

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

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри

_____ Сергій ВАНЄЄВ
(підпис)

« ____ » _____ 2023 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
на здобуття освітнього ступеня бакалавр
зі спеціальності 142 «Енергетичне машинобудування»,
освітньо-професійної програми «Холодильні машини і установки»
на тему: «Розрахунок горизонтального кожухотрубного випарника
аміачної холодильної машини холодопродуктивністю 45 кВт»

Здобувач групи ХКдн-91др

Герзанич Михайло Михайлович

Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень.
Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на
відповідне джерело.

_____ Михайло ГЕРЗАНИЧ
(підпис)

Керівник

_____ к.т.н., доцент Станіслав МЕЛЕЙЧУК
(підпис)

Суми 2023

ЗМІСТ

	С.
1. Вихідні дані	3
2. Схема аміачної холодильної машини	4
3. Теплообмінні апарати	9
3.1.1 Випарники.....	9
3.1.2 Повітроохолоджувачі.....	16
4. Розрахунок горизонтального кожухотрубного випарника	23
4.1 Тепловий розрахунок	23
4.2 Конструктивний розрахунок.....	27
4.3 Гідравлічний розрахунок.....	28
4.4 Міцнісний розрахунок.....	29
4.4.1 Розрахунок обичайки.....	29
4.4.2 Розрахунок еліптичного днища	30
5. Охорона праці.....	34
Список використаної літератури	54

					Х.дн 03Б.00.00.00 ПЗ			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розробив</i>	<i>Герзанич</i>				<i>Горизонтальний кожухотрубчастий випарник аміачної холодильної машини холодопродуктивністю 45кВт Пояснювальна записка</i>	<i>Літ.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевірів</i>	<i>Мелейчук</i>					2	55	
<i>Н. Контр.</i>	<i>Шарапов</i>				СумДУ, гр.ХКдн-91др			
<i>Затверд.</i>	<i>Ванєєв</i>							

1. Вихідні дані

Мета кваліфікаційної роботи: провести розрахунок циклу холодильної установки, отримати інтегральні характеристики, а також провести тепловий, конструктивний, гідравлічний та міцнісний розрахунки горизонтального кожухотрубчастого випарника.

Дані для розрахунку:

Теплове навантаження на випарник	$Q_0 = 45\text{кВт};$
Робочий агент	аміак
Система охолодження	розсолна
Холодильна установка	одноступенева
Температура розсолу на виході з випарника	$t_{s2} = 6^{\circ}\text{C}$

					Х.дн 03Б.00.00.00 ПЗ	Арку
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		3

2. Схема аміачної холодильної машини

Холодильні установки, працюючі на холодагентах, забирають теплоту від завантажених в них продуктів, камер охолодження, поступово охолоджуючи їх. При цьому холодильні агенти, безперервно циркулюючи в установці, змінюють свій агрегатний стан: спочатку випаровуючись при відборі тепла, потім знову конденсуючись внаслідок віддачі поглиненої теплоти.

Схема аміачної холодильної машини одноступенового типу представлена на рисунку 2.1.

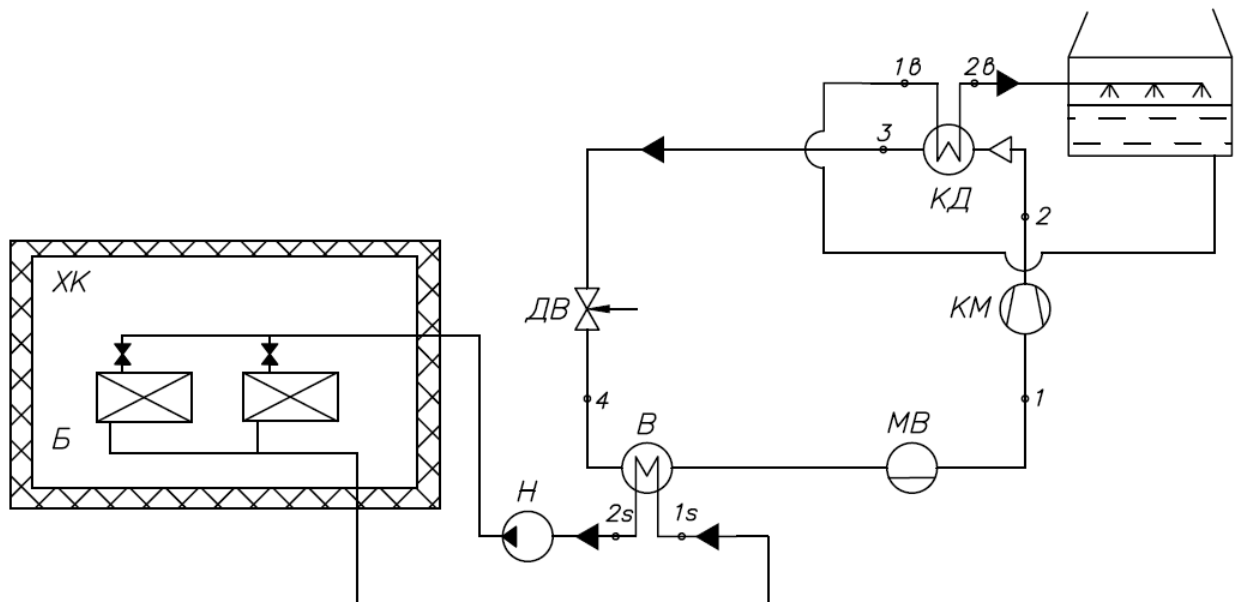


Рисунок 2.1 – Схема холодильної установки

KM- компресор, KD-конденсатор, B-випрник, DV-дросельний вентиль, H-насос, B-батарея, XK-холодильна камера.

