

ЗАТВЕРДЖУЮ
Зав. кафедри

підпис, дата

Кваліфікаційна робота магістра

зі спеціальності 133 "Галузеве машинобудування"
освітня програма "Обладнання хімічних виробництв
і підприємств будівельних матеріалів"

Тема роботи: Парокомпресійна установка. Розробити
модернізований кожухотрубний теплообмінник для
конденсації парів аміаку

Виконав:
студент групи ХМ.мз–91с
Мікконен Сергій Борисович

підпис

Залікова книжка

№ _____

Кваліфікаційна робота магістра
захищена на засіданні ЕК

з оцінкою _____

" ____ " _____ 20 ____ р.

Підпис голови
(заступника голови) комісії

Керівник:

канд. техн. наук, доцент

Юхименко Микола Петрович

підпис, дата

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 73 с., 14 рис., 5 табл., додатки, 26 джерел.

Графічні матеріали: технологічна схема аміачної парокompресійної установки, віртуальна модель апарату, складальне креслення апарату, креслення складальних одиниць – усього 5 аркуші формату А1.

Тема кваліфікаційної роботи: «Парокompресійна установка. Розробити модернізований кожухотрубний теплообмінник для конденсації парів аміаку».

У роботі наведено опис технологічної схеми парокompресійної установки. Розглянуто теоретичні основи процесу теплообміну, особливості конструкції конденсатора, обґрунтовано вибір конструкційних матеріалів, наведені їх фізико-механічні та технологічні властивості. Також виконані технологічний, конструктивний розрахунки, розраховано гідравлічний опір апарату, вибрано і розраховане допоміжне обладнання. Проведеними розрахунками на міцність, стійкість та герметичність підтверджена механічна надійність і конструктивну досконалість спроектованого апарату, що є неодмінною умовою тривалої та безперебійної роботи обладнання. Розглянуто компоновку обладнання установки, стисло описані монтажні та ремонтні роботи спроектованого апарату. Розроблено схему автоматизації. У розділі «Охорона праці» дано аналіз потенційних небезпек і шкідливостей, що виникають при експлуатації обладнання установки, запропоновані заходи по їх усуненню. Виконано розрахунок захисного заземлення.

Ключові слова: ХОЛОДИЛЬНА УСТАНОВКА, АПАРАТ, КОЖУХОТРУБНИЙ КОНДЕНСАТОР, АМІАК, МОНТАЖ, РЕМОНТ, ЗАЗЕМЛЕННЯ, РОЗРАХУНОК.

Зміст

Вступ	4
1 Огляд літературних джерел	6
1.1 Термодинамічні основи роботи холодильних установок	6
1.2 Властивості холодильних агентів	9
1.3 Класифікація кожухотрубних теплообмінних апаратів	10
1.4 Фізична модель теплообмінного процесу	17
1.5 Технологічний розрахунок теплообмінного процесу	18
2 Технологічна частина	20
2.1 Опис технологічної схеми	20
2.2 Теоретичні основи процесу	22
2.3 Пристрій і принцип дії проектованого апарата	27
2.4 Технологічний розрахунок	28
2.5 Конструктивний розрахунок	33
2.6 Визначення гідравлічного опору апарата	35
2.7 Вибір допоміжного обладнання	36
3 Проектно-конструкторська частина	38
3.1 Вибір конструкційних матеріалів	38
3.2 Розрахунки на міцність, стійкість і герметичність	41
4 Будівельно-монтажна частина	45
4.1 Обґрунтування компоновки обладнання установки	45
4.2 Монтаж і ремонт основного технологічного обладнання	47
5 Автоматика та автоматизація технологічного процесу	55
6 Охорона праці та навколишнього середовища. Аналіз небезпечних і шкідливих факторів досліджуваного об'єкта	59
Висновки	70
Список літератури	71

					XI.T.00.00.00 ПЗ		
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.	Мікконен				Лім.	Лист	Листів
Перевір.	Юхименко				3	73	
Реценз.					СумДУ, ХМ.мз-91с		
Н. Контр.							
Затверд.	Склабінський						

**Конденсатор
кожухотрубний**
Пояснювальна записка

Вступ

Процес охолодження – це процес отримання штучного холоду. Охолодження до мінусових температур здавна використовувалося для збереження харчових продуктів та медичних препаратів. Пізніше необхідність охолодження виникла при скрапленні газів, при будівництві мостів і тунелів, у металургійній, електронній, ракетній і багатьох інших галузях промисловості [1].

При зростанні попиту на низькі температури розвивалась техніка охолодження. Від простих льодовиків з їх обмеженою ємністю, сезонністю роботи і незначним рівнем охолодження, ця техніка прийшла до холодильних машин безперервної дії, які дозволяють виробляти дуже велику кількість холоду (40–60 ГДж/год.) і досягати температур, близьких до абсолютного нуля (0,00002 К), при помірно малих витратах енергії [2].

За рівнем температури охолодження холодильні установки поділяються на:

- 1) холодильні установки помірного охолодження (діапазон температур від кімнатних до -100°C);
- 2) холодильні установки глибокого охолодження (до температур нижче -100°C).

У свою чергу, агрегати для отримання температур нижче -100°C , умовно класифікуються наступним чином [3]:

- а) установки глибокого охолодження (від 173 до 55 К);
- б) криогенні установки (від 40 до 0,3 К);
- в) установки наднизьких температур (до 0,00002 К).

Парокомпресійні холодильні установки (ПКХУ) відносяться до холодильних установок помірного охолодження. Термодинамічні основи роботи зазначених установок та конструкції основного обладнання докладно викладені в технічній літературі [1–5].

					XI.T.00.00.00 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		4

Процес конденсації парів аміаку пов'язаний із одночасним і спільним протіканням процесів тепло- і масообміну. При цьому утворена маса конденсату визначає кількість переданої речовини, а теплота пароутворення – кількість переданої теплоти одиницею маси сконденсованої речовини.

У техніці можливі два види конденсації пари:

- на охолоджуваній поверхні;
- безпосередньо в об'ємі парового потоку.

Перший вид конденсації становить найбільший інтерес, оскільки саме він переважно має місце в теплообмінних апаратах. Другий вид конденсації, при деяких умовах, може супроводжувати конденсацію на охолоджуваних поверхнях з утворенням туману в ядрі парового потоку.

За характером утворення рідкої фази на твердій поверхні охолодження розрізняють три види конденсації пари: плівкову, крапельну і змішану.

Плівкова конденсація має місце на поверхнях, які добре змочуються конденсатом даної речовини, а також на слабо змочуваних поверхнях при інтенсивній конденсації. При плівковій конденсації рідина відразу ж розтікається по всій поверхні і утворює суцільну плівку, яка під дією сил тяжіння і тертя з боку рухомої пари безперервно стікає з поверхні і весь час поповнюється новими порціями конденсату. Умови змочуваності поверхні рідиною визначаються співвідношенням сил поверхневого натягу на краях краплі.

Дана магістерська робота має елементи науково-практичної новизни та є самостійною працею, яку виконано у відповідності до методичних вказівок [6]. У даній кваліфікаційній роботі застосовувалися методи математичного моделювання, а розрахунки та узагальнення одержаних результатів проводилися із використанням комп'ютерних прикладних програм.

					XI.T.00.00.00 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		5

1 Огляд літературних джерел

1.1 Термодинамічні основи роботи холодильних установок [1]

Другий закон термодинаміки є теоретичною основою, на якій базується робота теплових двигунів, холодильних установок і теплових насосів, так званих термодинамічних машин, в яких один вид енергії перетворюється у другий.

Одне з формулювань другого закону термодинаміки говорить, що теплота від тіл менш нагрітих (з температурою T_2) не може передаватися більш нагрітим тілам ($T_1 > T_2$) без компенсації. Тим самим підкреслюється певна направленість або необоротність природних процесів передачі теплоти [7].

Щодо циклічних процесів, які лежать в основі роботи холодильних установок, компенсуючим процесом слід вважати витрату енергії зовні. Холодильні установки працюють за зворотними циклами, в яких робота стиснення робочого тіла (холодильного агента), більша роботи його розширення. Для функціонування зворотних циклів, крім холодильного агента, який відтворює цикл, необхідно мати, як мінімум, два джерела теплоти з різними температурами – нижнє (холодне) джерело з температурою T_X і верхнє (гаряче) джерело з температурою T_G , причому, $T_X < T_G$. Особливістю холодильних установок є те, що температура верхнього джерела знаходиться на рівні температури навколишнього середовища $T_{НС}$.

Можна розглядати оборотні цикли холодильних установок, наприклад цикл Карно, та необоротні реальні цикли. До необоротності циклів призводить наявність різниці температур між об'єктом охолодження (холодним джерелом) і холодильним агентом, який отримує теплоту від цього об'єкта, а також між холодильним агентом та гарячим джерелом. Очевидно, що:

$$T_X \geq T_2, \quad (1.1)$$

					XI.T.00.00.00 ПЗ	<i>Лист</i>
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		6

де T_2 – температура холодильного агента при отриманні теплоти від холодного джерела.

Треба зазначити, що зовнішня корисна робота в циклі витрачається так, щоб температура холодильного агента стала б рівною або більшою за температуру гарячого джерела і тому:

$$T_Г \leq T_1, \quad (1.2)$$

де T_1 – температура холодильного агента при передачі теплоти гарячому джерелу.

У парокompресійних холодильних установках (ПКХУ) в якості холодильного агента використовують вологу насичену пару будь-якої рідини з температурою кипіння, яка не перевищує 0°C при атмосферному тиску [7].

На рис. 1.1 зображена принципова схема ПКХУ з дросельним вентиляем, яка працює по сухому ходу компресора та її цикл у $T-s$ та $lgp-h$ діаграмах.

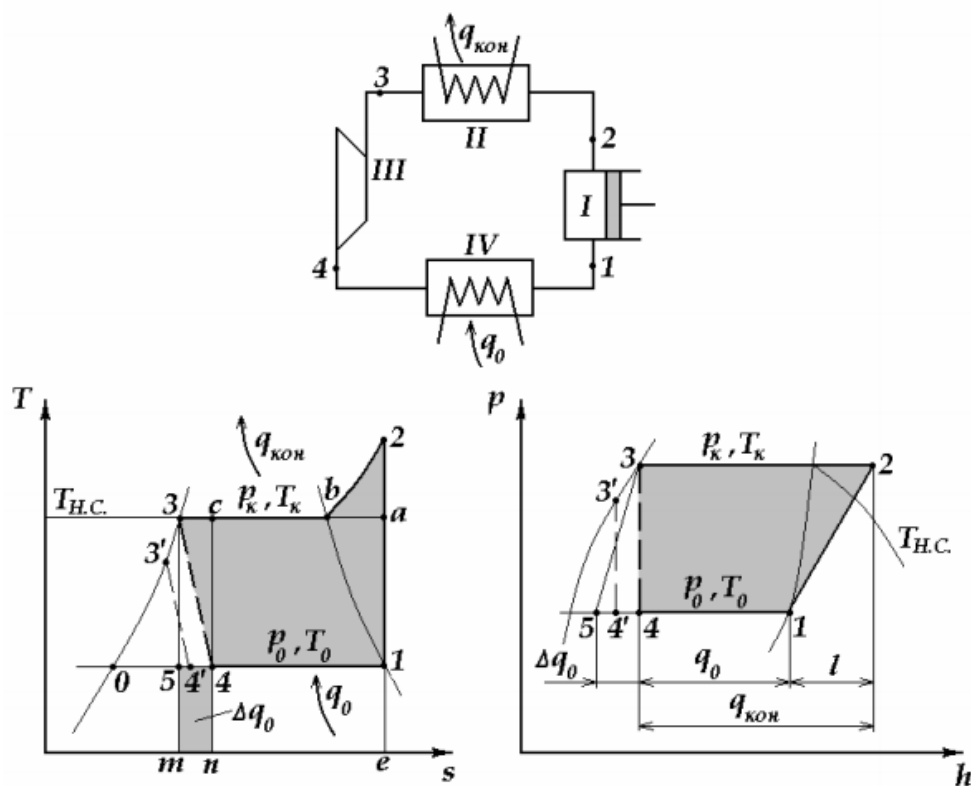


Рисунок 1.1 – Схема і теоретичний цикл одноступеневої холодильної машини з дросельним вентиляем

Згідно схеми і циклу ПКХУ робочі процеси холодильної установки є наступними [2]:

(1 – 2) – адіабатне стиснення робочого тіла у компресорі (I);

(2 – 3) – ізобарне охолодження і конденсація пари холодильного агента за рахунок відводу теплоти в навколишнє середовище у конденсаторі (II), причому, тиск і температура у процесі конденсації позначені p_K і T_K ;

(3 – 4) – розширення робочого тіла у дросельному вентилі (III);

(4 – 1) – кипіння робочого тіла у випарнику (IV) за рахунок підводу теплоти від джерела з низькою температурою, причому, оскільки розглядається зразковий цикл, то температура кипіння холодильного агента і температура об'єкта охолодження співпадають і рідина кипить при тискові p_0 і температурі T_0 ;

(3 – 3') – процес переохолодження рідкого холодоагента у конденсаторі (II);

(3' – 4') – розширення робочого тіла у дросельному вентилі (III) після переохолодження;

(4' – 1) – кипіння робочого тіла у випарнику (IV) в циклі з переохолодженням рідкого холодоагента;

(3 – 5) – адіабатне розширення холодоагента у детандері.

Процес дроселювання позначено пунктирною лінією, тому що він є необоротним. Цей процес відбувається при $h=const$ [8]. Порівняно з повітряною холодильною установкою адіабатне розширення в детандері (циліндрі розширювання) замінено дроселюванням у дросельному вентилі, що забезпечує простоту і зручність регулювання роботи холодильної установки. Крім того, через великі габаритні розміри у детандері мають місце великі теплопритоки, що погіршує ефективність роботи холодильної установки, і яких в ПКХУ вдається уникнути.

ПКХУ, яка працює по сухому ходу компресора, забезпечує безпечну роботу компресора без гідравлічних ударів. Попадання краплин рідкого холодоагента у компресор може призвести до аварії.

					XI.T.00.00.00 ПЗ	Лист
						8
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

1.2 Властивості холодильних агентів [2, 4]

У парокомпресійних холодильних установках застосовують холодильні агенти, які повинні мати певні термодинамічні, фізико-хімічні та фізіологічні властивості. Практика експлуатації ПКХУ встановлює такі технологічні вимоги до холодильних агентів:

1) Критична температура повинна бути істотно вищою від температури оточуючого середовища (вода, повітря) для забезпечення відведення теплоти від холодоагента при його конденсації.

2) Теплота випаровування при низьких температурах має бути якнайбільшою для зменшення кількості холодоагента, який циркулює в тракті холодильної машини. За цієї умови розміри машини будуть зменшуватися при заданій холодопродуктивності.

3) Густина пари холодоагента має бути якнайбільшою для зниження робочих об'ємів машин.

4) Тиск пари за умов конденсації повинен бути помірним. Це дозволить забезпечити умови міцності елементів холодильної установки та зменшити витрати металу на їх виготовлення.

5) Тиск пари у випарнику повинен бути трохи вищим від атмосферного. Ця умова виключає всмоктування атмосферного повітря в робочий тракт і спрощує виявлення нещільностей і місць витікання пари холодоагента.

6) Холодоагент має бути хімічно інертним стосовно конструкційних і мастильних матеріалів машини.

7) Холодоагент має бути пожежо- і вибухобезпечним в експлуатації та нешкідливим для обслуговуючого персоналу.

8) Холодоагент повинен бути економічно доступним.

					XI.T.00.00.00 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		9

1.3 Класифікація кожухотрубних теплообмінних апаратів [2, 4, 9]

У апаратах, де йде нагрів або охолодження, відбувається теплообмін між двома потоками, при цьому один з них нагрівається.

Кожухотрубні теплообмінники відносяться до найбільш поширених апаратів. Їх застосовують для теплообмінних і термохімічних процесах між різними рідинами, парами і газами – як без зміни, так і зі зміною їх агрегатного стану.

Кожухотрубні теплообмінники застосовуються в якості конденсаторів, підігрівачів і випарників. Для експлуатації в важких умовах потрібні нагрівачі та охолоджувачі, випарники і конденсатори для різних органічних і неорганічних речовин. Теплообмінникам часто доводиться працювати із забрудненими рідинами при високих температурах і тисках, і тому їх необхідно конструювати так, щоб забезпечити легкість ремонту та очищення. В даний час їх конструкція в результаті спеціальних розробок з урахуванням досвіду експлуатації стала більш досконалою.

