

Міністерство освіти і науки України
Сумський державний університет
Центр заочної, дистанційної та вечірньої форм навчання
Кафедра технічної теплофізики

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

здобувача за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти
зі спеціальності 142 «Енергетичне машинобудування»
на тему: «Горизонтальний кожухотрубчастий випарник
аміачної холодильної машини
холодопродуктивністю 30кВт»

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

Завідувач кафедри

С. М. Ванєєв

Керівник роботи

С. С. Мелейчук

Здобувач

Б.Т. Кіт

Група

ХК.дн-74др

Суми 2021

ЗМІСТ

	С.
1. Вихідні дані	3
2. Схема аміачної холодильної машини.....	4
3. Теплообмінні апарати	6
3.1 Класифікація та основні конструкції.....	6
3.2 Рівняння теплового балансу теплообмінного апарату	8
3.3 Використання теплообмінного обладнання для аміачних холодильних установок	12
4. Розрахунок горизонтального кожухотрубного випарника	25
4.1 Тепловий розрахунок	25
4.2 Конструктивний розрахунок	29
4.3 Гідрравлічний розрахунок	30
4.4 Міцністний розрахунок	31
5. Охорона праці.....	36
Список використаної літератури.....	47

					ХМз 04.00.00.00 ПЗ			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>	<i>Кіт</i>				<i>Горизонтальний кожухотрубчастий випарник аміачної холодильної машини холодопродуктивністю 30кВт Пояснювальна записка</i>	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Провер.</i>	<i>Мелейчук</i>						2	46
<i>Н. Контр.</i>	<i>Шарапов</i>				СумДУ, ХК.дн-74др			
<i>Утв.</i>	<i>Ванєєв</i>							

1. Вихідні дані

Теплове навантаження на випарник

$$Q_0 = 30 \text{ кВт};$$

Робочий агент

аміак

Система охолодження

розсольна

Холодильна установка

одноступенева

Температура розсолу на виході з випарника

$$t_{s2} = 6^\circ \text{C}$$

					ХМз 04.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		3

відбирається тепло від розсолу, що дозволяє перейти рідині холодильного агента у пару. Розсол, який охолодився у випарнику надходить до батарей (Б) холодильної камери (ХК). В схемі також присутній масловіддільник (МВ). Масловіддільник дозволяє відділити масло. Яке потрапило до холодильного агенту. Таким чином захищається компресор від попадання мастила всередину. Потім цикл повторюється.

На рисунку 2.2 зображено цикл одноступеневої аміачної холодильної машини у p,h та T,S -координатах.

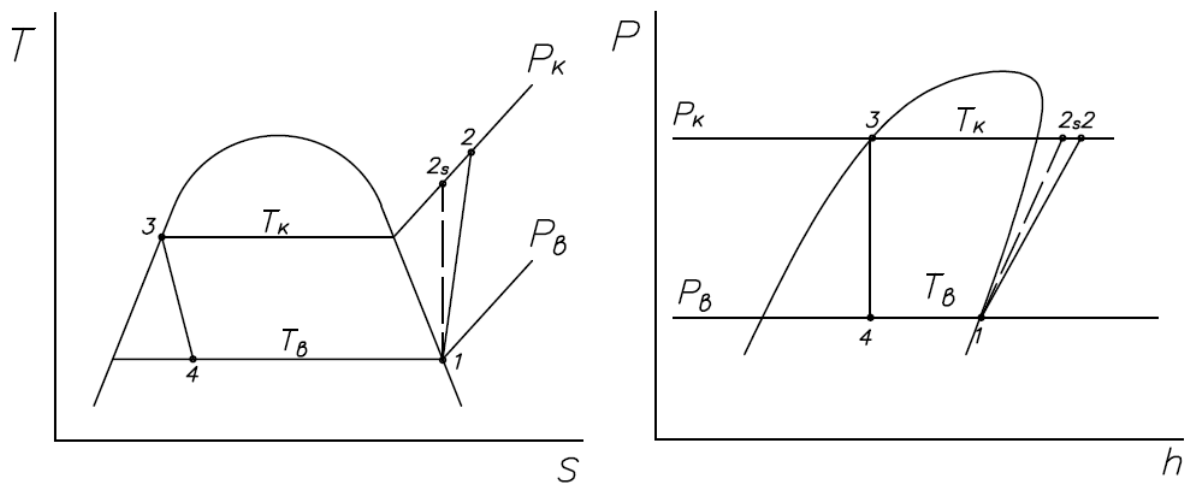


Рисунок 2.2 - Цикл одноступеневої аміачної холодильної машини у p,h та T,S -координатах.

Лінія 1-2s відображає ізоентропне (ідеальне) стиснення холодильного агента у компресорі, 1-2 відображає реальне стиснення у компресорі. 2-3 – процес фазового переходу пару у рідину у конденсаторі, 3-4- процес дроселювання у дросельному вентилі. 4-1 – процес фазового переходу у випарнику з рідини у пароподібний стан.

3. Теплообмінні апарати

3.1 Класифікація та основні конструкції

Теплообмінним апаратом називають пристрій, призначений для передачі теплоти від одного середовища до іншого. Так, теплообмінними апаратами є: паровий котел і конденсатор паросилової установки, випарник і конденсатор холодильної машини і багато інших пристроїв, що вживаються в теплоенергетиці, холодильній і криогенній техніці, хімічній, харчовій і інших галузях промисловості. Речовини (робочі середовища, потоки), що беруть участь в теплообміні, можуть знаходитися в рідкому або газоподібному стані або є сумішшю рідини з паром, званою двофазним потоком.

За принципом дії теплообмінні апарату поділяться на *рекуперативні*, *регенеративні* і *змішувальні* (або *контактні*) (рис. 3.1).

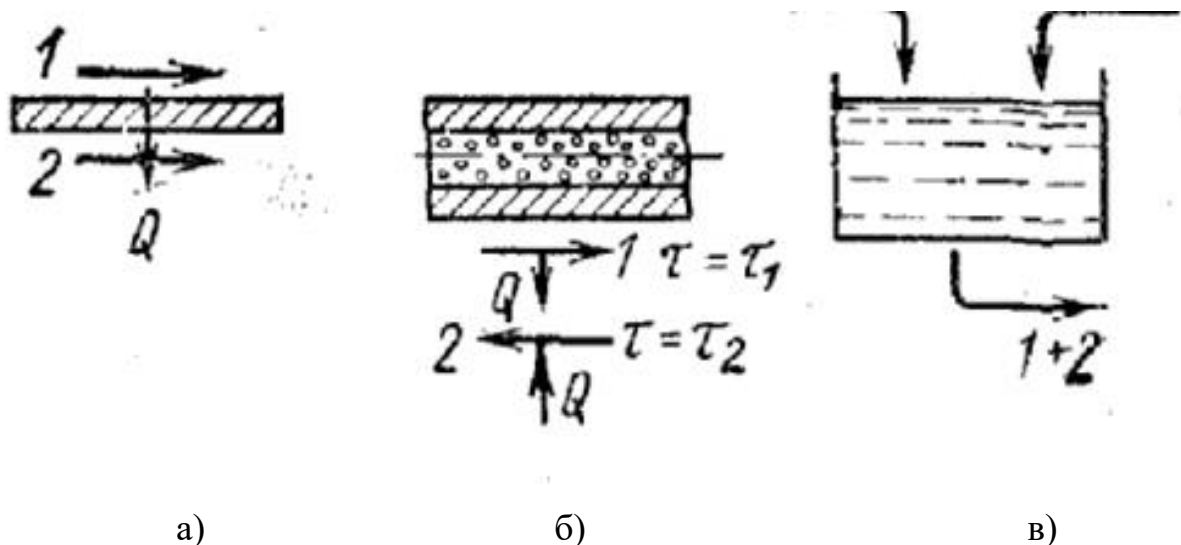


Рисунок 3.1 - Схеми апаратів за принципом дії:

а – рекуперативний; *б* – регенеративний; *в* — змішувальний; *1* – гаряче середовище; *2* – холодне середовище

У рекуперативних – гаряче і холодне середовище омивають з обох боків стінки. За рахунок теплообміну (рис. 3.1*а*).

У регенеративних апаратах гаряче і холодне середовища омивають одну і ту ж поверхню теплообміну поперемінно. Спочатку гаряча рідина протягом часу τ_1 віддає теплоту Q поверхні теплообміну, яка нагрівається, а потім протягом часу τ_2 уздовж тієї ж поверхні протікає холодна рідина, яка віднімає від неї теплоту Q і нагрівається (рис. 3.1б). В цьому випадку площа поверхні теплообміну і її акумулююча здатність повинні бути достатньо великі. Зазвичай, для цієї мети використовуються заповнення (насадки) у вигляді фарфорових кілець, шматочків кам'яного вугілля, каменів, гофрованих металевих стрічок, металевої тирси і ін. Прикладом регенеративного апарату можуть служити повітрянагрівачі доменних печей, регенератори установок розділення повітря і ін. Враховуючи періодичність дії, регенератори зазвичай компонують з двох апаратів.

Режим роботи рекуперативних апаратів в основному стаціонарний, регенеративних – нестаціонарний.

Оскільки в рекуперативних і регенеративних апаратах в процесі передачі теплоти бере участь поверхня твердого тіла, ці апарати називаються також поверхневими.

У змішувальних апаратах теплопередача від гарячого середовища до холодного здійснюється шляхом їх безпосереднього зіткнення і змішування (рис. 3.1в). Ці апарати називають ще безповерхневими, або контактними. У контактних апаратах в якості середовища можуть бути використані різні рідини, у тому числі і ті, що не змішуються. Контактний теплообмін супроводжується масообміном. Прикладом таких апаратів можуть служити охолоджуючі градирни, скрубери газорозділюючих установок і ін. У градирнях вода, що розбризкується форсунками охолоджується атмосферним повітрям. При цьому вода частково випаровується.

У основу класифікації апаратів можуть бути покладені і інші ознаки: призначення, тип поверхні теплообміну і ін. Так, залежно від призначення розрізняють підігрівачі, охолоджувачі, конденсатори, випарники,

					ХМЗ 04.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		7

$$Q = m_1(h_1' - h_1'') = m_2(h_2'' - h_2') \quad (3.2)$$

Індексом 1 позначено більш нагріте (тепле) середовище, індексом 2 – менш нагріте (холодне); одним штрихом позначені величини на вході в апарат, двома — на виході з нього.