В комперсорі стискається пара холодильного агенту, далі пара надходить у конденсатор де відбувається фазове перетворення пари у рідину. Для конденсації пари у кондесатор надходить вода, яка потім охолоджується у градирні. У дросельному вентилі (DV) відбувається різке падіння тиску, що сприяє зниженню температури холодильного агенту. У випарнику (B)

					Х.дн 03Б.00.00.00 ПЗ	Арку
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		4

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. [1]

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

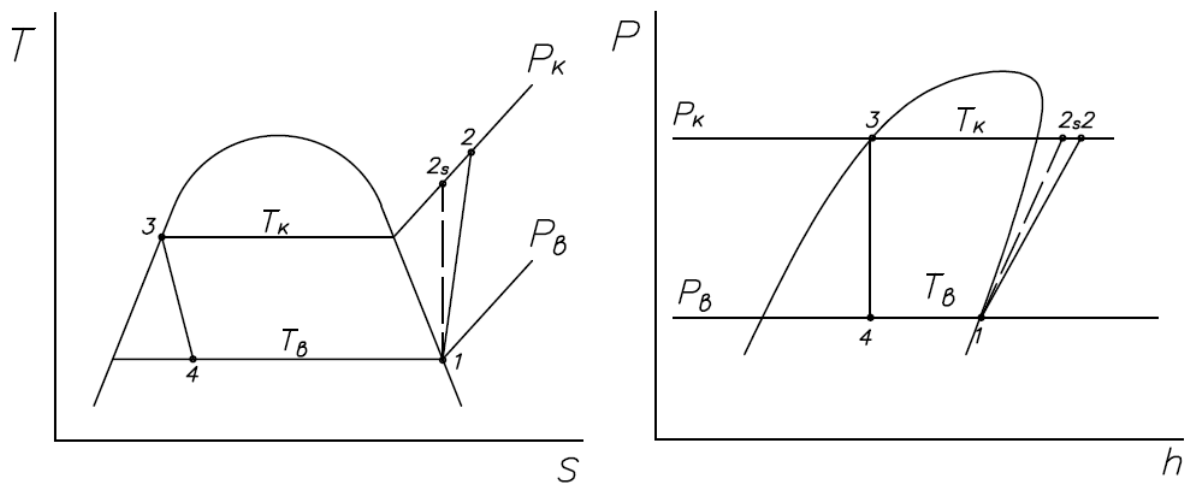


Рисунок 2.2 - Цикл одноступеневої аміачної холодильної машини у p,h та T,S -координатах.

Лінія 1-2s відображає ізоентропне (ідеальне) стиснення холодильного агенту 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.

					Х.дн 03Б.00.00.00 ПЗ	Арку
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

Розрахунок циклу холодильної машини

Вихідні дані для розрахунку циклу:

Температура розсолу 6°C

Теплове навантаження на випарник

$$Q_0 = 45\text{кВт};$$

Робочий агент

аміак

Температура конденсації 30°C

Рішення

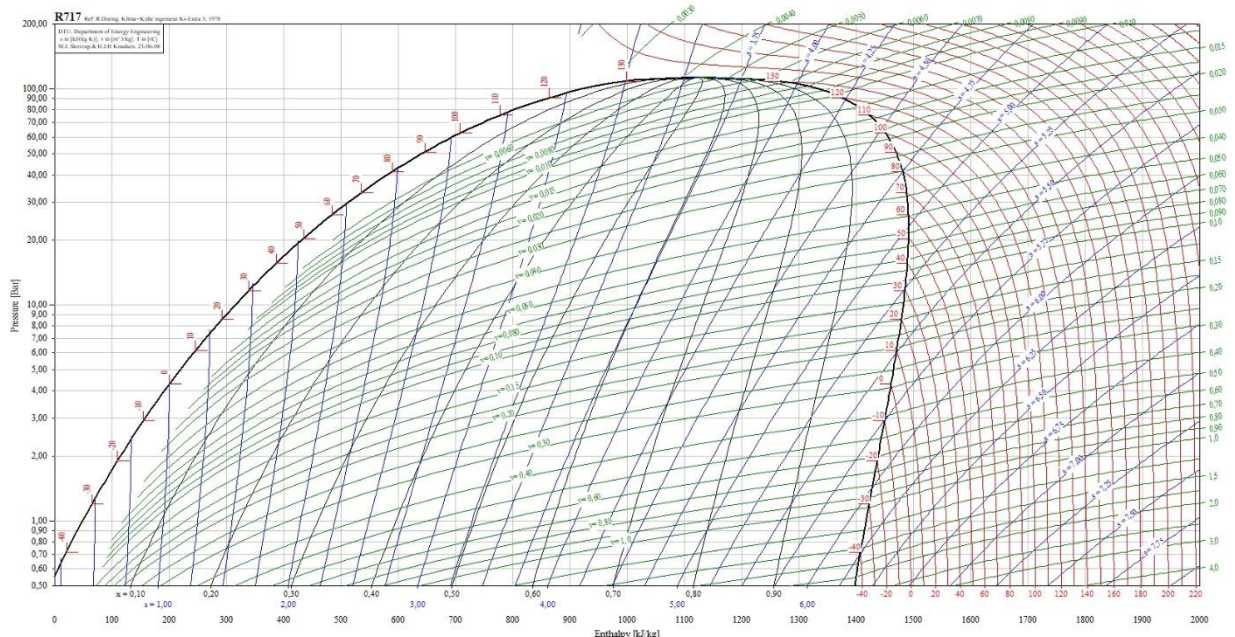
Температура у випарнику визначається за рахунок недорекуперації в теплообміннику на рівні $\Delta t_B = 5^{\circ}\text{C}$.

$$\text{Тобто } t_B = t_{\text{ПЗ}} - \Delta t_B = 6 - 5 = 1^{\circ}\text{C}$$

Температура пари холодоагенту на вході до компресора:

$$t_1 = t_B = 1^{\circ}\text{C}$$

Розрахунки проводимо за допомогою *ph-діаграми* для холодильного агенту R717 аміак.



Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Х.дн 03Б.00.00.00 ПЗ

Арку

6

Результати заносимо до таблиці:

Таблиця 2.1 – Питомі параметри у характерних точках циклу

Параметр	1	2s	2	3	4
	p , бар	4,3	11,6	11,6	11,6
t , °C	1	65	95	30	1
h , кДж/кг	1461	1620	1673	338	338

За результатами вищенаведених табличних даних розраховуються питомі параметри ТНУ.

