

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

ЗАТВЕРДЖУЮ
Зав. кафедри

підпис, дата

Кваліфікаційна робота бакалавра

зі спеціальності 133 "Галузеве машинобудування"

Освітня програма "Обладнання нафто- та газопереробних підприємств"

Тема роботи: Установка очищення вуглеводневого газу від сірководню. Розробити теплообмінник для нагрівання насиченого розчину моноетаноламіну.

Виконав:

студент групи ХМ-71

Криводуб Д.Г.

підпис

Залікова книжка

№ _____

Кваліфікаційна робота бакалавра
захищена на засіданні ЕК

Керівник:

з оцінкою _____

" ____ " _____ 20__ р.

дата

підпис,

Підпис голови

(заступника голови) комісії

СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ ТА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
Кафедра хімічної інженерії

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

Курс 4 Група ХМ-71 Семестр 8

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА

студенту Криводубу Д.Г.

Тема проекту: Установка очищення вуглеводневого газу від сірководню.
Розробити теплообмінник для нагрівання насиченого розчину
моноетаноламіну.

2 Вихідні дані: Гарячий теплоносій (у міструбному просторі) - регенований розчин МЕА у кількості $G_{г} = 85000$ кг/год з початковою температурою $t_{гп} = 120$ °С. Холодний теплоносій (у трубному просторі) - насичений розчин МЕА у кількості $G_{х} = 90000$ кг/год, що нагрівається від початкової температури $t_{хп} = 50$ °С до кінцевої температури $t_{хк} = 90$ °С. Розробити кожухотрубчастий теплообмінник з плаваючою голівкою

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

1. Технологічна схема установки	1	-	арк.
2. Складальне креслення апарату	1	-	арк.
3. Креслення деталей і вузлів апарату	2	-	арк.

4 Рекомендована література Дытнерский Ю.И. Основные процессы и аппараты химической технологии: пос. по проект. / Ю.И. Дытнерский. - М.: Химия. 1991. - 496 с. Кузнецов А.А Расчеты основных процессов и аппаратов переработки углеводородных газов: Справочное пособие/ А.А Кузнецов, Е.Н. Судаков - Москва: Химия, 1983.

5 Етапи виконання кваліфікаційної роботи:

Етапи та розділи проектування	ТИЖНІ				
	1	2,3	4,5	6,7	8
1 Вступна частина	x				
2 Технологічна частина		xx			
3 Проектно-конструкторська частина			xx		
4 Розробка креслень				xx	
5 Оформлення записки					x
6 Захист роботи					x

6 Дата видачі завдання _____

Керівник _____

підпис

Реферат

Пояснювальна записка: 55 с., 4 рис., 2 табл., 2 додатки, 12 джерел.

Графічні матеріали: технологічна схема установки, складальне креслення апарата – всього 2 аркуша формату А1.

Тема проекту " Установка очищення вуглеводневого газу від сірководню. Розробити теплообмінник для нагрівання насиченого розчину моноетаноламіну. ".

Наведено теоретичні основи і особливості процесу теплообміну у процесі очищення вуглеводневого газу від сірководню, виконані розрахунки матеріального і теплового балансів процесу, виконані технологічні розрахунки апарата, визначені його розміри, обґрунтований вибір матеріалу для виготовлення апарату.

Ключові слова: ТЕПЛООБМІННИЙ АПАРАТ, ТЕПЛОНОСІЙ, МОНОЕТАНОЛАМІН, СІРКОВОДЕНЬ, СУШКА, ПЛАВАЮЧА ГОЛОВКА.

Зміст

Вступ.....	5
1. Теоретичні основи розроблюваного процесу. Обґрунтування вибору конструкції апарата і матеріалів	6
1.1. Опис технологічної схеми установки	12
1.2. Основний принцип роботи апарата.....	15
2. Матеріальні баланси і технологічні розрахунки.....	17
2.1. Теплові (енергетичні) баланси і розрахунки.....	17
2.2. Визначення габаритних розмірів апарата.....	24
2.3 Гідравлічний опір апарата.....	25
2.4 Вибір допоміжного обладнання.....	26
3. Розрахунки апарата на міцність та герметичність.....	30
3.1 Розрахунок товщини стінки корпусу	30
3.2 Розрахунок товщини стінки днища.....	33
3.3 Розрахунок зміцнення отворів циліндричної обичайки	35
3.4 Зміцнення отворів еліптичної кришки корпусу	36
3.5. Розрахунок фланцевого з'єднання.....	37
3.6 Вибір і розрахунок опори.....	48
4 Монтаж та ремонт апарата.....	49
5 Охорона праці.....	54
Список літератури	68

						<i>XI.T.00.00.00.ПЗ</i>		
Зм..	Арк.	№ докум	Підпис	Дата				
Розроб		Криводуб			<i>Теплообмінник кожухотрубчастий</i>	Літера	Аркуш	Аркушів
Перев.		Михайловский				у	4	55
Н. Контр.					СумДУ ХМ-71/2			
Затв.								

Вступ

Теплообмінними апаратами, або теплообмінниками, називають апарати для передачі теплоти від більш нагрітого теплоносія для менш нагрітого. У харчовій промисловості теплообмінники використовують для нагрівання й охолодження робочих середовищ під час виконання різних технологічних процесів.

Теплообмінні апарати класифікують за різними ознаками. Так, за конфігурацією поверхні теплообміну їх поділяють на: трубчасті (кожухотрубні, типу «Труба в трубі», зрошувальні, занурені), пластинчасті, спіральні, ребристі, оболонкові.

Вибираючи тип теплообмінника, враховують такі фактори: забезпечення найвищого коефіцієнта теплопередачі за якомога меншого гідравлічного опору; компактність і найменшу витрату матеріалу; надійність і герметичність у поєднанні з розбірністю і доступністю поверхні теплообміну для механічного очищення її від забруднення; уніфікацію вузлів і деталей; термодинамічні параметри робочих середовищ та їхні фізико-хімічні властивості; температурні напруження, які виникають у разі різного теплового подовження конструктивних елементів теплообмінника.

Кожухотрубчастий теплообмінник – це спеціальний пристрій, що складається з пучка трубок, поміщених в циліндричний корпус (кожух) таким чином, щоб внутрішня камера кожуха при цьому грала роль між трубного простору. До корпусу теплообмінника приварено нижні трубні дошки, в яких і вальцьовані теплообмінні труби. Для гарантії герметичності з'єднань кромки трубок можуть додатково обварюватися. До трубних дощок прикріплені камери з патрубками, які відповідають за відведення поточного всередині контуру теплообмінника середовища. Для забезпечення поперечного струму рідини і підтримки трубок є проміжні трубні решітки.

Мета роботи – розробити теплообмінник для нагрівання насиченого розчину моноетаноламіну установки очищення вуглеводневого газу від сірководню.

										Аркуш
										5
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата						

XI.T.00.00.00.ПЗ

1. Теоретичні основи розроблюваного процесу. Обґрунтування вибору конструкції апарата і матеріалів

Теплообмін - незворотний мимовільний процес перенесення теплоти від більш нагрітих тіл (ділянок тіл) до менш нагрітим. Явище теплопровідності полягає в перенесенні теплоти мікрочастинками (молекулами, атомами, електронами і т.п.). Такий теплообмін може відбуватися в будь-яких тілах з неоднорідним розподілом температур.

Теплопередача - процес передачі теплоти від більш нагрітого середовища до менш нагрітого середовища через стінку.

Механізм теплопередачі складається з трьох стадій:

конвекції від першого середовища до плоскої стінки:

$$Q = \alpha_1 F(t_1 - t_{ct1})$$

Теплопровідності

$$Q = \lambda / \delta F(t_{ct1} - t_{ct2})$$

конвекції від плоскої стінки до другого середовища:

$$Q = \alpha_2 F(t_{ct2} - t_2)$$

В результаті сумісного рішення рівнянь одержимо

$$Q = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}} F(t_1 - t_2) = KF(t_1 - t_2)$$

Де δ - товщина стінки; λ - теплопровідність матеріалу стінки; t_{ct1} , t_{ct2} - температури на межах плоскої стінки; Q - кількість теплоти, що проходить через стінку; α_1 , t_1 і α_2 , t_2 - коефіцієнти тепловіддачі і температури першого і другого середовищ

Коефіцієнт теплопередачі K , (Дж/(м²К)) показує, яка кількість теплоти переходить в одиницю часу від більш нагрітого до менш нагрітого теплоносія через розділяючу їх стінку з площею поверхні 1 м² при різниці температур між теплоносіями один градус.

										Аркуш
										6
Зм..	Арк.	№ докум	Підпис	Дата						

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}}$$

Рушійною силою процесу теплопередачі є різниця температур між гарячим і холодним теплоносієм. Проте температури теплоносіїв в процесі теплопередачі найчастіше міняються уздовж поверхні теплообміну (за винятком випадку зміни агрегатного стану теплоносія), тому при розрахунках в рівняння (5.1) підставляють середню різницю температур Δt_{cp} .

Визначення Δt_{cp} здійснюється таким чином.

Якщо Δt_{max} і Δt_{min} - більша і менша різниці температур між теплоносіями на початку і кінці процесу теплопередачі і $\Delta t_{max} / \Delta t_{min} \leq 2$, то середня різниця температур визначається як середньоарифметичне

$$\Delta t_{cp} = \frac{\Delta t_{max} + \Delta t_{min}}{2}$$

У разі $\Delta t_{max} / \Delta t_{min} > 2$ визначення здійснюється по середньо-логарифмічній залежності

$$\Delta t_{cp} = \frac{\Delta t_{max} - \Delta t_{min}}{\ln \frac{\Delta t_{max}}{\Delta t_{min}}}$$

В якості теплоносіїв в промисловості набули найбільшого поширення насичена водяна пара, вода, димові гази, а в якості холодоагентів - аміак, фреони, розсіл хлориду кальцію, повітря, азот. Вибір виду теплоносія або холодоагенту визначається їх призначенням, температурами процесу і вартістю.

Теплообмінник - технічний пристрій, в якому здійснюється теплообмін між двома середовищами, що мають різні температури.

Теплообмінні апарати поділяються на кілька груп в залежності від [3]:

- типу взаємодії середовищ (поверхневі і змішувальні);
- типу передачі тепла (рекуперативні і регенеративні);
- типу конструкції;
- напрямку руху теплоносія і теплоспоживача (одноходові і багатходові).

					XI.T.00.00.00.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		7

Найбільш наочно класифікація теплообмінних апаратів представлена на рис. 1.1.

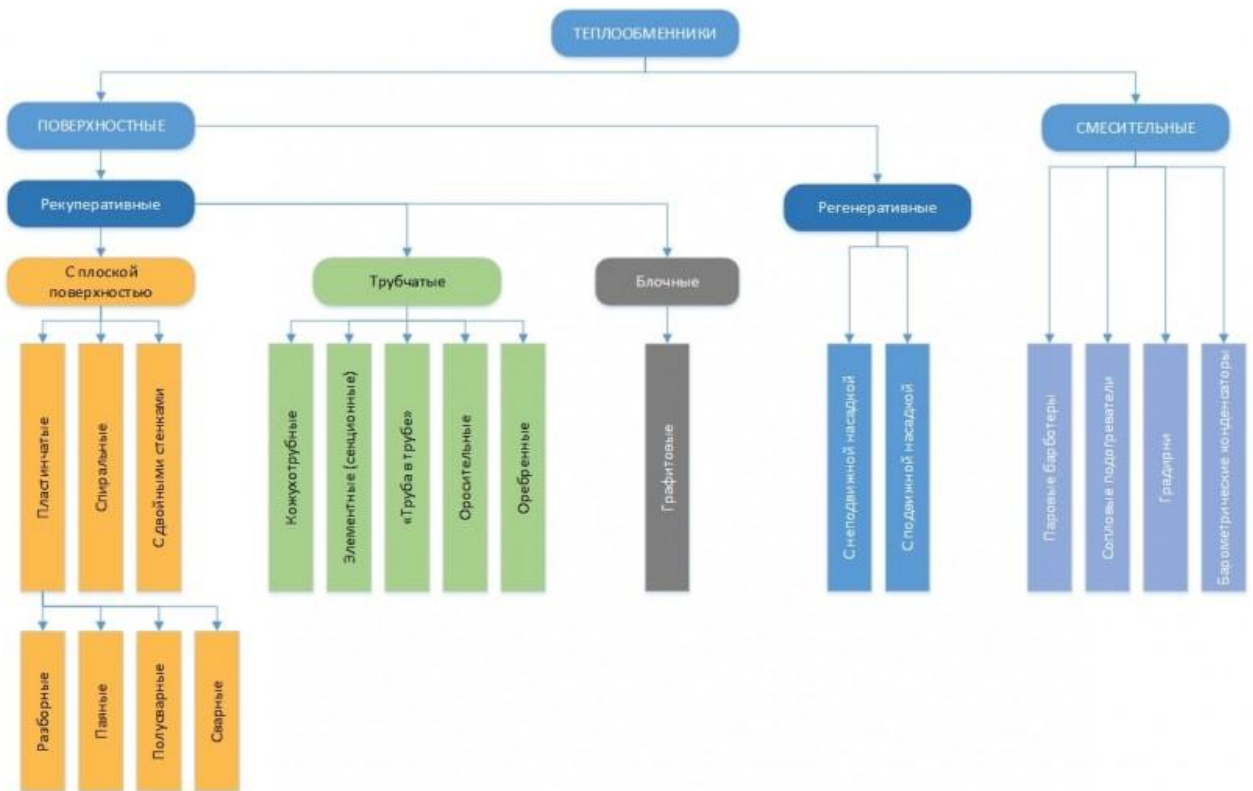


Рис. 1.1. Класифікація теплообмінних апаратів

За типом взаємодії середовищ

Поверхневі

Теплообмінні апарати даного виду мають на увазі, що середовища (теплоносії і теплоспоживач) між собою не змішуються, а теплопередача відбувається через контактну поверхню – пластини в пластинчастих теплообмінниках або трубки в кожухотрубних.