Для ідеального газу можна записати

$$Q = c_{pm1}m_1(t_1' - t_1'') = c_{pm2}m_2(t_2'' - t_2') \quad (3.3)$$

$C = c_{pm}m$ – повна теплоємність (водяний еквівалент теплоносія).

$$Q = C_1(t_1' - t_1'') = C_2(t_2'' - t_2') \quad (3.4)$$

Зміна температур обернено пропорційна повним теплоємностям

$$\frac{\delta t_1}{\delta t_2} = \frac{t_1' - t_1''}{t_2'' - t_2'} = \frac{W_2}{W_1} \quad (3.5)$$

У разі зміни агрегатного стану речовини $C = W \rightarrow \infty \quad t = const$

Середній температурний натиск

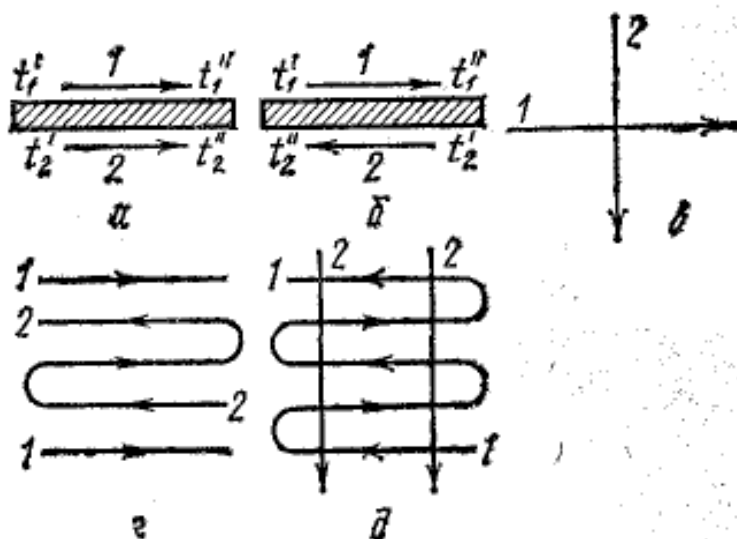


Рисунок 3.3 – Схеми руху теплоносіїв

- а) – прямоток; б) – протитечія; в) – перехресна течія; г) – змішана течія ;
 д) – багатоперехресна течія

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

$k = const$. Середній для всього апарату коефіцієнт теплопередачі за незначної зміни температурного натиску за поверхнею знаходять з рівняння

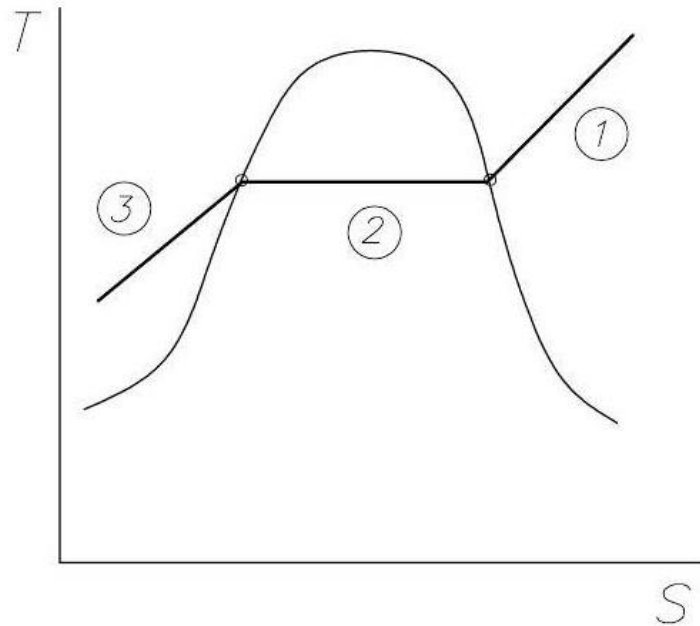


Рисунок 3.5 – Умовна реалізація теплообміну в конденсаторі
зона 1 – охолодження, зона 2 – фазовий перехід, зона 3 – переохолодження.

Середній коефіцієнт теплопередачі з врахуванням зон розраховується наступним чином:

$$k_{\text{ср}} = \frac{k_1 F_1 + k_2 F_2 + k_3 F_3 + \dots}{F_1 + F_2 + F_3 + \dots} \quad (3.6)$$

Також необхідно враховувати забруднення, накип і так далі.

3.3 Використання теплообмінного обладнання для аміачних холодильних установок

Випарник є одним з елементів холодильної машини, в якому робоча речовина кипить за рахунок теплоти, що підводиться від джерела низької температури. Що утворився при кипінні холодильного агента пар відсисається з випарника компресором для здійснення подальших процесів циклу холодильної машини.

Залежно від покладеного в основу принципу випарники діляться на ряд груп:

- 1) за характером охолоджуваного джерела:
 - випарники для охолодження рідких холодоносіїв;
 - випарники для охолодження повітря;
 - випарники для охолодження твердих середовищ;
 - випарники-конденсатори.
- 2) залежно від умов циркуляції охолоджуваної рідини:
 - із закритою системою циркуляції охолоджуваної рідини (кожухотрубні і кожухозміювикові);
 - з відкритим рівнем охолоджуваної рідини (вертикально-трубні, панельні).
- 3) за характером заповнення робочою речовиною:
 - затоплені;
 - незатоплені (зрошувальний, кожухотрубний з кипінням в трубах, змієвиковий з верхнім поданням рідини).

Випарники для охолодження рідких теплоносіїв

Кожухотрубні випарники затопленого типу. Апарати такого типу є найбільш поширеними і застосовуються в машинах як середньої, так і великої продуктивності. У кожухотрубних випарниках затопленого типу розсіл

					ХМз 04.00.00.00 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		12

охолоджується при русі усередині труб, а робоча речовина кипить на їх зовнішній поверхні.

Принципової відмінності між аміачними кожухотрубними випарниками і апаратами, працюючими на хладонах, немає.

Кожухотрубний випарник є горизонтально розташований циліндричний барабан (обичайку), з двох сторін до якого приварені плоскі трубні грати з отворами. Через ці отвори протягнуті труби, що утворюють теплообмінну поверхню. Труби розвальцьовувалися в отворах. До трубних досок кришки кріпляться болтами. Одна з кришок має вхідний (нижній) і вихідний патрубків для розсолу, інша - випускні ~ отвори для повітря (верхнє) і для розсолу. У кришках розташовані горизонтальні перегородки, що забезпечують багатохідність руху розсолу, причому вони зміщені по вертикалі в різних кришках. Число ходів по теплоносію складає 4-12, щоб забезпечити досить високу швидкість руху розсолу. На обечайці знаходяться штуцери для встановлення манометра і приладів автоматики.

У аміачних випарниках до верхньої частини обичайки приварений сухопарник, до нижньої - масловідстійник. Пучок труб заповнює обичайку не повністю, верхня частина її вільна від труб. Подання робочої речовини робиться знизу апарату, а відведення пари - через сухопарник. Для апаратів з великою поверхнею підвод парорідинної суміші здійснюється від загального колектора в декількох точках по довжині випарника. Відведення пари здійснюється через декілька патрубків, об'єднаних загальним колектором. Це забезпечує рівномірне обмивання теплопередаючої поверхні потоком робочої речовини.

Пучок труб у випарниках шаховий, ромбічний. У аміачних апаратах застосовуються сталеві безшовні гладкі труби. При роботі на хладонах застосовуються мідні труби з накатними ребрами.

На рисунку 3.6 показаний загальний вигляд аміачного кожухотрубного випарника затопленого типу, а рисунку 3.7 - загальний вигляд хладонового кожухотрубного випарника.

					ХМЗ 04.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		13

У випарникахі холодильних машин з відцентровими компресорами теплопередаюча поверхня зібрана в щільний шаховий пучок зі зменшеними перемичками між трубами. Пучок займає приблизно половину обсягу обичайки, вільна частина якої виконує функції сухопарнику для осушення і перегріву пару. Для забезпечення необхідного перегріву пари на всмоктуванні в компресор подача теплоносія здійснюється через верхній патрубок, тоді в зоні перегріву створюється максимальна різниця температур. Для зменшення виносу крапель робочої речовини над пучком встановлюються сепаратори. Рівномірність підведення парорідинної суміші забезпечується спеціальним розподільником. Він сприяє кращій турбулізації потоку і поліпшенню процесу теплопередачі.

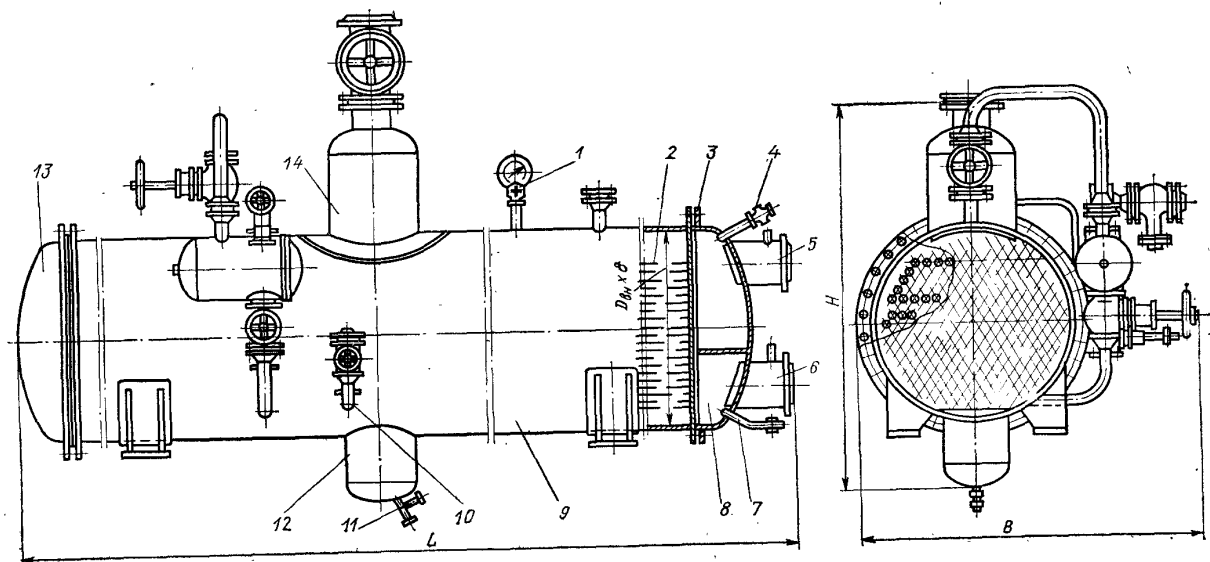


Рисунок 3.6 – Аміачний кожухотрубчастий випарник

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ХМз 04.00.00.00 ПЗ

Лист

14

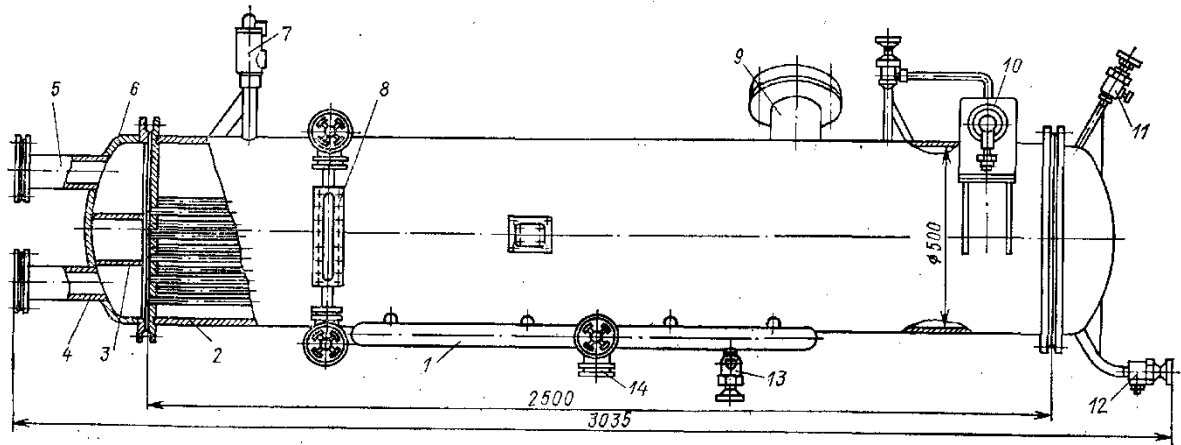


Рисунок 3.7 – Фреоновий кожухотрубчастий випарник

Кожухотрубчасті зрошувальні випарники.