Температура холодильного агента на виході із компресора:

$$h_2 = h_1 + \frac{h_{2s} - h_1}{\eta_s}$$

де $\eta_s = 0,75$ – ізоентропний к.к.д. для компресора.

$$h_2 = 1461 + \frac{1620 - 1461}{0,75} = 1673 \text{ кДж/кг}$$

1) Питоме навантаження на конденсатор:

$$q_{кд} = h_2 - h_3, \text{ кДж/кг.}$$

$$q_{кд} = 1673 - 338 = 1335 \text{ кДж/кг}$$

2) Питоме навантаження на випарник:

$$q_B = h_1 - h_4, \text{ кДж/кг.}$$

$$q_B = 1461 - 338 = 1123 \text{ кДж/кг}$$

3) Питома адіабатна робота компресора:

					Х.дн 03Б.00.00.00 ПЗ	Арку
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$l_s = h_{2s} - h_1, \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}.$$

$$l_s = 1620 - 1461 = 159 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

4) Питома дійсна робота компресора:

$$l = h_2 - h_1, \text{кДж/кг}.$$

$$l = 1673 - 1461 = 212 \text{кДж/кг}$$

5) Масова продуктивність холодильного агента:

$$m_a = \frac{\dot{Q}_B}{q_B}, \text{кг/с}.$$

$$m_a = \frac{45}{1123} = 0,04 \text{кг/с}$$

6) Теплове навантаження на випарник (задано умовою):

$$Q_B = 45,0 \text{кВт}.$$

7) Адіабатна потужність компресора:

$$N_s = m_a \cdot l_s, \text{кВт}.$$

$$N_s = 0,04 \cdot 159 = 6,36 \text{кВт}$$

8) Ефективна потужність компресора:

$$N_e = m_a (h_2 - h_1), \text{кВт}.$$

$$N_e = 0,04(1673 - 1461) = 8,48 \text{кВт}$$

9) Споживана потужність приводного двигуна:

$$N_{np} = \frac{N_e}{\eta_{пер} \cdot \eta_{дв}}, \text{кВт}.$$

					Х.дн 03Б.00.00.00 ПЗ	Арку
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де $\eta_{пер} = 0,99$ - к.к.д. передачі від двигуна до компресора, $\eta_{об} = 0,85$ – к.к.д. двигуна компресора.

$$N_{пр} = \frac{8,48}{0,99 \cdot 0,85} = 10,07 \text{ кВт}$$

10) Коефіцієнт перетворення холодильної установки (холодильний коефіцієнт):

$$\varepsilon = \frac{Q_B}{N_{пр}}$$

$$\varepsilon = \frac{45}{10,07} = 4,46$$

3. Теплообмінні апарати

3.1 Випарники

Випарник є одним із елементів холодильної машини, в якому робоча речовина кипить за рахунок теплоти, що підводиться від джерела низької температури. Пар, що утворився при кипінні холодильника, відсмоктується з випарника компресором для здійснення подальших процесів циклу холодильної машини. Залежно від принципу, що покладено в основу, випарники діляться на ряд груп: за характером охолоджуваного джерела:

- 1) випарники для охолодження рідких хладоносіїв;
- 2) випарники для охолодження повітря;
- 3) випарники для охолодження твердих середовищ;
- 4) випарники-конденсатори.

В залежності від умов циркуляції охолоджуваної рідини:

- 1) із закритою системою циркуляції охолоджуваної рідини (кожухотрубні та кожухозмійовикові);
- 2) з відкритим рівнем охолоджуваної рідини (вертикально-трубні, панельні).

					<i>Х.дн 03Б.00.00.00 ПЗ</i>	Арку
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

За характером заповнення робочої речовини:

1) затоплені;

2) незатоплені (зрошувальний, кожухотрубний з кипінням у трубах, змійниковий з верхньою подачею рідини). Випарники можуть поділятися і на інші групи (залежно від того, на якій поверхні відбувається кипіння робочої речовини; за характером руху робочої речовини та ін.). Як проміжний рідкий теплоносій у випарниках застосовуються розсоли (водні розчини солей NaCl, CaCl₂), вода, спирт, водний розчин етиленгліколю та ін.

При високій концентрації розсолу (за низьких температур) підвищується його в'язкість, тому навіть при великих швидкостях руху режим перебігу рідини буде ламінарним або перехідним. Внаслідок цього погіршується тепловіддача від розсолу, а відповідно збільшується площа теплопередавальної поверхні апарату, особливо при малих діаметрах труб, що застосовуються.

Збільшення щільності теплового потоку може бути досягнуто застосуванням теплоносіїв, що мають меншу в'язкість (наприклад, в'язкість R30 у 20-40 разів нижче за розчин CaCl₂). **Випарники для охолодження рідких теплоносіїв.** *Кожухо-трубні випарники затопленого типу.* Апарати такого типу є найбільш поширеними та застосовуються в машинах як середньої, так і великої продуктивності. У кожухотрубних випарниках затопленого типу розсіл охолоджується під час руху всередині труб, а робоча речовина кипить на їх зовнішній поверхні. Принципової різниці між аміачними кожухотрубними випарниками та апаратами, що працюють на хладонах, немає. Відмінність полягає в конструкції поверхні теплообміну та матеріалах, застосовуваних виготовлення.

Кожухотрубний випарник є горизонтально розташований циліндричний барабан (обичайку), з двох сторін до якого приварені плоскі трубні решітки з отворами. Через ці отвори протягнуті труби, що утворюють теплообмінну поверхню. Труби розвальцьовуються в отворах. До трубних дощок кришки кріпляться болтами. Одна з кришок має вхідний (нижній) та

					Х.дн 03Б.00.00.00 ПЗ	Арку
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

вихідний патрубку для розсолу, інша випускні отвори для повітря (верхній) та для розсолу. У кришках розташовані горизонтальні перегородки, що забезпечують багатоходовий рух розсолу, причому вони зміщені по вертикалі в різних кришках. Число ходів теплоносієм становить 4-12, щоб забезпечити досить високу швидкість руху розсолу. На обичайці знаходяться штуцери для встановлення манометра та приладів автоматики.