Змішувальні

Крім поверхневих теплообмінників використовуються агрегати, в основі експлуатації яких лежить безпосередній контакт двох речовин. Найбільш відомим варіантом змішувальних теплообмінників є градирні, що використовуються в промисловості для охолодження великих обсягів рідини (води) спрямованим потоком повітря. До змішувальних теплообмінників відносяться: парові барботери; соплові підігрівачі; градирні; барометричні

Застосовуються, коли робочі середовища погано віддають або приймають тепло, тому ККД теплообмінного апарату збільшують за рахунок більш тривалого контакту теплоносія з пластинами агрегату.

Для нагрівання насиченого розчину моноетаноламіну установки очищення вуглеводневого газу від сірководню обраний теплообмінник з плаваючою головкою. Наявність плаваючої головки дозволяє використовувати теплообмінник при великій різниці температур між технологічними середовищами в трубного і міжтрубного простору апарату. Таким чином, даний вид апарату більш універсальний в порівнянні з теплообмінниками жорсткотрубної конструкції і може застосовуватися в широкому діапазоні поєднання різних середовищ з великою різницею температур.

Одним з відповідальних заходів при проектуванні теплообмінного апарату є вибір матеріалу для поверхні теплообміну, корпусу і деталей, арматури, патрубків, трубопроводів. При виборі матеріалу необхідно враховувати його стійкість до хімічного впливу теплоносіїв та інших видів корозії, термостійкість, зміна механічних і хімічних властивостей в заданих умовах експлуатації, теплопровідність.

Для корпусу теплообмінника нагрівання насиченого розчину моноетаноламіну пропонується використати вуглецеву сталь Ст3; для труб - сталь конструкційна низьколегована для зварних конструкцій 12Х8.

Сплав Ст3 представляє собою універсальний конструкційний матеріал, який за сукупністю позитивних якостей перевершує високолеговані сталі. Переваги марки стали Ст3сп складаються: в наявності гомогенної структури, що забезпечує захист металу від зовнішнього впливу; високої корозійної стійкості; підвищеної твердості і пружності; відсутності флокеночутливості і відпускнуї крихкості; стійкості до динамічних навантажень; доступною вартості в порівнянні з іншими сплавами. Недоліком сталей Ст3 є невисока стійкість до низьких температур.

Завдяки високому вмісту хрому (до 9%) метал марки 12Х8

					ХІ.Т.00.00.00.ПЗ	Аркуш
						10
Зм..	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

відрізняється стійкістю до атмосферної та хімічної корозії, тому його допустимо використовувати в тісному контакті з агресивними середовищами. Пластичність-цінна властивість даного сплаву: відносне подовження при розриві досягає 22%, тоді як міцність обмежена межею 392 МПа. Багато в чому це обумовлено введенням в сплав невеликої кількості міді (до 0,25%). В даному випадку це дозволило зберегти високу пластичність в холодному стані і збільшити межу плинності, тому отримання трубного прокату проводиться при мінімальному нагріванні і без нього. Відомо, що на механічні властивості конструкційних сталей вирішальний вплив робить вміст легуючих компонентів: нікелю (до 0,4%) і кремнію (до 0,37%). Наявна концентрація кремнію дозволяє віднести сталь до спокійних, а збагачення складу марганцем (до 0,6%) посилює її корозійностійкість. Низькі концентрації шкідливих присадок сірки і фосфору (до 0,035%) визначають високу якість матеріалу.

					ХІ.Т.00.00.00.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		11

1.1. Опис технологічної схеми установки

Теплообмінник, що розробляється, встановлений в технологічній схемі очищення вуглеводневого газу від сірководню [8].

На сьогоднішній день для очищення вуглеводневих газів від сірководню найбільшого поширення набув процес очищення моноетаноламіном (МЕА). Технологічна схема типової установки очищення вуглеводневих газів від сірководню і діоксиду вуглецю розчином моноетаноламіну приведена на рис.

2.1. Продуктивність установки по сировині 170 тис. т/рік.

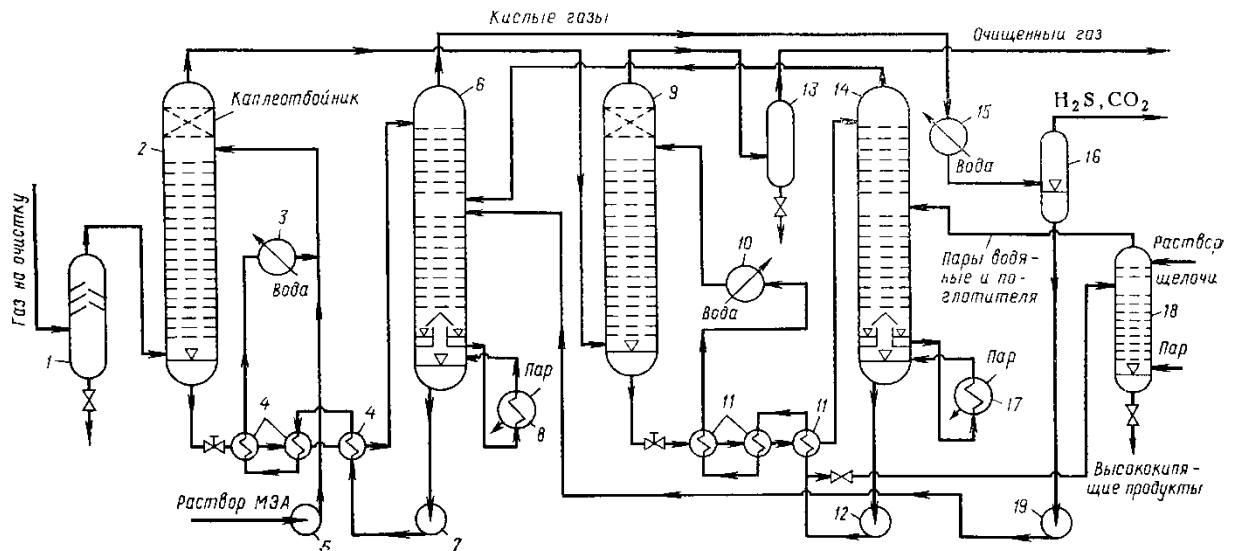


Рис. 2.1. Технологічна схема установки етаноламінової очистки газів:

1, 13 - газосепаратори; 2, 9 - абсорбційні колони; 3, 10, 15 - водяні холодильники; 4, 11 - серія теплообмінників; 5, 7, 12, 19 - насоси; 6, 14 - десорбери; 8, 17 - парові кип'ятильники; 16 - газоводовідкремлювач; 18 - відгінна колона.

Очищення газу проводиться в два ступені. Газ, що надходить на очищення, потрапляє в сепаратор для відділення супутнього йому конденсату. Газ, що виходить з верху сепаратора 1, направляється в низ абсорбційної колони 2, де, піднімаючись вгору, він контактує на тарілках (або насадці) з 15-17%-ним водним розчином моноетаноламіну, що подається в колону зверху.

Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата

верху газосепаратора виводяться кислі гази (сірководень, діоксид вуглецю і домішки), а знизу - водний конденсат, який насосом 19 направляється в десорбер 6.

В результаті побічних реакцій моноетаноламіну з діоксидом вуглецю і присутніми у вуглеводневому газі киснем, сірковуглецем, тіооксидом вуглецю та іншими сполуками утворюється складна суміш, що має високі температури кипіння. З сірководнем, наприклад, в присутності кисню утворюється тіосульфат, що не регенерується в умовах очищення моноетаноламіном. Кількість побічних продуктів, що утворюються, приблизно 0,5 % (мас.) на циркулюючий розчин МЕА. Щоб уникнути накопичення в системі продуктів, що не регулюються, частина розчину МЕА з низу десорбера 14 насосом 12 направляється на розгонку в колону 18 (часто замість колони ставлять періодично діючий перегінний куб), куди подається розчин лугу. Водяні пари і пари моноетаноламіну, що виділилися при розгонці, повертаються в десорбер 14, залишок висококиплячих продуктів скидається в каналізацію. Температура у відгінній колоні вгорі 170 °С, внизу 200 °С; часто розгін ведуть у вакуумі.

Витратні показники установки очищення моноетаноламіном продуктивністю по сировині 170 тис. т на рік [5]:

Водяна пара, тис. т	56,6
Електроенергія, тис. кВт*год	900
Розчин лугу 42 % - ний, т	246
Вода при 25 °С, тис. м ³	2920
Моноетаноламін (80 %-ний), т	91
Вміст сірководню і оксиду вуглецю в газі до і після очищення:	
Сірководень 3,34 / 0,0008	
Оксид вуглецю 0,67 / 0,08	

1.2. Основний принцип роботи апарата

В наведеній схемі використовується теплообмінник з плаваючою головкою, який широко використовується на НПЗ, а також інших різних промислових підприємствах. Головною особливістю даного апарату є наявність температурного компенсатора у вигляді так званої «плаваючої головки». Нижче наведені варіанти виконання «плаваючої головки» (рис.2.2).

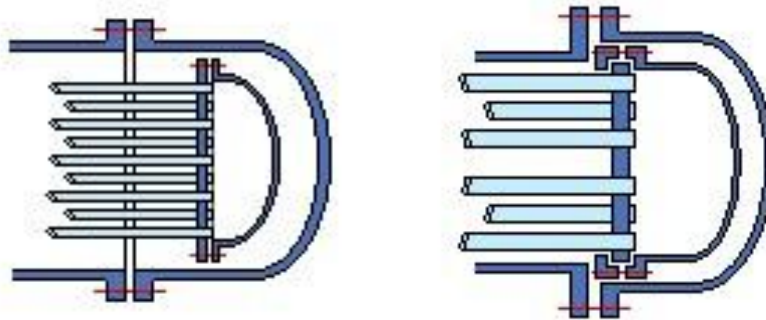


Рис. 2.2 - Теплообмінник з плаваючою головкою

1 - конструкція з можливістю вилучення трубного пучка без демонтажу самої головки; 2 - конструкція, при якій потрібно демонтаж головки для вилучення трубного пучка

Конструкція теплообмінника з плаваючою головкою наведена на рис.

2.3

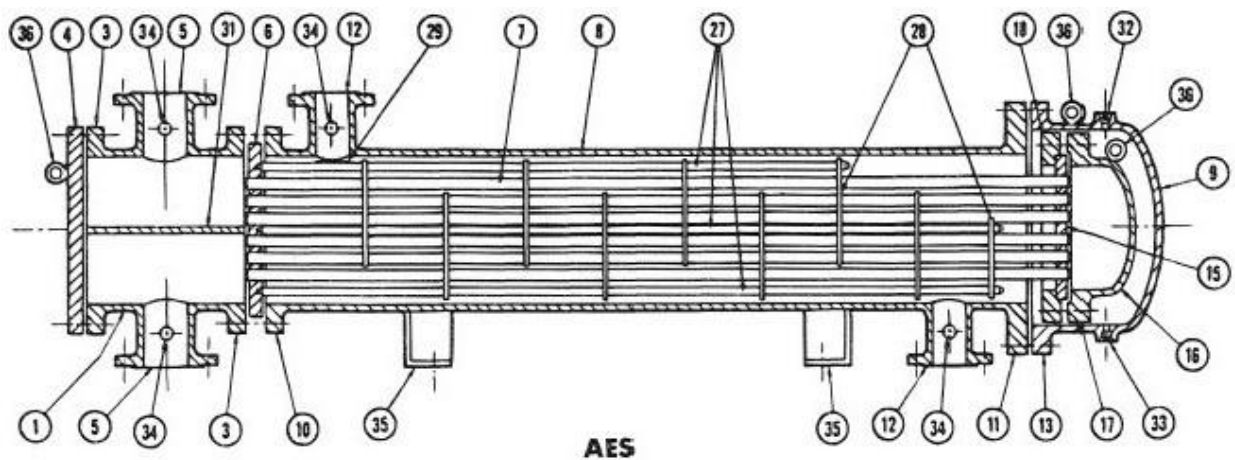


Рис. 2.3 - Конструкція теплообмінника з плаваючою головкою

1 – передня камера; 2-задня камера; 3-зовнішній фланець головки; 4-кришка головки; 5-вхідний / вихідний патрубок головки; 6-стаціонарна

					XI.T.00.00.00.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		15

2 Технологічні розрахунки процесу і апарата

Матеріальні баланси і технологічні розрахунки

Вихідні дані

Гарячий теплоносіє – регенований розчин моноетаноламіну

Продуктивність $G_r = 85000$ кг/год,

Початкова температура $t_{rp} = 120$ °С

Холодний теплоносіє – насичений розчин моноетаноламіну

Продуктивність $G_x = 90000$ кг/год,

Початкова температура $t_{xp} = 50$ °С

Кінцева температура $t_{xk} = 90$ °С

2.1. Теплові (енергетичні) баланси і розрахунки

1. Кінцева температура гарячого теплоносія. Кінцеву температуру гарячого теплоносія - регенованого розчину МЕА - розрахуємо за формулою:

$$t_1'' = \frac{h_{t_1''}}{c_{t_1''}}$$

де $h_{t_1''}$ - ентальпія рідкого гарячого теплоносія при температурі t_1'' , кДж/кг;

$c_{t_1''}$ - теплоємність гарячого теплоносія при температурі t_1'' , кДж / (кг·°С).