Як і у кожухотрубних випарниках затопленого типу розсіл в зрошувальних випарниках тече по трубах, а холодильний агент кипить на поверхні пучка труб, стікаючи по ньому у вигляді плівки.

Кожухотрубні зрошувальні випарники (рисунок 3.8) заповнюються меншою кількістю робочої речовини, гідростатичний стовп рідини практично не впливає на температуру кипіння, інтенсивність теплопередачі вище за рахунок більшого коефіцієнта тепловіддачі при кипінні в стікаючій плівці. Для інтенсивної роботи апарату необхідно забезпечити рівномірне зрошування поверхні.

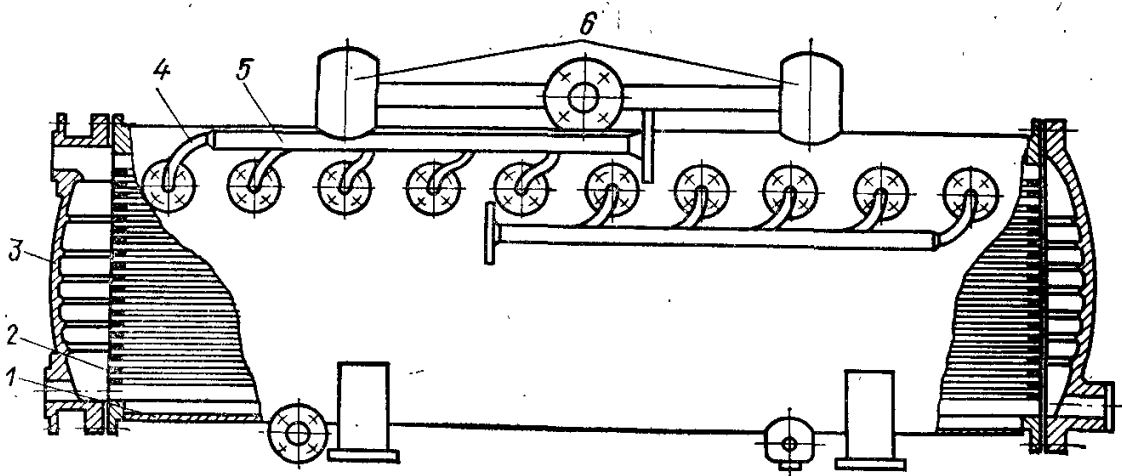


Рисунок 3.8 – Зрошувальний кожухотрубчастий випарник

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ХМЗ 04.00.00.00 ПЗ

Лист

15

Випарники з кипінням робочої речовини усередині труб

Випарники такого типу мають декілька конструктивних рішень: кожухотрубні випарники (з прямими і з U- подібними трубками); вертикально-трубні і панельні випарники.

У кожухотрубних випарниках можна отримувати низькі температури теплоносія, не побоюючись його замерзання і розриву трубок. На рисунку 3.9 приведена конструкція кожухотрубного випарника з кипінням робочого тіла усередині прямих труб. Для забезпечення достатньої швидкості руху теплоносія усередині кожуха встановлені вертикальні перегородки. Швидкість охолоджуваної рідини $w_s = 0,3-0,8$ м/с.

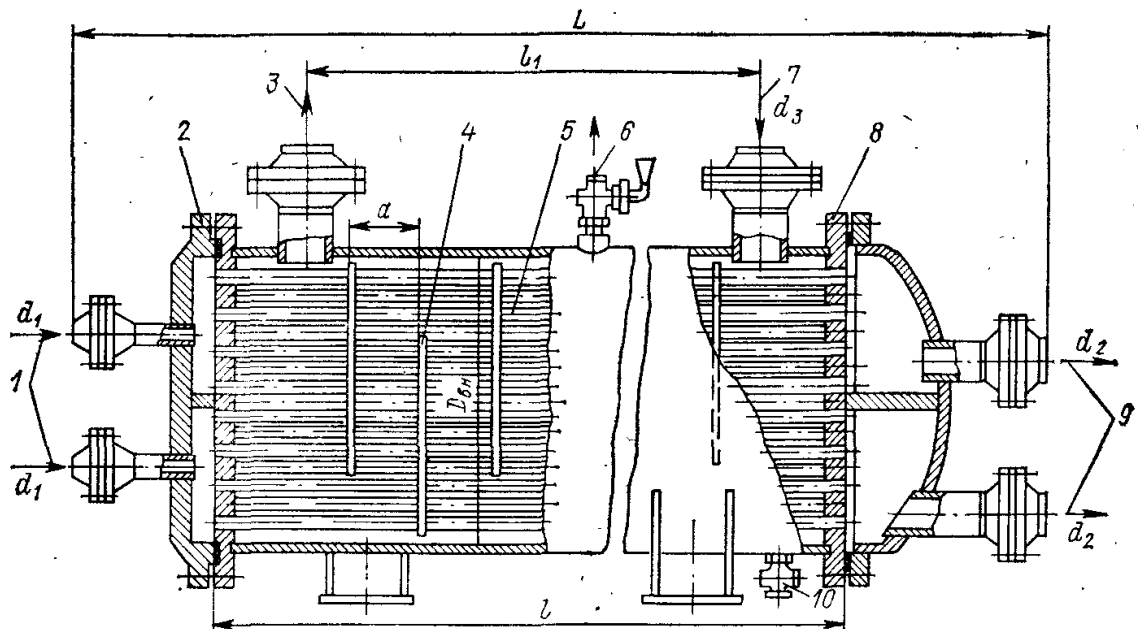


Рисунок 3.9 – Випарник з кипінням робочої речовини усередині прямих труб

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ХМЗ 04.00.00.00 ПЗ

Лист

16

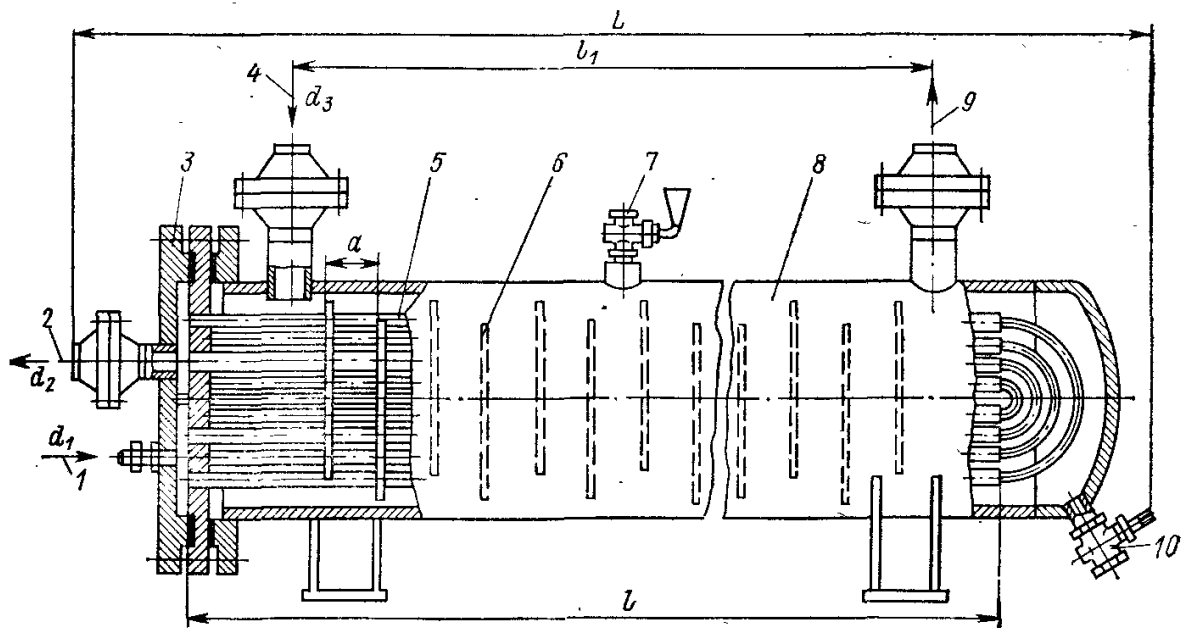


Рисунок 3.10 – Випарник з кипінням робочої речовини усередині U-подібних труб

Найбільш поширеними є апарати поверхневого типу, в яких повітря віддає теплоту робочій речовині, киплячій усередині труб, або розсолу, що протікає по них. Апарати, в яких кипить холодильний агент, називають повітроохолоджувачами безпосереднього охолодження, а при відведенні теплоти розсолу або водою - повітроохолоджувачами водяного або розсолу охолодження. У контактних повітроохолоджувачах відведення теплоти від повітря відбувається за рахунок безпосереднього контакту останнього з водою або розсолу. Контактні повітроохолоджувачі виконуються форсунками або із зрошуваною насадкою. У апаратах змішаного типу відведення теплоти від повітря відбувається за рахунок кипіння робочої речовини в трубках і за рахунок контакту з розсолу, що охолоджується на пог-верхности трубок шляхом їх зрошування.

Поверхневі повітроохолоджувачі зазвичай виконують у вигляді пучка обрешечених труб, поміщених в кожух. Гладкі труби використовують рідко: у тому випадку, коли при охолодженні повітря потрібно його осушення. Циркуляція повітря через апарат примусова, за допомогою вентиляторів.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Довжина одного змійовика (від рідинного до парового колектора) 5-15 м, у великих апаратах до 20-25 м.

Камерні прилади тихого охолодження.

Камерні прилади тихого охолодження є теплообмінними апаратами - батареями, що служать для охолодження повітря в охолоджуваних приміщеннях. Усередині батарей рухається розсіл або кипить робоча речовина, віднімаючи теплоту від повітря в результаті його природної циркуляції.