З роками кожухотрубні теплообмінники стали найбільш широко застосовуваним типом апаратів. Це обумовлено, перш за все, надійністю конструкції, великим набором варіантів виконання для різних умов експлуатації, зокрема:

- однофазні потоки, кипіння і конденсація по гарячій та холодній сторонам теплообмінника з вертикальним або горизонтальним виконанням;
- діапазон тиску від вакууму до високих значень;
- в широких межах змінюються перепади тиску по обидва боки внаслідок великої різноманітності варіантів;
- задоволення вимог по термічним напруженням без істотного підвищення вартості апарату;
- розміри від малих до гранично великих (5000 м²);
- можливість застосування різних матеріалів відповідно до вимог вартості, корозії, температурного режиму і тиску;

					XI.T.00.00.00 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		10

- використання розвинених поверхонь теплообміну як в середині труб, так і зовні, різних інтенсифікаторів і т. п.;
- можливість демонтажу пучка труб для очищення та ремонту.

Кожухотрубні теплообмінники складаються з пучків труб, закріплених в трубних дошках, кожухів, кришок, камер, патрубків та опор. Трубний і міжтрубний простір в цих апаратах роз'єднані, причому кожний з них може бути розділений перегородками на кілька ходів.

Схеми найбільш поширених типів кожухотрубних апаратів представлені на рис. 1.2.

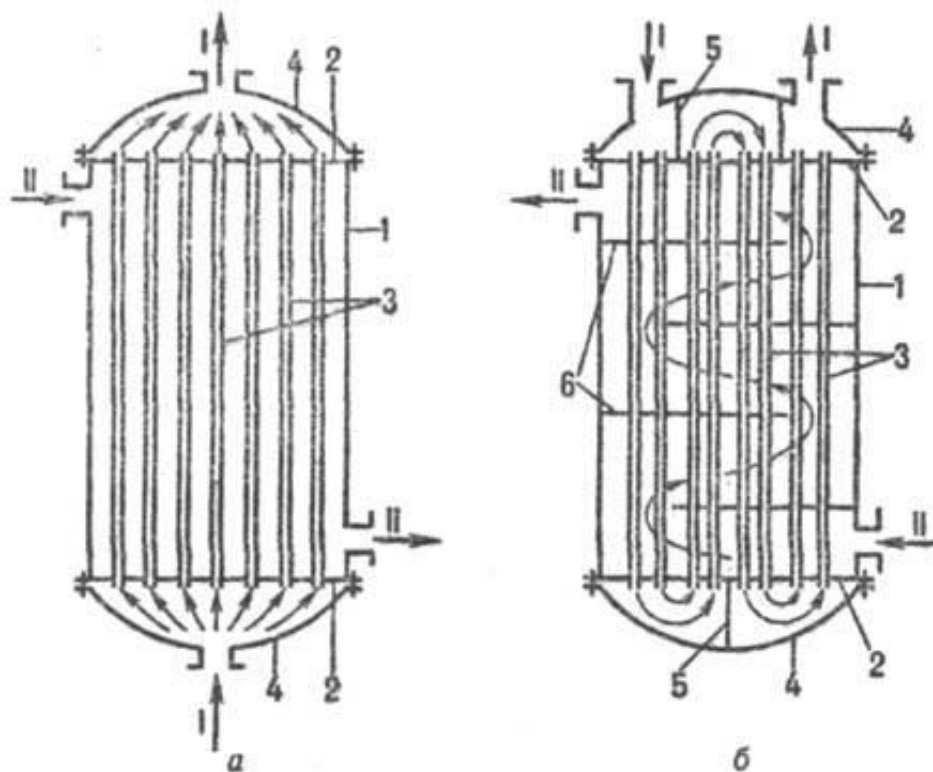


Рисунок 1.2 – Кожухотрубні теплообмінники: а) одноходовий; б) чотирьохходовий; I, II – теплоносії; 1 – корпус (кожух); 2 – трубні решітки; 3 – теплообмінні труби; 4 – кришки (розподільні камери); 5, 6 – перегородки відповідно до трубного і міжтрубного просторів

У кожухотрубних теплообмінниках теплообмін інтенсифікується збільшенням швидкості теплоносіїв шляхом установки в міжтрубному просторі поперечних перегородок і створення кількох ходів для теплоносія, що рухається по трубному простору.

Кожух (корпус) кожухотрубного теплообмінника є трубою, звареною з одного або декількох сталевих листів. Кожухи розрізняються головним чином способом з'єднання з трубою дошкою і кришками. Товщина стінки кожуха визначається тиском робочого середовища і діаметром кожуха, але повинна бути не менше 4 мм. До циліндричних країв кожуха приварюють фланці для з'єднання з кришками або днищами. На зовнішній поверхні кожуха прикріплюють опори апарату.

Трубчатка кожухотрубних теплообмінників виконується з прямих або вигнутих (U-подібних або W-подібних) труб діаметром від 12 до 57 мм. Слід надавати перевагу сталевим безшовним трубам.

У кожухотрубних теплообмінниках прохідний перетин в міжтрубному просторі в 2–3 рази більше прохідного перетину всередині труб. Тому при рівних витратах теплоносіїв з однаковим фазовим станом коефіцієнти тепловіддачі на поверхні міжтрубного простору невисокі, що знижує загальний коефіцієнт теплопередачі в апараті. Встановлення перегородок в міжтрубному просторі кожухотрубного теплообмінника сприяє збільшенню швидкості теплоносія і підвищенню ефективності теплообміну.

Трубні дошки (решітки) служать для закріплення в них пучків труб за допомогою розвальцьовування, розбортовки, зварки, зпаювання або сальникові кріплення.

Трубні дошки приварюють до кожуха (рис. 1.3, а, в), затискають болтами між фланцями кожуха і кришки (рис. 1.3, б, г) або з'єднують болтами тільки з фланцем вільної камери (рис. 1.3, д, е). Матеріалом дошок служить зазвичай листовая сталь товщиною не менше 20 мм.

Кожухотрубні теплообмінники можуть бути:

- жорсткої (рис. 1.3, а, к), не жорсткої (рис. 1.3, г, д, е, з, і) і напів жорсткої (рис. 1.3, б, в, ж) конструкції;
- одноходові і багатоходові;
- прямоточні, протиточні і схрещені;
- горизонтальні, похилі і вертикальні.

					XI.T.00.00.00 ПЗ	<i>Лист</i>
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		12

так як виготовлення водяних камер і кріплення труб в трубних дошках в апаратах високого тиску - операції складні і дорогі. Однак апарати з гнучими трубами не отримали широкого поширення через труднощі виготовлення труб з різними радіусами вигину, складності заміни труб і незручності чистки вигнутих труб.

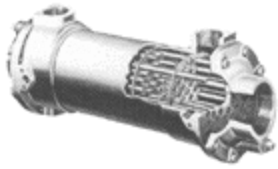
Компенсаційні пристрої складні у виготовленні (мембранні, сальфонні) або недостатньо надійні в експлуатації (лінзові, сальникові). Більш досконала конструкція теплообмінника з жорстким кріпленням однієї трубної дошки і вільним переміщенням другої дошки разом з внутрішньою кришкою трубної системи (рис. 1.3, е). Подорожчання апарату через збільшення діаметра корпусу і виготовлення додаткового днища виправдовується простотою і надійністю в експлуатації. Ці апарати отримали назву теплообмінників «з плаваючою головкою». Теплообмінники з схрещеними потоками (рис. 1.3, к) відрізняються підвищеним коефіцієнтом тепловіддачі на зовнішніх поверхнях внаслідок того, що теплоносій рухається поперек пучка труб. При перехресному тоці знижується різниця температур між теплоносіями, однак при достатньому числі трубних секцій відмінність в порівнянні з протитечійним режимом невелика. У деяких конструкціях таких теплообмінників при протіканні газу через міжтрубний простір і рідини в трубах для підвищення коефіцієнта тепловіддачі застосовують труби з поперечними ребрами.

У табл. 1.1 приведена стандартна серія кожухотрубних теплообмінників.

					XI.T.00.00.00 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		14

Таблиця 1.1 – Стандартна серія кожухотрубних теплообмінників

1. TDW				
<p>застосування: ідеально підходить для охолодження машинного масла і масла системи гідравліки в двигунах, коробках передач. Також використовується в сфері формувальної техніки.</p>				
	<p>Особливості та переваги:</p> <ul style="list-style-type: none"> - висока теплова ефективність; - стандартизоване в 21 розмірах і різних типах; - знімний пучок оребрених труб U-подібного типу, виготовлених з луженої міді та інших матеріалів; - 4 проходи охолоджуючого потоку; - низькі експлуатаційні витрати через низьке споживання води. 			
2. BCF / CCF				
<p>застосування: використовуються для охолодження або нагрівання різних середовищ рідинами або паром, а також конденсації. Зазвичай застосовують для охолодження масла в системах гідравліки і установках для виробництва пластмас.</p>				
	<p>Особливості та переваги:</p> <ul style="list-style-type: none"> - типорозмірний ряд включає в себе 212 розмірів і різних типів; - незамінюваний пучок труб, доступний з ряду матеріалів; - змінні кожухи з чавуну, 1, 2 і 4 ходове виконання; - швидкий розрахунок - швидка доставка. 			
3. SSCF				
<p>застосування: ідеально підходить для фармацевтики, хімічної та переробної промисловостей, де необхідно нагрівати або охолоджувати агресивні рідини.</p>				
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата
XI.T.00.00.00 ПЗ				Лист
				15

**Особливості та переваги:**

- конструюються з готових блоків, є аналогами BCF лінії, але виготовлені з нержавіючої сталі 1.4571 (V4A).
- можливо стерильне виконання (FDA конструкція).

4. CCFA

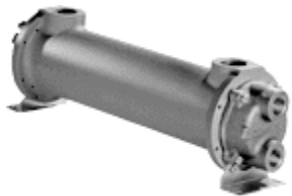
застосування: підходить для охолодження повітря і газу високого тиску. Слід використовувати в якості проміжного охолоджувача або вторинного охолоджувача.

**Особливості та переваги:**

- незнімний трубний пучок, проста одноходова конструкція;
- висока міцність;
- найкраще співвідношення ціна / продуктивність.

5. Компактна серія UNIVEX (Система Langerer & Reich)

застосування: охолодження масел систем гідравліки та машинних олій, масел гідротрансформатора, мастильно-охолоджуючих емульсій, охолоджуючих масел, напірних рідин, води/гліколю. Можливість застосування недорогих охолоджуючих рідин (технічна вода і морська вода).

**Особливості та переваги:**

- висока теплопередача завдяки компактному пучку труб і 4-х ходового виконання;
- знімний пучок труб, виготовлених з CuNi10Fe, бронзовий кожух, стійкість до корозії при використанні морської води;
- різний вибір варіантів установок;
- оптимальне співвідношення ціна/якість.

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

XI.T.00.00.00 ПЗ

Лист

16

1.4 Фізична модель теплообмінного процесу [2, 3]

Принцип дії апарату заснований на процесі теплопередачі (теплообміну). Процес теплопередачі характеризується перенесенням теплоти всередині тіла або від одного тіла до іншого за рахунок різниці температур. Передача теплоти теплоносієм в різних теплових процесах може здійснюватися різними способами, або безпосередньою взаємодією теплоносіїв, або через роздільну перегородку (стінку труби). У нашому випадку теплообмін відбувається через стінки пучка трубопроводів малого діаметра. Процес теплопередачі характеризується трьома етапами:

- перший етап – перенесення теплоти від ядра потоку першого теплоносія до стінки (тепловіддача);
- другий етап – перенесення теплоти через стінку (теплопровідність);
- третій етап – перенесення теплоти від стінки до ядра потоку другого теплоносія (тепловіддача). При цьому кількість переданої теплоти визначається основним рівнянням теплопередачі як для стаціонарного режиму:

$$Q = K \cdot F \cdot \Delta t_{CP}; \quad (1.3)$$

так і для нестационарного режиму:

$$Q' = K \cdot F \cdot \Delta t_{CP} \cdot \tau, \quad (1.4)$$

де Q, Q' – теплові потоки (кількість теплоти), передані в процесі теплопередачі, Вт (Дж);

F – поверхня теплообміну, м²;

Δt_{CP} – рушійна сила процесу теплопередачі, °С;

τ – час, с;

K – коефіцієнт теплопередачі, Вт/(м² К).

					XI.T.00.00.00 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		17

Температурне поле, що змінюється в часі називається нестационарним (несталим). Такому полю відповідає нестационарний, або несталий, тепловий режим і тепловий потік. При незмінній в часі температурі температурне поле – стаціонарне, або усталене. Відповідно тепловий режим і тепловий потік також стаціонарні.

1.5 Технологічний розрахунок теплообмінного процесу [2, 3]

Технологічний розрахунок установки включає:

- матеріальний баланс;
- тепловий баланс;
- технологічний розрахунок основного апарату;
- розрахунок і підбір допоміжного обладнання;
- гідравлічний розрахунок апарату.

Завданням розрахунку матеріального балансу є визначення витрати потоків, необхідних концентрацій; теплового балансу - визначення витрати нагріваючих і охолоджуючих агентів. Технологічний розрахунок апаратів виконується з метою визначення їх основних розмірів (діаметра, висоти, площі поверхні теплопередачі і т. п.). За розрахованими основними розмірами вибирається апарат за нормативними документами – ГОСТи, ОСТ і т. п.

Далі розраховуються або вибираються інші елементи апаратів (перемішуючі і контактні пристрої, штуцери, кришки і т. п.). При необхідності в цьому розділі виконується розрахунок теплової ізоляції. Необхідні для виконання розрахунків фізико-хімічні властивості речовин (густина, теплопровідність, теплоємність, в'язкість і ін.) знаходять за довідниками або розраховують за формулами. У цьому ж розділі виконується розрахунок інших апаратів установки (теплообмінників, циклонів, барометричних конденсаторів і ін.) та вибір їх по каталогам і ГОСТам.

					XI.T.00.00.00 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		18

Розрахунок гідравлічного опору апаратів і трубопроводів здійснюється для розрахунку і вибору машин, які переміщують рідини і газу (насосів, вентиляторів, компресорів). Устаткування місткості для зберігання сировини і продукції розраховується і підбирається по нормалям, каталогам або ГОСТам з урахуванням конкретних умов їх роботи. Устаткування для зберігання сировини і продукції розраховується і підбирається по нормалям, каталогам або ГОСТам з урахуванням конкретних умов їх роботи. Усі розрахунки повинні виконуватися в Міжнародній системі одиниць вимірювань (СВ).

При виборі типу і конструкції теплообмінника враховуються такі чинники:

- призначення апарату і протікаючі в ньому процеси;
- питома теплова потужність апарату (кількість теплоти, переданої в одиницю часу через одиницю поверхні теплообміну при заданому тепловому режимі);
- гідравлічний опір;
- хімічна агресивність теплоносіїв до конструкційного матеріалу;
- ступінь забрудненості теплоносіїв і характер відкладень;
- термодинамічні параметри (температура, тиск, обсяги і агрегатний стан теплоносіїв);
- фізико-хімічні властивості;
- температурні навантаження, що виникають при різному тепловому подовженні різних частин теплообмінника;
- конструктивну досконалість: простота пристрою, малі маса і габаритні розміри, технологічність конструкції, високий ККД;
- собівартість продукції.

					XI.T.00.00.00 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		19

2 Технологічна частина

2.1 Опис технологічної схеми

Холодильна установка являє собою комплекс машин і апаратів, які використовуються для отримання і стабілізації в охолоджуваних об'єктах температур нижче, ніж у навколишньому середовищі.

Установка складається з однієї або декількох холодильних машин, обладнання для відведення тепла в навколишнє середовище, системи розподілу і використання холоду. Залежно від величини теплового навантаження на холодильну установку, різноманітності об'єктів охолодження, типу холодильних машин і виду споживаної енергії може бути використана або централізована, або локальна системи холодопостачання.

Централізована система передбачає використання єдиного комплексу машин і апаратів для генерації холоду звичайних параметрів і його розподілу. Система може включати окремі агреговані холодильні машини, а також представляти собою комбінацію холодильного обладнання, наприклад, блок конденсаторів, ресивери тощо. Як правило, при проектуванні централізованої холодильної установки використовується система охолодження технологічних об'єктів проміжним теплоносієм. Такий варіант холодопостачання припускає деяке збільшення енерговитрат, однак, дозволяє спростити технологічну схему, забезпечує зручність монтажу і обслуговування обладнання, безпеку і надійність його експлуатації. Ізольованість контуру холодильної машини допускає застосування аміаку, як найбільш дешевого і термодинамічно ефективного робочого тіла. Для відведення тепла у навколишнє середовище, зазвичай, застосовується система оборотного водоохолодження. У цілому централізована система холодопостачання забезпечує високу ступінь надійності при невеликому резерві обладнання та мінімальній чисельності обслуговуючого персоналу.

При невеликих теплових навантаженнях та безпосередньому включенні елементів холодильного циклу в схему основного виробництва, наприклад,

					XI.T.00.00.00 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		20

при газорозділенні, доцільно використання локальної системи отримання холоду із безпосереднім охолодженням об'єктів робочим тілом холодильної машини. При цьому дещо знижуються енергетичні витрати.