Ентальпія гарячого теплоносія розраховується так:

$$h_{t_1''} = h_{t_1'} - \frac{3600Q_2}{G_1\eta}$$

де $h_{t_1'}$ - ентальпія рідкого гарячого теплоносія при температурі t_1' , кДж/кг;

Q_2 - кількість тепла, сприйманого насиченим розчином МЕА, кВт;

η - коефіцієнт використання тепла, що дорівнює 0,97-0,99 (для даного розрахунку прийнято значення 0,98).

					XI.T.00.00.00.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		17

4. Коефіцієнт тепловіддачі. Для розрахунку коефіцієнта тепловіддачі від регенованого водного розчину моноетаноламіна до зовнішньої поверхні трубного пучка необхідно визначити режим руху теплоносія по числовому значенню критерію Рейнольдса:

$$Re_{1cp} = \frac{w_{1cp} d_l}{v_{1cp}} = \frac{2.2 \cdot 0.025}{0.34 \cdot 10^{-6}} = 161765$$

де $d_l = d_y = 0,025$ м - лінійний визначає розмір, в якості якого при розрахунку міжтрубного простору кожухотрубчастих теплообмінних апаратів приймається зовнішній діаметр труби.

При числовому значенні $Re_{1cp} = 161765 > 10^4$ режим руху теплоносія є турбулентним і коефіцієнт тепловіддачі α_1 можна розрахувати за формулою М. А. Міхєєва

$$\alpha_1 = 0,021 \frac{\lambda_{1cp}}{d_l} Re_{1cp}^{0.8} Pr_{1cp}^{0.43} \left(\frac{Pr_{1cp}}{Pr_{1ct}} \right)^{0.25}$$

де Pr_{1cp} - критерій Прандтля, рівний

$$Pr_{1cp} = \frac{v_{1cp} \cdot c_{1cp} \cdot \rho_{1cp}}{\lambda_{1cp}} = \frac{0.34 \cdot 10^{-6} \cdot 4.18 \cdot 10^3 \cdot 960}{0.59} = 2,31$$

Попередній розрахунок показує, що ставлення

$$\left(\frac{Pr_{1cp}}{Pr_{1ct}} \right)^{0.25} \approx 1$$

Тоді

$$\alpha_1 = 0,021 \cdot \frac{0.59}{0.025} \cdot 161765^{0.8} \cdot 2,31^{0.43} = 10442 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}$$

Для розрахунку коефіцієнта тепловіддачі від внутрішньої поверхні трубного пучка до насиченого кислими компонентами водного розчину моноетаноламіну розрахуємо критерій Рейнольдса

$$Re_{2cp} = \frac{w_{2cp} d_l}{v_{2cp}} = \frac{1,9 \cdot 0.021}{0.55 \cdot 10^{-6}} = 72545$$

де $d_l = d_y = 0,021$ м - лінійний визначає розмір, в якості якого при розрахунку трубного простору кожухотрубчастих теплообмінників

					XI. T. 00. 00. 00. ПЗ	Аркуш
						20
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

приймається внутрішній діаметр труби.

Режим руху теплоносія в трубному просторі є турбулентним, тому коефіцієнт тепловіддачі α_2 слід розрахувати по тій же формулі, що і коефіцієнт α_1

$$\alpha_2 = 0,021 \frac{\lambda_{2cp}}{d_l} Re_{2cp}^{0.8} Pr_{2cp}^{0.43} \left(\frac{Pr_{2cp}}{Pr_{2ст}} \right)^{0.25}$$

де Pr_{2cp} - критерій Прандтля, рівний

$$Pr_{2cp} = \frac{v_{2cp} \cdot c_{2cp} \cdot \rho_{2cp}}{\lambda_{2cp}} = \frac{0.55 \cdot 10^{-6} \cdot 4.04 \cdot 10^3 \cdot 980}{0.56} = 3,9$$

Прийнявши як і раніше

$$\left(\frac{Pr_{1cp}}{Pr_{1ст}} \right)^{0.25} \approx 1$$

знайдемо

$$\alpha_2 = 0,021 \cdot \frac{0.56}{0.021} \cdot 72545^{0.8} \cdot 3,9^{0.43} = 7777 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}$$

5. Коефіцієнт теплопередачі. Коефіцієнт теплопередачі розрахуємо за формулою:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_{ст}}{\lambda_{ст}} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{1}{\alpha_2}}$$

де $\frac{\delta_1}{\lambda_1}$, $\frac{\delta_2}{\lambda_2}$ - відповідно тепловий опір забруднень зі сторони регенованого і насиченого водного розчину моноетаноламіну, (м² °C) / Вт;

$\frac{\delta_{ст}}{\lambda_{ст}}$ - тепловий опір стінки сталевій труби (м² °C) / Вт.

Тепловий опір забруднень з боку регенованого і насиченого водного розчину моноетаноламіну приймається так само, як і для зворотної підготовленої води:

$$\frac{\delta_1}{\lambda_1} = \frac{\delta_2}{\lambda_2} = 0,0005 \text{ (м}^2 \text{ °C) / Вт}$$

Тепловий опір стінки сталевій труби дорівнює:

$$\frac{\delta_{ст}}{\lambda_{ст}} = \frac{0,002}{16} = 0,000125$$

при цьому $\lambda_{ст} = 16 \text{ Вт / (м } ^\circ\text{С)}$ - коефіцієнт теплопровідності для легуваних сталевих труб.

Тоді

$$K = \frac{1}{\frac{1}{10442} + 0,0005 + 0,000125 + 0,0005 + \frac{1}{7777}} = 741 \text{ Вт/(м}^2 \text{ } ^\circ\text{С)}$$

6. Середній температурний напір. Розрахунок середньої різниці температур теплоносіїв (середнього температурного напору) виконуємо за формулою:

$$\Delta t_{cp} = \frac{\Delta t_{\text{макс}} - \Delta t_{\text{мін}}}{2.3 \lg \frac{\Delta t_{\text{макс}}}{\Delta t_{\text{мін}}}}$$

де $\Delta t_{\text{макс}}$, $\Delta t_{\text{мін}}$ - більша і менша різниця температур, яка визначається за формулами:

$$\Delta t_{\text{макс}} = t_1'' - t_2' = 82 - 50 = 32 \text{ } ^\circ\text{С}$$

$$\Delta t_{\text{мін}} = t_1' - t_2'' = 120 - 90 = 30 \text{ } ^\circ\text{С}$$

тоді

$$\Delta t_{cp} = \frac{32 - 30}{2.3 \lg \frac{32}{30}} = 31 \text{ } ^\circ\text{С}$$

При розрахунку середнього температурного напору необхідно враховувати схему руху теплоносіїв, проте методика такого розрахунку громіздка. У нашому випадку різниця між більшою і меншою різницями температур незначна, тому середній температурний напір розрахований як середньологаріфмічне значення більшої і меншої температурних різниць.

7. Поверхня теплообміну. Поверхня теплообміну розраховується за рівнянням:

$$F = \frac{Q}{K \Delta t_{cp}} = \frac{4150 \cdot 10^3}{741 \cdot 31} = 180,5 \text{ м}^2$$

де Q - теплове навантаження теплообмінників, Вт.

					ХІ.Т.00.00.00.ПЗ	Аркуш
Зм..	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		22

Обираємо за ГОСТ 14246-79 стандартний теплообмінник з поверхнею теплообміну $F = 212 \text{ м}^2$. Основні параметри теплообмінника наведені в табл. 2.2.

Таблиця 2.2

Основні параметри теплообмінника

Внутрішній діаметр корпусу теплообмінника, мм	Поверхня теплообміну, м ²	Число ходів теплоносія в трубному просторі	Площа перерізу, м ²		Довжина труб, мм	Ду гарячого теплоносія	Ду Холодного теплоносія
			$f_{\text{тр}}$	$f_{\text{мтр}}$			
800	212	2	$56 \cdot 10^{-4}$	$12 \cdot 10^{-4}$	6000	250	250

2.2. Визначення габаритних розмірів апарата

Приймаємо довжину трубок $l_{\text{тр}} = 6$ м.

Знаходимо поверхню однієї трубки за формулою:

$$f_{\text{тр}} = \pi \cdot d_{\text{н}} \cdot l_{\text{тр}} = 3,14 \cdot 0,025 \cdot 6 = 0,471 \text{ м}^2$$

Розраховуємо число трубок за виразом:

$$n = \frac{F}{f_{\text{тр}}} = \frac{212}{0,471} = 450$$

Знаходимо відстань між центрами сусідніх трубок

$$t = (1,25 \div 1,5)d_{\text{н}} = 1,25 \cdot 0,025 = 0,03 \text{ м}$$

Визначення об'ємних витрат теплоносіїв, які обчислюються за формулами:

$$V = \frac{G}{\rho}$$

Отже,

$$V_1 = \frac{85000}{3600 \cdot 960} = 0,0245 \text{ м}^2/\text{с}$$

$$V_2 = \frac{90000}{3600 \cdot 980} = 0,0255 \text{ м}^2/\text{с}$$

Підберемо діаметри патрубків для введення і виведення потоків, виходячи з допустимих швидкостей їх руху.

$$D_1 = \sqrt{\frac{4 \cdot V_1}{\pi \cdot w_1}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,0245}{3,14 \cdot 2,2}} = 0,119 \text{ мм}$$

Приймаємо стандартну трубу $\text{Ø}250 \times 5$.

$$D_2 = \sqrt{\frac{4 \cdot V_2}{\pi \cdot w_2}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,0255}{3,14 \cdot 1,9}} = 0,131 \text{ мм}$$

Приймаємо стандартну трубу $\text{Ø}250 \times 5$.

2.3 Гідравлічний опір апарата

Гідравлічний опір кожухотрубчастого теплообмінника складається з витрат напору на тертя в трубах і місцевих опорів.

1) у трубному просторі :

$$\Delta P_{\text{мп}} = \left(\varphi \cdot \frac{L \cdot z}{d_B} \sum \zeta \right) \cdot \frac{w_B^2 \cdot \rho_B}{2}$$

Де φ - коефіцієнт тертя;

$$\varphi = \frac{0,316}{Re_B^{0,25}} = \frac{0,316}{72545^{0,25}} = 0,02$$

Характер місцевих опорів	ζ
Трубний простір	
Вхідна або вихідна камера	1,5
Поворот на 180° між ходами або секціями	2,5
Вхід у труби або вихід із них	1,0
Міжтрубний простір	ζ
Вхід або вихід	1,5
Поворот на 180° через сегментну перегородку	1,5
Опір трубного пучка при поперечного русі теплоносія ($m = 11$ – число рядів труб у напрямку руху потоку)	$\frac{3 \cdot m}{Re_r^{0,2}}$

$\sum \zeta$ - сума коефіцієнтів місцевих опорів

$$\Delta P_{\text{мп}} = \left(0,02 \cdot \frac{8 \cdot 2}{0,025} \cdot 5 \right) \frac{2,2^2 \cdot 960}{2} = 148684 \text{ Па}$$

у міжтрубному просторі

$$\Delta P_{\text{мпр}} = \sum \zeta \cdot \frac{w_r^2 \cdot \rho_r}{2} = 8,86 \cdot \frac{1,9^2 \cdot 980}{2} = 15672 \text{ Па}$$

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,022}{3,14 \cdot 2}} = 0,043 \text{ м.}$$

Приймаємо трубопровід зі сталі марки 08Х18Н10Т, діаметром 50 × 2 мм.

Визначаємо величину критерію Re

$$Re = w \cdot d \cdot \rho / \mu = 2 \cdot 0,025 \cdot 980 / 0,395 \cdot 10^{-3} = 124050.$$

режим руху турбулентний.

