна води; тому перед обпресуванням по паспорту або розрахунком перевіряють допустимість гідравлічного випробування в робочому положенні. Воно може проводитися, якщо навантаження на стінку нижнього пояса апарату від суми пробного тиску і тиску стовпа рідини не перевищує 0,8 величини межі текучості металу корпусу при температурі обпресування.

У тих випадках, коли зазначена умова не виконується або виникає небезпека перевантаження фундаменту апарату, з дозволу і в присутності інспектора Держнаглядохоронпраці можна виробляти обпресування колон повітрям або інертним газом. До пневматичної обпресовке вдаються також тоді, коли за умов технологічного процесу присутність води в колоні може викликати аварію при виході її на робочий режим.

Апарат, що знаходиться під тиском повітря, обстукувати молотком не можна; зварні шви обстукують до початку обпресування. У момент підвищення тиску стояти поблизу апарату заборонено.

					ПОХНВ.А.00.00.00 ПЗ	<i>лист</i>
<i>Змін.</i>	<i>лист</i>	<i>№ документа</i>	<i>підпис</i>	<i>Дата</i>		54

Вакуумні колони піддають гідравлічному випробуванню на пробне тиск 0,2 МПа або пневматичної на тиск 0,11 МПа. Колони, що працюють при атмосферному тиску, як правило, випробовують шляхом заливання водою.

При перевірці зварних швів змазуванням їх гасом протягом 20-40 хв (В залежності від товщини кожного шва) стежать за появою плям на змащеній крейдою зворотного (зазвичай зовнішньої) стороні шва.

Ремонт колонних апаратів. Основним видом зносу колон масообмінної апаратури є забивання колони відкладеннями і корозія її елементів. Зміст операцій і їх число при розбиранні колони залежить від її діаметра. Колони діаметром <0,8 робляться царговими на фланцях, колони діаметром > 0,8 м-звареними. Царгові колони розбираються повністю. Вантажопідйомний механізм повинен бути встановлений вище колони, що дозволяє зняти всі царги по черзі. При неможливості встановлення вантажопідйомного механізму вище колони демонтаж починається з нижньої царги при підйомі інших царг.

Суцільнозварні колони при ремонті частіше за все не демонтуються. Демонтуються тільки внутрішні пристрої колон.

					ПОХНВ.А.00.00.00 ПЗ	<i>лист</i>
<i>Змін.</i>	<i>лист</i>	<i>№ документа</i>	<i>підпис</i>	<i>Дата</i>		55

5. Охорона праці [13.14]

Види посудин та установок, що працюють під тиском. Герметизовані системи, у яких під тиском перебувають стиснуті гази і рідини (нерідко токсичні, пожежо- і вибухонебезпечні або ті, що мають високу температуру), широко застосовуються в сучасному виробництві.

Такі системи є джерелом підвищеної небезпеки, і тому при їх проектуванні, виготовленні, експлуатації та ремонті слід строго дотримуватися встановлених правил і норм. До розглянутих установок, посудин і систем належать парові й водогрійні котли, економайзери і пароперегрівники; трубопроводи пари, гарячої води і стиснутого повітря; посудини, цистерни, бочки; балони; компресорні установки; установки газопостачання.

Причини аварій та нещасних випадків при експлуатації систем, що працюють під тиском.

Основними Причинами аварій та нещасних випадків при експлуатації систем, що працюють під тиском є:

- Неякісне виготовлення монтажних чи ремонтних посудин, апаратів трубопроводів.
- Порушення технологічного режиму та правил експлуатації
- Несправність запобіжних пристроїв, контрольно-вимірювальних приладів, корозія металу.