На парокompресійній холодильній установці у якості теплоносія, що віддає тепло на низькому температурному рівні, використовують охолоджуване середовище (газову суміш або розсіл із низькою температурою замерзання). У якості робочої речовини використовують низькокиплячі рідини (аміак, хладон, вуглекислоту, пропан, бутан, етилен тощо). Відповідно до використовуваної робочої речовини холодильні установки називають аміачними, хладонними, вуглекислотними і т. д. На низькому температурному рівні робоче середовище кипить і випаровується під низьким тиском, забираючи тепло від охолоджуваної речовини.

Технологічна схема аміачної установки приведена на рис. 2.1.

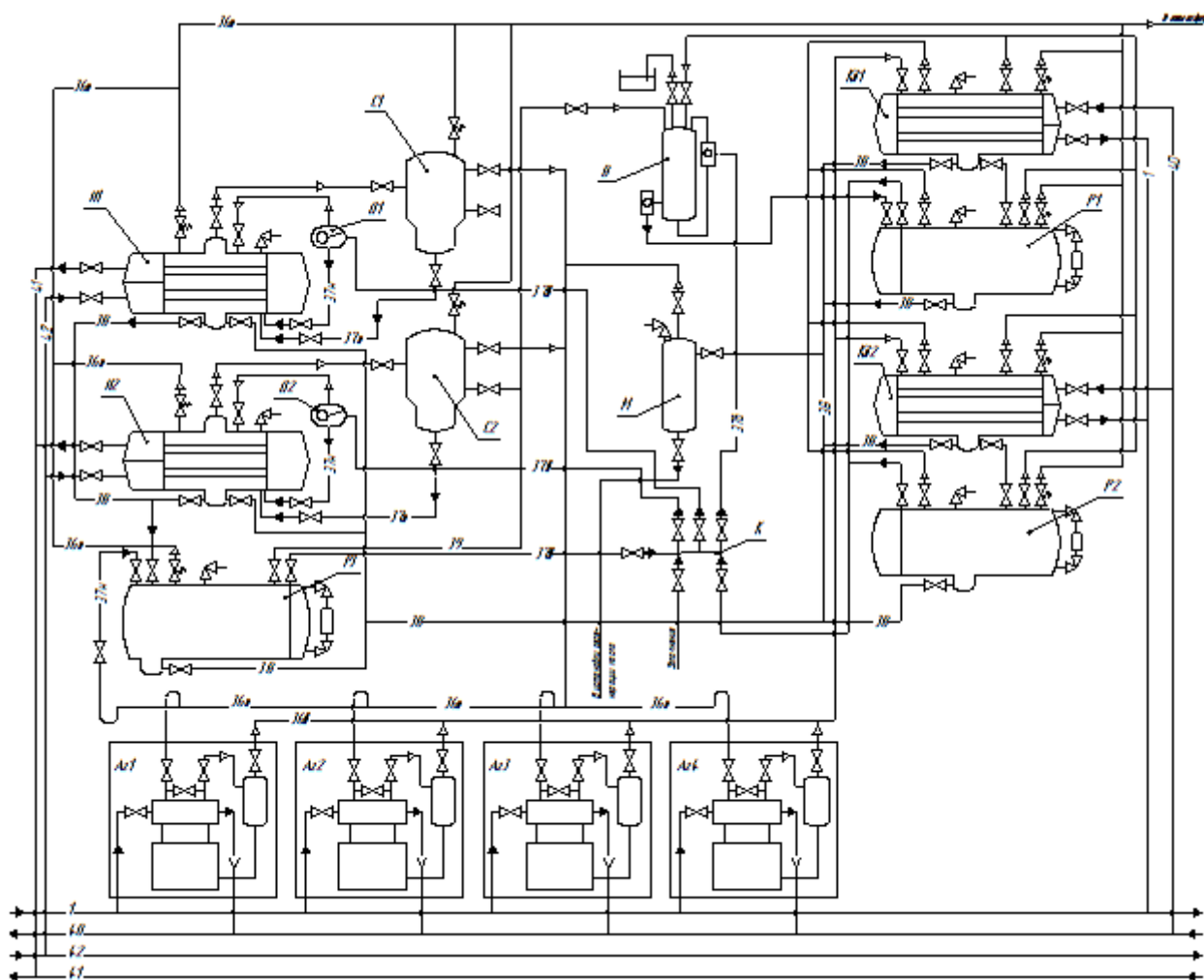


Рисунок 2.1 – Технологічна схема аміачної парокompресійної установки

Принцип роботи полягає у наступному. Пари аміаку з випарників И1 та И2 відсмоктуються компресорами Аг1–Аг4. Після чого вони надходять в конденсатори Кд1 та Кд2, де конденсуються, віддаючи при цьому тепло атмосферному повітрю. Далі вже рідкий аміак через дросельні пристрої Д1 і Д2 назад подається в випарники И1 і И2, де перетворюється в пар, отримуючи тепло.

Потік пари, яка йде з випарника, зазвичай містить краплі рідкого аміаку, потрапляння якого в циліндри компресорів створює небезпеку аварійного режиму роботи, особливо під час пуску установки або при різкому зростанні теплового навантаження. Щоб запобігти всмоктування вологої пари, на лінії між випарником і компресором встановлено сепараційні пристрої С1 і С2 (відокремлювачі рідини). У потоці пари з компресора міститься значна кількість мастила. Масляна плівка, яка потрапляє на поверхні теплообмінних апаратів, помітно знижує інтенсивність теплообміну. У масловіддільнику М велика частина масла затримується і по мірі накопичення повертається в картер компресора.

Зворотний клапан розвантажує компресор від високого тиску нагнітання при автоматичній зупинці, а також захищає від прориву небезпечного аміаку в робоче приміщення при аваріях.

Розташовані нижче конденсаторів лінійні ресивери Р1 і Р2 є збірниками конденсату і створюють запас робочого тіла для компенсації нерівномірності витрати рідини при коливаннях теплового навантаження. Автоматичний дросельний пристрій постійно забезпечує оптимальне заповнення випарника рідиною, зазвичай на рівні верхнього ряду труб. Для видалення повітря з системи використовується повітрявідокремлювач В.

2.2 Теоретичні основи процесу

Теоретичні основи процесу теплообміну, які представлені у данному підрозділі, виконано на підставі аналізу літературних джерел [9–11].

					XI.T.00.00.00 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		22

Теплообмінниками називають апарати, що призначені для передачі тепла від одних речовин до інших.

Теплообмінники **за способом передачі тепла** поділяють на поверхневі, де відсутній безпосередній контакт теплоносіїв, а передача тепла відбувається через тверду стінку, і змішувальні де теплоносії контактують безпосередньо.

Поверхневі теплообмінники, у свою чергу, поділяються на рекуперативні і регенеративні, у залежності від одночасного або почергового контакту теплоносіїв з розділяючою їх стінкою.

Теплообмінні апарати поверхневого типу додатково класифікуються за призначенням (підігрівачі, холодильники, конденсатори тощо); за взаємним напрямком руху теплоносіїв (прямотечійні, протитечійні, змішана течія); за матеріалом поверхні теплообміну; за числом ходів і т. ін.

Рекуперативний теплообмінник – це теплообмінник, в якому гарячий і холодний теплоносії рухаються в різних каналах, а через стінку між ними відбувається теплообмін. При незмінних умовах параметри теплоносіїв на вході і в будь-якому з перетинів каналу залишаються незмінними, незалежними від часу, тобто процес теплопередачі має стаціонарний характер. Тому рекуперативні теплообмінники називають також стаціонарними. Вони можуть працювати як в періодичному, так і в безперервному режимах.

Залежно від напрямку руху теплоносіїв рекуперативні теплообмінники можуть бути прямотечійні – при паралельному русі в одному напрямку; протитечійні – при паралельному зустрічному русі; а також перехресні – при взаємно перпендикулярному русі двох взаємодіючих середовищ.

Найбільш поширеними у промисловості рекуперативні теплообмінники:

- кожухотрубні теплообмінники;
- елементні (секційні) теплообмінники;

					XI.T.00.00.00 ПЗ	<i>Лист</i>
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		23

- двотрубні теплообмінники типу «труба у трубі»;
- кручені теплообмінники;
- заглибні теплообмінники;
- зрошувальні теплообмінники;
- ребристі теплообмінники;
- спіральні теплообмінники;
- пластинчасті теплообмінники;
- пластинчато-ребристі теплообмінники;
- графітові теплообмінники.

У регенеративних поверхневих теплообмінниках теплоносії (гарячий і холодний) контактують із твердою стінкою по черзі. Теплота накопичується в стінці при контакті з гарячим теплоносієм і віддається при контакті з холодним. Регенератори є апаратами періодичної дії.

В одному випадку потік необхідно нагрівати, в другому – охолоджувати, в третьому – випарувати, в четвертому – сконденсувати, в п'ятому – утилізувати невикористане тепло. І скрізь потрібні теплообмінники різних розмірів та конструкцій. Зрозуміло, не тільки в хімії, але і в нафтохімії і нафтогазопереробці, в тепловій та атомній енергетиці, в металургії, харчовій промисловості. І хоча в теплообмінниках не відбувається перетворення речовин, ці апарати на кожному виробництві відносять до основних – до тих, що становлять фундамент технології.

Конструкція теплообмінників повинна відрізнятися простотою, зручністю монтажу і ремонту. У ряді випадків конструкція теплообмінника повинна забезпечувати, як найменше забруднення поверхні теплообміну та вільний доступ для огляду й очищення.

Кожухотрубні теплообмінники

Ці теплообмінники відносяться до числа найбільш часто вживаних поверхневих теплообмінників. Це обумовлено, перш за все, надійністю конструкції, великим набором варіантів виконання для різних умов експлуатації, зокрема:

					XI.T.00.00.00 ПЗ	<i>Лист</i>
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		24

- однофазні потоки, кипіння і конденсація по гарячій та холодній сторонам теплообмінника, з вертикальним або горизонтальним виконанням;
- діапазон тиску: від вакууму до високих значень;
- у широких межах змінюються перепади тиску по обидва боки внаслідок великої різноманітності варіантів;
- задоволення вимог по термічним напруженням без істотного підвищення вартості апарату;
- розміри: від малих до гранично великих;
- можливість застосування різних матеріалів відповідно до вимог вартості, корозії, температурного режиму, тиску тощо;
- використання розвинених поверхонь теплообміну як всередині труб, так і зовні, різних інтенсифікаторів, орєбрення і т. ін.;
- можливість вилучення пучка труб для очищення та ремонту.

Середовища, зазвичай, направляють протитечією один до одного. При цьому середовище, що нагрівається, спрямовують знизу вгору, а середовище, що віддає тепло – у протилежному напрямку. Такий напрям руху кожного середовища збігається з напрямком, в якому прагне рухатися дане середовище під впливом зміни його щільності при нагріванні або охолодженні.

Крім того, при зазначених напрямках руху середовищ досягається більш рівномірний розподіл швидкостей і ідентичні умови теплообміну за площею поперечного перерізу апарату. В іншому випадку, наприклад при подачі холодного середовища, яке нагрівається, зверху теплообмінника, більш нагріта частина рідини, як більш легка, може накопичуватися у верхній частині апарату, утворюючи «застійні» зони.

Горизонтальні теплообмінники виготовляються зазвичай багатоходовими і працюють при великих швидкостях. Це робиться задля того, щоб звести до мінімуму розшарування рідин внаслідок різниці температур і густин, а також усунути утворення застійних зон.

					XI.T.00.00.00 ПЗ	<i>Лист</i>
						25
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Якщо середня різниця температур труб і кожуха в теплообмінниках жорсткої конструкції (з нерухомими, привареними до корпусу трубними решітками) стає значною (50°C і вище), труби і кожух подовжуються неоднаково. Це викликає значні напруги в трубних решітках, може порушити щільність з'єднання труб з решітками, призвести до руйнування зварних швів. Тому при різницях температур труб і кожуха, більших за 50°C, або при значній довжині труб застосовують кожухотрубні теплообмінники нежорсткої конструкції, яка допускає деяке переміщення труб відносно кожуха апарату.

Розрахунок кожухотрубного теплообмінника, як і любого іншого теплообмінного апарату, включає визначення необхідної поверхні теплопередачі, вибір типу апарату і нормалізованого варіанта конструкції, які відповідають заданим технологічним умовам оптимальним чином.

Необхідну поверхню теплопередачі визначають із основного рівняння теплопередачі:

$$F = \frac{Q}{\Delta t_{cp} \cdot K},$$

де F – поверхня теплопередачі, м²;

Δt_{cp} – середня температура процесу;

K – коефіцієнт теплопередачі, Вт/(м²·К);

Q – теплове навантаження, Вт.

Коефіцієнт теплопередачі для плоскої стінки або при великому радіусі її кривизни ($d_B / d_H > 0,5$) складе:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_{CT}}{\lambda_{CT}} + \frac{1}{\alpha_2}},$$

де α_1 і α_2 – коефіцієнти тепловіддачі теплоносіїв, Вт/(м²·К);

δ_{CT} – товщина стінки теплопередавальної поверхні, м;

λ_{CT} – коефіцієнт теплопровідності матеріалу стінки, Вт/(м·К).

					XI.T.00.00.00 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		26

Середня різниця температур при прямотоці або протитоці теплоносіїв дорівнює:

$$\Delta t_{CP} = \frac{\Delta t_B - \Delta t_M}{\ln \frac{\Delta t_B}{\Delta t_M}},$$

де Δt_B і Δt_M – різниці температур (великої й малої) теплоносіїв на кінцях теплообмінника.

Теплове навантаження апарату, відповідно до заданих технологічних умов, знаходять по одному із наступних рівнянь:

– якщо агрегатний стан теплоносіїв не змінюється

$$Q = G \cdot c \cdot (t_1 - t_2);$$

– при конденсації насичених парів без охолодження конденсату

$$Q = G \cdot r;$$

– при конденсації насичених парів з охолодженням конденсату

$$Q = G \cdot (I_1 - c_2 \cdot t_2),$$

де I_1 – ентальпія перегрітої пари.

2.3 Пристрій і принцип дії проектованого апарата

Кожухотрубний теплообмінник включає в себе кілька елементів конструкції: кожух (корпус), розподільна і спрямовуюча камери, внутрішня система трубок, трубні решітки; перегородки і ущільнення.

До корпусу приварюються два патрубки. Один із них відповідає за підведення робочого середовища, а інший – за його відведення. У торці кожуха приварюють спеціальні фланці.

Крім цього, до складу такого теплообмінника входять трубні решітки, між якими приварюються труби, оснащені дистанційними штифтами. Така конструкція утворює трубну систему рекуператора і дозволяє пристрою бути багатходовим.

					XI.T.00.00.00 ПЗ	Лист
						27
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Конструкцію та принцип роботи типового теплообмінного обладнання розглянуто у відповідності з [10, 11]. Конструктивна схема проектованого кожухотрубного конденсатора показана на рис. 2.2.

Проектований апарат відноситься до теплообмінних апаратів, в якому тепло від гарячого теплоносія до холодного передається через розділяючу перегородку (у нашому випадку через тонку стінку металевої труби).

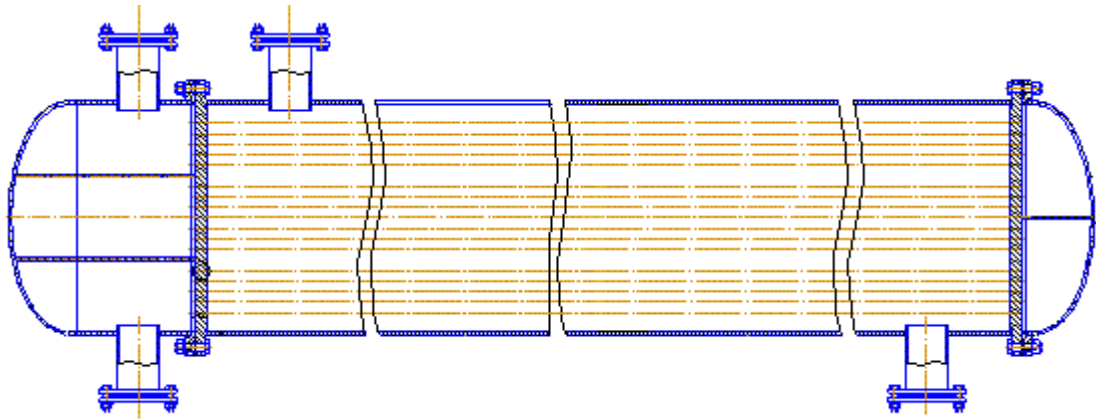


Рисунок 2.2 – Схема чотирьохходового кожухотрубного конденсатора

Даний конденсатор являє собою кожухотрубний теплообмінний апарат, в якому пари аміаку в кількості 1080 кг/год. під абсолютним тиском 4,2 ат. (у відповідності до завдання на проектування) надходять через верхній штуцер в міжтрубний простір, де конденсуються на поверхні пучка труб. Конденсат, що утворився, виводяться з апарата через нижній штуцер.

У трубний простір апарата безперервно подається вода технічна – відбувається її нагрів, тим самим відбирається тепло у аміаку. При необхідності відведену воду можна використовувати для інших технологічних потреб.