Приймаємо абсолютну шорсткість стінок труб, $e = 0,2$ мм [2], ступінь шорсткості

$$\frac{d}{e} = \frac{50}{0,2} = 250.$$

За рис 1.5 [2, с. 22] знаходимо значення коефіцієнта тертя

$$\lambda = 0,0305$$

Визначаємо суму коефіцієнтів місцевих опорів [4, с.26]:

для всмоктуючої лінії

- вхід в трубу $\varepsilon = 0,5$;

- вентиль для $d = 0,017$ мм $\varepsilon = 6,7$.

$$\Sigma \varepsilon_{\text{вс}} = 0,5 + 6,7 = 7,2;$$

для нагнітальної лінії

- вихід з труби $\varepsilon = 1,0$;

- нормальний вентиль $\varepsilon = 6,7$;

- дросельна заслонка $\varepsilon = 0,9$;

- коліно під кутом 90°

$$\varepsilon = 1,6.$$

отже,

$$\Sigma \varepsilon_H = 1 + 6,7 + 0,9 + 2 \cdot 1,6 = 11,8.$$

Визначаємо втрати напору:

у всмоктувальній лінії

$$h_{вс} = \left(0,0305 \cdot \frac{3}{0,01} + 11,8 \right) \cdot \frac{1^2}{2 \cdot 9,81} = 1,18 \text{ м.}$$

нагнітальної лінії

$$h_H = \left(0,0305 \cdot \frac{10}{0,01} + 11,8 \right) \cdot \frac{1^2}{2 \cdot 9,81} = 2,53 \text{ м.}$$

Загальні втрати напору

$$h_{\Pi} = 1,18 + 2,53 = 3,71 \text{ м.}$$

Визначаємо повний напір

$$H = \frac{\Delta p}{\rho \cdot g} + H_{\Gamma} + h_{\Pi}$$

де Δp – надлишковий тиск, Па; H_{Γ} - геометричний напір;

$$H = \frac{0,025 \cdot 10^6}{1001 \cdot 9,81} + 6 + 3,71 = 12,66 \text{ м.}$$

Корисна потужність насоса

$$N_{\Pi} = \frac{\rho \cdot g \cdot H \cdot V}{1000}$$

$$N_{\Pi} = (980 \cdot 9,81 \cdot 16 \cdot 0,022) / 1000 = 0,26 \text{ кВт.}$$

					<i>XI.T.00.00.00.ПЗ</i>	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		28

Потужність на валу двигуна

$$N_{\text{дв}} = \frac{N_{\text{п}}}{\eta_{\text{н}} \cdot \eta_{\text{п}}}$$

де $\eta_{\text{н}}$ – к.п.д. насоса; $\eta_{\text{п}}$ – к.п.д. передачі;

$$N_{\text{дв}} = 0,26 / 0,7 * 1,0 = 0,371 \text{ кВт.}$$

Установча потужність двигуна з урахуванням пускових моментів

$$N_{\text{уст}} = 1,2 * N_{\text{дв}} / \eta_{\text{дв}} = 1,2 * 0,371 / 0,85 = 0,52 \text{ кВт.}$$

Встановлюємо при $V = 22 \text{ м}^3/\text{ч}$ відцентровий насос марки ХМ 25/25 з наступною характеристикою: продуктивність $25 \text{ м}^3/\text{год}$, напір 25 м.

					<i>XI.T.00.00.00.ПЗ</i>	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		29

3 Розрахунки апарата на міцність та герметичність

3.1 Розрахунок товщини стінки корпусу

Циліндрові обичайки є одним з основних елементів хімічних апаратів. З однієї або декількох обичайок утворюється циліндровий корпус апарату.

Вихідні дані: Робоча температура в корпусі $t = 82$ °С. Розрахунковий тиск $P_p = 1$ МПа; Матеріал сталь 09Г2С. Термін служби апарату 15 років. Корозія $\Pi = 0,15$ мм/рік.

Визначення розрахункового тиску та тиску гідравлічних випробувань.

Розрахунковий тиск приймаємо як 1 МПа, так як висота апарату є незначна.

Тиск гідравлічних випробувань для корпусу апарата визначимо за формулою [6]:

$$P_{np} = 1,25 \cdot P_p \frac{[\sigma]_{20}}{[\sigma]_t}$$

де P_p – розрахунковий тиск, МПа.

$[\sigma]_{20}$ – допустима напруга, сталі 09Г2С при температурі 20С°;

$[\sigma]_{20} = 196$ МПа [1];

$[\sigma]_t$ - допустима напруга, сталі 09Г2С при робочій температурі; $t_p = 40$ °С $[\sigma] = 191,3$ МПа [6]

$$P_{np} = 1,25 \cdot 1 \cdot \frac{196}{191,3} = 1,28 \text{ МПа}$$

Розрахункова товщина стінки обичайки, навантаженої внутрішнім надмірним тиском визначається по формулі [1]:

$$S_p = \frac{P_p \cdot D}{2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi_p - P_p}$$

де: D - внутрішній діаметр апарату, $D = 800$ мм – діаметр апарату.
 φ – коефіцієнт міцності зварного стикового шва, що виконується автоматичною або напівавтоматичною зваркою;

$\varphi = 1,0$ так як апарат першої групи [6].

									Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата					30

3.2 Розрахунок товщини стінки днища

Вихідні дані: Робоча температура в корпусі $t = 82 \text{ }^\circ\text{C}$. Розрахунковий тиск $P_p = 1 \text{ МПа}$; Матеріал сталь 09Г2С. Термін служби апарату 15 років. Корозія $\Pi = 0,15 \text{ мм/рік}$.

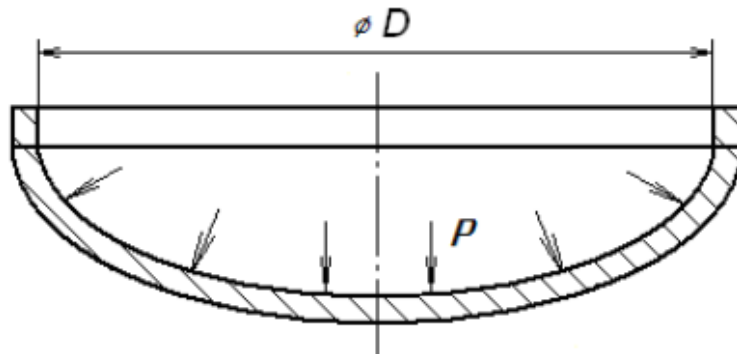


Рисунок 2.2 – Схема навантаження днища під дією внутрішнього тиску

Товщина стінки днища діаметром 800 мм, навантаженої внутрішнім надмірним тиском, визначається по формулі [6]:

$$S_{1R} = \frac{P \cdot R}{2\varphi[\sigma] - 0,5P}$$

$$S_{1R} = \frac{2 \cdot 800}{2 \cdot 191,3 \cdot 1 - 0,5 \cdot 1} = 4,18 \text{ мм}$$

де P – розрахунковий внутрішній тиск, $P = 1 \text{ МПа}$;

R – радіус кривизни у вершині кришки по внутрішній поверхні;

$R = \frac{D^2}{4H}$ для еліптичних кришок $R = D$, якщо $H = 0,25D$;

$[\sigma]$ – допустиме напруження, при розрахунковій температурі $[\sigma] = 191,3 \text{ МПа}$;

φ - коефіцієнт міцності поздовжнього звареного шва;

Визначаємо виконавчу товщину стінки кришки.

$$S_d \geq S_{1R} + C$$

де S_{R1} – розрахункова товщина стінки;

					XI.T.00.00.00.ПЗ	Аркуш
						33
Зм..	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

c – сумарний додаток.

$$c = c_1 + c_2 + c_3$$

c_1 – надбавка для компенсації корозії, ерозії, $c_1 = 2,25$ мм;

c_2 – надбавка для компенсації мінусового допуску товщини листа, $c_2 = 0,6$ мм; [11].

c_3 – надбавка для компенсації стоншування листа при технологічних операціях: гибці, штампуванню, $c_3 = 1,0$ мм [11].

$$S_d \geq 1,26 + 2,25 + 0,6 + 1 = 5,11 \text{ мм}$$

Товщину стінки приймаємо $S_d = 8$ мм.

Виконуємо перевіірочні розрахунки кришки й робимо висновок про міцність її у всіх режимах роботи апарата.

Розраховуємо допустимий внутрішній надлишковий тиск в робочому режимі.

$$[P] = \frac{2 \cdot (S_d - c) \cdot \varphi \cdot [\sigma]}{R + 0,5 \cdot (S_1 - c)}$$

$$[P] = \frac{2 \cdot (8 - 3,85) \cdot 1 \cdot 191,3}{800 + 0,5(8 - 3,85)} = 1,97 \text{ МПа}$$

Розраховуємо допустимий внутрішній надлишковий тиск в режимі випробування.

$$[P]_{\text{пр}} = \frac{2(S_1 - c)\varphi[\sigma_{\text{пр}}]}{R + 0,5(S_1 - c)}$$

Де

$$\sigma_{\text{пр}} = \frac{\sigma_T}{1,1} = \frac{300}{1,1} = 272,7 \text{ МПа.}$$

σ_T – межа текучості.

$$[P]_{\text{пр}} = \frac{2 \cdot (8 - 3,85) \cdot 1 \cdot 272,7}{800 + 0,5(8 - 3,85)} = 2,815 \text{ МПа}$$

Визначаємо пробний тиск.

$$P_{\text{пр}} = 1,25 P_p \frac{[\sigma_{20}]}{[\sigma]}$$

$$P_{\text{пр}} = 1,25 \cdot 1 \cdot 196 / 191,3 = 1,28 \text{ МПа.}$$

Порівнюємо в режимі роботи:

$$P_p \leq [P]$$

$$1 \leq 1,97$$

В режимі випробування

$$P_{пр} \leq [P]_{пр}$$

$$1,28 \leq 2,815$$

Висновок. Забезпечується міцність обичайки як в робочому стані, так і при гідравлічних випробуваннях.

3.3 Розрахунок зміцнення отворів циліндричної обичайки

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.

Як показують експерименти, максимальні напруження швидко зменшуються у міру від краю отвору, тобто приріст напружень носить локальний характер. Таким чином, під час проектування апаратури необхідно вирішувати задачу про зниження підвищеного напруження в області отворів до допустимих значень за рахунок компенсації ослаблення, викликаного наявністю вирізу [7].

Компенсація ослаблення може проводитися двома способами:

1. Збільшення товщини стінки всієї оболонки виходячи з максимальних напружень у зоні краю отвору.

2. Зміцненням краю отвору додатковим матеріалом, що вводиться по можливості ближче до місця розподілу максимальних напружень.

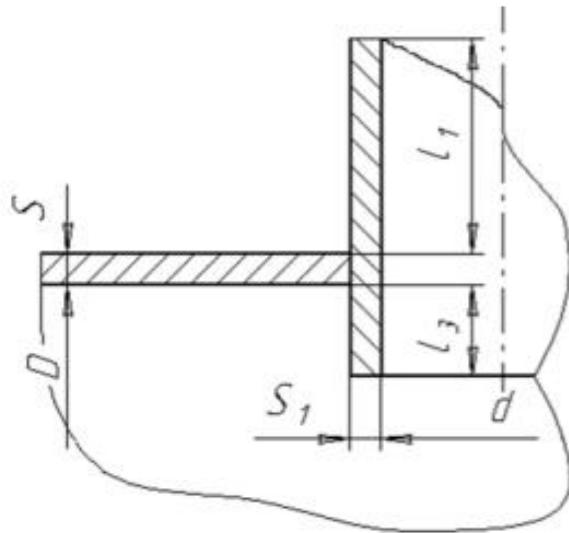


Рисунок 2.3 – Ескіз зміцнення отвору

Вхідні дані: $D_y = 80$ мм- штуцер для входу газу.

Найбільший діаметр отвору, що не вимагає зміцнення в обичайці камери корпусу, визначається по формулі:

$$d_0 = 2 \cdot \left(\frac{S - c}{S_p} - 0,8 \right) \cdot \sqrt{D_B \cdot (S - c)}$$

де: s_p – розрахункова товщина стінки обичайки, $s_p = 2,52$ мм.

Виконавча товщина стінки обичайки $S = 8$ мм

$$d_0 = 2 \cdot \left(\frac{8 - 2,85}{2,52} - 0,8 \right) \cdot \sqrt{800 \cdot (8 - 2,85)} = 362 \text{ мм}$$

Отже, отвори в корпусі сепаратора не вимагає зміцнення.

3.4 Зміцнення отворів еліптичної кришки корпусу сепаратора

У кришці теплообмінника розміщується отвір виходу газу (Б) $D_y = 80$ мм [7]. Визначаємо розрахунковий діаметр одиночного отвору, що не потребує зміцнення:

$$d_0 = 2 \cdot \left(\frac{S - c}{S_p} - 0,8 \right) \cdot \sqrt{D_B \cdot (S - c)}$$

де: s_{1p} – розрахункова товщина стінки еліптичного днища сорочки, $s_{1p} = 4,18$ мм.

D_p – розрахунковий діаметр елемента, що укріплюється.

$$D_p = 2 \cdot D \cdot \sqrt{1 - 3 \cdot \left(\frac{x}{D}\right)^2}$$

де x – відстань від центру отвору, що укріплюється, до осі еліптичної кришки, $x = 0$ мм.

$$D_p = 2 \cdot 800 \cdot \sqrt{1 - 3 \cdot \left(\frac{0}{800}\right)^2} = 1600 \text{ мм.}$$

$$d_0 = 2 \cdot \left(\frac{8 - 3,85}{4,18} - 0,8\right) \cdot \sqrt{1600 \cdot (8 - 3,85)} = 64 \text{ мм.}$$

Отже, отвір для штуцера виведення води додаткового зміцнення не вимагає.

3.5. Розрахунок фланцевого з'єднання

Конструкцію фланцевого з'єднання патрубку згідно табл. 13.7 [9] з плоским приварними фланцями і з поверхнею ущільнювача типу «шип-паз».