В аміачних випарниках до верхньої частини обичайки приварений сухопарник, до нижньої олійний відстійник. Пучок труб заповнює обичайку не повністю, верхня частина її вільна від труб. Подача робочої речовини проводиться знизу апарату, а відведення парів через сухопарник.

Для апаратів з великою поверхнею підведення парорідинної суміші здійснюється від загального колектора в кількох точках по довжині випарника. Відведення пари здійснюється через кілька патрубків, об'єднаних загальним колектором. Це забезпечує рівномірне омивання теплопередаючої поверхні потоком робочої речовини.

Пучок труб у випарниках шахматний, ромбічний. В аміачних апаратах застосовуються безшовні сталеві гладкі труби. Під час роботи на хладонах застосовуються мідні труби з накатними ребрами.

На рис. 3.1 показано загальний вигляд аміачного кожухотрубного випарника затопленого типу, а на рис. 3.2 - загальний вигляд охолодженого кожухотрубного випарника.

У випарниках холодильних машин з відцентровими компресорами теплопередаюча поверхня зібрана в щільний шахматний пучок із зменшеними перемичками між трубами. Пучок займає приблизно половину об'єму обичайки, вільна частина якої виконує функції сухопарника для осушення та перегріву пари. Для забезпечення необхідного перегріву пари на всмоктуванні компресор подача теплоносія здійснюється через верхній патрубок, тоді в зоні перегріву створюється максимальна різниця температур. Для зменшення винесення крапель робочої речовини над пучком встановлюються сепаратори. Рівномірність підведення парорідинної суміші забезпечується спеціальним

					<i>Х.дн 03Б.00.00.00 ПЗ</i>	Арку
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		11

розподільником. Він сприяє кращій турбулізації потоку та покращенню процесу теплопередачі. Щільність теплового потоку q_F у випарнику залежить від швидкості руху теплоносія w і температурного напору (різниці температури між охолоджуваним середовищем і киплячою робочою речовиною)

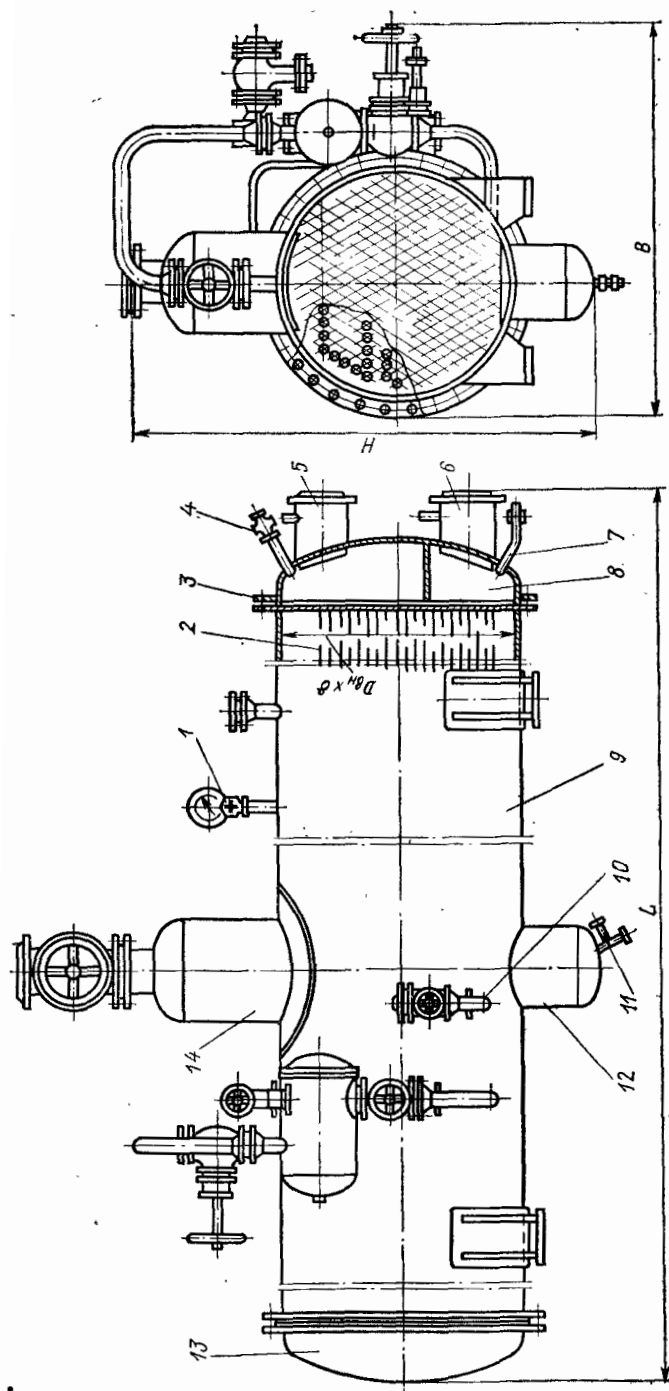


Рисунок 3.1. Ам'ячний кожухотрубний випарник затоплений:

1- манометр; 2- труби; 3- трубна решітка; 4- спуск повітря; 5,6-патрубки для входу розсола; 7- злив розсолу; 8,13-кришки; 9- корпус; 10- вхід рідкого аміаку; 11-спуск масла; 12- відстійник; 14-сухопарник