2.4 Технологічний розрахунок

Технологічний розрахунок починається з визначення основних теплофізичних властивостей теплоносіїв, а саме: щільності, динамічної в'язкості, теплоємності і теплопровідності [4, 12].

					XI.T.00.00.00 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		28

Середня рушійна сила процесу залежить від початкових і кінцевих температур кожного теплоносія, а також від схеми взаємного руху теплоносіїв. Розрахункова площа теплообміну визначається з основного рівняння теплопередачі. Розрахункове число труб в одному ході знаходиться з рівняння об'ємної витрати потоку в трубному просторі. Фактичні швидкості холодного теплоносія в трубах і гарячого теплоносія в міжтрубному просторі визначаються за формулами [12].

Режим течії в трубах і міжтрубному просторі визначається за значеннями критеріїв Рейнольдса. Визначаються також й інші критерії подібності (Прандтля, Нуссельта).

Використовувана методика для виконання технологічного розрахунку теплообмінного апарата наведена у [4, 12]. Результатом завершення технологічного розрахунку є визначення необхідної поверхні теплопередачі.

Вихідні дані до технологічного розрахунку апарата (кількість і технологічні параметри потоків, що надходять в теплообмінний апарат і йдуть з нього (згідно рис. 2.2)), вказані у завданні на проектування.

Аміак надходить в апарат при температурі конденсації. Температура конденсації аміаку при тиску 4,2 ат. становить 30°C [10]. Тому теплове навантаження проектуваного конденсатора буде дорівнювати:

$$Q = Q_{\text{конд}} = G_{\text{п}} r_x, \quad (2.1)$$

де $G_{\text{п}}$ – масова витрата аміаку, кг/с;

r_x – питома теплота конденсації аміаку при $p_{\text{к}} = 4,2$ ат., кДж/кг [10].

$$Q = \left(\frac{1080}{3600} \right) \cdot 1350 = 405 \text{ кВт}.$$

Середня різниця температур $\Delta t_{\text{ср}}$, °C:

$$\Delta t_{\text{ср}} = \frac{\Delta t_{\text{б}} - \Delta t_{\text{м}}}{2,31 \lg \left(\frac{\Delta t_{\text{б}}}{\Delta t_{\text{м}}} \right)}, \quad (2.2)$$

де $\Delta t_{\text{б}}$ і $\Delta t_{\text{м}}$ – більша і менша різниці температур, °C.

					XI.T.00.00.00 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		29

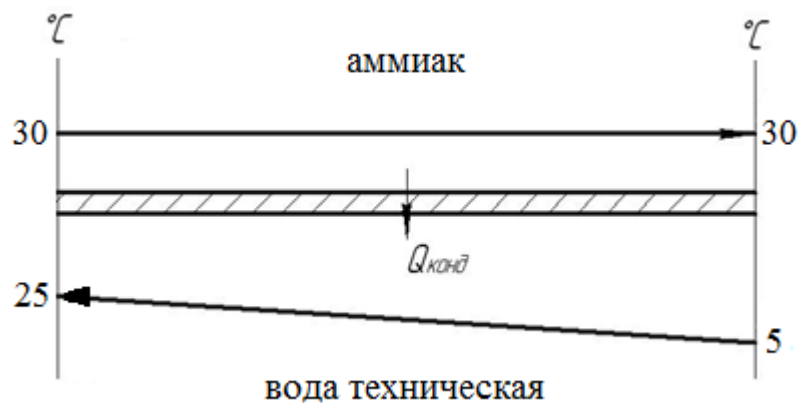


Рисунок 2.3 – Теплова схема процесу конденсації аміаку

$$\Delta t_M = 30 - 25 = 5 \text{ } ^\circ\text{C};$$

$$\Delta t_G = 30 - 5 = 25 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Кінцева температура холодного теплоносія (вода технічна) приймається відповідно до рекомендацій [5] нижче температури гарячого теплоносія на 5–15 $^\circ\text{C}$.

$$\Delta t_{сер} = \frac{25 - 5}{2,31g\left(\frac{25}{5}\right)} = 12,4 \text{ } ^\circ\text{C},$$

Витрату охолоджуючої води знаходимо з рівняння теплового балансу (оскільки температури теплоносіїв близькі до температури навколишнього середовища, втратами тепла можна знехтувати):

$$G_B = \frac{Q}{c_B \cdot (t_{KB} - t_{HB})}, \quad (2.3)$$

де c_B – теплоємність води при усередненій температурі, кДж/(кг·К) [10].

$$G_B = \frac{405}{4,2 \cdot (25 - 5)} = 4,8 \text{ кг/с}.$$

Орієнтовно необхідна поверхня теплообміну складе:

$$F_B = \frac{Q}{K_{ор} \cdot \Delta t_{сер}}, \quad (2.4)$$

де $K_{ор}$ – орієнтовне значення коефіцієнта теплопередачі для конденсаторів (приймається в діапазоні 300÷800 Вт/(м²·К) згідно [6]).

					XI.T.00.00.00 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		30

$$F_B = \frac{405 \cdot 10^3}{400 \cdot 12,4} = 82 \text{ м}^2.$$

Попередньо вибираємо стандартизований кожухотрубний теплообмінник з такими параметрами:

- діаметр кожуха $D = 800$ мм;
- теплообмінні труби $\varnothing 25 \times 2,5$ мм, довжиною $l = 3,0$ м;
- число ходів по трубах $z = 4$;
- загальна кількість труб 404 шт.;
- поверхня теплообміну $F = 95 \text{ м}^2$;
- площа перерізу одного ходу по трубах $s_{\text{тр}} = 0,011 \text{ м}^2$.

Швидкість води технічної у трубах теплообмінника:

$$w_B = \frac{G_B}{\rho_B \cdot s_{\text{тр}}}, \quad (2.5)$$

де ρ_B – щільність води при усередненій температурі, кг/м^3 [10].

$$w_B = \frac{G_B}{\rho_B \cdot s_{\text{тр}}} = \frac{4,8}{995 \cdot 0,011} = 0,45 \text{ м/с}.$$

Критерій Рейнольдса для теплоносія у трубах:

$$\text{Re}_B = \frac{w_B \cdot (d - 2s) \cdot \rho_B}{\mu_B}, \quad (2.6)$$

де d і s – діаметр і товщина стінки теплообмінних труб відповідно, м;
 μ_B – динамічний коефіцієнт в'язкості води при усередненій температурі, $\text{Па}\cdot\text{с}$ [12].

$$\text{Re}_B = \frac{0,45 \cdot (25 - 2 \cdot 2,5) \cdot 10^{-3} \cdot 995}{0,6 \cdot 10^{-3}} = 14925$$

Критерій Прандтля для теплоносія у трубах:

$$\text{Pr}_B = \frac{c_e \cdot \mu_e}{\lambda_e}, \quad (2.7)$$

де λ_B – коефіцієнт теплопровідності води при усередненій температурі, $\text{Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$ [10].

					XI.T.00.00.00 ПЗ	Лист
						31
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Pr_B = \frac{4,2 \cdot 10^3 \cdot 0,6 \cdot 10^{-3}}{0,65} = 3,88$$

Оскільки $Re > 10000$ – режим розвинений турбулентний. Тепловіддача при цьому режимі в прямих трубах і каналах описується критеріальним рівнянням [5]:

$$Nu_B = 0,021 \cdot \varepsilon_1 Re_B^{0,8} Pr_B^{0,43} \left(\frac{\mu_2}{\mu_{cm2}} \right)^{0,25} \quad (2.8)$$

де Nu_B – критерій Нуссельта, що характеризує інтенсивність переходу теплоти на кордоні стінка-потік холодного теплоносія;

ε_1 – поправочний коефіцієнт, що враховує вплив на коефіцієнт тепловіддачі відношення довжини труби до його діаметру;

$(\mu_2/\mu_{cm2})^{0,25}$ – множник, що враховує напрямок теплового потоку (відповідно до рекомендацій [5] при проектуванні теплообмінників в розрахунку коефіцієнтів тепловіддачі для рідин, що нагріваються, можна приймати $(\mu_2/\mu_{cm2})^{0,25}=1$, допускаючи невелику похибку в сторону зменшення коефіцієнта тепловіддачі, тобто в сторону запасу).

$$Nu_B = 0,021 \cdot 1 \cdot 14925^{0,8} \cdot 3,88^{0,43} \cdot 1 = 82$$

Коефіцієнт тепловіддачі від стінки потоку холодного теплоносія [5]:

$$\alpha_2 = \frac{Nu_B \cdot \lambda_B}{d - 2s}; \quad (2.9)$$

$$\alpha_2 = \frac{82 \cdot 0,65}{(25 - 2 \cdot 2,5) \cdot 10^{-3}} = 2670 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}).$$

Коефіцієнт тепловіддачі від потоку аміаку, що конденсується у міжтрубному просторі теплообмінника [5]:

$$\alpha_1 = 0,728 \cdot \varepsilon \cdot \varepsilon_i \cdot \sqrt[4]{\frac{\lambda_x^3 \rho_x^2 r_x' g}{\mu_x \Delta t d}} \quad (2.10)$$

де ε – коефіцієнт, що залежить від розташування труб в пучку та розрахункового числа труб у кожному вертикальному ряді;

					XI.T.00.00.00 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		32

ε_t – поправний коефіцієнт, що враховує залежність фізичних властивостей конденсату від температури;

λ_x – коефіцієнт теплопровідності конденсату, Вт/(м·К);

ρ_x – густина конденсату, кг/м³;

r_x – сума теплоти конденсації і перегріву аміаку, Дж/кг. Оскільки аміак надходить в апарат при температурі конденсації, $r_x = 1350$ Дж/кг;

g – прискорення вільного падіння, м/с²;

μ_x – динамічний коефіцієнт в'язкості конденсату, Па·с;

Δt – різниця температур конденсату і поверхні стінки, К.

$$\alpha_1 = 0,728 \cdot 0,6 \cdot 1 \cdot \sqrt[4]{\frac{0,16^3 \cdot 595^2 \cdot 1350 \cdot 9,81}{89 \cdot 10^{-6} \cdot 5 \cdot 25 \cdot 10^{-3}}} = 501 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}).$$

Коефіцієнт теплопередачі від потоку гарячого теплоносія (аміаку), який конденсується, через розділяючу стінку потоку холодного теплоносія (воді технічній):

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{s}{\lambda_{cm}} + \frac{1}{\alpha_2}}, \quad (2.11)$$

де λ_{cm} – коефіцієнт теплопровідності матеріалу труб, Вт/(м·К).

$$K = \frac{1}{\frac{1}{501} + \frac{2,5 \cdot 10^{-3}}{46,5} + \frac{1}{2670}} = 412 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}).$$

2.5 Конструктивний розрахунок

Необхідна (фактична) поверхня теплообміну становить:

$$F_\phi = \frac{Q}{K \cdot \Delta t_{сер}}; \quad (2.12)$$

$$F_\phi = \frac{405 \cdot 10^3}{412 \cdot 12,4} = 80 \text{ м}^2.$$

					XI.T.00.00.00 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		33

Остаточно приймаємо кожухотрубний конденсатор з такими характеристиками:

- діаметр кожуха $D = 800$ мм;
- теплообмінні труби $\varnothing 25 \times 2,5$ мм, довжиною $l = 3,0$ м;
- число ходів по трубах $z = 4$;
- загальна кількість труб 404 шт.;
- поверхня теплообміну $F = 95$ м²;
- площа перерізу одного ходу по трубах $s_{\text{тр}} = 0,011$ м².

У такому разі коефіцієнт запасу поверхні теплообміну буде становити:

$$\chi = \left(1 - \frac{F_{\phi}}{F}\right) \cdot 100\% ; \quad (2.13)$$

$$\chi = \left(1 - \frac{80}{95}\right) \cdot 100\% = 15,8\%$$

Отриманий запас поверхні знаходиться в межах допустимих значень.

Діаметр штуцерів d , м, теплообмінного апарату для підведення-відведення теплоносіїв:

$$d = \sqrt{\frac{4V}{\pi w}} = \sqrt{\frac{4G}{\pi \rho w}} , \quad (2.14)$$

де V і G – об'ємна і масова витрати рідини (пари) відповідно, м³/с і кг/с;

ρ – густина потоку середовища, кг/м³;

w – швидкість витікання середовища, м/с.

Рекомендовані швидкості руху теплоносіїв [6]:

– для рідин 0,1–0,5 м/с при самопливі та 0,5–2,5 м/с в напірних трубопроводах;

– для пари і газів 5–15 м/с.

Діаметр штуцера для входу парів аміаку:

$$d_n = \sqrt{\frac{4 \cdot 1080 / 3600}{3,14 \cdot 3,5 \cdot 5}} = 0,274 \text{ м.}$$

Діаметр штуцера для виходу конденсату аміаку:

					XI.T.00.00.00 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		34

$$d_k = \sqrt{\frac{4 \cdot 1080 / 3600}{3,14 \cdot 595 \cdot 0,5}} = 0,045 \text{ м.}$$

Діаметр штуцера для входу і виходу води технічної:

$$d_{ex} = \sqrt{\frac{4 \cdot 4,8}{3,14 \cdot 995 \cdot 1}} = 0,078 \text{ м.}$$

Приймаємо в проектуваному апараті наступні штуцера:

- для входу парів аміаку $D_y=300$ мм ($p_y=0,45$ МПа);
- для виходу конденсату аміаку $D_y=50$ мм ($p_y=0,45$ МПа);
- для входу води технічної $D_y=80$ мм ($p_y=0,2$ МПа);
- для виходу води технічної $D_y=80$ мм ($p_y=0,2$ МПа).

2.6 Визначення гідравлічного опору апарата

Розрахунок гідравлічного опору теплообмінника виконано у відповідності до методики [13].

Повний гідравлічний опір теплообмінника:

$$\Delta P = \Delta P_{mp} + \Delta P_m = \left(\lambda \frac{L}{d - 2s} + \sum \xi_m \right) \frac{w_g^2 \rho_g}{2} \quad (2.15)$$

де λ – коефіцієнт гідравлічного тертя;

ξ_m – коефіцієнт місцевого опору.

Для ізотермічного турбулентного потоку в гідравлічно шорстких трубах:

$$\lambda = 0,11 \left(\frac{\Delta}{d - 2s} + \frac{68}{Re_b} \right)^{0,25} \quad (2.16)$$

де Δ – абсолютна шорсткість поверхні труби (для сталевих нових труб $\Delta=0,06-0,1$ мм, для сталевих труб, що були в експлуатації, з незначною корозією $\Delta=0,1-0,2$ мм), мм.

$$\lambda = 0,11 \left(\frac{0,1}{(25 - 2 \cdot 2,5) \cdot 10^{-3}} + \frac{68}{14925} \right)^{0,25} = 0,165$$

					XI.T.00.00.00 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		35

Сума коефіцієнтів місцевих опорів в апараті:

$$\sum \xi_m = 2\xi_1 + 2\xi_2 + \xi_3(z-1) \quad (2.17)$$

де ξ_i – коефіцієнти місцевих опорів (вхідна і вихідна камери $\xi_1=1,5$, вхід в труби і вихід з них $\xi_2=1$, поворот на 180° між ходами $\xi_3=2,5$).

$$\sum \xi_m = 2 \cdot 1,5 + 2 \cdot 1 + 2,5 \cdot (4 - 1) = 12,5$$

$$\Delta P = \left(0,165 \frac{3,0}{(25 - 2 \cdot 2,5) \cdot 10^{-3}} + 12,5 \right) \cdot \frac{0,45^2 \cdot 995}{2} = 3753 \text{ Па} \approx 3,75 \text{ кПа.}$$

2.7 Вибір допоміжного обладнання

Розрахунок і вибір компресора. Відповідно до технологічної схеми (рис. 2.1) використовуються 2 конденсатора і 4 компресорних агрегати. Тобто, для розрахунку компресора необхідно підсумувати кількість парів аміаку, що дасть нам величину об'єму Q (л/хв):

$$Q = 2 \cdot \frac{G_2}{\rho_2}, \quad (2.18)$$

де $\rho_2 = 10,8 \text{ кг/м}^3$ – густина парів аміаку при робочому тиску.

$$Q = 2 \cdot \frac{1080}{10,8} = 200 \text{ м}^3/\text{ГОД.} = 3333 \text{ л/хв.}$$

Широко поширеною помилкою на практиці є неправильне розуміння величини продуктивності компресора. У каталогах будь-яких фірм-виробників компресорів під цією величиною розуміється максимальне споживання повітря на вході компресора, тобто, цю величину можна застосовувати як продуктивність компресора на виході, оскільки вона не враховує його ККД і конструктивні особливості.

Продуктивність компресора A (л/хв) визначаємо за рівнянням [4]:

$$A = Q \cdot \frac{\beta}{\eta}, \quad (19)$$

де β – коефіцієнт, що враховує конструктивні особливості і надійність різних груп компресорів;

η – коефіцієнт корисної дії (ККД) компресора.