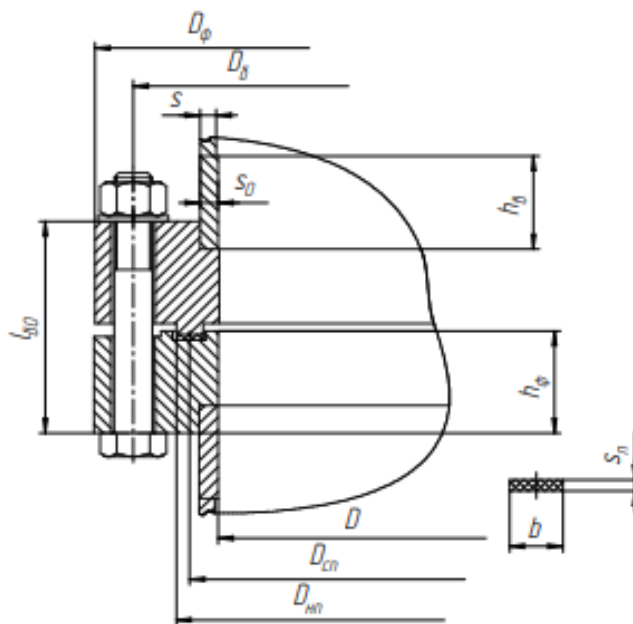


Рисунок 1.7 – Фланцеве з'єднання. Товщину втулки фланця люка приймаємо $S_0 = 8$ мм. Відношення більшої товщини втулки до меншої $\beta = 1$.

Висоту втулки фланця визначаємо по формулі:

$$h_B > 0,5 \sqrt{D \cdot (s - c)}$$

Діаметр болтового кола визначується по формулі або відповідно до табл. 13.7 [9]:

$$D_B \geq D + 2 \cdot (2 \cdot s + d_6 + u)$$

де: d_6 – зовнішній діаметр болта, при $D = 800$ мм і $H = 1,6$ МПа, $d_6 = 23$ мм;

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

$$D_6 = 800 + 2 \cdot (2 \cdot 8 + 23 + 6) = 890 \text{ мм}$$

Приймаємо $D_6 = 895$ мм

Зовнішній діаметр фланця визначується по формулі і відповідно до табл. 13.7 [9]:

$$D_\phi \geq D_6 + a$$

де: a – конструктивна добавка для розміщення гайок по діаметру фланця, приймаємо $a = 40$ мм [9, табл. 13.27].

$$D_\phi = 895 + 40 = 935 \text{ мм.}$$

Приймаємо $D_\phi = 935$ мм.

Зовнішній діаметр прокладки:

$$D_{\text{НП}} = D_B - e$$

де: e – нормативний параметр, залежний від товщини прокладки, $e = 30$ мм [9, табл. 13.27, с.264].

$$D_{\text{НП}} = 895 - 30 = 865 \text{ мм;}$$

Приймаємо матеріал прокладки параніт по ГОСТ 481 – 80 з товщиною $S_{\text{п}} = 2$ мм.

Середній діаметр прокладки визначається по формулі:

$$D_{\text{СП}} = D_{\text{НП}} - b$$

де: b – ширина прокладки, що приймається згідно [9, табл. 13.25, с. 262], $b = 12$ мм.

					ХІ.Т.00.00.00.ПЗ	Аркуш
						38
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

$$D_{СП} = 865 - 12 = 853 \text{ мм.}$$

Ефективна ширина прокладки при $b \leq 15 \text{ мм}$, $b = 12 \text{ мм}$.

$$b_E = 0,5 \cdot b$$

$$b_E = 0,5 \cdot 12 \cdot 10^{-3} = 0,006 \text{ м.}$$

Конструктивний коефіцієнт для фланця:

$$K_{\Phi} = \frac{D_{\delta}}{D}$$

$$K_{\Phi} = \frac{895}{800} = 1,11 \text{ мм.}$$

Конструктивні коефіцієнти для фланця:

$$\lambda_{\Phi 1} = \lambda_{\Phi 2} = \frac{h_{\Phi}}{\sqrt{D \cdot S_0}}$$

$$\lambda_{\Phi 1} = \lambda_{\Phi 2} = \frac{0,035}{\sqrt{0,8 \cdot 0,008}} = 0,43$$

Поправочний коефіцієнт:

$$\Psi_{1\Phi} = 1,28 \cdot \lg K_{\Phi}$$

$$\Psi_{1\Phi} = 1,28 \cdot \lg 1,11 = 0,058$$

Поправочний коефіцієнт:

$$\Psi_{2\Phi} = \frac{K_{\Phi} + 1}{K_{\Phi} - 1}$$

$$\Psi_{2\Phi} = \frac{1,11 + 1}{1,11 - 1} = 19,18;$$

Поправочний коефіцієнт для перерізу S_0 для плоских приварних фланців:

$$\Psi_{3\Phi} = 1.$$

Геометричні параметри фланців:

										Аркуш
Зм..	Арк.	№ докум	Підпис	Дата						39

$$j_{\phi 1} = j_{\phi 2} = \frac{h_{\phi}}{S_0}$$

$$j_{\phi 1} = j_{\phi 2} = \frac{0,035}{0,008} = 4,375.$$

Безрозмірний параметр фланців:

$$T_{\phi} = \frac{K_{\phi}^2 \cdot (1 + 8,55 \lg K_{\phi}) - 1}{(1,05 + 1,945 \cdot K_{\phi}^2) \cdot (K_{\phi} - 1)}$$

$$T_{\phi} = \frac{1,11^2 \cdot (1 + 8,55 \lg 1,11) - 1}{(1,05 + 1,945 \cdot 1,11^2) \cdot (1,11 - 1)} = 1,864$$

Безрозмірні параметри:

$$\omega_{\phi 1} = \omega_{\phi 2} = \frac{1}{1 + 0,9 \cdot \lambda_{\phi} \cdot (1 + \Psi_{1\phi} \cdot j_{\phi 1}^2)}$$

$$\omega_{\phi 1} = \omega_{\phi 2} = \frac{1}{1 + 0,9 \cdot 0,43 \cdot (1 + 0,058 \cdot 4,375^2)} = 0,55;$$

Кутова податливість фланця, що визначається по формулі:

$$Y_{\phi} = \frac{[1 - \omega_{\phi 1} \cdot (1 + 0,9 \cdot \lambda_{\phi 1})] \cdot \Psi_{\phi 2}}{h_{\phi}^3 \cdot E_{\phi}}$$

$$Y_{\phi} = \frac{[1 - 0,55 \cdot (1 + 0,9 \cdot 0,43)] \cdot 19,19}{0,035^2 \cdot 2 \cdot 10^5} = 0,0185 \text{ 1/МН} \cdot \text{м}$$

Розрахункова довжина болта визначається по формулі:

$$L_B = h_{\phi 1} + h_{\phi 2} + 0,28 \cdot d_6$$

$$L_B = 0,035 + 0,035 + 0,28 \cdot 0,02 = 0,076 \text{ м.}$$

					XI.Т.00.00.00.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		40

Параметр жорсткості фланців:

$$B_{\phi 1} = B_{\phi 2} = Y_{\phi} \cdot (D_{\phi} - D - S_0)$$

$$B_{\phi 1} = B_{\phi 2} = 0,0185 \cdot (0,895 - 0,8 - 0,008) = 1,609 \cdot 10^3 \frac{1}{MH}$$

Безрозмірний коефіцієнт фланцевого з'єднання:

$$\gamma = A_{\phi} \cdot Y_{\phi}$$

$$\gamma = 5724 \cdot 4125 \cdot 10^5 = 0,00236.$$

Коефіцієнт жорсткості фланцевого з'єднання:

$$\alpha_{\phi} = A_{\phi} \cdot [Y_{\phi} + 0,25 \cdot (B_{\phi 1} + B_{\phi 2}) \cdot (D_{\phi} - D_{сп})]$$

$$\alpha_{\phi} = 5724 \cdot [4,125 \cdot 10^{-5} + 0,25 \cdot (1,609 \cdot 10^{-3} + 1,609 \cdot 10^{-3}) \cdot (0,895 - 0,853)] = 0,429.$$

Рівнодіючу внутрішнього тиску:

$$Q_d = \frac{\pi \cdot D_{сп}^2}{4} \cdot P_1$$

$$Q_d = \frac{3,14 \cdot 0,853^2}{4} \cdot 1,2 = 0,723 MH.$$

Реакція прокладки в робочих умовах визначається по формулі:

$$R_{п} = 2 \cdot \pi \cdot D_{сп} \cdot b_E \cdot m \cdot P_1$$

де: m – коефіцієнт, залежний від матеріалу і конструкції прокладки, $m = 2,5$;

$$R_{п} = 2 \cdot 3,14 \cdot 0,853 \cdot 0,006 \cdot 2,5 \cdot 1,2 = 0,096 MH.$$

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

$$Q_{тф} = \gamma \cdot n_{\phi} \cdot f_{\phi} \cdot E_{\phi} \cdot (\alpha_{\phi}^t \cdot t_{\phi} - \alpha_{\phi}^t \cdot t_{\phi})$$

де: α_{ϕ} – коефіцієнт лінійного розширення матеріалу фланця; $\alpha_{\phi} = 16,6 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$;

α_{ϕ} – коефіцієнт лінійного розширення матеріалу болта (приймаємо для болта сталь 35), $\alpha_{\phi} = 11,6 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$;

					XI.T.00.00.00.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		42

t_{ϕ} – розрахункова температура неізолюваних фланців; $t_{\phi} = 0,96 \cdot t$
 $= 0,96 \cdot 82 = 78,72 \text{ }^{\circ}\text{C}$;

t_{δ} – розрахункова температура неізолюваних болтів; $t_{\delta} = 0,95 \cdot t$
 $= 0,95 \cdot 40 = 38 \text{ }^{\circ}\text{C}$;

$$Q_{\phi} = 0,077 \cdot 40 \cdot 2,35 \cdot 10^{-4} \cdot 1,96 \cdot 10^5 \cdot (16,6 \cdot 10^{-6} \cdot 78,72 - 11,6 \cdot 10^{-6} \cdot 38) = 0,122 \text{ МН.}$$

Монтажне болтове зусилля фланцевого з'єднання:

$$P'_{B1} = \pi \cdot D_{cn} \cdot b_E \cdot q$$

де: q – тиск віджимання прокладки, для параніту $q = 20 \text{ МПа}$.

$$P'_{B1} = 3,14 \cdot 0,853 \cdot 0,006 \cdot 20 = 0,321 \text{ МН.}$$

$$P''_{B1} = \alpha_{\phi} \cdot (Q_D \pm P) + R_n + \frac{4 \cdot M}{D_{cn}}$$

$$P''_{B1} = 0,429 \cdot (0,723 \pm 0) + 0,068 + \frac{4 \cdot 0}{0,853} = 0,378 \text{ МН.}$$

$$P'''_{B2} = 0,4 \cdot [\sigma_B]^{20} \cdot n_{\delta} \cdot f_{\delta};$$

де: $[\sigma_B]^{20}$ – допустиме напруження для матеріалу болтів при температурі $20 \text{ }^{\circ}\text{C}$ $[\sigma_B]^{20} = 130 \text{ МПа}$;

$$P'''_{B2} = 0,4 \cdot 130 \cdot 40 \cdot 2,35 \cdot 10^{-4} = 0,489 \text{ МН.}$$

Болтове навантаження визначаємо по формулі:

$$F_{B1} = \max\{P'_{B1}; P''_{B1}; P'''_{B1}\};$$

$$F_{B1} = \max\{0,321; 0,378; 0,489\} = 0,489 \text{ МН.}$$

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

$$\frac{F_{B1}}{\pi \cdot D_{cn} \cdot b} \leq [q];$$

						Аркуш
					XI.T.00.00.00.ПЗ	
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		43

де: $[q]$ – тиск, що допускається, на прокладку по табл. 13.28 [9]

$$[q] = 130 \text{ МПа.}$$

$\frac{0,489}{3,14 \cdot 0,853 \cdot 0,012} = 15,21 \text{ МПа} \leq [q] = 130 \text{ МПа}$ - умова міцності прокладки виконана.