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Х.дн 03Б.00.00.00 ПЗ

Арку

12

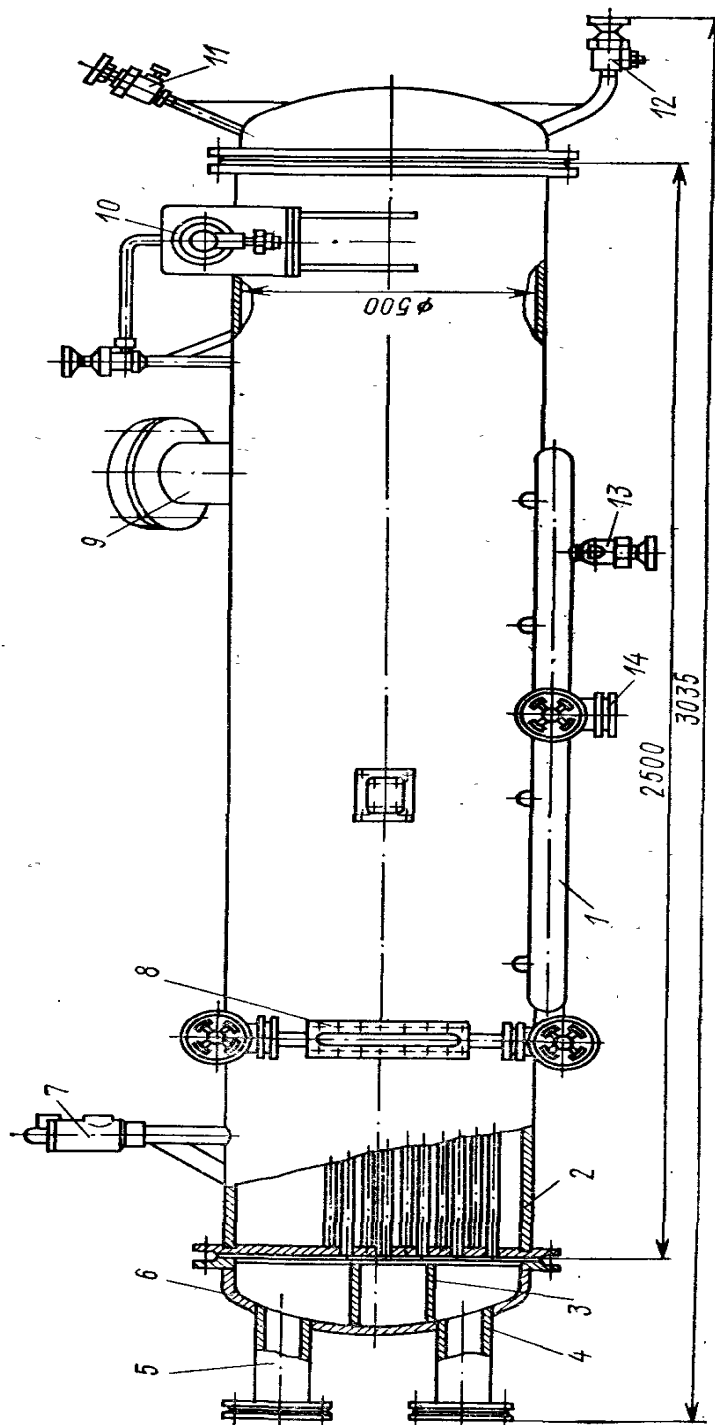


Рисунок 3.2. Кожухотрубний випарник заопленого типу на R12:

- 1- колектор рідинний; 2- кожух; 3- перегородки; 4,5-патрубки для входу і виходу розсолу; 6- кришка; 7-запобіжний клапан; 8- вквізівник рівня; 9,14- вхід і вихід R12; 10- манометр; 11- спуск повітря; 12- спуск теплоносія; 13- спуск масла

Кожухотрубні зрошувальні випарники. Як і в кожухотрубних випарниках заопленого типу, розсіл у зрошувальних випарниках тече по трубах, а холодильний агент кипить на поверхні пучка труб, стікаючи по ньому у вигляді плівки. Кожухотрубні зрошувальні випарники заповнюються меншою

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Х.дн 03Б.00.00.00 ПЗ

кількістю робочої речовини, гідростатичний стовп рідини практично не впливає на температуру кипіння, інтенсивність теплопередачі вища за рахунок більшого коефіцієнта тепловіддачі при кипінні в плівці, що стікає. Для інтенсивної роботи апарату необхідно забезпечити рівномірне зрошення поверхні труб.

Випарники з кипінням робочої речовини усередині труб. Випарники такого типу мають кілька конструктивних рішень: кожухотрубні випарники (з прямими та з U-подібними трубками); вертикально-трубні та панельні випарники. У кожухотрубних випарниках можна отримувати низькі температури теплоносія, не боячись його замерзання та розриву труб. На рис. 3.3 наведено конструкцію кожухотрубного випарника з кипінням робочого тіла всередині прямих труб. Для забезпечення достатньої швидкості руху теплоносія всередині кожуха встановлені вертикальні перегородки. Швидкість охолоджує мій рідини $w_s=0,3\div 0,8$ м/с.

На рис. 3.4 показана конструкція кожухотрубного випарника із внутрішньотрубним кипінням в U-подібних трубках. Панельний випарник (рис. 3.5) є прямокутним баком, в якому розміщені випарні секції панельного типу та мішалка для забезпечення циркуляції розсолу.

Випарник-конденсатор. Випарник-конденсатор є елементом каскадних холодильних машин, що зв'язує між собою верхній і нижній гілки каскаду. Для верхньої гілки каскаду він є випарником, для нижнього конденсатора.

					<i>Х.дн 03Б.00.00.00 ПЗ</i>	Арку
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