					XI.T.00.00.00 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		36

Довідкові значення β і η для роботи в діапазоні заданого робочого тиску в пневмосистемі наведені у табл. 2.1 [4].

Таблиця 2.1 – Значення β і η у залежності від конструкції компресора

Конструкція компресора	β	η
Напівпрофесійні	1,7	0,55
Професійні	1,5	0,65
ВК і HEAVY DUTY (особливо навантажені)	1,3	0,75
Роторні	1	1

За табл. 2.1 вибираємо професійний компресор, для якого продуктивність складе:

$$A = \frac{3333}{4} \cdot \frac{1,5}{0,65} = 1923 \text{ л/хв.}$$

На даний час на холодильних установках знаходять застосування компресори поршневі (прямоточні і непрямоточні), ротаційні. Також розвивається виробництво гвинтових компресорних агрегатів.

Слід відзначити, що традиційні поршневі компресори прекрасно себе зарекомендували: прості, надійні, не потребують кваліфікованого персоналу для їх обслуговування, невибагливі. Головне не допускати грубого порушення інструкції і своєчасно проводити заміну масла, слив конденсату, профілактичне обслуговування.

Маючи розрахункову величину продуктивності, за [11] вибираємо поршковий холодильний компресор марки ФУУ30 з такими характеристиками:

– кінцевий тиск, МПа	3
– діаметр циліндра / хід поршня, мм	76,6 / 55
– теоретична об'ємна подача, л/хв (м ³ /с)	2000 (0,033)
– холодопродуктивність, кВт	88
– споживана потужність, кВт	21,5

					XI.T.00.00.00 ПЗ	Лист
						37
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

3 Проектно-конструкторська частина

3.1 Вибір конструкційних матеріалів

Вибір конструктивних матеріалів для виготовлення апарату проводився на підставі [14–16]. У хімічній технології застосовуються теплообмінники, виготовлені з найрізноманітніших металів (вуглецевих і легованих сталей, міді, титану, танталу тощо), а також з неметалічних матеріалів, наприклад, графіту, тефлону і т. ін. Вибір матеріалу диктується в основному його корозійною стійкістю і теплопровідністю, причому конструкція теплообмінного апарату істотно залежить від властивостей вибраного матеріалу.

Також слід враховувати:

- механічні властивості матеріалу – межа міцності, відносне подовження, твердість і т. п.;
- технологічність у виготовленні (зокрема, зварюваність);
- хімічну стійкість проти роз’їдання;
- теплопровідність.

Наприклад, механічні властивості матеріалів, з яких виготовлена працююча апаратура, істотно змінюються при низьких і високих температурах. Гарна зварюваність металів також є одним із необхідних умов їх застосування, оскільки при сучасній технології хімічного апаратобудування основний спосіб виконання нероз’ємних з’єднань – це зварювання.

Головною ж вимогою до матеріалів хімічних апаратів, у більшості випадків, є їх корозійна стійкість, оскільки вона визначає довговічність хімічного обладнання.

У нашому випадку вибір конструкційного матеріалу робимо виходячи з низької вартості і недефіцитності матеріалу, який може забезпечити ефективну технологію виготовлення виробу.

					XI.T.00.00.00 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		38

Для виготовлення корпусу, фланців, розподільних камер, а також деталей, що працюють під тиском раціонально використовувати сталь 09Г2С ГОСТ 19282-89 (замінники: сталь 09Г2, сталь 09Г2ДТ, сталь 09Г2Т, сталь 10Г2С).

Вид поставки (сортамент): фасонний прокат (квадрат г/катаний ГОСТ 2591-88, коло г/катане ГОСТ 2590-2006), листовий прокат (лист товстий г/катаний ГОСТ 19903-90, лист тонкий х/катаний ГОСТ 19904-90, смуга ГОСТ 103-2006), профільний прокат (швелер г/катаний ГОСТ 8240-97, балка двотаврова г/катана ГОСТ 8239-89).

Основні фізико-механічні властивості сталі 09Г2С приведені у табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Фізико-механічні властивості сталі 09Г2С

Показник	Значення
Модуль пружності E, МПа	200000
Модуль зсуву G, МПа	77000
Щільність ρ , кг/м ³	7850
Межа міцності σ_B , МПа	не менше 360
Межа текучості σ_T , МПа	не менше 180
Відносне звуження ψ , %	56
Відносне подовження δ , %	25
Твердість по Брінеллю, НВ	115
Зварюваність	без обмежень

Для виготовлення теплообмінних труб, штуцерів, кріпильних деталей (болти, шпильки, гайки), панелей, підстав, кронштейнів, кутників, ребер жорсткості використовуємо сталь 20 ГОСТ 1050-88 (замінники: сталь 15, сталь 25).

Вид поставки (сортамент): фасонний прокат (шестигранник калібрований ГОСТ 8560-88, квадрат г/катаний ГОСТ 2591-2006, коло г/катане ГОСТ 2590-2006, коло каліброване, х/катане ГОСТ 7417-75),

листовий прокат (лист товстий г/катаний ГОСТ 19903-90, лист тонкий х/катаний ГОСТ 19904-90).

Основні фізико-механічні властивості сталі 20 приведені в табл. 3.2.

Таблиця 3.2 – Фізико-механічні властивості сталі 20

Показник	Значення
Модуль пружності E , МПа	200000
Модуль зсуву G , МПа	74000
Щільність ρ , кг/м ³	7850
Межа міцності σ_B , МПа	не менше 420
Межа текучості σ_T , МПа	не менше 250
Відносне звуження ψ , %	40
Відносне подовження δ , %	16
Твердість по Брінеллю, НВ	156
Зварюваність	без обмежень (крім хіміко-термічно оброблених деталей)

Для виготовлення неметалевих прокладок для ущільнення роз'ємів фланцевих з'єднань апарату використовуємо пароніт. Це листовий прокладочний матеріал, виготовлений пресуванням асбокаучукової маси, що складається із азбесту, каучуку і порошкових інгредієнтів.

Застосовується для ущільнення з'єднань, що працюють у середовищах: води і пара з тиском 5 МН/м² і температурою +450°C; нафти і нафтових продуктів при температурах 200–400 °С і тиску 7–4 МН/м² відповідно; рідкого і газоподібного кисню, етилового спирту тощо. Для підвищення механічних властивостей пароніта у деяких випадках його армують металевою сіткою (феррон).

3.2 Розрахунки на міцність, стійкість і герметичність

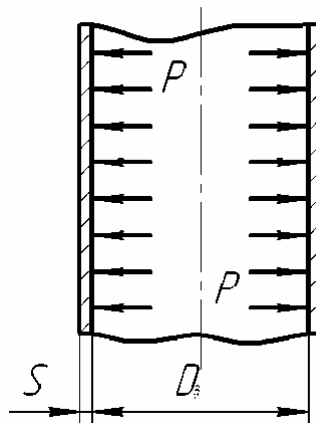


Рисунок 3.1 – Розрахункова схема циліндричної обичайки

Прийmemo коефіцієнт міцності зварних швів $\varphi = 0,9$ (ручне дугове електрозварювання), напруга для сталі 09Г2С при $t = 30^\circ\text{C}$:

$$\sigma^* = 172,5 \text{ МПа}$$

Тиск, який створює аміак у міжтрубному просторі:

$$p_p = 0,42 \text{ МПа.}$$

Для листового матеріалу допустима напруга:

– на краю сполучених елементів

$$[\sigma] = \eta \cdot \sigma^* = 1,0 \cdot 172,5 = 172,5 \text{ МПа} \quad (3.1)$$

– при гідравлічних випробуваннях

$$[\sigma]_{\text{н}} = \frac{\sigma_{T20}}{1,1} = \frac{280}{1,1} = 254,5 \text{ МПа} \quad (3.2)$$

Допустима напруга для матеріалу 09Г2С при температурі $t=20^\circ\text{C}$:

$$[\sigma]_{20} = 170 \text{ МПа}$$

Пробний тиск при випробуваннях і при допустимій напрузі:

$$P_{\text{н}} = \max \left\{ \frac{1,25 \cdot p_p \cdot [\sigma]_{20}}{[\sigma]}, p_p + 0,3 \right\}, \text{ МПа} \quad (3.3)$$

$$P_{\text{н}} = \max \left\{ \frac{1,25 \cdot 0,42 \cdot 170}{172,5} = 0,52, 0,42 + 0,3 = 0,72 \right\} = 0,72 \text{ МПа.}$$

Прийmemo надбавку до розрахункової товщини за весь термін служби апарата (10 років) $c = 2,0$ мм.

Розрахункова товщина стінки кожуха при гідравлічних випробуваннях і при допустимій напрузі:

$$s_p = \max \left\{ \frac{p_p \cdot D}{2 \cdot \varphi[\sigma] - p_p}, \frac{p_{II} \cdot D}{2 \cdot \varphi[\sigma]_{II} - p_{II}} \right\} \quad (3.4)$$

$$S_p = \max \left\{ \begin{array}{l} \frac{0,42 \cdot 800}{2 \cdot 0,9 \cdot 172,5 - 0,42} = 1,08 \\ \frac{0,72 \cdot 800}{2 \cdot 0,9 \cdot 254,5 - 0,72} = 1,26 \end{array} \right\} = 1,26 \text{ мм.}$$

Виконавча товщина стінки кожуха:

$$s \geq s_p + c \quad (3.5)$$

$$S = 1,26 + 2 = 3,26 \text{ мм.}$$

Приймаємо стандартне значення товщини стінки кожуха $S = 4,0$ мм.

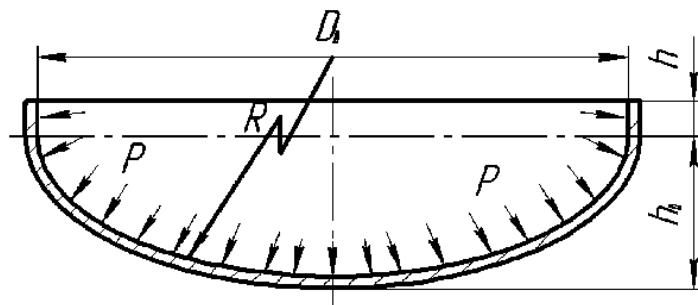


Рисунок 3.2 – Розрахункова схема еліптичного днища

Розрахункова товщина еліптичного днища:

$$S_p^E = \max \left\{ \frac{P_p \cdot D}{2 \cdot \phi \cdot [\sigma] - 0,5 \cdot P_p}, \frac{P_{II} \cdot D}{2 \cdot \phi \cdot [\sigma]_{II} - 0,5 \cdot P_{II}} \right\}, \quad (3.6)$$

$$S_p^E = \max \left\{ \begin{array}{l} \frac{0,42 \cdot 800}{2 \cdot 0,9 \cdot 172,5 - 0,5 \cdot 0,42} = 1,08 \\ \frac{0,72 \cdot 800}{2 \cdot 0,9 \cdot 254,5 - 0,5 \cdot 0,72} = 1,26 \end{array} \right\} = 1,26 \text{ мм.}$$

Приймаємо також $S_E = 4,0$ мм.

					XI.T.00.00.00 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		42

Розрахунок опори апарата. Знаходимо масу обичайки кожуха:

$$m_k = \left[\frac{\pi \cdot (D + 2 \cdot S_{II})^2}{4} - \frac{\pi \cdot D^2}{4} \right] \cdot H \cdot \rho, \quad (3.7)$$

де ρ – щільність сталі, $\rho = 7890 \text{ кг/м}^3$.

$$m_k = \left[\frac{3,14 \cdot (0,8 + 2 \cdot 0,004)^2}{4} - \frac{3,14 \cdot 0,8^2}{4} \right] \cdot 3 \cdot 7890 = 239 \text{ кг.}$$

Маса еліптичного днища і кришки відповідно:

$$m_E = 1,24 \cdot D^2 \cdot S_E \cdot \rho, \quad (3.8)$$

$$m_{Eдн} = m_{Eкр} = 1,24 \cdot 0,8^2 \cdot 0,004 \cdot 7890 = 25 \text{ кг.}$$

Маса труб:

$$m_{mp} = \frac{\pi}{4} \cdot (d_n^2 - d_{вн}^2) \cdot H \cdot n \cdot \rho, \quad (3.9)$$

$$m_{mp} = \frac{3,14}{4} \cdot (0,025^2 - 0,02^2) \cdot 3 \cdot 404 \cdot 7890 = 1689 \text{ кг.}$$

Маса фланця з решіткою:

$$m_\phi = \frac{\pi \cdot D_\phi^2}{4} \cdot h_\phi \cdot \rho, \quad (3.10)$$

де D_ϕ – зовнішній діаметр фланця, м;

h_ϕ – висота фланця, м.

$$m_\phi = \frac{3,14 \cdot 0,945^2}{4} \cdot 0,09 \cdot 7890 = 498 \text{ кг.}$$

Об'єм міжтрубного простору:

$$V_{mtp} = f_{mtp} \cdot H, \quad (3.11)$$

$$V_{mtp} = 0,3 \cdot 3 = 0,9 \text{ м}^3.$$

При коефіцієнті заповнення $\varphi = 0,5$ маса етанолу в апараті складе:

$$m_x = V_{mtp} \cdot \rho_x \cdot \varphi, \quad (3.12)$$

$$m_x = 0,9 \cdot 738 \cdot 0,5 = 332 \text{ кг.}$$

Сила тяжіння апарату в робочому стані:

$$G = g \cdot (m_k + m_{Eдн} + m_{Eкр} + m_{mp} + m_\phi + m_x), \quad (3.13)$$

$$G = 9,81 \cdot (239 + 25 + 25 + 1689 + 498 + 332) = 27546 \text{ (Н)}.$$

					XI.T.00.00.00 ПЗ	Лист
						43
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Приймаємо кількість опор $n = 2$ шт.

Навантаження на одну опору буде становити:

$$Q = \frac{G}{n}, \quad (3.14)$$

$$Q = \frac{27546}{2} = 13773 \text{ (Н)}.$$

Остаточно приймаємо стандартну сідлову опору 160-432-2, яка має допустиме навантаження 160 кН і радіус $R=432$ мм (схема сідлової опори див. рис. 3.3).

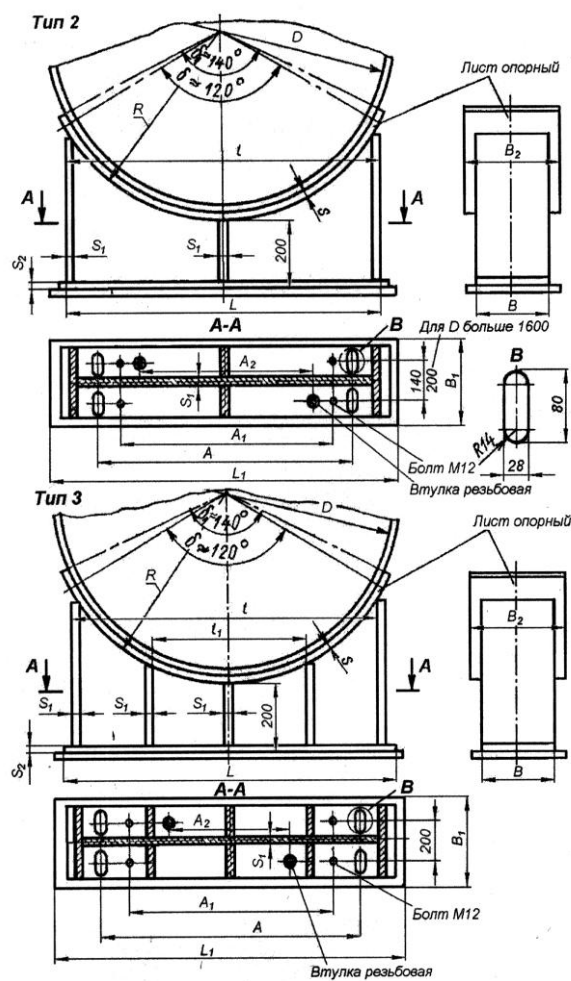


Рисунок 3.3 – Конструктивна схема сідлової опори

4 Будівельно-монтажна частина

4.1 Обґрунтування компоновки обладнання установки [18, 19]

Вибираємо відкритий варіант компоновки – обладнання розміщується на відкритому майданчику, що зменшує капітальні витрати на виробництво, зменшує загазованість і вплив теплових виділень, вибухо- та пожежобезпечність, покращує умови роботи устаткування, полегшує доступ до важкого обладнання, а також забезпечує гарну вентиляцію. Ми вибрали такий варіант компоновки у зв'язку із зазначеними вище перевагами, а також із урахуванням його масопотоків (газових та рідинних), мас і габаритних розмірів різних типів обладнання, специфіки технологічного обладнання (вибухо- і пожежонебезпека, токсичність, нечутливість до умов навколишнього середовища тощо).

Компоновку основного технологічного обладнання проводять так, щоб обслуговування усієї технологічної схеми було максимально зручним, швидким і ергономічним.