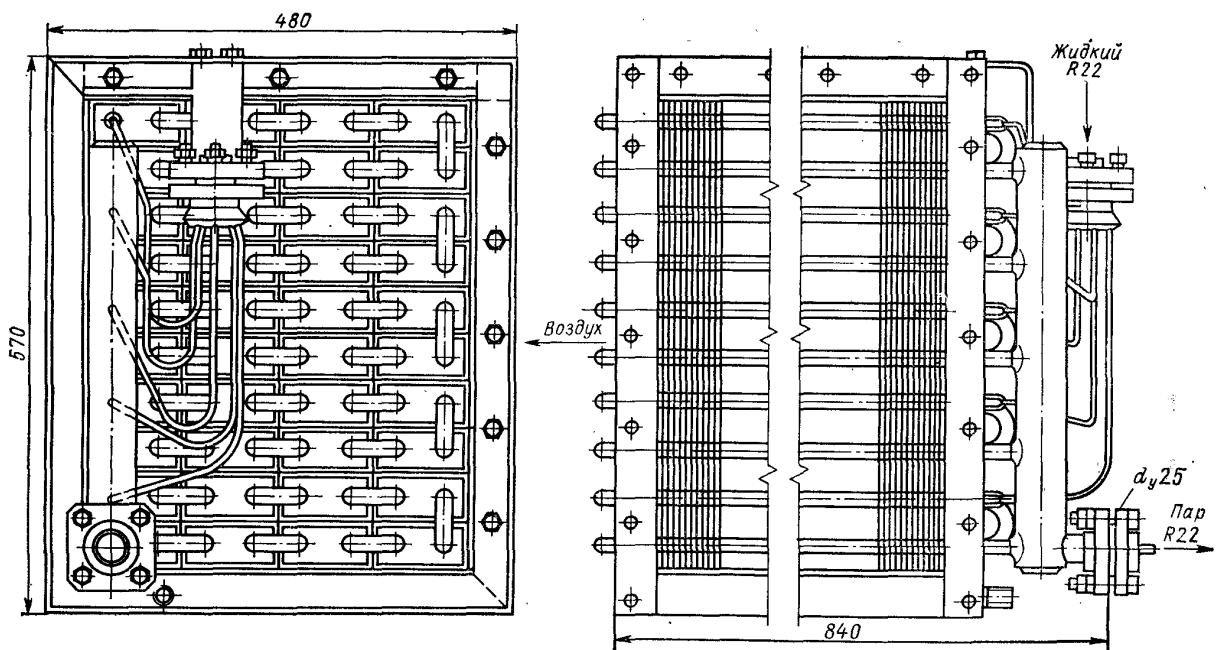


Рисунок 3.11 – Повітреохолоджувач безпосереднього охолодження

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

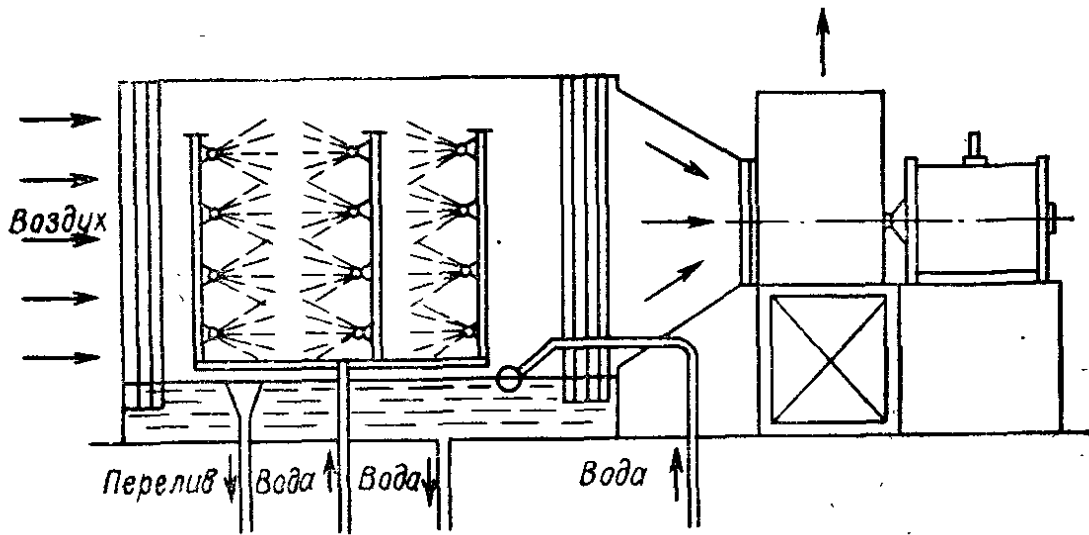


Рисунок 3.12 – Форсуночний повітреохолоджувач

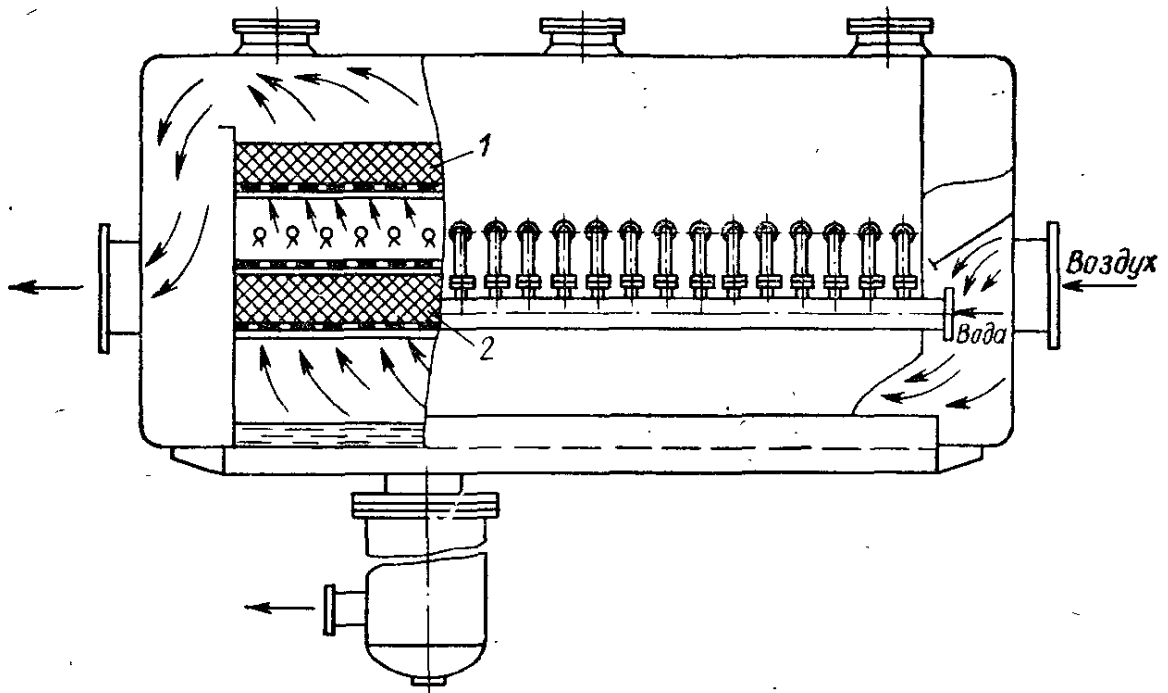


Рисунок 3.13 – Повітреохолоджувач із зрошувальною насадкою

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ХМЗ 04.00.00.00 ПЗ

Лист

19

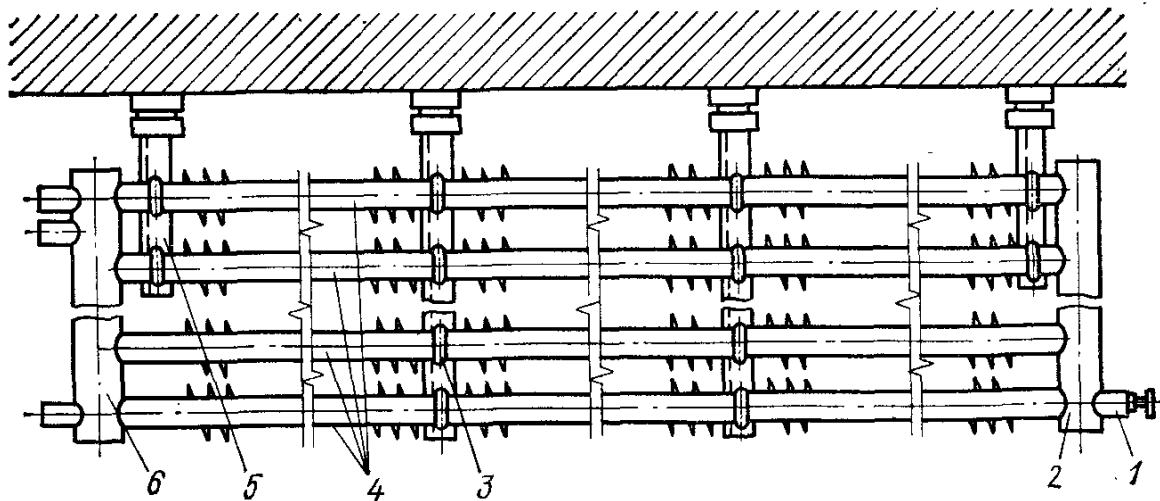


Рисунок 3.14 – Батарея аміачної холодильної машини

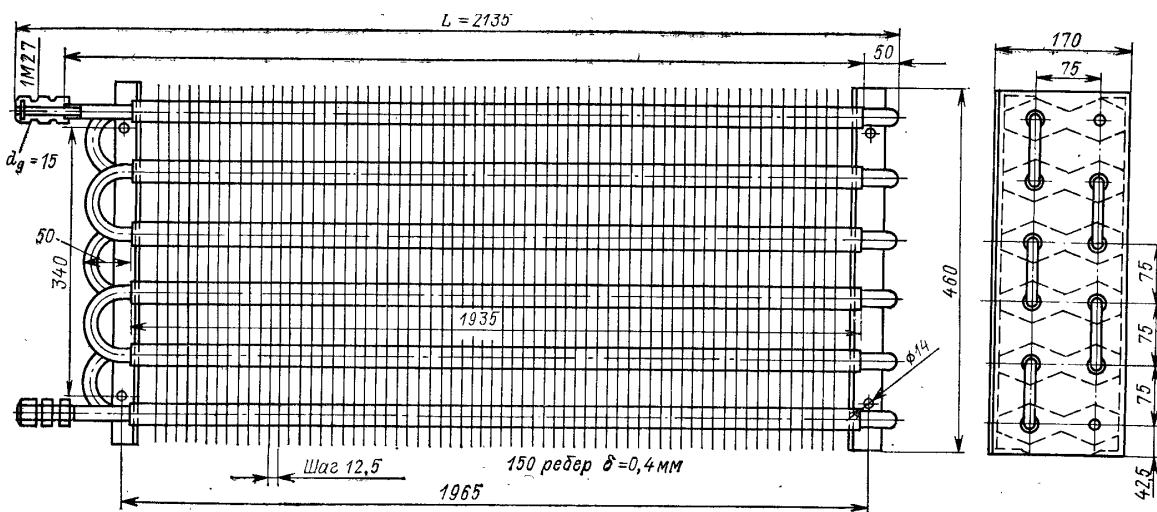


Рисунок 3.15 – Пристінна ребриста батарея

Рассольные батареї застосовуються рідко, тільки в тих випадках, коли цього не можна уникнути за умовами безпеки. Батареї, як правило, виготовляють обрешеними з метою збільшення щільності теплового потоку $qF_{\text{вн}}$, скорочення витрати труб і зменшення габаритних розмірів апарату.

Охолоджувальні батареї бувають: стельові, пристінні (одно- й дворядні) гладкотрубні і ребристі, колекторні і змієвикові і т. п. На рисунку 3.14 показана аміачна пристенная батарея колекторного типу АРС. Батарея має труби, на які спіраллю навиті ребра. На рисунку 3.15 зображена аміачна ребриста стельова батарея типу АРП. Батарея складається з двох тритрубних

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

елементів, сполучених рідинним і паровим колекторами. В кожному елементі дві труби розташовані у верхньому ряду, одна - в нижньому.

Орібрення труб

Обребрення поверхні гладкої труби дозволяє збільшити площу теплообміну в 7-20 разів залежно від способу обребрення. Відомі різні способи обребрення зовнішньої поверхні труби. Основні способи обребрення показані на рис. 3.16.