Болтове навантаження в робочих умовах визначаємо по формулі:

$$F_{Б2} = F_{Б1} + (1 - \alpha_{\phi}) \cdot (Q_{\partial} \pm P) + Q_{t\phi} + \frac{4 \cdot M}{D_{сн}} ;$$

$$F_{Б2} = 0,489 + (1 - 1,536) \cdot (0,723 \pm 0) + 0,0028 + \frac{4 \cdot 0}{0,853} = 0,104 \text{ МН.}$$

Розрахункове болтове навантаження:

$$P_{Б\phi} = \max\{P_{Б1} ; P_{Б2}\}$$

$$P_{Б\phi} = \max\{0,489 ; 0,378\} = 0,489 \text{ МН.}$$

Напруження розтягування болтів:

в умовах монтажу:

$$\frac{F_{Б1}}{n_{\sigma} \cdot f_{\sigma}} < [\sigma]_{\sigma}^{20}$$

в робочих умовах:

$$\frac{F_{Б1}}{n_{\sigma} \cdot f_{\sigma}} < [\sigma]_{\sigma}^t$$

де: $[\sigma]_{\sigma}^t$ – допустиме напруження для матеріалу болтів при температурі 40°C ;

$$[\sigma]_{\sigma}^t = 125 \text{ МПа.}$$

$$\sigma_{\sigma}^{20} = \frac{0,489}{40 \cdot 2,35 \cdot 10^{-4}} = 52,02 \text{ МПа} < [\sigma]_{\sigma}^{20}$$

					ХІ.Т.00.00.00.ПЗ	Аркуш
Зм..	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		44

$$\sigma_{\sigma}^t = \frac{0,378}{40 \cdot 2,35 \cdot 10^{-4}} = 40,21 \text{ МПа} < [\sigma]_{\sigma}^t$$

Момент, що скручує, при затягуванні гайок:

$$M_{\text{скр}} = f_1 \cdot \frac{P_{\text{БФ}}}{n_b} \cdot d_{\sigma}$$

де f_1 - коефіцієнт тертя, $f_1 = 0,1$.

$$M_{\text{скр}} = 0,1 \cdot \frac{0,489}{40} \cdot 0,02 = 2,445 \cdot 10^{-5} \text{ МН} \cdot \text{м}$$

Дотичне напруження в болтах:

$$\tau_B = \frac{M_{\text{скр}}}{0,2 \cdot d_0^3}$$

де d_0 - внутрішній діаметр різьблення болта, $d_0 = 0,0173$ м.

$$\tau_B = \frac{2,445 \cdot 10^{-5}}{0,2 \cdot 0,0173^3} = 23,61 \text{ МПа.}$$

Еквівалентне напруження в болтах:

$$\sigma_{\text{БЕ}}^{20} = \sqrt{(\sigma_{\text{БЕ}}^{20})^2 + 3 \cdot \tau^2}$$

$$\sigma_{\text{БЕ}}^{20} = \sqrt{52,02^2 + 3 \cdot 23,61^2} = 66,17 \text{ МПа} < [\sigma]_{\sigma}^{20} = 130 \text{ МПа} \quad -$$

умова виконана.

$$\sigma_{\text{БЕ}}^t = \sqrt{(\sigma_{\sigma}^t)^2 + 3 \cdot \tau^2}$$

$$\sigma_{\text{БЕ}}^t = \sqrt{40,21^2 + 3 \cdot 23,61^2} = 57,35 \text{ МПа} < [\sigma]_{\sigma}^t = 125 \text{ МПа} \quad -$$

умова виконана.

Зведений згинальний момент у діаметральному перерізі фланця в умовах монтажу:

$$M_{01\phi} = 0,5 \cdot P_{\phi 1} \cdot (D_{\phi} - D_{\text{сп}})$$

$$M_{0\phi 1} = 0,5 \cdot 0,321 \cdot (0,895 - 0,853) = 0,006 \text{ МН} \cdot \text{м}$$

Зведений згинальний момент у діаметральному перерізі фланця в робочих умовах:

$$M_{02\phi} = 0,5 \cdot [P_{\phi 2} (D_{\phi} - D_{\text{сп}}) + Q_{\phi} \cdot (D_{\text{сп}} - D - S_0)] \cdot \frac{[\sigma]_{20}}{[\sigma]}$$

$$M_{02\phi} = 0,5 \cdot [0,104 \cdot (0,895 - 0,853) + 0,723 \cdot (0,854 - 0,8 - 0,008)] \cdot \frac{196}{191,3} = 0,018 \text{ МН} \cdot \text{м}$$

Розрахунковий зведений момент у діаметральному перерізі фланця:

$$M_{0\phi} = \max \{M_{01\phi}; M_{02\phi}\}$$

$$M_{0\phi} = \max\{0,006; 0,018\} = 0,018 \text{ МН} \cdot \text{м}$$

Допоміжна величина:

$$\varepsilon = 20 \cdot S_0$$

$$\varepsilon = 20 \cdot 0,008 = 0,16$$

Розрахунковий діаметр при $D > \varepsilon$:

$$D^* = D = 0,8 \text{ м}$$

Максимальні напруження в перерізі s_0 фланців від дії згинального моменту $M_{0\phi}$:

$$\sigma_{\text{оф}} = \sigma_{\text{оф1}} = \sigma_{\text{оф2}} = \psi_3 \cdot \frac{\Gamma_{\phi} \cdot M_{\text{оф}} \cdot \omega_{\phi}}{D \cdot (S_0 - c)^2}$$

$$\sigma_{\text{оф1}} = \sigma_{\text{оф2}} = 1 \cdot \frac{1,864 \cdot 0,018 \cdot 0,31}{0,8^* \cdot (0,008 - 0,0026)^2} = 44,58 \text{ Мпа}$$

Максимальні кільцеве напруження в дисках фланців від дії згинального моменту $M_{0\phi}$:

					XI.Т.00.00.00.ПЗ	Аркуш
Зм..	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		46

$$\sigma_{\text{кф}} = \sigma_{\text{кф1}} = \sigma_{\text{кф2}} = \frac{M_{\text{оф}} \cdot [1 - \omega_{\text{ф}} \cdot (1 + 0,9 \cdot \lambda_{\text{ф}})] \cdot \psi_{2\text{ф}}}{D \cdot h_{\text{ф1}}^2}$$

$$\sigma_{\text{кф}} = \sigma_{\text{кф1}} = \sigma_{\text{кф2}} = \frac{0,018 \cdot [1 - 0,31 \cdot (1 + 0,9 \cdot 0,43)] \cdot 19,18}{0,8 \cdot 0,035^2}$$

$$= 200,8 \text{ МПа}$$

Кільцеве меридіональне напруження у втулці фланців від дії внутрішнього тиску:

$$\sigma_{\text{хф1}} = \sigma_{\text{хф2}} = \frac{P_1 \cdot D}{[2 \cdot (S_0 - c)]}$$

$$\sigma_{\text{хф1}} = \sigma_{\text{хф2}} = \frac{1,6 \cdot 800}{[2 \cdot (8 - 2,85)]} = 124,3 \text{ МПа.}$$

$$\sigma_{\text{уф1}} = \sigma_{\text{уф2}} = \frac{P_1 \cdot D}{[4 \cdot (S_0 - c)]}$$

$$\sigma_{\text{уф1}} = \sigma_{\text{уф2}} = \frac{1,6 \cdot 800}{[4 \cdot (8 - 2,85)]} = 62,1 \text{ МПа}$$

Еквівалентне напруження в перерізі s_0 :

$$\sigma_{\text{Еф}} = \sigma_{\text{Еф1}} = \sigma_{\text{Еф2}} = \sqrt{(\sigma_{\text{оф1}} + \sigma_{\text{уф1}})^2 + \sigma_{\text{хф1}}^2 - (\sigma_{\text{оф1}} + \sigma_{\text{уф1}}) \cdot \sigma_{\text{хф1}}}$$

$$\sigma_{\text{Еф}} = \sigma_{\text{Еф1}} = \sigma_{\text{Еф2}} = \sqrt{(44,58 + 62,1)^2 + 124,3^2 - (44,58 + 62,1) \cdot 124,3}$$

$$= 116,49 \text{ МПа}$$

Умова міцності:

$$\sigma_{\text{Еф}} \leq [\sigma_{\text{ф}}^{S_0}] \cdot \psi$$

$$116,49 \leq 600 \cdot 1,0 = 600 \text{ МПа} - \text{ умова міцності виконана.}$$

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

					XI.T.00.00.00.ПЗ	Аркуш
Зм..	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		47

$$\theta = \frac{\sigma_{\kappa\phi} \cdot D}{E_{\phi} \cdot h_{\phi}} \leq [\theta]$$

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

$$\theta = \frac{200,8 \cdot 0,8}{2,05 \cdot 10^5 \cdot 0,035} = 0,011 \text{ рад} \leq [\theta] = 0,013 \text{ рад} \quad - \quad \text{умова герметичності виконана.}$$

3.6 Вибір і розрахунок опори.

Для установки апарату вибираємо опори стійка для горизонтальних апаратів з ОСТ 26-665-79 [9]. Опори виготовляються зі сталі Ст3пс5.

Конструктивні розміри елементів опори встановлюються в залежності від навантаження на одну опору Q , кН. Розрахуємо вага апарату, для того, щоб дізнатися навантаження на одну опору.

$$G = 2G_{\text{дн}} + G_{\text{об}} + G_{\text{ср}} + G_{\text{фл}}, \text{ Н}$$

$$2G_{\text{дн}} = m \cdot g = 2 \cdot 9,81 \cdot 13,4 = 263 \text{ Н}$$

$$G_{\text{об}} = \pi(D + s) \cdot s \cdot H \cdot \rho \cdot g = 3,14 (0,8+0,008) \cdot 0,008 \cdot 6 \cdot 6770 \cdot 9,81 = 8087 \text{ Н}$$

$$G_{\text{ср}} = V \cdot \rho \cdot g = (\pi \cdot R^2 \cdot H) + V_{\text{днищ}} \cdot \rho \cdot g = (3,14 \cdot 0,2^2 \cdot 6) + 0,0113 \cdot 980 \cdot 9,81 = 109 \text{ Н}$$

$$G_{\text{фл}} = 1100 \text{ Н (вага відома)}$$

$$G = 263 + 8087 + 109 + 1100 = 9559 \text{ Н}$$

Остаточно приймаємо стандартну седлову опору з товщиною ребра $S_p = 8$ мм. Конструктивні розміри, згідно ОСТ 26-1265-75:

$D = 800$ мм; $R = 414$ мм; $S_1 = 8$ мм; $S_2 = 14$ мм; $L = 720$; $A = 500$ мм; $A_1 = 400$ мм; $A_2 = 250$ мм; $l = 760$ мм; $B = 250$ мм; $L_1 = 760$ мм; втулка для опори М48; $B_2 = 360$ мм;

Опора 80-414-2-II ОСТ 26-1265-75, Лист опорний 8-414-ОСТ 26-1267-75.

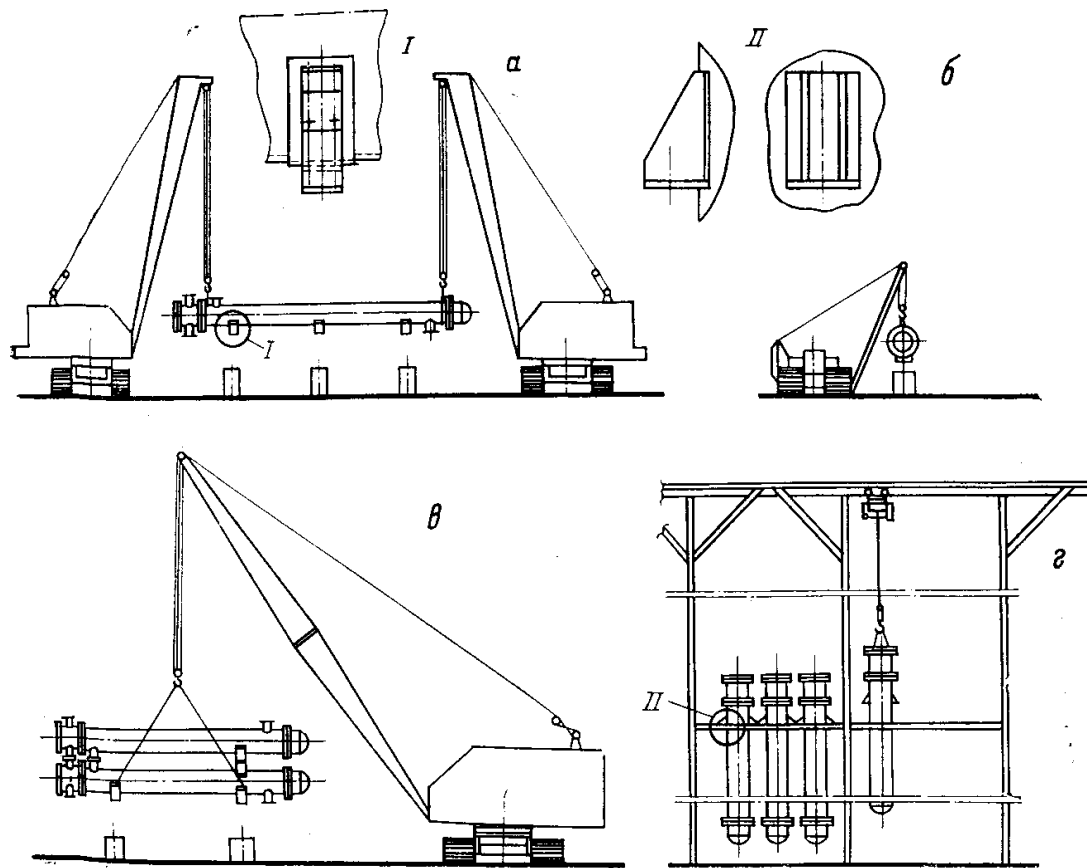


Рисунок 3.11 — Способи монтажу теплообмінних апаратів:
 а – за допомогою двох кранів; б - трубоукладачем; в – блок теплообмінників краном; г – вертикальних теплообмінників монобалкою; I – опора горизонтальних теплообмінників; II – опора вертикальних теплообмінників

Трубопровідну обв'язку розпочинають після остаточної перевірки положення корпусу й закріплення болтів, що з'єднують його опори або лабети з постаментом. Положення теплообмінника перевіряють рівнем або важком, підкладаючи, якщо це необхідно, під опорні площини сталеві планки. При горизонтальному розташуванні теплообмінників температурні деформації корпусу між опорами можуть досягати декількох міліметрів, тому одна з опор повинна бути рухомою. Нерухому опору, як правило, встановлювану з боку нерухомих трубних ґрат, закріплюють намертво; гайки болтів рухомої опори, що має овальні вирізи, не затягують на 1-1,5 мм, але фіксують контргайками. Зазор між болтами й овальними вирізами повинен бути розміщений у бік можливого подовження теплообмінника. Поверхні ковзання захищають так, щоб виключити защемлення.