Вимоги до розміщення обладнання на відкритих майданчиках:

1. При розміщенні обладнання необхідно передбачити проходи, які забезпечать безпечне обслуговування обладнання, рух людей і транспорту, а також зручний механізм очищення робочих поверхонь обладнання. Прогоди між найбільш виступаючими частинами обладнання беруться не менше 1 м.

2. Технологічне обладнання, яке створює на робочих місцях вібрацію і шум рекомендують встановлювати на спеціальних фундаментах і амортизаторах.

3. Розміщення обладнання починають із виділення груп апаратів, об'єднаних певними ознаками.

Одним із найбільш важливих і важких етапів проектування є розробка схеми трубопроводів. Вихідними даними для завдання трасування є фізико-хімічні властивості речовин, що транспортуються, дані з етапу розрахунку

					XI.T.00.00.00 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		45

апаратурного оформлення процесу (число і тип апарату), дані, які отримані в результаті рішення задачі розміщення.

Групи трубопроводів:

I – трубопроводи для пожежо- і вибухонебезпечних агресивних і токсичних речовин незалежно від тиску і температури;

II – трубопроводи для продуктів, які мають низьку корозійну, токсичну і вогненебезпечну активність, а також трубопроводи для лугів;

III – усі інші трубопроводи.

Пряму прокладку, так мовити «від штуцера до штуцера», слід допускати лише у виняткових випадках (коли поява зайвого коліна може викликати вібрацію і т. ін.). Шлемові труби (тобто самі верхні труби, які виходять із шолома апарату) необхідно прокладати з таким розрахунком, щоб:

- по-перше, вони по найкоротшій відстані прямували до наступного апарату;
- по-друге, вони не повинні перетинати обслуговуючі майданчики апарату.

Правила трасування трубопроводів:

1. Трубопроводи треба розміщувати одним пучком, перетин яких має просту форму (горизонтальні або вертикальні ряди), на такій відстані один від одного і від будівельних конструкцій, яка забезпечить можливість обслуговування фланцевих з'єднань та інших пристроїв.

2. Гарячі трубопроводи розміщують на відстані 3–5 діаметрів труби. Якщо трубопровід працює при температурі вище 20°C і має значну довжину, то необхідно передбачити на ньому П-подібні ділянки для компенсації температурних напружень.

3. Для запобігання гідравлічних ударів необхідно на довгих трубопроводах забезпечити відведення рідини з мішків. На газопроводах необхідно передбачити дренажні трубки діаметром 20–40 мм для відведення конденсату.

					XI.T.00.00.00 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		46

4. При необхідності трубопроводи теплоізолюються.

Для забезпечення найменших гідродинамічних втрат при проектуванні і монтажу необхідно виконувати такі основні вимоги:

- відсутність зайвих поворотів траси;
- використання випрямлення траси з метою зменшення її довжини і кутів повороту;
- установка трійників таким чином, щоб головний потік середовища проходив трійник без повороту;
- відсутність високих коефіцієнтів опору засувки (засувки зі звуженим проходом); у разі вимушеного застосування таких засувок необхідно до і після таких засувок мати прямі ділянки (до засувки 10–12 діаметрів, після неї – не менше 5 діаметрів труби), щоб уникнути різкого підвищення гідродинамічних втрат;
- при великих швидкостях середовища в напірних патрубках насосів (досягаючих 5–7 м/с) відразу за патрубком повинен встановлюватися перехід на більший діаметр, а потім зворотний клапан і засувка;
- при розгалуженні трубопроводу на два меншого діаметру повинен використовуватися трійник, діаметр якого дорівнює діаметру трубопроводу, що підводять.

4.2 Монтаж і ремонт основного технологічного обладнання [21, 22]

Найбільш раціональне розміщення обладнання, будівель, споруд, трубопроводів і комунікацій в просторі проектного об'єкта досягається компонуванням, яке є відповідальним етапом проектування, що вимагає обліку і оптимізації численних факторів: технічних, економічних, надійності, безпеки тощо.

					XI.T.00.00.00 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		47

Під раціональним розміщенням устаткування, будівель і споруд мається на увазі така компоновка об'єкта, в якій при дотриманні вимог діючих норм і правил одночасно забезпечується:

1. Технологічна послідовність процесу виробництва;
2. Мінімально можлива протяжність усіх комунікацій;
3. Мінімально можливі габарити будівель і споруд, розміри виробничих площ і територій об'єкта в цілому;
4. Надійність, безпека та зручність експлуатації об'єкта;
5. Зручність проведення ремонтних робіт на об'єкті;
6. Максимальне блокування будівель і будівельно-монтажна технологічність зведення об'єкта.

Основою для компонування служать: технологічна схема, специфікація технологічного обладнання та технологічні завдання на розробку всіх суміжних частин проекту.

При проектуванні виробництв одним із найважливіших завдань є забезпечення транспортування речовин між окремими апаратами технологічної схеми. Вибір способу транспортування речовин і типу пристроїв залежить від фізико-хімічних властивостей і агрегатного стану середовища, що транспортується, від часу, протягом якого необхідно провести транспортування, від режиму роботи апаратів (періодичний, безперервний), а також від економічної доцільності. Велику роль при виборі способу транспортування речовин відіграє забезпечення безпеки виробництва.

Трасування трубопроводів. У структурі з'єднань трубопроводів можна виділити два види з'єднань трубопроводів: просте – зв'язує тільки два апарати; і розгалужене – зв'язує три і більше апаратів, один із яких, як правило, – джерело, а решта – стоки або навпаки.

Слід дотримуватися певних правил трасування трубопроводів, а саме:
– вибір напрямків трасування трубопроводів повинен відповідати вимогам технологічної схеми і умов економічної доцільності;

					XI.T.00.00.00 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		48

- траси трубопроводів слід проектувати уздовж проходів всередині контейнерів блоків і доріг;
- у місцях прокладки трубопроводів слід передбачати можливість безперешкодного переміщення засобів пожежогасіння, а також підйомних механізмів і обладнання;
- трубопроводи слід проектувати з ухилом, що забезпечує можливо повне спорожнення їх в технологічну апаратуру або дренажні ємності.

Прийнята в проекті конструкція трубопроводу повинна забезпечувати:

- безпечну та надійну експлуатацію в межах нормативного терміну;
- ведення технологічного процесу відповідно до проектних параметрів;
- виробництво монтажних і ремонтних робіт індустріальним методом із застосуванням засобів механізації;
- захист трубопроводу від корозії, вторинних проявів блискавки і статичної електрики;
- запобігання утворенню крижаних, гідратних і інших пробок в трубопроводі;
- можливість нагляду за технічним станом трубопроводу;
- вибір діаметра трубопроводів повинен проводитися на підставі гідравлічного розрахунку і з урахуванням його продуктивності, а також в'язкості продукту, що транспортується.

Технологія монтажу кожухотрубчастих теплообмінників, зокрема конденсатора, залежить від їх місця і способу установки: вони можуть встановлюватися на відкритому майданчику (на нульовій позначці); на постаменті (висотній металоконструкції) або в будівлі; горизонтально або вертикально.

Для горизонтальних теплообмінників, як у нашому випадку, розміщених на відкритому майданчику на нульовій позначці фундаменти виконують у вигляді двох залізобетонних стовпів з анкерними болтами під опори. Під теплообмінники, монтовані на висотних металоконструкціях і в будівлях, спеціальні фундаменти не влаштовують, а кріплять їх до металоконструкцій або балок перекриття будівель.

					XI.T.00.00.00 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		49

Горизонтальні теплообмінники при монтажі встановлюють на нерухому і рухому опори. Гайки на болтах не закручують повністю (залишають зазор 1–2 мм), щоб апарат міг вільно переміщуватись в горизонтальній площині. При установці коткових опор перевіряють рівномірність прилягання ковзанок до опорних поверхонь і їх перпендикулярність осі апарату. Горизонтальність апарату перевіряють за рівнем.

У деяких випадках при монтажі проводять контрольне розбирання (ревізію) кожухотрубчастих теплообмінників. При цьому перевіряють наявність прокладок, комплектність знімних деталей, правильність їх взаємного розташування.

Для виявлення дефектів в розвальцьовуванні і обварці трубок трубний пучок спресовують (при знятій розподільній камері і кришці) шляхом подачі води в міжтрубний простір. При цьому також оглядають корпус теплообмінника. Дефекти розвальцьовування або обварки усувають.

Горизонтальне обладнання монтують за допомогою одного або двох (спарених) кранів. Спосіб підйому і вантажопідйомність кранів вибирають в залежності від розміру і маси обладнання, висоти і конфігурації фундаменту або постаменту під обладнання, наявності розташованих поруч будівельних конструкцій та ін.

Горизонтальні апарати особливо великої маси і при підйомі на значну висоту часто монтують за допомогою двох кранів (рис. 4.1).

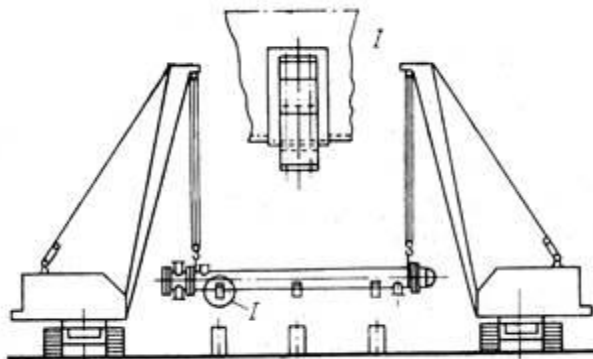


Рисунок 4.1 – Схема монтажу горизонтального теплообмінника за допомогою двох кранів

Монтаж починають з підйому апарату з вихідного горизонтального положення без відриву апарату від землі. На рис. 7 показані найбільш сприятливі умови роботи кранів при монтажі апаратів. Коли установка одного з кранів із зовнішньої сторони фундаментів неможлива, монтаж апаратів виробляють тільки маневруванням стріли крана. У тих випадках, коли при підйомі апаратів неможливо розташувати крани із зовнішньої сторони фундаментів і проїхати між фундаментами, збільшують виліт стріли кранів або переміщують крани з піднятим апаратом в межах їх вантажної характеристики.

Теплообмінники з трубною системою мають підвищену надійність, що дозволяє їм функціонувати без збоїв протягом довгих років. Але не варто забувати, що планове технічне обслуговування просто необхідне для профілактики поломок. Циркулюючий теплоносій з часом засмічує тонкі стінки трубок, осідаючи на них і перешкоджаючи вільному потоку. Уникнути передчасного виходу обладнання із ладу і зберегти енергоефективність дозволить регулярне чищення трубок. Завдяки систематичному промиванню можливо довгострокове підтримання робочих параметрів у нормі. Безпосередньо ж ремонт кожухотрубних теплообмінників, у більшості випадків, необхідний лише у разі надмірного зносу обладнання.

Найбільш поширеними дефектами поламаних теплообмінників є:

1) Виривання трубок з трубних дощок. Дана проблема зазвичай виникає через нерівномірне розширення трубок та корпусу. Варіанти вирішення:

- зачистка місця розриву і обварки трубки заново;
- висвердлювання трубки і установка нової трубки;
- зачистка і заварювання (заглушка) трубки.

Якщо встановлюються заглушки на дефектні трубки, необхідно враховувати, що опір даної траси зростає, а також трохи погіршується теплообмін.

					XI.T.00.00.00 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		51

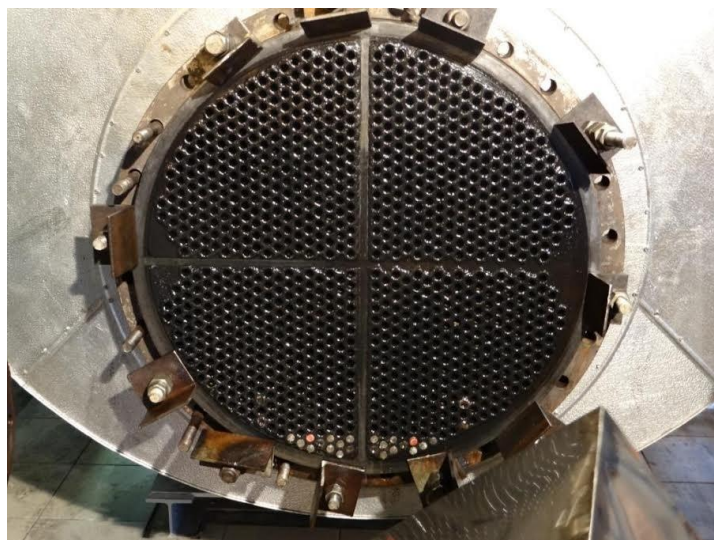


Рисунок 4.2 – Кожухотрубний теплообмінник з вирваними трубками

Зазвичай, теплообмінники розраховують таким чином, щоб без сильного впливу на технологічний процес можна було заглушити до 10 % трубок. У кожному разі це питання треба вивчати окремо.

2) Наскрізна корозія трубок. Дана проблема зазвичай виникає або через тривалість використання теплообмінника і безпосередній корозії, або при невірно підбраному матеріалі трубчатки. Варіанти вирішення:

- висвердлювання трубки і установка нової трубки;
- зачистка і заварювання (заглушка) трубки.



Рисунок 4.3 – Кожухотрубний теплообмінник з корозією трубок

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

XI.T.00.00.00 ПЗ

Лист

52

Також, як і в описаному вище випадку, при встановленні заглушок необхідно дотримати вимоги з урахуванням збільшеного опору. Із огляду на причини виникнення наскрізної корозії, можна припустити, що з великою ймовірністю, найближчим часом можуть почати виходити з ладу такі трубки.

Нерідко при виникненні наскрізної корозії найбільш ефективним шляхом є просто заміна трубного пучка (виготовлення нового трубного пучка). Це особливо актуально, якщо повторний дефект виник швидко після першої поломки.

3) Наскрізна корозія корпусу або камер. Дана проблема, також як і наскрізна корозія трубок, зазвичай виникає або через тривалість використання теплообмінника і безпосередній корозії, або при невірно підбраному матеріалі трубок. Варіанти вирішення:

- підварювання або установка заплатки;
- виготовлення нової камери (корпусу).

4) Засмічення по трубках або по міжтрубному просторі. Ця проблема може виникнути в тому випадку, якщо один з теплоносіїв НЕ фільтрується належним чином, або якщо відбувається поява природного нагару (при роботі з вихлопними газами).

Варіанти вирішення:

- механічне очищення;
- хімічне очищення.

У тому випадку, якщо засмічення відбувається через відсутність належної фільтрації середовищ, рекомендується установка необхідних фільтрів. У тому випадку, якщо відбувається поява нагару, швидше за все, це обумовлено технологічними моментами. У такому випадку треба визначати, коли відбувається чергове засмічення теплообмінника (вимірювання температури або протитиску) і чистити його.

Подібні роботи слід проводити на місці експлуатації. У разі необхідності фахівці повинні виїхати на місце і провести цю роботу, але в більшості випадків ці операції виробляє експлуатаційний персонал.

					XI.T.00.00.00 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		53

5) Покриття вапном (накипом) або іншими відкладеннями міжтрубного простору або самих трубок. Ця проблема може виникнути в тому випадку, якщо один з теплоносіїв є рідина (вода) з невідповідним для даного процесу хімічним складом (наприклад, надмірно мінералізована). Варіанти вирішення: очистка за допомогою спеціальних хімічних засобів.

У разі появи великого шару мінеральних відкладень (накипу) хімічне очищення може бути неефективним. У такому випадку трубний пучок не підлягатиме ремонту і буде необхідно виготовити новий трубний пучок.

Дефектні штуцера і трубні решітки при досягненні максимальних величин зносу і прогину замінюються.

Свищі і тріщини усуваються шляхом заварки або постановкою накладок з попереднім видаленням дефектної ділянки.

За допомогою кольорової дефектоскопії визначають протяжність і положення кінців тріщин, виявлених в корпусі. Ці кінці до заварки засвердлюють свердлами діаметром 3–4 мм. Некрізні тріщини глибиною не більше 0,4 товщини стінки розправляються під заварку односторонньою вирубкою на максимальну глибину тріщини зі зняттям крайок під кутом 50–60°. При тріщині понад 100 мм зварювання проводять оберненоступеневим методом. Наскрізні і некрізні тріщини глибиною більше 0,4 товщини стінки обробляють на всю товщину вирубкою зубилом або газорізкою. При появі гніздових тріщин пошкоджені місця вирізають і закривають латками без гострих кутів. Латки вваривать в рівень з основним металом. Площа латки не повинна перевищувати площі листа апарату.

Надійність ліквідації поверхневих дефектів контролюють магнітною або ультразвуковою дефектоскопією. Допускається глибина пошкодження в межах 10–20 % товщини стінки в залежності від розмірів ушкодження.

Усі поверхні ущільнювачів слід контролювати магнітною або ультразвуковою дефектоскопією на відсутність тріщин. Після ремонту конденсатора його піддають гідравлічним або пневматичним випробуванням.