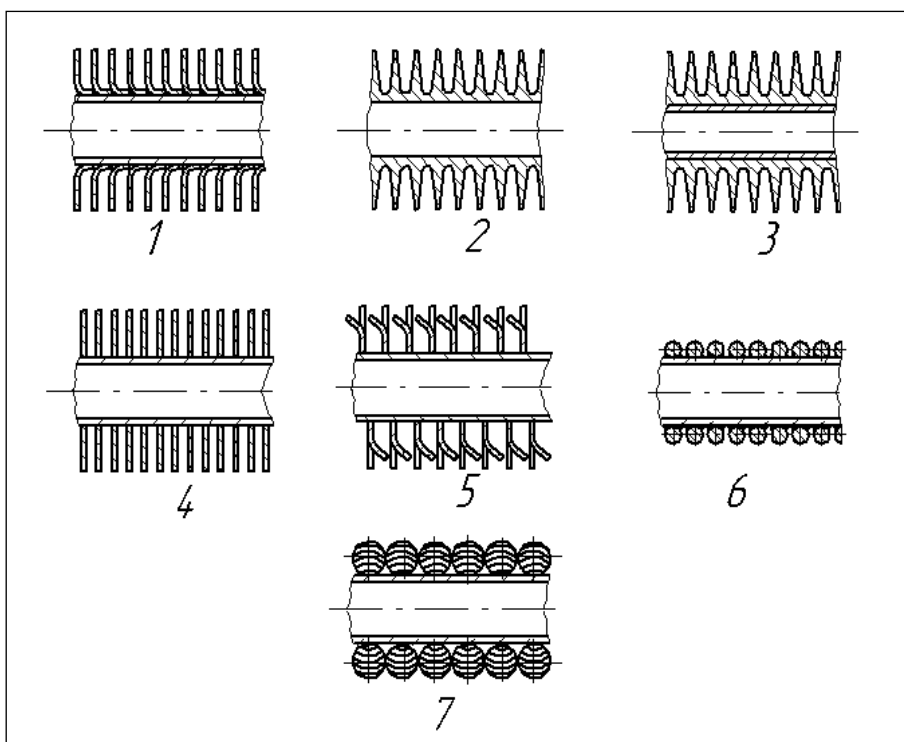


Рисунок 3.16 Схеми орібрення труб

1-шайбами, 2 - гвинтовою накаткою стінки, 3 - гвинтовою накаткою біметалічної стінки, 4 - спіральна навивка стрічки, 5 - спіральна навивка стрічки з просіченнями або відгинами, 6 - навивка дроту, 7 - навивка спіралі з дроту.

Накатка ребер в стінці монолітної або біметалічної труби є найбільш продуктивним способом обребрення. Застосовують два види накатки ребер - низьке і високе обребрення. При низькому обребренні висота ребер не

перевищує 2 - 3 мм. У такий спосіб накручують ребра на мідних і алюмінієвих трубах. На рис.4.12 показана схема обребреної труби з алюмінієвого сплаву АД1. На трубі $\varnothing 18 \times 3$ накручують ребра до досягнення зовнішнього діаметру $\varnothing 21$ мм.

Для тропічних умов експлуатації застосовують анодування обребреної труби, що підвищує корозійну стійкість алюмінію.

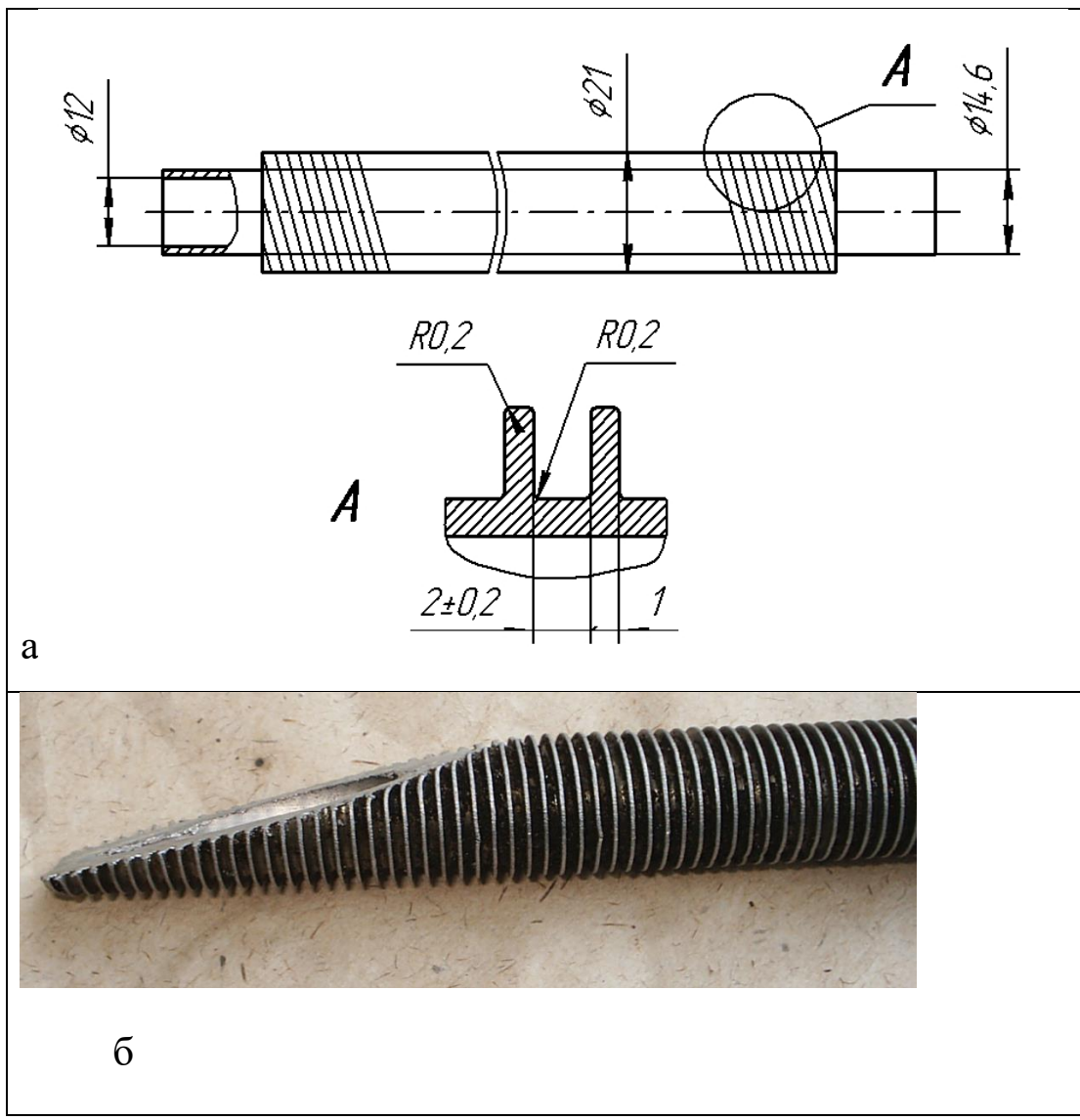


Рисунок 3.17 Схем (а) та зовнішній вигляд (б) алюмінієвої труби з накатними ребрами

Пайку здійснюють зануренням обрешеної труби в розплав припою або нагрівом в печі до температури ліквідуса припою з попереднім лудінням труби і стрічки.

Слід зазначити як недолік перерахованих способів обрешення те, що вони застосовні для труб діаметром більше 16 мм. Ця обставина перешкоджає створенню малогабаритних компактних трубчастих теплообмінників з труб малого діаметру. Обрешення, утворене накаткою, приварюванням або пайкою гладкої стрічки, формує ламінарні пограничні шари теплоносія, що знижує коефіцієнт теплообміну.

Такого недоліку немає в трубах із спіральним обрешенням дротяною спіраллю. Авторами розроблена технологія виготовлення труб з таким обрешенням із застосуванням високотемпературної пайки у вакуумі. Потік теплоносія, переміщаючись в лабіринті дротяного обрешення, багаторазово розривається, турбулізується, що значно інтенсифікує теплообмін.

Коефіцієнт теплопередачі залежить від ряду чинників : матеріалу і діаметру дроту, діаметру дротяної спіралі, кроку навивки спіралі, кроку навивки спіралі на трубу. Це дає можливість раціонального конструювання обрешення залежно від призначення теплообмінника.

Вплив матеріалу дроту, геометричних розмірів спірального дротяного обрешення на теплопередачу в теплообмінниках з різними діаметрами труб були визначені теплотехнічними розрахунками для повітроохолоджувача.

4. Розрахунок горизонтального кожухотрубного випарника

4.1 Тепловий розрахунок

При принятій температурі охолодження розсолу у випарнику $\Delta t_s = 4^{\circ}\text{C}$ температура розсолу при вході у випарник $T_{s1} = T_{s2} + \Delta t_s = 6 + 4 = 10^{\circ}\text{C}$

Температура кипіння при різниці температур на холодному кінці випарника:

$$t_0 = \frac{6+10}{4} - 7 = 1^{\circ}\text{C}$$

Середня логарифмічна різниця температур:

$$\theta_m = \frac{\Delta t_s}{\ln \frac{t_{s1} - t_0}{t_{s2} - t_0}} = \frac{4}{\ln \frac{283 - 274}{279 - 274}} = 6,8;$$

При температурі кипіння $T_0 = 274\text{ K}$ прийнята температура замерзання розсолу $T_{зам} = T_0 - 10 = 274 - 10 = 264\text{ K}$

Приймаємо розчин CaCl_2 у якості розсолу для холодильної установки.

Властивості розсолу при середній температурі 264 K

- масова доля $\xi = 23,8\%$
- густина $\rho = 1232\text{ кг/м}^3$
- питома теплоємність $c = 2,91\text{ кДж/кгК}$
- коефіцієнт теплопровідності $\lambda = 0,485\text{ Вт/мК}$
- коефіцієнт кінематичної в'язкості $\nu = 4,125 \cdot 10^{-6}\text{ м}^2/\text{с}$
- коефіцієнт динамічної в'язкості $\mu = 50,8\text{ Па}\cdot\text{с}$
- число Прандтля $\text{Pr} = 30,5$

Основні параметри, що характеризують теплопередаючу поверхню:
труби сталеві цільнотянуті гладкі, з внутрішнім діаметром $d_{\text{вн}} = 13\text{ мм}$,

					ХМЗ 04.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		25

Зовнішній діаметр труби $d_H=16\text{мм}$

При прийнятій швидкості розсолу в трубах випарника $w=1,5\text{м/с}$ число труб в одному ході

$$n_1 = \frac{4Q_0}{w\pi d_{BH}^2 c \rho \Delta t}$$

$$n_1 = \frac{4 \cdot 30}{1,5 \cdot 3,14 \cdot 0,013^2 \cdot 2,91 \cdot 1232 \cdot 4} = 10,2$$

Приймаємо число труб в одному ході 10

При прийнятому числі труб в одному ході перераховуємо швидкість розсолу

$$w = \frac{4Q_0}{n_1 \cdot \pi d_{BH}^2 c \rho \Delta t}$$

$$w = \frac{4 \cdot 30}{5 \cdot 3,14 \cdot 0,013^2 \cdot 2,91 \cdot 1232 \cdot 4} = 3,1\text{м/с}$$

Число Рейнольдса

$$\text{Re}_p = \frac{w d_{BH}}{\nu}$$

$$\text{Re}_p = \frac{3,1 \cdot 0,013}{4,125 \cdot 10^{-6}} = 9992$$

Даний режим течії являється перехідним [3], с.298.