Змонтовані теплообмінники повинні бути опресовані на пробний тиск на заводі-виготовлювачі, тому на монтажній площадці їх роздільно не опресовують, а обмежуються тільки перевіркою загальної системи теплообміну разом із трубопровідною обв'язкою після завершення

Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата

монтажних робіт. У тих випадках, коли відсутній акт заводського випробування або ж апарат тривалий час перебував на складі або монтажній площадці, перед монтажем теплообмінник піддають ревізії і, якщо в цьому є необхідність, ремонту.

У процесі тривалої роботи теплообмінні апарати піддаються забрудненню й зношуванню. Поверхня їх обкипає маслом, відкладеннями солей і смол, окиснюється й т. п. Зі збільшенням відкладень зростає термічний опір стінки й погіршується теплообмін.

Зношування теплообмінного апарата виражається в такому: 1) зменшенні товщини стінки корпусу, днища, трубних ґрат; 2) опуклостях і вм'ятинах на корпусі й днищах; 3) свищах, тріщинах, прогарах на корпусі, трубках і фланцях; 4) збільшенні діаметра отворів для труб у трубних ґратах; 5) прогинах трубних ґрат і деформації трубок; 6) заклинюванні плаваючих головок й ушкодженні їхніх струбцин; 7) ушкодженні лінзових компенсаторів; 8) ушкодженні чепцевих пристроїв, каткових і пружинних опор; 9) порушенні гідро- і термоізоляції.

4.2 Ремонт апарата

Підготовка до ремонту передбачає виконання таких заходів:

- 1) знижується надлишковий тиск до атмосферного і апарат звільняється від продукту;
- 2) відключається арматура і ставляться заглушки на всіх підвідних та відвідних трубопроводах;
- 3) проводиться продувка азотом або водяною парою із наступним промиванням водою і продувкою повітрям;
- 4) виконується аналіз на наявність отруйних і вибухонебезпечних продуктів;
- 5) складається план і отримується дозвіл на вогневі роботи, якщо вони необхідні в процесі ремонту; складається акт здачі в ремонт.

Далі виконуються такі роботи:

- 1) зняття кришок апарата, люків, демонтаж обв'язки й арматури;
- 2) виявлення дефектів вальцювання й зварювання, а також цілісності трубок гідравлічним і пневматичним випробуваннями на робочий тиск;

- 3) часткова зміна або відключення дефектних трубок, кріплення труб вальцюванням або зварюванням;
- 4) ремонт футерівки і антикорозійних покриттів деталей із частковою заміною;
- 5) ремонт або заміна арматури, що зносилася, трубопроводів, регулювання запобіжних клапанів;
- 6) зміна ущільнень розбірних з'єднань;
- 7) витягування трубок, чищення внутрішньої поверхні корпусу апарата й теплообмінних трубок, зачищення отворів у трубних решітках, зачищення кінців трубок;
- 8) заміна частини корпусу, днищ (кришок) і зношених деталей;
- 9) виготовлення нових трубок;
- 10) монтаж трубного пучка й вальцювання труб у решітках;
- 11) ремонт плаваючих голівок;
- 12) монтаж нарізних з'єднань;
- 13) гідравлічне випробування міжтрубної і трубної частин апарата пробним тиском;
- 14) пневматичне випробування апарата.

Основними конструктивними недоліками теплообмінних апаратів є такі: 1) велика трудомісткість розбирання-складання апарата при чищенні й заміні трубного пучка; 2) мала надійність вальцювальних з'єднань трубок із трубною дошкою; 3) складність ущільнення кришкою трубної дошки плаваючої голівки.

Відмови теплообмінників відбуваються в основному через пропускання продукту через вальцювальні з'єднання, через ущільнення кришки плаваючої голівки і через корозію труб трубного пучка. Найбільш трудомісткими операціями при ремонті теплообмінної апаратури є: 1) монтаж і демонтаж нарізних з'єднань, очищення теплообмінної апаратури; 2) добування трубних пучків, ремонт і виготовлення трубних пучків і їх установка; 3) випробування теплообмінників.

Зниження трудомісткості робіт з монтажу й демонтажу нарізних з'єднань досягається застосуванням пневматичних і гідравлічних гайковертів. Після розхитування знімається кришка апарата. Зменшення трудозатрат на опускання й підймання важкої кришки забезпечується виготовленням поворотних кронштейнів, які дозволяють після розхитування відвести у бік кришку й розподільну голівку.

Витягати трубні пучки можна тільки з теплообмінників із плаваючою голівкою. Найменш механізованим способом є витягування трубного пучка за допомогою лебідок і домкратів. Більш прогресивні спеціальні пристрої для добування – екстрактори. Вони являють собою пристрої, які кріпляться на фланці теплообмінника і за допомогою домкрата або лебідки виштовхують трубний пучок. Пучок, що витягується, рухається разом із візком, на який кріпиться його передня частина.

У більшості випадків як екстрактор використовується пристрій для захоплення трубного пучка разом із вантажопідйомним механізмом. Трубний пучок, що витягується з горизонтальних теплообмінників, підтримується в горизонтальному положенні автомобільним краном за допомогою талі і пересувної монорейки або візка. Схема витягування трубного пучка за допомогою тракторної лебідки й автомобільного крана наведена на рис. 3.12.

Демонтаж проводиться в певній послідовності: 1) знімаються кришки теплообмінного апарата; 2) демонтуються деталі плаваючої голівки; 3) проводиться попереднє зрушення трубчатки; 4) тракторною лебідкою трубний пучок витягується з апарата; 5) за допомогою хомутів і строп трубчатка підвішується до гака автомобільного крана, який після остаточного добування трубчатки опускає її на причіп для транспортування на місце очищення й ремонту.

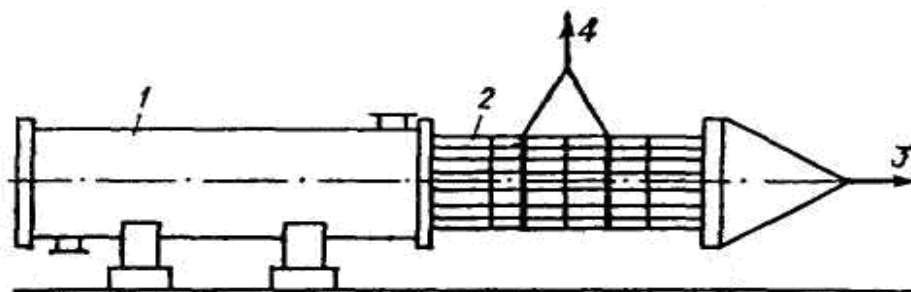


Рисунок 3.12 — Добування трубного пучка за допомогою лебідки й автомобільного крана:

1 – корпус теплообмінника; 2 – трубний пучок; 3 – строп до лебідки;
4 – строп до автомобільного крана

Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата

5 Охорона праці

Служба охорони праці.

Згідно зі ст. 15 Закону «Про охорону праці» така служба обов'язково повинна бути створена на підприємстві з кількістю працюючих 50 і більше осіб у відповідності з Типовим положенням про службу охорони праці. Також має бути розроблено Положення про службу охорони праці цього підприємства, визначено структуру такої служби, її чисельність, основні завдання, функції та права її працівників.

На підприємствах з кількістю працівників менше 50 чоловік функції служби охорони праці можуть виконувати в порядку сумісництва (суміщення) особи, які мають відповідну підготовку. А на підприємствах з кількістю працівників менше 20 для виконання функцій служби охорони праці можуть на договірних засадах залучатися сторонні фахівці, які мають не менше трьох років виробничого стажу і пройшли навчання з охорони праці.

Положення, інструкції та інші акти з охорони праці.

Обов'язок роботодавця – затвердити документи, які передбачені ст. 13 Закону «Про охорону праці». Вони повинні встановлювати правила виконання робіт і поведінки працівників на території підприємства, у виробничих приміщеннях, на будівельних майданчиках і робочих місцях. Інструкції та інша документація з охорони праці розробляються на підставі положень законодавства з охорони праці, типових інструкцій та технологічної документації підприємства з урахуванням виду діяльності підприємства і конкретних умов праці на ньому, керівниками структурних підрозділів.

Інструктажі з питань охорони праці.

Перед початком роботи нового працівника роботодавець згідно зі ст. 29 КЗпП зобов'язаний проінформувати його під розписку про умови праці, наявні на його робочому місці. У тому числі, про всі небезпечні чи шкідливі виробничі фактори, які ще не усунуто, та про можливі наслідки їх впливу на здоров'я працівника, а також про можливі пільги та компенсації за роботу в таких умовах.

Крім того, при прийнятті на роботу всі працівники повинні за рахунок роботодавця пройти вступний інструктаж, навчання, перевірку знань, первинний інструктаж на робочому місці, стажування і набуття навичок безпечних методів праці. Тільки після цього працівники допускаються до

					ХІ.Т.00.00.00.ПЗ	Аркуш
						54
Зм..	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

Засобами індивідуального захисту.

На роботах із шкідливими і небезпечними умовами праці, а також на роботах, пов'язаних із забрудненням або несприятливими температурними умовами, працівникам згідно зі ст. 164 КЗпП має безкоштовно видаватися спеціальний одяг, спеціальне взуття та інші засоби індивідуального захисту (ЗІЗ).

Атестація робочих місць.

На підприємствах, де технологічний процес, використовуване обладнання, сировина та / або матеріали є потенційними джерелами шкідливих і небезпечних виробничих факторів, які можуть негативно впливати на стан здоров'я працюючих, повинна проводитись атестація робочих місць за умовами праці. Така атестація повинна проводитись атестаційною комісією, склад і повноваження якої визначаються наказом по підприємству в строки, передбачені колективним договором, але не рідше одного разу на 5 років. Порядок проведення такої атестації передбачений постановою КМУ від 01.08.1992 р. № 442. Відомості про результати атестації заносяться в картку умов праці.

Нещасні випадки.

Згідно зі ст. 22 Закону «Про охорону праці» роботодавець зобов'язаний організувати розслідування та вести облік нещасних випадків, професійних захворювань і аварій у порядку, встановленому постановою КМУ від 30.11.2011 р. № 1232. За результатами такого розслідування роботодавець повинен затвердити акт за формою Н-5 та Н-1 (якщо він визнаний пов'язаним з виробництвом).

[<https://te.dsp.gov.ua/ohorona-pratsi-na-pidpryyemstvi-shho-potribno-znaty/>]

					<i>XI.T.00.00.00.ПЗ</i>	<i>Аркуш</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		56

**Параметри, що визначають пожежну
небезпеку горючих газів, рідин і твердих
речовин. Поняття про процеси горіння та
вибуху.**

**ФІЗИКО-ХІМІЧНІ ОСНОВИ ВИНИКНЕННЯ, РОЗВИТКУ І
ПРИПИНЕННЯ ПРОЦЕСУ ГОРІННЯ, УМОВИ І ВИДИ ГОРІННЯ**

Для кращого розуміння умов утворення горючого середовища, джерел запалювання, оцінки та попередження вибухопожежонебезпеки, а також вибору ефективних заходів і засобів систем пожежної безпеки, потрібно мати уявлення про природу процесу горіння, його форми та види.

1. Горіння й умови його виникнення

Горіння – екзотермічний процес, який охоплює окисно-відновні перетворення речовин і (або) матеріалів і характеризується наявністю летких продуктів і (або) світлового випромінювання. Для виникнення горіння необхідна одночасна наявність трьох чинників: горючої речовини, окисника та джерела запалювання. При цьому горюча речовина й окисник мають перебувати в необхідному співвідношенні один до одного й утворювати таким чином горючу суміш, а джерело запалювання мусить мати певну енергію та температуру, яка достатня для початку реакції. Горючу суміш визначають терміном "горюче середовище". Це – середовище, здатне самостійно горіти після видалення джерела запалювання. Для повного згоряння необхідна присутність достатньої кількості кисню, щоб забезпечити повне перетворення речовини на насичені оксиди. За недостатньої кількості повітря окислюється тільки частина горючої речовини. Залишок розкладається з виділенням великої кількості диму. У цих умовах також утворюються токсичні речовини, серед яких найбільш розповсюджений продукт неповного згоряння – оксид вуглецю (СО), який може призвести до отруєння людей. Слід зазначити, що горіння деяких речовин (ацетилену, оксиду етилену), які здатні при розкладанні виділяти велику кількість тепла, можливе й за відсутності окисника.

					XI.T.00.00.00.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		57

3. Етапи розвитку пожежі та зони горіння

Етапи розвитку пожежі розглянемо на прикладах пожежі у звичайному приміщенні:

I етап пожежі – перетворення загоряння на пожежу, тривалість – 1–3 хв.

II етап пожежі – зростання зони горіння – 5–6 хв.