					XI.T.00.00.00 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		54

5 Автоматика та автоматизація технологічного процесу [23, 24]

Теплообмінні апарати є частиною більшості технологічних процесів, тому завдання автоматизації кожухотрубних теплообмінних апаратів є дуже важливою.

Процеси передачі тепла за допомогою теплообмінників від одного рідкого середовища до іншого знаходять дуже широке застосування в промисловій та комунальній сфері, побутовому секторі тощо.

Кожухотрубні теплообмінники відносяться до найбільш поширених апаратів. Їх застосовують для теплообміну і термохімічних процесів між різними рідинами, парами і газами – як без зміни, так і зі зміною їх агрегатного стану. Теплообмінники як об'єкти регулювання температури мають більші запізнюваннями, тому слід приділяти особливу увагу вибору місця установки датчика і закону регулювання [23].

Розвиток автоматизації виробничих процесів вимагає визначення найбільш прогресивних напрямків, розробки методів аналізу та оцінки автоматичних ліній. Оперативний контроль за роботою установки неможливий без наявності контрольно-вимірювальних приладів.

Перехід установки на автоматичне регулювання, тобто регулювання за допомогою відповідних приладів-регуляторів, є більш ефективною формою управління установкою.

Ручне управління – це трудомісткий процес, який вимагає великих людських ресурсів, і при цьому необхідно контролювати найчастіше кілька параметрів в одному апараті. Втрата контролю хоча б за одним параметром неминуче відіб'ється на якості продукції.

Технологічний режим роботи установки встановлюють таким, щоб отримати необхідну продуктивність установки, якість і вихід одержуваного продукту. Вибір приладів автоматизації повинен проводитися з тих засобів автоматизації, які випускаються серійно і вже себе зарекомендували.

					XI.T.00.00.00 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		55

Для зменшення транспортних запізнень датчик температури необхідно розміщувати якомога ближче до теплообмінника. Із урахуванням реальних умов роботи, усі істотні фактори, що впливають на процес теплообміну, розбиваються на наступні групи [24]:

1. Контрольовані збурювання – це ті збурювання, які можна виміряти, але неможливо або неприпустимо стабілізувати (витрата живлення, що подається безпосередньо із попереднього апарату; температура навколишнього середовища і т. ін.). Для досліджуваного процесу такими збуреннями є: температура теплоносія, а також температура і витрата потоку на вході в апарат.

2. Неконтрольовані збурювання – це ті збурювання, які неможливо або недоцільно вимірювати безпосередньо. Перші – це падіння активності каталізатора зміна коефіцієнтів тепло- і масопередачі і т. п. У якості неконтрольованих збурень в даному об'єкті може виступати накип, що утворилася на поверхні трубок всередині теплообмінника, а також тиск пари, що бере участь в теплообміні.

3. Вихідні змінні. Із їх числа вибирають регульовані координати. При побудові замкнених систем регулювання у якості регульованих координат вибирають технологічні параметри, зміна яких свідчить про порушення матеріального або теплового балансу в апараті. До них відноситься температура теплоносіїв.

4. Керуючі змінні – вхідні сигнали об'єкта управління, за допомогою яких можна впливати на режим роботи об'єкта: величина витрат теплоносія.

Спрощена функціональна схема автоматизації теплообмінного апарату приведена на рис. 5.1 [24].

Для зміни температури вибираємо датчик температури і електропневматичний перетворювач температури.

Замір концентрації здійснюється датчиком концентрації, в комплект якого входить також електронний міст.

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

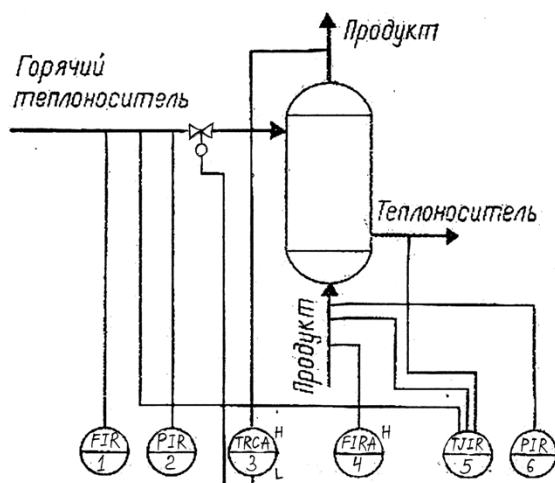


Рисунок 5.1 – Спрощена схема автоматизації теплообмінника

Для контролю тиску обраний перетворювач тиску, який працює в межах вимірювання до 2,5 МПа.

Для контролю і регулювання витрат обрані витратоміри і електропневматичні перетворювачі витрати.

Контролери серії WinCon-8000 являють собою останнє покоління промислових контролерів виробництва компанії ICP DAS. Увібравши в себе усі кращі характеристики серій I-7000 і I-8000, зберігши наступність з ними, WinCon-8000 придбав нові можливості завдяки використанню високопродуктивного процесора Intel Strong ARM з тактовою частотою 206 МГц і оперативною пам'яттю 64 Мб [23].

WinCon виконаний у вигляді окремого блоку з негорючого пластика, який містить центральний процесор, джерело живлення, панель управління, комунікаційні порти і об'єднану плату для установки модулів вводу-виводу. Контролер може бути без праці встановлений на DIN-рейку або на панель, причому для монтажу не потрібно ніяких додаткових конструктивних елементів. При цьому забезпечується відкритий і зручний доступ до панелі управління, слотів для установки або заміни модулів вводу-виводу і комунікаційним роз'ємів. Контролер підтримує всі модулі вводу / виводу сигналів, як з паралельним, так і з послідовним інтерфейсом. Окрім того, може працювати з віддаленими модулями вводу / виводу. Усі модулі мають

зручні знімні клеми із гвинтовою фіксацією зовнішніх проводів. WinCon-8000 мають не тільки інтерфейси RS-232 і RS-485, але і інтерфейси USB і Ethernet, а також інтерфейси VGA і PS / 2 для підключення клавіатури, миші і монітора.

Таким чином, промисловий контролер має функціональність персонального комп'ютера, що значно полегшує його програмування і розширює сферу застосування. Так, налагодження та редагування керуючої програми можна здійснювати безпосередньо на контролері. Крім того, за рахунок наявності інтерфейсів клавіатури і монітора, WinCon може поєднувати у собі функції контролера і операторської станції. Контролер має вбудовану операційну систему Microsoft Windows CE .NET [24].

WinCon-8000 може застосовуватися для вирішення найрізноманітніших завдань автоматизації у багатьох галузях промисловості. До нього можна підключати не тільки модулі віддаленого вводу-виводу аналогових і дискретних сигналів, але і будь-які інші пристрої: принтери, модеми, POS-термінали, інші комп'ютери та контролери, словом усе, що може обмінюватися даними через послідовний або USB порт. Таким чином, завдяки новому контролеру ваша система або окремий її сегмент можуть мати досить складну конфігурацію і топологію, залишаючись при цьому надійною і простою у налаштуванні і управлінні.

Усі комплекти приладів контролю і регулювання є електропневматичними, що обумовлює компактність, високу чутливість змін процесу який контролюється і дозволяє тактовно реагувати навіть на найдрібніші зміни і коливання технологічного процесу [23, 24].

Усі перераховані вище обрані пристрої автоматизації успішно виконують поставлене завдання з необхідним класом точності і допустимою похибкою.

6 Охорона праці та навколишнього середовища. Аналіз небезпечних і шкідливих факторів досліджуваного об'єкта

Для роботи на аміачній холодильно-компресорній установці допускаються працівники не молодше 18 років, які пройшли медичну перевірку під час вступу на роботу і періодичну перевірку з урахуванням комплексу діючих шкідливих факторів виробництва. До самостійної роботи допускаються особи, які пройшли відповідне навчання, склали іспит кваліфікаційній комісії, після оформлення відповідної документації, в тому числі і наказу по цеху про допуск до самостійної роботи в цеху [25, 26].

Перед проведенням дослідно-виробничих робіт робітники отримують під розписку інструктаж з техніки безпеки.

Не дозволяється перебування на робочому місці сторонніх осіб без дозволу адміністрації. Допуск до роботи бригад ремонтних організацій здійснюється після цільового інструктажу і оформлення відповідної документації з дозволу начальника цеху і начальника зміни. Пуск установки в експлуатацію обладнання здійснюється відповідно до затверджених інструкцій з урахуванням вимог чинного регламенту.

До робочої зони можуть потрапляти шкідливі речовини (природний газ з топки, пари аміаку і пил при порушенні герметичності обладнання і трубопроводів), а на робочий персонал негативний вплив можуть надавати небезпечні виробничі фактори відповідно до ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ [25]:

- наявність рухомих машин і механізмів;
- відхилення параметрів мікроклімату в робочій зоні: температури, відносної вологості, швидкості руху повітря (при поломці систем вентиляції);
- наявність поверхонь з підвищеною температурою;
- підвищений рівень шуму на робочих місцях (від компресорів);
- підвищений рівень вібрації на робочих місцях (від роботи вентиляторів, компресорів тощо);
- відсутність або недостатній рівень штучного освітлення робочої зони;

					XI.T.00.00.00 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		59

- підвищений рівень статичної електрики;
- наявність обладнання, що працює під тиском;
- токсичність розчинників, що входять до складу фарб застосовуються під час ремонту;
- можливість ураження струмом при дотику до кабелю, електричним приводам, і електроустаткування, що знаходиться під напругою;
- вплив на організм пилу при роботі без респіратору в умовах підвищеного рівня запиленості робочих місць, внаслідок розгерметизації обладнання та несправності систем аспірації.

З метою забезпечення нормальних санітарно-гігієнічних умов праці, виключення аварійних ситуацій і нещасних випадків слід дотримуватись таких вимог техніки безпеки:

- усі працівники повинні бути навчені безпечним методам роботи відповідно до «Типового положення про навчання, інструктаж і перевірку знань працівників з питань охорони»;
- систематично перевіряти знання виробничого персоналу;
- дотримуватись вимог інструкцій, правил, норм;
- при виробництві, транспортуванні, зберіганні речовин необхідно дотримуватись вимог до виробничого обладнання та технологічного процесу відповідно до ГОСТ 12.2.003-91 і ГОСТ 12.3002-75.

При ремонтних роботах на висоті перевищує 1,5 м над рівнем підлоги відповідно до інструкції з техніки безпеки необхідно використовувати стаціонарні підмостки, огорожі та стаціонарні пояса безпеки. Працювати на висоті тільки в присутності дублера, при цьому працює, має закріпитися карабіном за надійний предмет.

Основним обладнанням у виробництві є: компресори, ресивери, кожухотрубчасті теплообмінники, апарати повітряного охолодження, сепаратор.

У виробництві використовується обладнання, що працює під тиском. Виготовлення, монтаж, експлуатація, ремонт, гідравлічні випробування,

					XI.T.00.00.00 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		60

реєстрація і технічний огляд устаткування і судин під тиском повинні виконуватися відповідно до «ДНАОП 0.00-1.07-94. Правила будови і безпечної експлуатації посудин, що працюють під тиском». Забороняється експлуатація обладнання, що працює під тиском, з простроченим терміном експлуатації, без клейма. Для безпеки експлуатації систем під підвищеним тиском застосовується запірна арматура, прилади контролю і запобіжні пристрої. Апарати, які знаходяться під тиском, виготовлені з металу, добре зварюється. На апараті повинні бути вказані такі дані [26]:

- допустимий тиск в апараті;
- дата, місяць і рік останнього гідравлічного випробування апарату;
- дата наступного гідравлічного випробування.

При зберіганні аміаку може відбуватися ряд реакцій, в результаті яких в повітря виділяється аміак у вигляді пари. Концентрації шкідливих хімічних речовин в повітрі робочої зони виробничого приміщення повинні відповідати вимогам ГОСТ 12.1.005-88, а саме: аміак – ГДК 20 мг / м³, КО – IV, пар.

Періодичність контролю за вмістом шкідливих речовин у повітрі робочої зони згідно з ГОСТ 12.1005-88 п.4. Вимоги до методів і способів вимірювання концентрації шкідливих речовин в повітрі робочої зони згідно з ГОСТ 12.1005-88 п.5.

Вимоги до методів вимірювання та контролю показників мікроклімату по ГОСТ 12.1005-88 п.2. Відповідно до санітарних норм мікроклімату виробничих приміщень, затверджених наказом МОЗ України. Показниками, що характеризують мікроклімат, є [25]:

- 1) температура повітря;
- 2) відносна вологість повітря;
- 3) швидкість руху повітря;
- 4) інтенсивність теплового випромінювання.

Оптимальні показники мікроклімату поширюються на всю робочу зону, допустимі показники встановлюються диференційовано для постійних і непостійних робочих місць. Допустимі величини показників мікроклімату

					XI.T.00.00.00 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		61

встановлюються у випадках, коли за технологічними вимогами, технічних і економічних причин не забезпечуються оптимальні норми. У кабінах, на пультах і постах керування технологічними процесами, в залах обчислювальної техніки та інших виробничих приміщеннях при виконанні робіт операторського типу, пов'язаних з нервово-емоційним напруженням, повинні дотримуватися оптимальні величини температури повітря 22–24 °С, його відносної вологості 60–40 % і швидкості руху (не більше 0,1 м/с). Перелік інших виробничих приміщень, в яких повинні дотримуватися оптимальні норми мікроклімату,

При забезпеченні оптимальних показників мікроклімату температура внутрішніх поверхонь огорожувальних конструкцій робочу зону (стін, підлоги, стелі та ін.), Або пристроїв (екранів і т.п.), а також температура зовнішніх поверхонь технологічного устаткування або огорожувальних його пристроїв не повинні виходити більш ніж на 2 °С за межі оптимальних величин температури повітря. При температурі поверхонь конструкцій нижче або вище оптимальних величин температури повітря робочі місця повинні бути віддалені від них на відстань не менше 1 м.

При виробництві та зберіганні аміаковмісних речовин виробничі приміщення повинні бути оснащені обігрівом, вентиляцією і кондиціонуванням згідно СНіП 2.04.05-91 та згідно ГОСТ 12.4.021-75. Санітарно-гігієнічний контроль систем вентиляції та промислових приміщень проводиться силами вентслужб або санітарних лабораторій згідно МУ 4425-87 в такі строки [26]:

- система місцевої витяжної і місцевої проточною вентиляції – 1 раз на рік;
- системи загальнообмінної механічної і природної вентиляції – 1 раз в 3 роки.

Виробничі та допоміжні приміщення, в яких проводять роботи, повинні бути забезпечені проточною холодною питною водою відповідно до ГОСТ 2874-82 і каналізацією.

					XI.T.00.00.00 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		62

Викиди забрудненого повітря в атмосферу повинні відповідати вимогам ДСП 201-97 і не повинні перевищувати щорічних сумарних викидів, які наведені в регламенті виробництва. Технологічні стоки виробництва (кількість і хімічний склад) повинні відповідати вимогам СанПіН 4630-88.

Вимоги до температури зовнішньої поверхні технологічного обладнання згідно з ГОСТ 12.1.005-88 п.1.11. Температура поверхні апаратів при виробництві добрив на місцях, де можливий контакт їх з персоналом, не повинна перевищувати 45 °С. Забороняється робота на технологічній лінії при пошкодженні теплоізоляції на поверхні паропроводів, апаратів і газоходів шлях проходження гарячих газів.

Заходи, які використовуються на даному об'єкті, по нормалізації мікроклімату: вентиляція приміщення, кондиціонування повітря, застосування теплоізоляції устаткування (корпуси апаратів, трубопроводів, топки) і раціональне розміщення обладнання. Роботи середнього та легкого категорії тяжкості Іб і ПБ, згідно допустимим параметрам мікроклімату. У результаті вжитих заходів мікроклімат в приміщенні відповідає допустимим нормам згідно з ГОСТ 12.1.006 - 88 і ДБН 3.36 - 042 - 99.

Використовувані на підприємстві засоби попередження про пожежу – пожежний зв'язок і сигналізація.

Фізичні фактори визначаються (вимірюються) не рідше 1 разу на рік і після ремонту обладнання. Необхідно стежити за кріпленням трубопроводів, не допускати вібрації трубопроводів, що працюють під тиском. Негайно усувати виявлені витіку газу і технологічних розчинів.

Усі роботи на установці, пов'язані з аміаком, проводити відповідно до «Правил безпеки в газовому господарстві» і «Інструкції з техніки безпеки та пожежної безпеки при обслуговуванні установок, що працюють на газовому основі».

На фіксованих місцях установки обладнуються і укомплектовуються аптечки першої медичної допомоги з наявністю перев'язувальних,

					XI.T.00.00.00 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		63

нейтралізують і протиопікових засобів. Обслуговуючий персонал повинен мати спецодяг і індивідуальні засоби захисту, відповідно до типових норм.