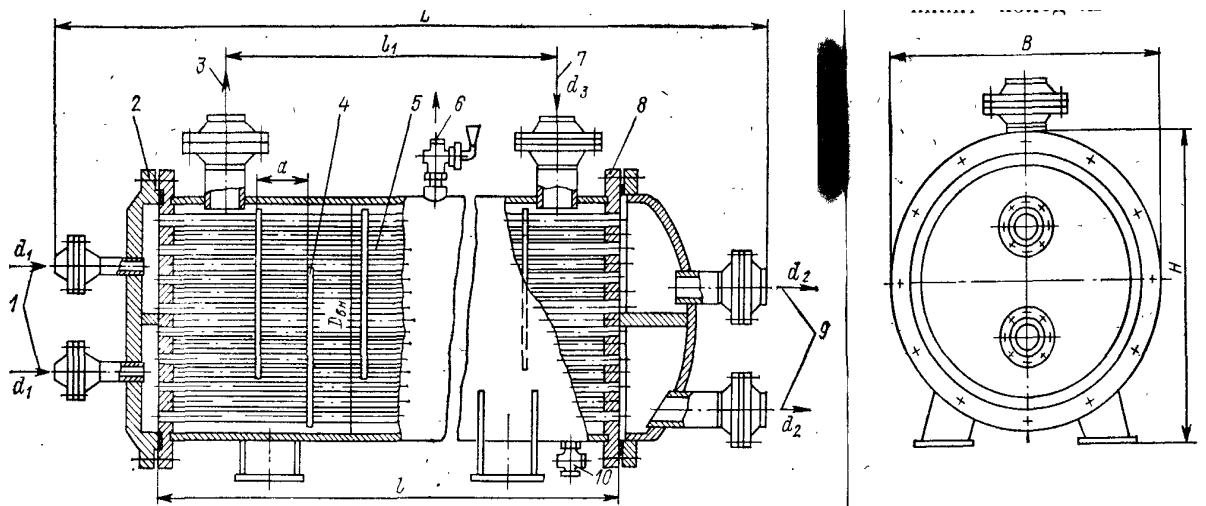


Рис. 3.3. Кожухотрубний випарник з кипінням робочої речовини всередині прямих труб: 1,9- вхід і вихід робочої речовини; 2- кришка; 3,7- вихід і вхід розсолу; 4- перегородки; 5- кипятильні труби; 6- вентиль для продувки; 8- трубна решітка; 10- злив розсолу

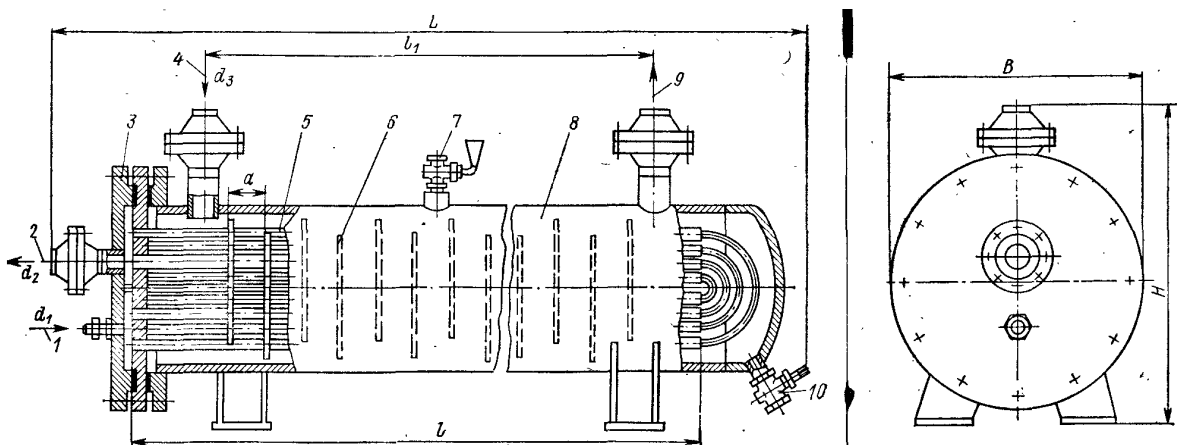


Рис. 3.4. Кожухотрубний випарник з кипінням робочої рідини всередині U-образних труб: 1,2- вхід і вихід робочої рідини; 3- кришка; 4,9- вхід і вихід розсола; 5- кипятильні труби; 6- перегородки; 7- вентиль для продувки; 8- кожух; 10- злив розсолу

Конструкція випарника-конденсатора показано на мал. 3.5..При різниці температур в апараті 8°C щільність теплового потоку сягає $q_F = 1600 \text{ Вт/м}^2$.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

3.2 Повітроохолоджувачі

Повітроохолоджувачі поділяються на поверхневі (сухі), контактні (мокрі) та змішаного типу. Найбільш поширеними являються апарати поверхневого типу, в яких повітря віддає теплоту робочій речовині, що кипить усередині труб, або розсолу, що протікає по них. Апарати, в яких кипить холодильний агент, називають повітроохолоджувачами безпосереднього охолодження, а при відведенні теплоти розсолем або водою повітроохолоджувачем водяного чи розсольного охолодження. У контактних повітроохолоджувачів відведення теплоти від повітря відбувається за рахунок безпосереднього контакту з водою чи розсолем. Контактні повітроохолоджувачі виконуються форсуночними або з зрошуваною насадкою. В апаратах змішаного типу відведення теплоти від повітря відбувається за рахунок кипіння робочої речовини в трубках та за рахунок контакту з розсолем, що охолоджується на поверхності трубок шляхом їхнього зрошення.

Поверхневі охолоджувачі повітря зазвичай виконують у вигляді пучка оребрених труб, укладених у кожух. Гладкі труби використовують рідко: у разі, коли при охолодженні повітря потрібно його осушка. Циркуляція повітря через апарат примусова за допомогою вентиляторів. Довжина одного змійовика (від рідкого до парового колектора) 5-15 м, у великих апаратах до 20-25 м.

На рис. 3.6 показана конструкція сухого охолоджувача повітря безпосереднього охолодження, що працює на R22. Повітря подається нормально пучку через розподільник у секції, розташована по висоті апарата, відвід пари труб, рідкий R22- через розподільник в секції розташований горизонтально по висоті апарата, відвод пари-знизу кожної секції через вертикальний паровий колектор. Така конструкція апарату забезпечує хороше повернення масла.

Контактні повітроохолоджувачі широко застосовуються при кондиціонуванні повітря, коли крім охолодження потрібно регулювати і

					<i>Х.дн 03Б.00.00.00 ПЗ</i>	Арку
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		16

вологість повітря. Головна перевага контактних апаратів менша різниця температур між повітрям і зрошуючої рідиною (водою або розсолем).

На рис. 3.8 показаний принцип роботи форсуночного контактного повітроохолоджувача.