III етап пожежі – бурхливий процес горіння; температура всередині приміщення досягає 250–300 °С, починається об'ємний розвиток пожежі, коли полум'я

заповнює весь об'єм приміщення і поширення полум'я проходить вже не поверхнею, а дистанційно – через розриви. Руйнування застосування. Тривалість – 6–9 хв. IV етап – як наслідок руйнування застосування, приплив свіжого повітря різко сприяє розвитку пожежі. Температура всередині приміщення підвищується з 500–600 °С до 800–900 °С. Швидкість вигорання – максимальна. Тривалість 9–12 хв.

V етап – стабілізація пожежі на 20–25 хв від початку горіння.

VI етап – зниження інтенсивності горіння.

Протягом перших двох етапів проходить лінійне поширення вогню. Тому дуже важливо в цей час викликати пожежні підрозділи та вжити заходів щодо гасіння пожежі до початку етапу її бурхливого зростання.

Активна ділянка пожежі включає чотири зони .

ЗОНА ГОРІННЯ – частина простору, у якій безпосередньо відбувається горіння. Вона може обмежуватися огорожувальними конструкціями будівель, споруд, приміщень, стінками технологічного устаткування.

ЗОНА ТЕПЛОВОГО ВПЛИВУ – прилеглий до зони горіння простір, у

якому проходить тепловий обмін між зоною горіння та навколишнім середовищем, конструкціями та матеріалами. Межі цієї зони визначаються гранично допустимими значеннями теплових потоків і температур для людини, конструкцій і горючих матеріалів. Теплопередача в навколишнє середовище здійснюється способами конвекції, теплового випромінювання та теплопровідністю.

ЗОНА ЗАДИМЛЕННЯ – простір, суміжний із зоною горіння, у якому можливе розповсюдження продуктів горіння.

ЗОНА ТОКСИЧНОСТІ – об'єм простору, заповнений димовими газами, що вміщують токсичні продукти горіння в концентраціях, які небезпечні для життя та здоров'я людей.

Під час пожежі зони перебувають у стані постійного динамічного переміщення та перекривають одна одну.

ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ПОЖЕЖНУ НЕБЕЗПЕКУ І

ПОЖЕЖУ. ПРИЧИНИ, КЛАСИ І НЕБЕЗПЕЧНІ ЧИННИКИ ПОЖЕЖІ

1. Загальні відомості про пожежну безпеку і пожежу

Пожежна безпека об'єкта – сукупність чинників, які зумовлюють можливість виникнення та (або) розвитку пожежі (збільшення зони горіння та (або) ймовірності впливу небезпечних чинників пожежі) на об'єкті (ДСТУ 2272-2006 Пожежна безпека. Терміни і визначення основних понять).

Пожежа – позарегламентний процес знищування або пошкодження вогнем майна, під час якого виникають чинники, небезпечні для живих істот і довкілля (ДСТУ 2272-2006 Пожежна безпека. Терміни і визначення основних понять).

Пожежі можна поділити на природні й антропогенні.

До природних належать пожежі, що виникають унаслідок прямих ударів блискавки (розрядів атмосферної електрики), виверження вулканів, самозаймання торфу, вугілля тощо. Кількість таких пожеж незначна – менше 1%.

Антропогенні пожежі безпосередньо або опосередковано пов'язані з людським чинником, тобто з пожежонебезпечною діяльністю людини або невтручанням людини для запобігання пожежонебезпечним ситуаціям.

Такі пожежі виникають у 99 випадках із 100.

2. Причини, класи та небезпечні чинники пожежі

Найпоширенішими причинами пожеж в Україні є необережне поводження з вогнем (понад 57 %); порушення правил монтажу та експлуатації електроприладів (20–25%); порушення правил монтажу та експлуатації приладів опалення (8–10%); пустощі дітей з вогнем (4–5%); підпали (2–4%); невстановлені та інші (1–3%). Із них 70–80% трапляється у житловому секторі, 3–4% – у промисловості, 1–2% на будівництві, 1–2% – у сільському господарстві, 2–3% на об'єктах торгівлі та складах, 1–3% – у місцях масового перебування людей. Хоча відсоток пожеж за кількістю у промисловості відносно невеликий, масштаб їхніх руйнівних наслідків є значно вищим. Саме вони, створюючи загрозу життю та здоров'ю робітникам і мешканцям прилеглих територій здебільшого призводять до величезних матеріальних збитків, завдають шкоди навколишньому середовищу та можуть бути причиною екологічних катастроф. До основних причин пожеж на виробництві слід віднести: порушення правил монтажу й експлуатації електроустановок (25–30 %); необережне поводження з вогнем (25–35 %); порушення технологічного процесу виробництва (до 10 %); порушення правил пожежної безпеки при електрогазозварюванні та різанні металів, паяльних роботах, розігріванні бітуму та проведенні інших видів вогневих робіт (10–12 %); порушення правил монтажу й експлуатації приладів опалення (4–6 %); іскри теплового та механічного походження (до 2 %); підпали (2–3 %); інші причини (до 2 %). Якщо синтезувати на підставі аналізу наявні причини пожеж і виділити головну з них, то ми легко впевнимосся, що переважна більшість пожеж виникає безпосередньо з вини людини або через необізнаність із правилами й вимогами пожежної безпеки, або внаслідок несвідомого, поверхового чи просто недбалого ставлення до їхнього виконання.

Відповідно до ГОСТ 27331- 87 "Пожарная техника. Классификация пожаров" встановлено чотири класи пожежі, а також їхні символи: клас А – горіння твердих речовин переважно органічного походження, яке супроводжується тлінням (деревина, текстиль, папір);

клас В – горіння рідин або твердих речовин, які плавляться;

клас С – горіння газоподібних речовин;

клас D – горіння металів та їх сплавів.

					XI.T.00.00.00.ПЗ	Аркуш
Зм..	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		61

Крім цих чотирьох класів у НАПБ (Нормативний акт з питань Пожежної безпеки) А.01.001-95 "Правила пожежної безпеки в Україні" введений ще додатковий п'ятий клас – клас Е, прийнятий для позначення пожеж, пов'язаних із горінням електроустановок. Символи класів пожеж наведені на рис. 3.1.



Рис 3.1 – Символи класів пожеж

До кожного класу об'єднані пожежі, пов'язані з горінням речовин, що мають подібні характеристики.

Небезпечний чинник пожежі – прояв пожежі, що призводить чи може призвести до опіку, отруєння леткими продуктами згорання або піролізу, травмування чи загибелі людей та (або) до заподіяння матеріальних, соціальних, екологічних збитків.

Розрізняють такі небезпечні та шкідливі чинники:

- токсичні продукти горіння; – дим;
- вогонь; – недостатність кисню.
- підвищена температура середовища;

Токсичні продукти горіння становлять найбільшу загрозу для життя людини, особливо при пожежах у будівлях. Адже в сучасних виробничих, побутових і адміністративних приміщеннях наявна значна кількість синтетичних матеріалів, що є основними джерелами токсичних продуктів горіння. Так, пригорінні пінополіуретану та капрону утворюється ціанистий водень (синильна кислота), вініласту – хлористий водень та оксид вуглецю, лінолеуму – сірководень і сірчистий газ і т. д. Найчастіше при пожежах відзначається високий вміст у повітрі оксиду вуглецю. Так, у підвалах, шахтах, тунелях, складах його вміст може становити від 0,15 до 1,5 %, а в приміщеннях – 0,1–0,6 %. Вогонь – надзвичайно небезпечний чинник пожежі, однак випадки його безпосередньої дії на людей зустрічаються досить рідко. Під час пожежі температура полум'я може досягати 1200–1400 °С і викликати у людей, які знаходяться в зоні пожежі випромінювання полум'я, опіки та больові відчуття. Мінімальна відстань від полум'я у метрах, на якій людина ще може перебувати, приблизно складає $R = 1,6 \cdot H$, де H – середня висота факела полум'я в

метрах. Наприклад, при пожежі дерев'яного будинку, заввишки до гребеня покрівлі 8 м, ця відстань буде близько 13 м.

Небезпека підвищеної температури середовища полягає в тому, що вдихання розігрітого повітря разом із продуктами горіння може призвести до ураження органів дихання та смерті. В умовах пожежі підвищення температури середовища до 60 °С вже є життєнебезпечною для людини. Дим – видимий аерозольний складник легких продуктів згоряння (сукупності газоподібних речовин, а також аерозолів, які утворюються у вогнищі й виходять за його межі). Він викликає інтенсивне подразнення органів дихання та слизових оболонок (сильний кашель, сльозотечу тощо). Крім того, у задимлених приміщеннях унаслідок погіршення видимості сповільнюється евакуація людей, а часом провести її зовсім неможливо. Так, при значній задимленості приміщення видимість предметів, що освітлюються лампочкою потужністю 20 Вт, складає не більше 2,5 м. Недостатність кисню спричинена тим, що у процесі горіння відбувається хімічна реакція окиснення горючих речовин і матеріалів. Небезпечною для життя людини вже вважають ситуацію, коли вміст кисню в повітрі знижується до 14 % (норма 21 %). При цьому втрачається координація рухів, 14 з'являється кволість, запаморочення, гальмування свідомості. При концентрації кисню 9–11 % смерть настає за кілька хвилин. Крім згаданих вище мають місце вторинні прояви небезпечних чинників пожежі, що впливають на людей і матеріальні цінності:

- осколки, частини апаратів, що руйнуються, агрегатів, установок, конструкцій;
- радіоактивні й токсичні речовини та матеріали, що вийшли зі зруйнованих апаратів і установок;
- електричний струм, що виник унаслідок винесення високої напруги наструмопровідні частини конструкцій, апаратів, агрегатів;
- небезпечні чинники вибуху за ГОСТ 12.1.010, що відбувся внаслідок пожежі;
- вогнегасячі речовини;
- паніка.

Зосередимося на деяких з них.

Небезпечні чинники вибуху збільшують площу горіння та можуть призводити до утворення нових вогнищ пожеж. Люди, які перебувають поблизу, можуть потрапити під вплив вибухової хвилі, дістати ураження уламками тощо. Руйнування будівельних конструкцій відбувається внаслідок втрати ними несучої здатності під впливом високих температур і вибухів. При цьому люди можуть одержати значні механічні травми, опинитися під уламками завалених конструкцій. До того ж евакуація може бути просто неможливою, внаслідок завалів евакуаційних виходів і руйнування шляхів евакуації. Паніку переважно спричиняють швидкі зміни психічного стану людини зазвичай депресивного характеру в умовах екстремальної ситуації (пожежі). Більшість людей потрапляють у

					ХІ.Т.00.00.00.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		63

Список літератури

1. Дытнерский Ю.И. Основные процессы и аппараты химической технологии: пос. по проект. / Ю.И. Дытнерский. - М.: Химия. 1991. - 496 с.
2. Дытнерский Ю.И. Основные процессы и аппараты химической технологии: пос. по проект. / Ю.И. Дытнерский. - М.: Химия, 1983. - 272 с.
3. Кувшинский М.Н. Курсовое проектирование по предмету "Процессы и аппараты химической технологии". / М.Н. Кувшинский, А.Н. Соболева. - М.: Высшая школа. 1968. - 264 с.
4. Малезик І.Ф. Процеси і апарати харчових виробництв. / І.Ф. Малезик. - К.: НУХТ. 2003. - 400 с.
5. Плановский А.Н. Процессы и аппараты химической технологии. / А.Н.Плановский, В.М.Рамм, С.З.Каган - М.: Химия. 1968. - 848 с.
6. Павлов К.Ф. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии. / К.Ф. Павлов, П.Г.Романков, А.А.Носков - Л.: Химия. 1981. - 560 с.
7. ГОСТ 15122-79 Теплообменники кожухотрубчатые с неподвижными трубными решетками и кожухотрубчатые с температурным компенсатором на кожухе. Основные параметры и размеры. - М.: Изд.стандартов. 1979.
8. ГОСТ 15118-79 Аппараты теплообменные кожухотрубчатые с неподвижными трубными решетками и кожухотрубчатые с температурным компенсатором на кожухе. Размещение отверстий под трубы в трубных решетках и перегородках. Основные размеры. - М.: Изд.стандартов. 1979.
9. ГОСТ 9930-78 Теплообменники "Труба в трубе" типы и основные параметры. - М.: Изд.стандартов. 1980.
10. ГОСТ 12830-67 Фланцы с соединительным выступом стальные приварные встык. Конструкция, размеры и технические требования. - М.: Издательство стандартов. 1979.
11. Кузнецов А.А. Расчеты основных процессов и аппаратов переработки углеводородных газов : справочное пособие / А.А. Кузнецов, Е.Н. Судаков. - Москва: Химия, 1983.
12. Охорона праці "<https://te.dsp.gov.ua/ohorona-pratsi-na-pidpryyemstvi-shho-potribno-znaty/>"

						XI.T.00.00.00.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата			68

13. Г. В. Фесенко КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ З ДИСЦИПЛІНИ ОСНОВИ ПОЖЕЖНОЇ БЕЗПЕКИ (для студентів 4 курсу денної форми навчання за напрямом підготовки 6.060101 «Будівництво» спеціалізації «Охорона праці в будівництві»)

14. Яхненко С.М., Литвиненко А.В., Є.М. Піддубний Конспект лекцій по курсу: “Монтаж, експлуатація та ремонт обладнання хімічних виробництв” для студентів спеціальності 7(8).090220 "Обладнання хімічних виробництв і підприємств будівельних матеріалів" денної та заочної форм навчання.

					XI.Т.00.00.00.ПЗ	Аркуш
						69
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		