Число Нусельта для перехідного режиму

$$\text{Nu}_p = 0,021 \cdot \text{Re}_p^{0,8} \cdot \text{Pr}^{0,43} \cdot \varepsilon_T$$

де $\varepsilon_T=0,928$ – поправка на перехідний режим течії при розрахуноковому режимі Рейнольдса

$$\text{Nu}_p = 0,021 \cdot 9992^{0,8} \cdot 30,5^{0,43} \cdot 0,928 = 133,6$$

					ХМЗ 04.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		26

Коефіцієнт тепловіддачі з боку розсолу

$$\alpha_{S_{BH}} = \frac{Nu_p \lambda}{d_{BH}}$$
$$\alpha_{S_{BH}} = \frac{133,6 \cdot 0,485}{0,013} = 4984 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \text{К}}$$

Густина теплового потоку з боку розсолу

$$q_{F_s} = \frac{\theta_s}{\frac{1}{\alpha_{S_{BH}}} + \Sigma \frac{\delta}{\lambda}}$$

Где $\Sigma \frac{\delta}{\lambda} = 0,8 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2 \text{К} / \text{Вт}$ – прийнятий термічний опір стінки й забруднень

$$q_{F_s} = \frac{\theta_s}{\frac{1}{4984} + 0,8 \cdot 10^{-3}} = 999,3 \theta_s$$

Густина теплового потоку з боку робочої речовини

$$q_{F_a} = 5800 \theta_a^{1,667} \frac{F_H}{F_{BH}}$$
$$q_{F_a} = 5800 \theta_a^{1,667} 1,538 = \theta_a^{1,667} 8923$$

Вирішуємо систум рівнянь, що складена по балансу двох густин теплового потоку. Для вирішення цього рівняння використовуємо графічний спосіб визначення залежностей, що представлено на рисунку 4.1.

					ХМЗ 04.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		27

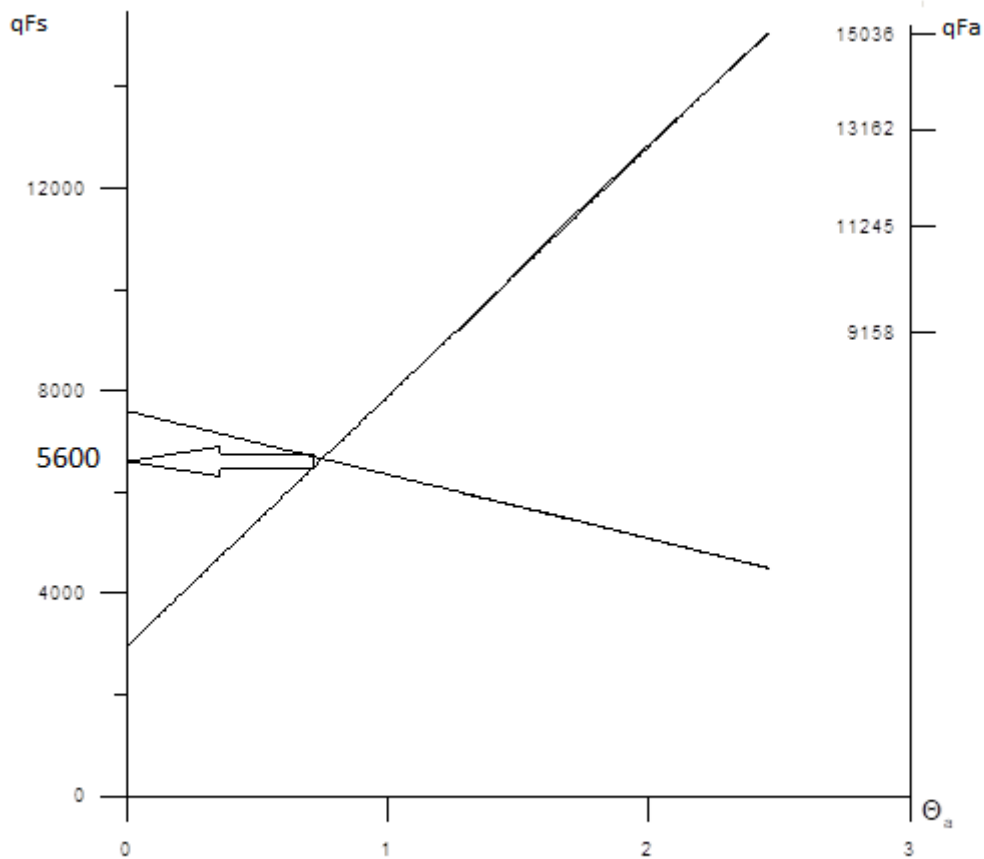


Рисунок 4.1 – Графік залежності вирішення системи рівнянь визначення густини теплового топоку.

У відповідності до рисунку 4.1 графік перетину q_{Fs} та q_{Fa} відповідає значенню теплового потоку $q_{вн} = 5600 \text{ Вт} / \text{м}^2$.

Площа внутрішньої поверхні теплообму

$$F_{вн} = \frac{Q_k}{q_{вн}}$$

$$F_{вн} = \frac{30000}{5600} = 5,34 \text{ м}^2$$

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

4.2 Конструктивний розрахунок

Для визначення конструктивних параметрів приймаємо:

крок труб:

$$S = 1,75d_n ;$$

$$S = 1,75 \cdot 0,016 = 0,028 \text{ м}$$

відношення довжини труби до діаметру трубної решітки $k=5$;

Параметр m :

$$m = 0,75 \sqrt[3]{\frac{F_{BH}}{d_{BH} k S}} ;$$

$$m = 0,75 \sqrt[3]{\frac{2,67}{0,013 \cdot 5 \cdot 0,028}} = 13,8$$

Приймаємо

$$m = 14$$

Діаметр трубної решітки:

$$D = mS ;$$

$$D = 14 \cdot 0,028 = 0,392 \approx 0,4 \text{ м}$$

Довжина труби у випарнику:

$$l = kD ;$$

$$l = 5 \cdot 0,4 = 2,25 \text{ м}$$

Кількість труб в пучку

$$n = \frac{F_{BH}}{\pi d_{BH} l}$$

$$n = \frac{2,67}{3,14 \cdot 0,013 \cdot 2,25} = 29,1 \approx 30$$

					ХМЗ 04.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		29

Кількість ходів

$$Z = \frac{n}{n_1} = \frac{30}{5} = 6.$$

4.3 Гідрравлічний розрахунок

Визначаємо гідрравлічний опір протіканню води в трубах випарника:

$$\Delta p = \left\{ \frac{0,042 \cdot E_{ш}}{\left[(w \cdot d_{вн})^{0,25} \cdot (t_w + 40)^{0,35} \right]} \cdot \left(\frac{l}{d_{вн}} \right) + 1,75 \right\} \cdot \left(\frac{z \cdot w^2 \cdot \rho_w}{2} \right),$$

$$\Delta p = \left\{ \frac{0,042 \cdot 1}{\left[1,57 \cdot (0,0132)^{0,25} \cdot (20 + 40)^{0,35} \right]} \cdot \left(\frac{2,25}{0,013} \right) + 1,75 \right\} \times$$
$$\times \left(\frac{6 \cdot 1,57^2 \cdot 1232}{2} \right) = 57372 \text{ Па} \approx 0,057 \text{ МПа}$$

де $E_{ш}$ — коефіцієнт, що враховує вплив шорсткості поверхні труб. Для тсальних труб $E_{ш} = 1$.

					ХМЗ 04.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		30

4.4 Міцністний розрахунок

4.4.1 Розрахунок обичайки

Розрахунок на міцність горизонтального випарника поршневої аміачної холодильної машини. Матеріал обичайки кожуха, еліптичних днищ, трубних решіток і фланців - ВСтЗсп, теплообмінних труб – сталь 20, болтів (шпильок) – сталь 35, гайок – сталь 30, прокладок – поранит.

Обичайка виготовляється з листової сталі, зварюванням, продовжній стиковий шов двостороній, виконаний ручною електродуговою сваркою. Коефіцієнт міцності сварного з'єднання $\psi = 0,9$.

Допустиме напруження: нормативне для сталі ВСтЗсп при $T = 303K$
 $\sigma^* = 140 \text{ МПа}$;

для робочого стану $[\sigma] = \eta_3 \cdot \eta \cdot \sigma^* = 1 \cdot 1 \cdot 140 = 140 \text{ МПа}$;

при гідравлічних випробувань $[\sigma]_u = \frac{\sigma_{n20}}{1,1} = \frac{220}{1,1} = 200 \text{ МПа}$.

Розрахуноквий тиск $P_p = 3 \text{ МПа}$.

Тиск випробувань $P_v = P_p = 1,73 \text{ МПа}$.

Виконана товщина δ стінки обечайки:

$$\delta = \delta_p + \Sigma_c = \frac{P_p \cdot D_{вн}}{(2 \cdot \phi \cdot [\sigma] - P_p) + c_1 + c_2 + c_3};$$

$$\delta = \delta_p + \Sigma_c = \frac{3 \cdot 0,4}{(2 \cdot 0,9 \cdot 140 - 3) + 0,0005} = 0,0045 \approx 5 \text{ мм},$$

де Σ_c - сума всіх прибавок до товщини обечайки $\Sigma_c = 0,0005 \text{ мм}$.

Рівняння використання формули для розрахунку:

$$\frac{(\delta - \Sigma_c)}{D_{вн}} = \frac{5 - 0,5}{400} = 0,011 \ll 1$$

					ХМЗ 04.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		31

Також
$$\frac{\delta}{D_{\text{вн}}} = \frac{5}{400} = 0,0125 < 0,1$$

т.е. формула для тонкостінних судів прийнятна.

Допустимий тиск у робочому стані:

$$[P]_д = \frac{2 \cdot \varphi \cdot [\sigma] \cdot (\delta \cdot \Sigma_c)}{(D_{\text{вн}} + \delta - \Sigma_c)};$$

$$[P]_д = \frac{2 \cdot 0,9 \cdot 140 \cdot (0,005 - 0,0005)}{(0,4 + 0,005 - 0,0005)} = 2,8 \text{ МПа} < P_p = 3 \text{ МПа}$$

Допустимий тиск при гідравлічному випробуванні:

$$[P]_{\text{и.Г}} = \frac{2 \cdot \varphi \cdot [\sigma]_{\text{и}} \cdot (\delta \cdot \Sigma_c)}{(D_{\text{вн}} + \delta - \Sigma_c)};$$

$$[P]_{\text{и.Г}} = \frac{2 \cdot 0,9 \cdot 200 \cdot (0,005 - 0,0005)}{(0,4 + 0,005 - 0,0005)} = 4 \text{ МПа} > P_p = 2 \text{ МПа}$$

4.4.2 Розрахунок еліптичного днища

Розрахунковий тиск $P_{\text{тр}} = 1,6$ МПа, температура $T = 274$ К.

В днищі наявні два отвори діаметром $d = 50$ мм для входу і виходу

					ХМЗ 04.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		32

розсолу та води, що розташовані симетрично відносно центру днища.

Коефіцієнт ослаблення днища отворами:

$$\varphi_0 = \frac{(D_{\text{вн}} - 2d)}{D_{\text{вн}}};$$

$$\varphi_0 = \frac{(400 - 2 \cdot 50)}{50} = 0,6$$

де $D_{\text{вн}} = 0,400\text{м}$ – внутрішній діаметр днища.

Виконану товщину еліптичного днища (кришки) визначаємо за формулою:

$$\delta_{\text{дн}} = \frac{P_{\text{тр}} \cdot D_{\text{вн}}}{(2 \cdot \varphi_0 \cdot [\sigma] - 0,5 \cdot P_{\text{тр}})} + \Sigma_c;$$

В нашому випадку перший член праворуч дає малу величину. По технологічним міркуванням вибираємо товщину днища $\delta_{\text{дн}} = 4$ мм, тобто рівною товщині обечайки. Інший глухий отвір еліптичного днища

					ХМз 04.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		33

виготовляють з матеріала ВСт3 и $\delta_{\text{дн}} = 4$ мм.