Причинами аварій балонів із зрідженими, стисненими та розчиненими газами є:

- дефекти зварних швів, різьби вентиля, горловини балона;
- перевищення тиску газу в балоні
- нагрівання балона під дією сонячних променів, відкритого вогню, надзвичайно швидкого наповнення газом;

					ПОХНВ.А.00.00.00 ПЗ	лист
Змін.	лист	№ документа	підпис	Дата		56

- падіння та удари балонів;
- потрапляння мастила на вентиль кисневого балона

Основними причинами аварій під час експлуатації парових та водогрійних котлів можуть бути:

- різке зниження рівня води внаслідок порушення герметичності системи;
- несправність запобіжних пристроїв та контрольно-вимірювальних
- утворення накипу
- корозія металу

До основних причин аварій та вибухів компресорних установок належать:

- тріщини,
- пропуски у зварних швах
- підвищення температури стисненого повітря або нагрівання частин компресорної установки вище допустимого внаслідок незадовільного охолодження;
- підвищення тиску вище допустимого внаслідок несправності засобів захисту;
- потрапляння пилу, вологи, парів мастильних речовин, гасу, бензину

Причинами розгерметизації в системах трубопроводів для стисненого повітря, газу чи пари можуть бути:

- дефекти при зварюванні труб;
- корозія металу і, як наслідок, зменшення товщини стінок труб;
- підвищення тиску вище допустимого; замерзання конденсату;
- деформації внаслідок теплового розширення; механічні пошкодження трубопроводів.

					ПОХНВ.А.00.00.00 ПЗ	лист
Змін.	лист	№ документа	підпис	Дата		57

Безпека при експлуатації установок кріогенної техніки. До основних кріогенних продуктів належить продукти низькотемпературного поділу повітря: азот, кисень, аргон, метан, водень, гелій.

Під час роботи з кріогенними продуктами можливі наступні небезпеки:

- опіки внаслідок потрапляння кріогенних продуктів на відкриті ділянки тіла та в очі, доторкання до предметів, що знаходяться при низьких кріогенних температурах, проникнення низькотемпературної пари кріогенних продуктів у легені;

- обмороження внаслідок глибокого охолодження ділянок тіла у разі контакту з кріогенними продуктами;

- руйнування устаткування внаслідок термічних деформацій та холодноламкості матеріалів;

- витікання кріогенних продуктів унаслідок розгерметизації устаткування через неоднакові термічні деформації його частин;

- вибухове руйнування устаткування внаслідок підвищення тиску через закипання чи випаровування кріогенних рідин у замкнутих об'ємах при зміні режимів роботи або внаслідок природних теплов потоків.

Захист від опіків та обмороження:

- ерметизацію,
- теплоізоляцію,
- огороження устаткування,
- попереджувальні написи

					ПОХНВ.А.00.00.00 ПЗ	лист
Змін.	лист	№ документа	підпис	Дата		58

Термічні деформації в устаткуванні для криогенних продуктів можна зменшити шляхом застосування компенсаційних елементів та матеріалів з однаковими коефіцієнтами лінійного розширення.

Для запобігання руйнування устаткування внаслідок значного підвищення тиску на посудинах та трубопроводах з криогенними рідинами встановлюються запобіжні пристрої (клапани, мембрани тощо).

Приміщення, в яких використовуються чи зберігаються криогенні продукти, повинні бути обладнані припливно-витяжною вентиляцією, причому приплив здійснюється зверху, а витяжка - знизу. Вентиляція повинна автоматично вмикатись у разі перевищення допустимої концентрації криогенного продукту в приміщенні. Для стікання пролитих криогенних продуктів необхідно вздовж стін приміщення чи під підлогою встановити канали з нахилом 1:100 або 1: 500 у бік забірною пристрою аварійної вентиляції.