Кожен робітник повинен вміти надавати допомогу потерпілому залежно від характеру нещасного випадку [26]:

а) при попаданні аміаку на тіло або в очі, пошкоджене місце необхідно швидко промити струменем чистої води і негайно звернутися в медпункт за медичною допомогою;

б) при термічних опіках, незалежно від ступеня опіку, на уражене місце необхідно накласти стерильну пов'язку, не допускаючи пошкодження обпаленої шкіри, і негайно звернутися до лікаря;

в) при закритих переломах кісток кінцівок необхідно накласти шину або інший допоміжний матеріал (дошку, планку) до пошкодженої кінцівки і викликати швидко допомогу;

г) якщо працівник уражений електричним струмом, йому необхідно надати допомогу відповідно до «Інструкції по надання першої допомоги при ураженні електричним струмом»;

д) при отруєнні, задуха парами аміаку потерпілого необхідно вивести із загазованого середовища на повітря, розстебнути одяг і обов'язково відправити в медичний пункт, а при необхідності викликати лікаря на місце.

Розрахунок потенційно небезпечного фактора [26]

Розрахувати заземлення для стаціонарної установки. Заземлювачі занурені і розміщені в один ряд (глибина занурення $h = 80$ см). Характеристика заземлювача представлена в табл. 6.1, схема розміщення – на рис. 6.1.

Відповідно до ПЕУ, ПТБ и ПТЕ допустимий опір захисного струму в заземленні для мережі до 1000 В $R_3 = 4$ Ом.

Питомий опір ґрунту (чорнозему), рекомендований для розрахунків, становить $\rho_{\text{табл.}} = 2000$ Ом·см [26].

					XI.T.00.00.00 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		64

Таблиця 6.1 – Характеристика вертикального заземлювача

Показник	стрижень
Довжина заземлювача $l_{\text{Т}}$, см	280
Діаметр заземлювача $d_{\text{Тр}}$, см	4
Ширина сполучної смуги $b_{\text{с}}$, см	6
Ґрунт	чорнозем
Кліматична зона	ІІІ

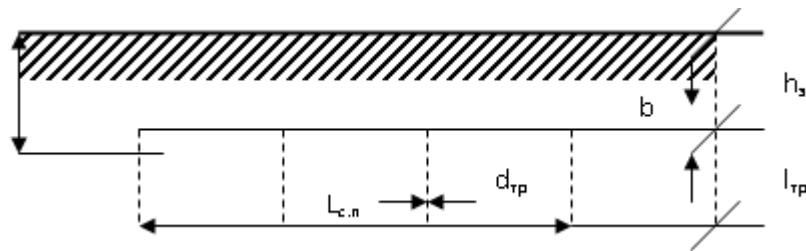


Рисунок 6.1 – Схема розміщення вертикального заземлювача в ґрунті:
 h — глибина розміщення заземлювача в ґрунті, м; l — довжина заземлювача, м; d — діаметр заземлювача, м; t — відстань від поверхні ґрунту до середини заземлювача, м

Підвищувальні коефіцієнти [26] в залежності від кліматичної зони:

- для труб вертикальних заземлювачів $K_{\text{ПТ}} = 1,4 \div 1,6$; приймаємо $K_{\text{ПТ}} = 1,5$;
- для сполучної смуги $K_{\text{ПС}} = 2,5 \div 4$; приймаємо $K_{\text{ПС}} = 3,25$.

Питомий розрахунковий опір ґрунту, враховуючи несприятливі умови за допомогою підвищувального коефіцієнта:

$$\rho_{\text{розр.т.}} = \rho_{\text{табл.}} \cdot K_{\text{ПТ}}, \text{ Ом} \cdot \text{см} \quad (6.1)$$

$$\rho_{\text{розр.т.}} = 2000 \cdot 1,5 = 3000 \text{ Ом} \cdot \text{см}$$

Питомий опір ґрунту для горизонтального заземлювача (сполучної смуги):

$$\rho_{\text{розр.с.}} = \rho_{\text{табл.}} \cdot K_{\text{ПС}}, \text{ Ом} \cdot \text{см} \quad (6.2)$$

$$\rho_{\text{розр.с.}} = 2000 \cdot 3,25 = 6500 \text{ Ом} \cdot \text{см}$$

Відстань від поверхні землі до середини вертикального заземлювача:

$$t = h_3 + \frac{l_T}{2}, \text{ см} \quad (6.3)$$

де h_3 — глибина закладки заземлювача, $h_3 = 80$ см;

l_T — довжина заземлювача, $l_T = 280$ см.

$$t = 80 + \frac{280}{2} = 220 \text{ см}$$

Опір розтікання струму для одиночного вертикального заземлювача, який розміщений нижче від поверхні землі:

$$R_T = 0,366 \cdot \frac{\rho_{\text{розр.г.}}}{l_T} \left(\lg \frac{2 \cdot l_T}{d_{\text{ТР}}} + \frac{1}{2} \cdot \lg \frac{4t + l_T}{4t - l_T} \right), \text{ Ом} \quad (6.4)$$

де $d_{\text{ТР}}$ — діаметр заземлювача, $d_{\text{ТР}} = 4$ см.

$$R_T = 0,366 \cdot \frac{3000}{280} \cdot \left(\lg \frac{2 \cdot 280}{4} + \frac{1}{2} \cdot \lg \frac{4 \cdot 220 + 280}{4 \cdot 220 - 280} \right) = 8,98 \text{ Ом}$$

Необхідна кількість вертикальних заземлювачів без урахування коефіцієнта екранування:

$$n_T = \frac{R_T}{R_3} \quad (6.5)$$

$$n_T = \frac{8,98}{4} = 2,25$$

Приймаємо $n_T = 3$.

Відстань між вертикальними заземлювачами визначається зі співвідношення $c = L_T / l_T$. Для стаціонарних занурених заземлювачів це співвідношення береться таким: $c = 1$.

$$L = c \cdot l_T, \text{ см} \quad (6.6)$$

$$L = 1 \cdot 280 = 280 \text{ см}$$

Визначаємо коефіцієнт екранування труб при числі труб n_T і співвідношенні з [26]: $\eta_{\text{ЕТ}} = 0,78$ при $n_T = 3$.

Необхідна кількість вертикальних заземлювачів з урахуванням коефіцієнта екранування:

					XI.T.00.00.00 ПЗ	Лист
						66
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

$$n_{TE} = \frac{R_T}{R_3 \cdot \eta_{ET}} \quad (6.7)$$

$$n_{TE} = \frac{8,98}{4 \cdot 0,78} = 2,88$$

Приймаємо $n_{TE} = 3$.

Розрахунковий опір розтікання струму при взятому числі вертикальних заземлювачів n_{TE} :

$$R_{розр. T} = \frac{R_T}{n_{TE} \cdot \eta_{ET}}, \text{ Ом} \quad (6.8)$$

$$R_{розр. T} = \frac{8,98}{3 \cdot 0,78} = 3,84 \text{ Ом}$$

Довжина сполучної смуги:

$$L_{3.C.} = 1,05 \cdot l_T \cdot (n_{TE} - 1), \text{ см} \quad (6.9)$$

$$L_{3.C.} = 1,05 \cdot 280 \cdot (3 - 1) = 588 \text{ см}$$

Опір розтікання струму в сполучній смузі:

$$R_{3.C.} = 0,366 \cdot \frac{\rho_{розр. C.}}{L_{3.C.}} \cdot \lg \frac{2 \cdot L_{3.C.}^2}{h_3 \cdot b_C}, \text{ Ом} \quad (6.10)$$

де b_C — ширина сполучної смуги, $b_C = 6$ см.

$$R_{3.C.} = 0,366 \cdot \frac{6500}{588} \cdot \lg \frac{2 \cdot 588^2}{80 \cdot 6} = 12,78 \text{ Ом}$$

Коефіцієнт екранування $\eta_{ЕЗС}$ для сполучної смуги [26]:
 $\eta_{ЕЗС} = 0,77$.

Розрахунковий опір для розтікання електричного струму в сполучній смузі з урахуванням коефіцієнта екранування:

$$R_{розр. C} = \frac{R_{3.C.}}{n_{EC} \cdot \eta_{ЕЗС}}, \text{ Ом} \quad (6.11)$$

$$R_{розр. C} = \frac{12,78}{1 \cdot 0,77} = 16,6 \text{ Ом}$$

Загальний розрахунковий теоретичний опір розтікання струму від вертикальних заземлювачів і сполучної смуги:

					XI.T.00.00.00 ПЗ	Лист
						67
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

$$R_{\text{заг.розр.}} = \frac{1}{\frac{1}{R_{\text{розр. Т}}} + \frac{1}{R_{\text{розр. С}}}}, \text{ Ом} \quad (6.12)$$

$$R_{\text{заг.розр.}} = \frac{1}{\frac{1}{3,84} + \frac{1}{16,6}} = 3,12 \text{ Ом}$$

Загальний розрахунковий опір не перевищує допустимий опір захисного струму в заземленні 4 Ом, що говорить про ефективність даного заземлення.

Безпека в надзвичайних ситуаціях на досліджуваному об'єкті

При роботі холодильної установки велика кількість енергетичних потужностей концентрується на порівняно невеликих територіях. Усе це сприяє зростанню виникнення аварійних ситуацій, які доволі часто набувають характеру катастроф.

Ось чому основні зусилля спрямовуються на попередження виникнення надзвичайних ситуацій. Якщо раптом станеться непередбачене, і виникне аварійна ситуація, необхідно в першу чергу повідомити і організувати захист робітників. А для того, щоб такі ситуації не були непередбаченими, на потенційно небезпечних територіях створюється план локалізації і ліквідації небезпечних ситуацій (ПЛАС), і персонал повинен бути навчений роботі з ним. Саме грамотні дії персоналу в аварійній ситуації набувають першорядну важливість.

Якщо робочий, який помітив аварію, побачить, що він без ризику для життя може ліквідувати аварію самотужки, то він зобов'язаний це зробити і потім вже доповісти особі технічного нагляду ділянки про те, що саме він зробив.

Якщо ж аварія прийняла великі масштаби або впоратися з нею без ризику для життя не можна, то робітник повинен негайно сповістити про це особу технічного нагляду ділянки. При присутності на місці аварії особи

					XI.T.00.00.00 ПЗ	<i>Лист</i>
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		68

технічного нагляду робітник повинен беззаперечно виконувати усі його розпорядження, дотримуючись спокою і бути витриманим.

Якщо нікого з осіб нагляду поблизу немає, то необхідно вжити заходів для самопорятунку. Рятувальні роботи повинні вестися за заздалегідь розробленим планом ліквідації аварій. Необхідно пам'ятати вказівки, передбачені в плані ліквідації аварій, швидко оцінювати їх придатність для даного випадку і потім використовувати для самопорятунку та порятунку інших.

					XI.T.00.00.00 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		69

Висновки

У даній кваліфікаційній роботі наведено опис технологічної схеми парокompресійної установки. Розглянуто теоретичні основи процесу теплообміну, особливості конструкції конденсатора, обґрунтовано вибір конструкційних матеріалів, наведені їх фізико-механічні та технологічні властивості. Також виконані технологічний, конструктивний розрахунки, розраховано гідравлічний опір апарату, вибрано і розраховане допоміжне обладнання.

Проведеними розрахунками на міцність, стійкість та герметичність підтверджена механічна надійність і конструктивну досконалість спроектованого апарату, що є неодмінною умовою тривалої та безперебійної роботи обладнання.

Розглянуто компоновку обладнання установки, стисло описані монтажні та ремонтні роботи проектованого апарату.

Розроблено схему автоматизації. У розділі «Охорона праці» дано аналіз потенційних небезпек і шкідливостей, що виникають при експлуатації обладнання установки, запропоновані заходи по їх усуненню. Виконано розрахунок захисного заземлення.

					XI.T.00.00.00 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		70

10. Таубман Е. И. Контактные теплообменники / Е. И. Таубман [и др.]. – Москва : Химия, 1987. – 256 с.

11. Григорьев В.А., Крохин Ю.И. Тепло- и массообменные аппараты криогенной техники : Учебное пособие для вузов. – М. : Энергоиздат, 1982. – 312 с.

12. Павлов К. Ф. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии : Учебное пособие для вузов / К. Ф. Павлов, П. Г. Романков, А. А. Носков. – 10-е изд., перераб. и доп. – Л. : Химия, 1987. – 576 с.

13. Машины и аппараты химических производств. Примеры и задачи / Под общ. ред. В. Н. Соколова. – Л. : Машиностроение, 1982. – 384 с.

14. Лащинский А. А. Основы конструирования и расчета химической аппаратуры / А. А. Лащинский, А. Р. Толчинский. – Л. : Машиностроение, 1970. – 752 с.

15. Лащинский А. А. Конструирование сварных химических аппаратов : Справочник / А. А. Лащинский. – Л. : Машиностроение, 1981. – 382 с.

16. Марочник сталей и сплавов / В. Г. Сорокин, А. В. Волосникова, С. А. Вяткин [и др.]. – Под общ. ред. Сорокина В. Г. – М. : Машиностроение, 1989. – 640 с.

17. Расчет и конструирование машин и аппаратов химических производств. Примеры и задачи : Учеб. пособие для студентов вузов / М. Ф. Михалев, Н. П. Третьяков, А. И. Мильченко [и др.]. – Под общ. ред. Михалева М. Ф. – Л. : Машиностроение, 1984. – 301 с.

18. Врагов А. П. Матеріали до розрахунків процесів та обладнання хімічних і газонафтопереробних виробництв: Навчальний посібник / А. П. Врагов, Я. Е. Михайловський, С. І. Якушко. – За ред. А. П. Врагова. – Суми : Вид-во СумДУ, 2008. – 170 с.

					XI.T.00.00.00 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		72

19. Методичні вказівки до вивчення дисципліни «Проектування хімічних підприємств та основи САПР» / Укладачі: О. О. Ляпощенко, В. М. Маренок. – Суми : Вид-во СумДУ, 2008. – 81 с.

20. Машины и оборудование газонефтепроводов. Учебн. пособие для вузов / Ф. М. Мустафин, Н. И. Коновалов, Р. Ф. Гильметдинов и др. – 2-е изд., перераб. и доп. Уфа: Монография, 2002. – 384 с.

21. Фарамазов С. А. Ремонт и монтаж оборудования химических и нефтеперерабатывающих заводов / С. А. Фарамазов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Химия, 1980. – 312 с.

22. Ермаков В. И. Ремонт и монтаж химического оборудования / В. И. Ермаков, В. С. Шейн. – Л. : Химия, 1981. – 368 с.

23. Дудников Е. Г. Автоматическое управление в химической промышленности / Е. Г. Дудников, А. В. Казаков, Ю. Н. Софиева, А. Э. Софиев, А. М. Цирлин. – М. : Химия, 1987. – 368 с.

24. Лапшенков Г. И. Автоматизация производственных процессов в химической промышленности / Г. И. Лапшенков, Л. М. Полоцкий. – М. : Химия, 1982. – 377 с.

25. Охрана труда в машиностроении : Учебн. для машиностр. вузов / Под ред. Е. Я. Юдина, С. В. Белова. – 2-е изд., перераб.и доп. – М. : Машиностроение, 1983. – 432 с.

26. Безопасность жизнедеятельности: учебник для вузов / С.В. Белов, А.В. Ильницкая, А.Ф. Козьяков [и др.]. – 7-е изд. – М.: Высш. школа, 2007. – 616 с.

					ХІ.Т.00.00.00 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		73

ДОДАТОК

(Обов'язковий)

Специфікації до креслень

Перв. примен.	Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание					
Справ. №					<u>Документация</u>							
		*		ПОХНВ.Т.00.00.00 СБ	Сборочный чертеж	1	*) А2×3					
		А1		ПОХНВ.Т.00.00.00 СЗ	Схема технологическая	1						
		А4		ПОХНВ.Т.00.00.00 ПЗ	Пояснительная записка	73	с.					
					<u>Сборочные единицы</u>							
		А2	1	ПОХНВ.Т.01.00.00	Камера распределительная	1						
		А2	2	ПОХНВ.Т.02.00.00	Крышка	1						
			3	ПОХНВ.Т.03.00.00	Пучок трудный	1						
					<u>Стандартные изделия</u>							
	Подпись и дата			4		Болт М16×55 ГОСТ 7798	8					
			5		Болт М16×60 ГОСТ 7798	4						
			6		Болт М16×65 ГОСТ 7798	8						
			7		Болт М20×120 ГОСТ 7798	80						
			8		Гайка М16 ГОСТ 5915	20						
			9		Гайка М20 ГОСТ 5915	80						
			10		Прокладка А-65-1,6							
					ГОСТ 15180	1						
			11		Прокладка А-80-1,6							
					ГОСТ 15180	1						
			12		Прокладка А-100-0,25							
					ГОСТ 15180	2						
			13		Прокладка 800-0,3							
				ГОСТ 28759.6	2							
Взам. инв. №					ПОХНВ.Т.00.00.00							
	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.				Дата				
Инв. № подл.	Разраб.	Микконен			Конденсатор			Лит	Лист	Листов		
	Провер.	Юхименко						М	К	Р	1	2
	Утв.	Складинский										
								СумГУ, ХМ.мз-91с				