Допустимий тиск в камері в робочому стані:

$$[P]_{\text{д}} = \frac{2 \cdot \varphi_0 \cdot [\sigma] \cdot (\delta_{\text{дн}} \cdot \Sigma_c)}{(D_{\text{вн}} + 0,5(\delta_{\text{дн}} - \Sigma_c))};$$
$$[P]_{\text{д}} = \frac{2 \cdot 0,6 \cdot 140 \cdot (0,005 - 0,0005)}{(0,4 + 0,5(0,005 - 0,0005))} = 1,89 \text{ МПа} > 1,6$$

Допустимий тиск в камері при гідравлічних випробуваннях:

$$[P]_{\text{ис}} = \frac{2 \cdot \varphi_0 \cdot [\sigma]_{\text{ис}} \cdot (\delta_{\text{дн}} \cdot \Sigma_c)}{(D_{\text{вн}} + 0,5(\delta_{\text{дн}} - \Sigma_c))}$$
$$[P]_{\text{ис}} = \frac{2 \cdot 0,6 \cdot 200 \cdot 0,0045}{(0,4 + 0,5 \cdot 0,0045)} = 2,68 .$$

У відповідності до ГОСТ 26 – 1185 – 81 передбачаються конструкції теплообмінних апаратів з нерухомими трубними решітками, компенсаторами, рухомою головою, в якій закріплена одна з решіток (зі сторони глухого днища).

Найбільш простою є жорстка конструкція кожуха апарата з нерухомими трубними решітками. Можливості такої конструкції необхідно підтвердити розрахунком.

Площа поперечного перетину обечайки при товщині стінки $\delta = 0,004$ м:

$$F_{\text{к}} = \pi(D_{\text{вн}} + \delta) \cdot \delta$$
$$F_{\text{к}} = 3,14(0,4 + 0,005) \cdot 0,005 = 6,36 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$$

Площа поперечного перетину труб при товщині стінки $\delta_{\text{т}} = 0,0025$ м

$$F_{\text{т}} = \pi(d_{\text{н}} - \delta_{\text{т}}) \cdot \delta_{\text{т}} \cdot n;$$
$$F_{\text{т}} = 3,14(0,0182 - 0,0025) \cdot 0,0025 \cdot 192 = 23,6 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$$

При жорсткому з'єднанні кожуха з трубами (через кріплення трубної

					ХМЗ 04.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		34

решітки) сила їх взаємодії внаслідок температурних деформацій складе:

$$P_t = \frac{(\alpha_K \cdot (T_K - 293) - \alpha_T (T_T - 293))}{(1(E_K \cdot F_K) + 1(E_T \cdot F_T))};$$

$$P_t = \frac{(11,95 \cdot 10^{-6} \cdot (T_K - 293) - 16,42 \cdot 10^{-6} (T_T - 293))}{(1 \cdot (1,99 \cdot 10^5 \cdot 6,36 \cdot 10^{-3}) + 1 \cdot (1,235 \cdot 10^5 \cdot 23,6 \cdot 10^{-3}))} = 0,028 \text{ МН},$$

де $\alpha_K = 11,95 \cdot 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$ – коефіцієнт лінійного розширення сталі ВСт3 при середній температурі стінки кожуха $T_K = 303 \text{ К}$;

$\alpha_T = 16,42 \cdot 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$ – коефіцієнт лінійного розширення сталі 20 при $T_T = 293 \text{ К}$;

$E_K = 1,99 \cdot 10^5 \text{ МПа}$ и $E_T = 1,235 \cdot 10^5 \text{ МПа}$ – модулі повздовжньої пружності при вказаних температурах ВСт3 і сталі 20 відповідно.

Розрахунок дозволяє зробити висновок що виконання випарника з нерухомо закріпленими трубами в трубній решітці найбільш раціонально.

					ХМЗ 04.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		35

5. Охорона праці

Згідно ГОСТ 12.0.002-80[13]), охорона праці – це комплекс законодавчих актів, заходів та засобів, призначених для забезпечення безпеки, здоров'я та працездатності людини в ході робочого процесу праці [12].

Основні небезпечні та шкідливі виробничі фактори, характерні для виробничого приміщення.

Не існує виробництв, які б були абсолютно безпечними та нешкідливих для здоров'я працівників. Задача охорони праці полягає у мінімізації вірогідності ураження або захворювання людини та забезпечення комфорту робочого процесу. Незважаючи на це, деякі реальні виробничі умови супроводжуються небезпекою та шкідливістю [6].

Виробнича безпека – це загроза впливу на працівників небезпечних або шкідливих виробничих чинників. Виробнича шкідливість – дія на працівників шкідливих виробничих факторів.

Згідно з ГОСТ 12.0.002-80, небезпечним називається виробничий чинник, що впливає на працівника та у деяких випадках може призвести до травми або будь-якого іншого раптового погіршення стану здоров'я.

Прикладами виробничих небезпек можуть служити рухомі деталі машин та механізмів, відкриті частини устаткування, що проводять струм, тіла дуже високої температури, що викликають термічні опіки, хімічні речовини, тощо. Виробничі шкідливості виникають через незадовільні санітарно-гігієнічні умови на виробництві: наявність несприятливого мікроклімату, шкідливих домішок в повітрі, променистого тепла, поганого освітлення, вібрації, шуму, ультразвуку, іонізуючих випромінювань, електромагнітних полів.

Якщо на працівника вплинув небезпечний виробничий фактор у процесі виконання ним трудових обов'язків або завдань керівника, говорять про нещасний випадок на виробництві.

					ХМЗ 04.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		36

До основних шкідливих факторів, що мають місце на підприємстві, відносяться:

- фізичні фактори: підвищена запиленість (при зварюванні поза зварювального поста), підвищена вологість або підвищений рівень шуму (дільниця демонтажу автошин, металообробна дільниця, робота на деревообробних верстатах, тощо);
- хімічні фактори: токсичний вплив рідин та сумішей (грунтовка, шпаклівка, фарба, розчинник та ін.) що проникають в організм робітника, через органи дихання, шкіру, очі.

З метою попередження нещасних випадків, підтримання здорових та безпечних умов праці кожен робітник повинен знати та виконувати посадові інструкції, інструкції з охорони праці, нормативні акти трудового законодавства та особисто сприяти створенню на своїх робочих місцях, в своїх підрозділах та по підприємству в цілому таких умов праці, при яких повністю б виключався виробничий травматизм та професійні захворювання.

Якщо на людину протягом довгого часу буде впливати один і той шкідливий виробничий фактор, з часом може розвинутися професійне захворювання.

Для попередження або зменшення впливу небезпечних та шкідливих факторів умов праці, з метою попередження нещасних випадків та професійних захворювань необхідно використовувати колективні засоби захисту (кондиціонери, вентиляційні та опалювальні установки, засоби по боротьбі з шумом та вібрацією), а також засоби індивідуального захисту, тобто засоби для захисту одного працівника (респіратори, протигази, маски, щитки, спецодяг та спецвзуття, рукавиці, перчатки, пояси, навушники, захисні пасти і т.п.) засоби індивідуального захисту видаються згідно поставлених галузевих норм та переліку який додається до колективного договору і переглядається щорічно.

На підприємстві існують і інші небезпечні та шкідливі фактори, які пов'язані з експлуатацією різного виду обладнання.

					ХМЗ 04.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		37

Безпека при роботі з верстатами

При роботі на шліфувальних верстатах існує ряд специфічних особливостей: частинки абразиву та металу, що відлітають. Вони можуть викликати випадки травматизму. Можливий також зрив деталі з магнітного столу верстата через перевищення допустимих окружних швидкостей шліфувального круга, а також від різких ударів та поштовхів. Причиною виникнення всіх перерахованих небезпек є специфіка будови абразивного інструменту та високі окружні швидкості його обертання, що викликають значні відцентрові сили. Для запобігання цього абразивні круги перед установкою на верстат проходять випробування.

Безпека роботи на ковальсько-пресовому обладнанні

При роботі на пресах зазвичай травмують руки. Пальці можуть потрапити між пуансоном та матрицею під час установки й зняття деталей. Часті також випадки травмування рук, при спробі поправити невірно встановлену заготовку тоді, коли робочий інструмент вже опускається, а також при випадковому натисненні на педаль або кнопку пуску.

Існують різні способи, що виключають травматизм при роботі на КПО. Один з них – блокування. Він гарантує безпеку працівника за допомогою дворучного управління, що допускає пуск верстата тільки при одночасному включенні двох пускових кнопок (важелів), які повинні розташовуватися на відстані від 300 до 600 мм один від одного. Управління пресом двома руками виключає їх попадання між пуансоном та матрицею. Такий спосіб включення може забезпечити безпеку ще й у разі пуску преса педаллю. В цьому випадку при повороті двох важелів педаль пуску деблокується.[10]

Загальним для всіх процесів, пов'язаних з роботою абразивного інструменту, є пилоутворення, що виникає у разі відділення від нього дрібних частинок абразиву та зв'язки, а також частинок металу від оброблюваної поверхні. Для

					ХМЗ 04.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		38

зниження пилоутворення доцільно використовувати замість сухої обробки деталей мокро. Таке рішення значно зменшить виділення в повітря подібного пилу. Також доцільно використовувати засоби, що забезпечують захист очей та органів дихання: екрани, окуляри, респіратори, місцеве відведення шкідливих продуктів потоком повітря та ін.

Безпека роботи на компресорному обладнанні

Низка небезпечних або шкідливих факторів існує й при роботі компресорного обладнання. Вона обумовлена наявністю у агрегаті рухомих елементів, високого тиску та температурних чинників. Мастило під дією повітря може розкладатися, утворюючи вибухонебезпечні суміші з продуктів розкладу, що також відноситься до шкідливих чинників. Щоб забезпечити необхідний рівень безпеки у процесі використання компресорного устаткування необхідно, щоб воно задовольняло вимогам ГОСТ 12.2.003-74.

Найбільший рівень безпеки від підвищеної температури у контурі компресора існує від мастильних речовин. Перебуваючи у атмосфері стисненого повітря, вже при температурі 250-300 °С вони стають вибухонебезпечними, можуть займатися навіть від іскри електричного розряду. Щоб виключити це, для змащення рухомих елементів компресорного агрегату використовують спеціальні високотемпературні мастила. Завдяки примусовому водяному або повітряному охолодженню вдається суттєво знизити температуру стисненого робочого середовища.[11]

Щоб створити необхідний рівень безпеки у процесі використання компресорного устаткування, агрегат комплектують рядом запобіжних елементів та контрольно-вимірювальними приладами. Так, щоб мати можливість контролювати температуру робочого середовища, використовують термометр. Якщо температура підвищиться вище встановленої граничної позначки, теплове реле в автоматичному режимі

					ХМЗ 04.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		39

вимкне обладнання. Для контролю над тиском, компресорне обладнання оснащують манометром та запобіжними клапанами.

Також в конструкцію будь-якого компресорного устаткування включаються фільтруючі елементи. Вони попереджають потрапляння всередину контуру чисток пилу та інших забруднень, що могли б призвести до утворенню вибухонебезпечних сумішей. Корпус компресора обов'язково під'єднується до заземлювача, завдяки чому статичні електричні розряди будуть ефективно відводитися.