В процесі роботи інженер з охорони праці повинен: [6]

проводити вступний інструктаж з охорони праці працівникам при прийомі на роботу;

- організувати проведення первинного та періодичних інструктажів на робочих місцях;
- організувати проведення періодичних медичних оглядів працівників;
- організувати навчання посадових осіб та працівників з питань охорони праці та спеціальне навчання працівників, зайнятих на роботах з підвищеною небезпекою;
- організувати забезпечення працівників спецодягом, спецвзуттям та засобами індивідуального захисту;
- проводити розслідування нещасних випадків;
- проводити атестацію робочих місць;

					ПОХНВ.А.00.00.00 ПЗ	<i>лист</i>
<i>Змін.</i>	<i>лист</i>	<i>№ документа</i>	<i>підпис</i>	<i>Дата</i>		59

- оформити куток з охорони праці для проведення навчання та інструктажів;
- проводити оперативний контроль за станом охорони праці та безпечного виконання робіт шляхом проведення перевірок згідно з методикою та видання приписів на виконання виявлених порушень.

					ПОХНВ.А.00.00.00 ПЗ	<i>лист</i>
<i>Змін.</i>	<i>лист</i>	<i>№ документа</i>	<i>підпис</i>	<i>Дата</i>		60

Список літератури

1. Основні процеси і апарати хімічної технології: Посібник з проектування / За ред. докт. техн. наук проф.Ю.І. Дитнерского.- М .: Хімія, 1983. - 272 с.

2. Касаткін А.Г. Основні процеси та апарати хімічної технології, 8-е вид. перероб. М .: Хімія, 1971. - 784 с.

3. Лашинський А.А., Толчинський А.Р. Основи конструювання і розрахунку хімічної апаратури / Під ред. інж. Н.Н.Логінова. 2-е вид. перероб. і доповн. Л .: Машинобудування, 1970. - 752 с.

4. Павлов К.Ф., Романків П.Г., Носков А.А. Приклади і задачі по курсу процеси та апарати хімічної технології: Навчальний посібник для вузів (Під ред .П.Г.Романкова, 9-е вид., Перероб. та доповн. Л .: Хімія, 1981. - 560 с.

5. Чорнобильський І.І., Бондар А.Г., Гаєвський Б.А. та ін. Машини і апарати хімічних виробництв. / Під ред. І.І.Чернобильського, 3-е вид., Перероб. та доповн. М .: Машинобудування, 1975. - 456 с.

6. Лашинський А.А. Конструювання зварних хімічних апаратів: Довідник / За ред. канд. техн. наук А.Р. Толчинського. Л .: Машино-будування, 1981 - 382 с.

7. ГОСТ 14249-89. Судини і апарати. Норми і методи розрахунку на іншність. - Натомість ГОСТ 14249-89; Введ. 18.05.89. - М .: Гос. ком. СРСР по стандарт, 1989. - 80 с, іл.

8. ДСТУ 3-17-191-2000. Посудини та апарати сталеві зварні. Загальні технічні умови. - На заміну ОСТ 26-291-94; Введ. 16.02.2000. - К .: Державний комітет промислової політики України, 2000. - 301 с, іл.

9. ДНАОП 0.00-1.07-94. Правила будови і безпечної експлуатації посуд, що працюють під тиском. Введ. 01.03.1995. - К .: Державний комітет України по нагляду за охороною праці, 1994. - 200 с, іл.

10. ОСТ 26-2091-93. Опори горизонтальних судин і апаратів. НШіммаш

					ПОХНВ.А.00.00.00 ПЗ	лист
Змін.	лист	№ документа	підпис	Дата		61

11. Фарамаз С.А. Ремонт і монтаж обладнання хімічних і нафтопереробних заводів. 2-ге вид., Перероб.-М. : Хімія, 1980.-312 с.

12. Єрмаков В.І., Шеїн В.С. Ремонт і монтаж хімічного обладнання. Л., "Хімія", Ленінградське відділення, 1981

13. Долін П.А. Охорона праці в промисловості будівельних матеріалів та будівництва. М. Енергія 1980р.

14. Макаров Г.В., Стрельчук Н.А. "Охорона праці в хімічній промисловості". М. : Хімія, 1977, - 568с.

					ПОХНВ.А.00.00.00 ПЗ	лист
Змін.	лист	№ документа	підпис	Дата		62