Щоб забезпечити безпечну роботу компресора, необхідно не рідше, ніж кожні 2 години перевіряти показники приладів та фіксувати їх у журнал обліку роботи агрегату. Кожні 6 місяців робочі манометри мають проходити обов'язкове обслуговування.[10]

Безпечність зварювальних робіт

Реальні умови праці при зварюванні та споріднених технологіях супроводжуються комплексом небезпечних або шкідливих виробничих факторів.

Найхарактернішим з них є потрапляння в повітря робочої зони спеціальних аерозолів, що використовуються у виробничому процесі. Якщо людина довгий час буде перебувати під впливом цих речовин, може розвинути такі професійні захворювання, як пневмоконіоз, пиловий бронхіт, інтоксикації металами або газами та ін.[10]

Дугове зварювання завжди супроводжується оптичним випромінюванням. Воно відбувається у кожному з діапазонів: ультрафіолетовому, видимому та інфрачервоному та в декілька разів перевищує фізіологічно допустиму норму для людського ока.

У разі роботи в середовищі зі значним тепловим випромінюванням, що буде перевищувати рекомендовані норми без необхідних засобів індивідуального

					ХМЗ 04.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		40

захисту, може виникнути тепловий удар, порушення терморегуляції, опіки, враження очей та ін.

Результатом нестабільного горіння дуги у процесі зварювання є розбризкування металу. Краплини, виділення та іскри металу або шлаку можуть призвести до опіку шкіри, травм очей у разі відмови від використання індивідуальних засобі захисту. Також вони є одним з найбільш вірогідних факторів утворення пожеж.

А от шум на робочому місці під час дугового зварювання є чинником помірної інтенсивності. Він виникає від джерела живлення, зварювальної дуги, пневматичного приводу або плазмотрону. Чим більш стабільною буде заварювальна дуга, тим менше шуму вона буде давати.

До зварювальних робіт пред'являються вимоги ДСТУ 2456-94 "Зварювання дугове і електрошлакове. Вимоги безпеки". Вони направлені на забезпечення здорових умов праці.

Боротьба зі шкідливою дією шуму та вібрації

У процесі експлуатації оброблювальних верстатів, механізованого інструменту, насосного та компресорного устаткування негативним чинником виступає й вібрація. Вона впливає на організм людини та може викликами порушення у роботі серцево-судинної, нервової системи, призводить по погіршення рухливості суглобів. Тривала дія цього чинника викликає не тільки зниження продуктивність праці, але й стає причиною вібраційної хвороби, що відноситься до одних з найбільш поширених професійних захворювань.

Щоб уникнути цього, працівник має робити 10-15 хвилинні перерви 1 раз на годину протягом усієї робочої зміни. також існують і організаційні заходи, що мінімізують негативний вплив вібрацій. мова йде про якісне та своєчасне планово-запобіжне обслуговування та ремонт обладнання, виконання вимог його технічної експлуатації.

					ХМз 04.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		41

Найбільшу шкоду працівнику наносить одночасний вплив вібрації, шуму, низької або підвищеної температури.

Рівень шуму на робочий місця регламентується нормами ДСН 3.3.6.037-99. В робочих зонах він не має перевищувати 80 ДБ. До категорії підвищеної шумності відноситься обладнання, що видає шум, що перевищує нормовані показники на 10 ДБ.

У компресора джерело шуму це лінії всмоктування на нагнітання, вихідні повітропроводи, що проходять через робочі приміщення та сам корпус.

Забезпечення нормованого освітлення

Для створення сприятливих умов роботи органів зору, які б виключали їх швидке стомлювання або виникнення професійних захворювань, появи нещасних випадків та сприяли б підвищенню продуктивності праці та підвищили якість продукції, виробниче освітлення має відповідати вимогам:

- створювати на робочих місцях освітленість у відповідності до характеру зорової роботи та не бути нижчою за встановлені норми;
- забезпечити необхідну рівномірність та постійність освітлення у виробничих приміщеннях, що дозволить уникнути частої переадаптації очей;
- виключити засліплення як від самих джерел освітлення, так і від інших предметів, що перебувають у полі зору;
- не створювати на робочій поверхні різких, глибоких тіней (особливо тих, що рухаються);
- контраст освітлювальних поверхонь, достатній для розрізнення деталей;
- виключення небезпечних та шкідливих виробничих чинників (шум, теплові випромінювання, ураження струмом, пожежної та вибухової безпеки світлових приладів);

					ХМЗ 04.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		42

- надійність та простота в експлуатації, економічне енерговикористання та естетичність світильників.

Залежно від джерела світла виробниче освітлення може бути: природним, штучним та комбінованим. Останнє передбачає доповнення штучним недостатньої кількості природного освітлення. На обстежуваному виробництві використовується комбіноване джерело освітлення.

Природне освітлення – бокове, одностороннє (здійснюється через світлові отвори (вікна) в будинку адміністративного призначення) та двостороннє (у ремонтно-профілактичній будівлі).

Пожежна безпека об'єкту

Пожежна безпека – стан об'єкту, що виключає можливість виникнення пожежі, а у випадку її появи запобігти негативному впливу на працівників небезпечних факторів пожежі та втраті або пошкодженню матеріальних цінностей. Забезпечити її здатна організація системи попередження пожеж та пожежного захисту.

Щоб попередити пожежу необхідно не допустити утворення горючого середовища та джерел займання в ній, підтримувати температуру та тиск у межі, що є нижчою за поріг горючості.

Пожежу супроводжують відкритий вогонь та іскри, підвищена температура повітря, предметів, обладнання, токсичні продукти горіння, дим, зниження вмісту кисню, обрушення, пошкодження будинків та споруд, вибух. Це все є шкідливими чинниками.

До первинних засобів гасіння пожежі відносять: вогнегасники, пожежний інвентар, ємності з водою та піском, відра, простирадла з негорючого теплоізоляційного полотна та пожежний інструмент (лопати, лом, сокири, багри, гаки, пилки тощо).

Весь протипожежний інвентар та обладнання мають утримуватися у відповідному стані та знаходитися на протипожежних щитах.

					ХМЗ 04.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпись	Дата		43

До найбільш розповсюдженого засобу гасіння пожеж відноситься вода. Нею можна гасити практично всі осередки вогню окрім нафтопродуктів, електрообладнання, що перебуває під напругою, натрію, кальцію, речей, які представляють особливу цінність та важливість та під дією води втрачають свої якості. Для подачі рідини використовують протипожежний водопровід, на якому встановлюють пристосування для підключення пожежних рукавів, кранів та гідрантів.

Те, що не гаситься водою, гаситься піском (у разі невеликих за обсягом вогнищ) та вогнегасниками.

Для гасіння пожежі в електроустановках, що перебувають під напругою, використовують порошкові ОП-1, момент ОП-2 або вуглекислотні вогнегасники (ОУ-2, ОУ-5, ОУ-8). Хімічні пінні вогнегасники підходять для гасіння твердих горючих речовин, окрім лужних, а також горючих рідин. При цьому необхідно забезпечити захист від потрапляння піни, щоб піна в очі або на оголене тіло.

Забезпечення нормальних параметрів мікроклімату

Згідно з ДСН 3.3.6.042-99 та ГОСТ 12.1.005-88, що регламентують параметри мікроклімату виробничих приміщень з урахуванням середнього рівня важкості робіт в ремонтно-профілактичному корпусі, оптимальна температура в приміщенні має бути в межах 17-20 °С, оптимальна відносна вологість 40-60%, оптимальна швидкість руху повітря не більше, ніж 0,2 м/с.

Виробничий пил відноситься до поширеного небезпечного та шкідливого виробничого чинника. Він може здійснювати на людину фіброгенну дію, що призведе до розростання сполучних тканин у легенях та порушить нормальну будову та функцію органу. Шкідливість виробничого пилу зумовлена його здатністю викликати професійні захворювання легень.

До загальних заходів та засобів попередження забруднення повітряного середовища на підприємстві та захисту працівників належать:

					ХМЗ 04.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		44

- нормальне функціонування систем опалення, загальної обмінної вентиляції, кондиціонування повітря, очищення викидів у атмосферу;
- попередні та періодичні медичні огляди робітників, що працюють у шкідливих умовах, профілактичне харчування, дотримання правил особистої гігієни;
- контроль над вмістом шкідливих речовин у повітрі робочої зони;
- використання засобів індивідуального захисту.

Очищення повітря від пилу в ремонтно-профілактичному відділі забезпечується виведенням з нього заповненого повітря місцевою та центральною системою кондиціонування.

Електробезпека

Основними причинами електротравматизму на підприємстві є випадкове доторкання до неізольованих струмопровідних частин електроустаткування, використання несправних ручних електроінструментів, застосування нестандартних або несправних переносних світильників напругою 220 або 127 В, робота без надійних захисних засобів та запобіжних пристосувань, доторкання до незаземлених корпусів електроустаткування, що опинилися під напругою внаслідок пошкодження ізоляції, недотримання правил технічної експлуатації та техніки безпеки при експлуатації електроустановок.

До роботи в приміщеннях ремонтно-профілактичного корпусу допускається електротехнічний персонал III, IV, V кваліфікаційних груп з електробезпеки.

Для усунення або зменшення небезпеки поразки електричним струмом під час переходу напруги на корпуси та інші неструмопровідні конструктивні деталі електроустаткування та механізмів використовують ряд застережних заходів. Мова йде про захисне заземлення, занулення, відключення, перекриття неструмопровідних металевих частин ізоляцією або виготовлення їх з ізоляційного матеріалу. Застосування спеціальних підставок для усунення або

					ХМЗ 04.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		45

зменшення небезпеки поразки струмом вибирають з урахуванням конкретних умов.

Для обслуговуючого персоналу електроустановки основними засобами захисту є оперативні штанги та кліщі, діелектричні рукавички, інструмент з ізольованими ручками та показники напруги. До додаткових засобів відносять діелектричні калоші, гумові килимки та ізоляційні підставки.

					ХМз 04.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		46

Список використаної літератури

1. Морозюк Т. В. Теорія холодильних машин и теплових насосів / Т.В. Морозюк – Одеса: Студія «Негоціант», 2006. – 712 с.
2. Вихман Г.Л., Круглов С.А. Основы конструирования аппаратов и машин нефтеперерабатывающих заводов. Учебник для студентов вузов. М., машиностроение, 1978.–328 с.
3. Сакун И.А. Холодильні машини / под.ред. И.А. Сакуна.-Л.: Машинобудівництво, 1985.-510 с.
4. Богданов С.Н., Иванов О.П. , Куприянова А.В. Холодильная техника. Свойства веществ: Справочник. Изд.3-е, перераб. и доп. –М.: Агропромиздат, 1985.–208 с.
5. Безопасность труда при эксплуатации холодильных установок/ И.Г. Чумак, В.С. Комарова, В.П. Почетов.–К.: Урожай, 1988.–208 с.
6. Копылов И.П, Клоков Б.К. «Справочник по электрическим машинам. Том 1», М.: «Энергоиздат», 1988.
7. Жидецкий В.У., Джигирей В.С. та ін. Практикум із охорони праці. – Л.: Афіша, 2000.
8. Денисенко А. Ф. Охорона праці: конспект лекцій для студ. екон. спец. заочної форми навчання. Ч.1 / А.Ф. Денисенко.– Суми : СумДУ, 2007.– 128 с.
9. ГОСТ 12.0.002-80 Система стандартов безопасности труда. Термины и определения.
10. Закон України «Про охорону праці» № 2695-ХІІ від 14.10.1992.

					ХМз 04.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		47