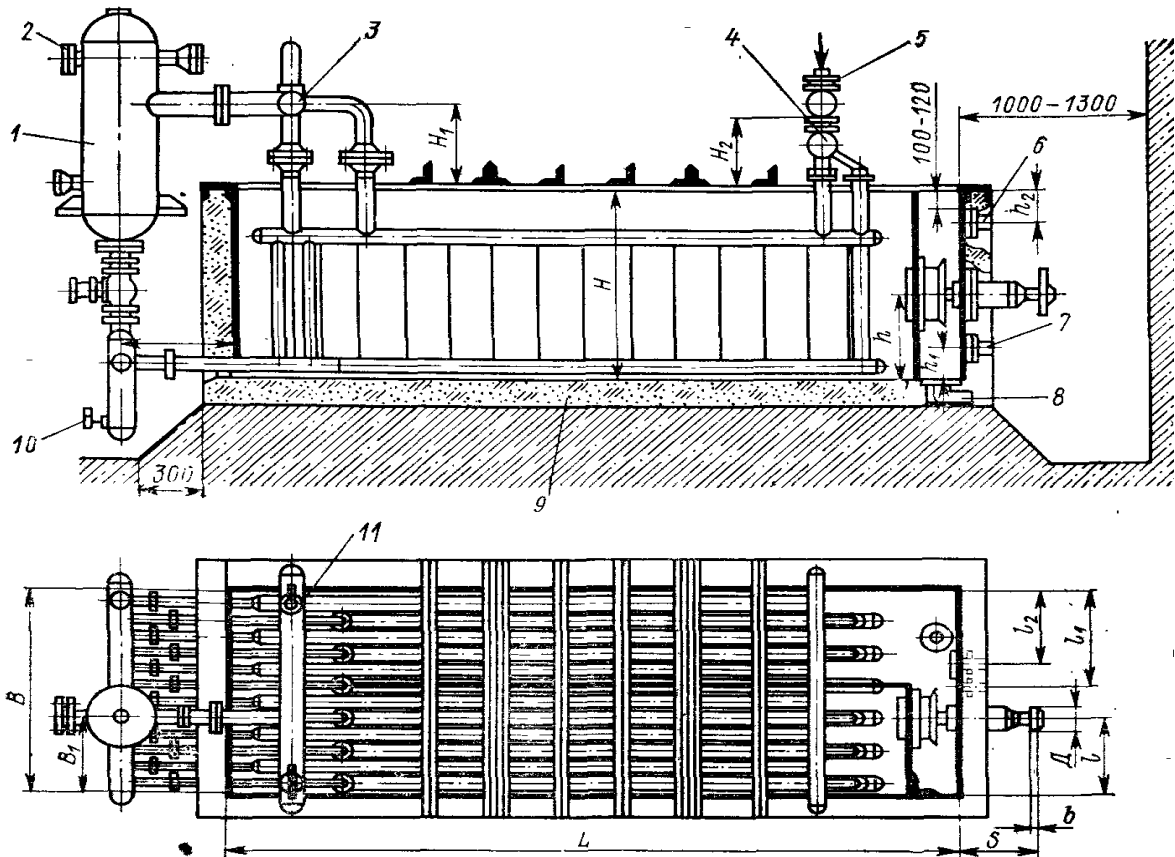


Рисунок 3.5. Панельний випарник:

1-відокремлювач рідини; 2- вихід парів аміаку; 3- колектор збірний; 4- колектор розподільчий; 5- вхід рідкого аміаку; 6- перелив розсола; 7- вихід розсола; 8- спуск розсола; 9- ізоляція; 10- злив масла; 11- автоматичний запобіжний клапан

На рис.3.9 зображено охолоджувач повітря з зрошуваною насадкою. Охолоджуюча рідина розбризкується форсунками на шар насадки, що складається з порцелянових кілець. Повітря пропускається через шар кілець протитечею знизу вгору і в результаті контакту з насадкою охолоджується.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Х.дн 03Б.00.00.00 ПЗ

Арку

17

Для запобігання винесення крапель рідини над насадкою встановлено сепаратор або відбійний шар кілець.

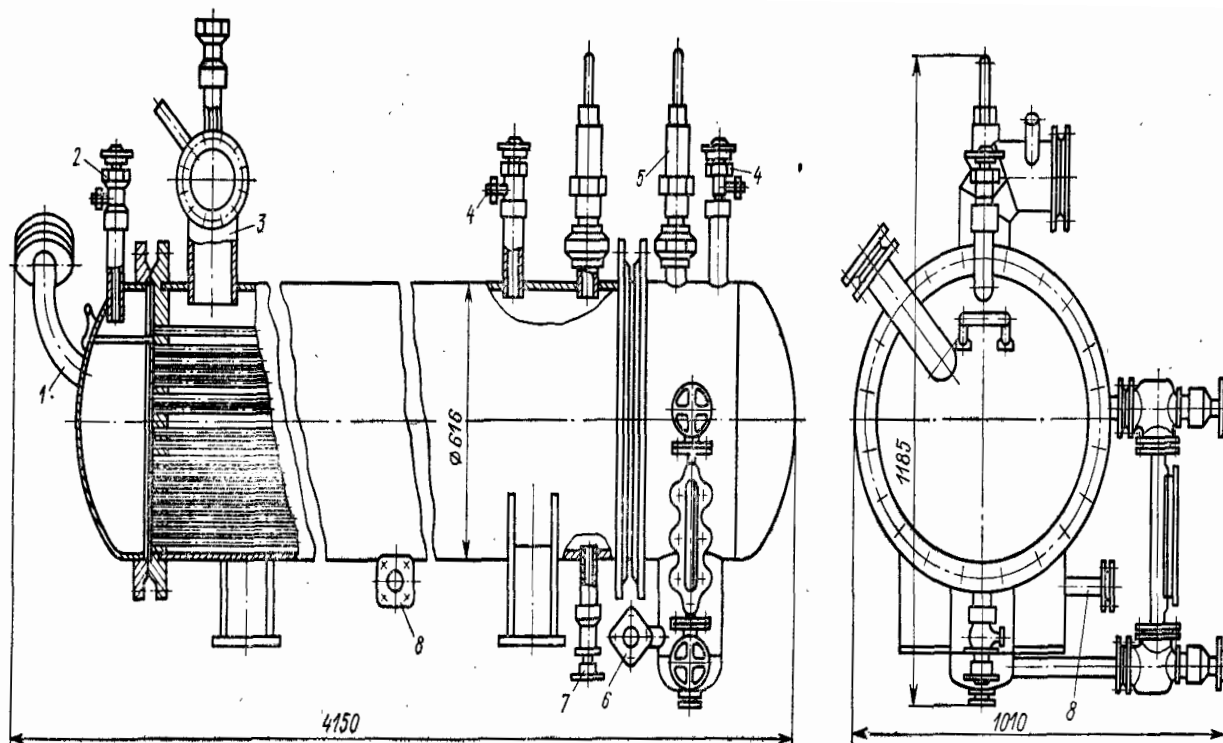


Рис. 3.6. Випарник- конденсатор:

1-вхід парів R13; 2- спуск повітря; 3- вихід парів R22; 4- вентиль до манометра; 5- запобіжний клапан; 6- вихід рідкого R13; 7- спуск масла; 8- вихід рідкого R22

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Х.дн 03Б.00.00.00 ПЗ

Арку

18

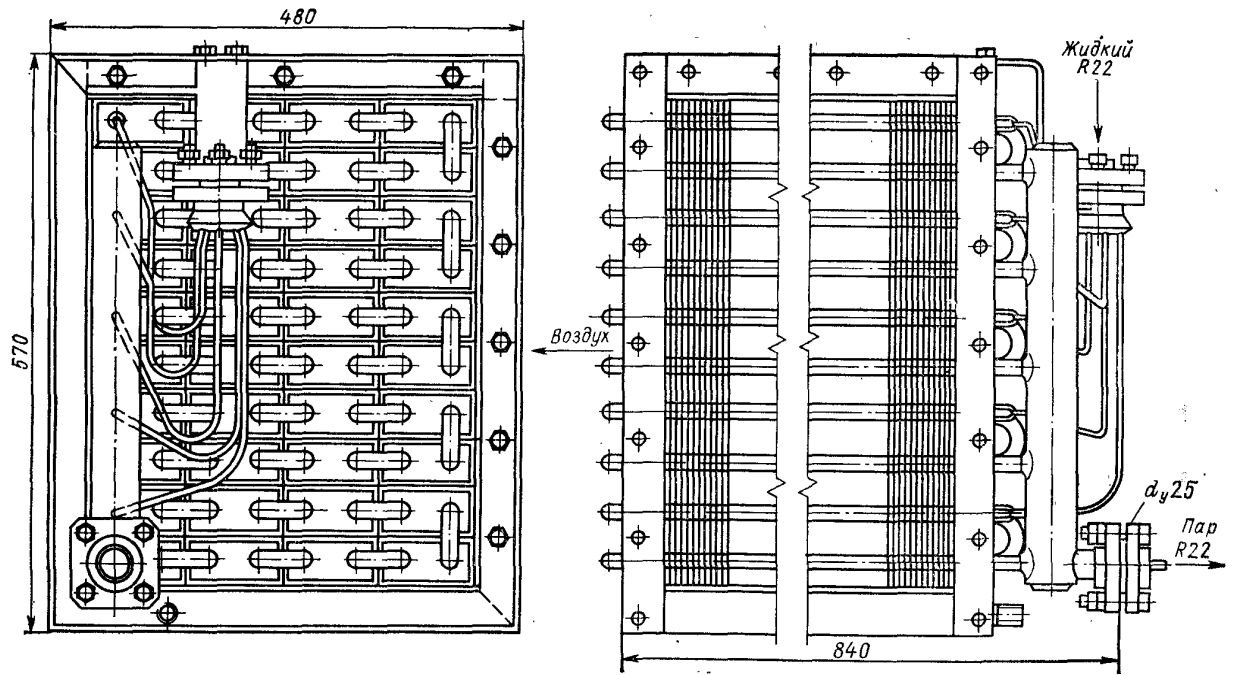


Рис. 3.7. Повітроохолоджувач безпосереднього охолодження

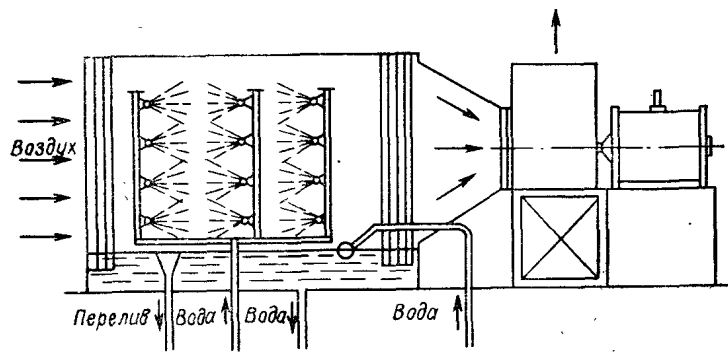


Рис. 3.8. Схема форсуночного повітроохолоджувача

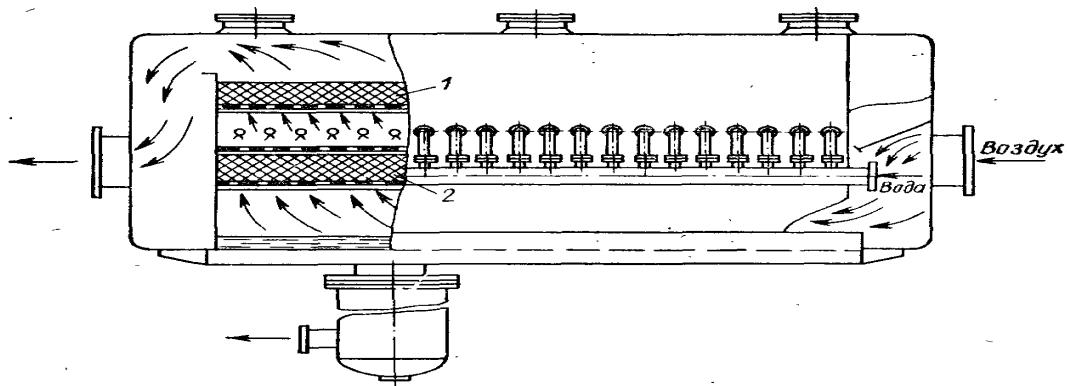


Рис. 3.9. Повітроохолоджувач з зрошувальною насадкою:

1- відбійний слой; 2- робочий слой

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Х.дн 03Б.00.00.00 ПЗ

Арку

19

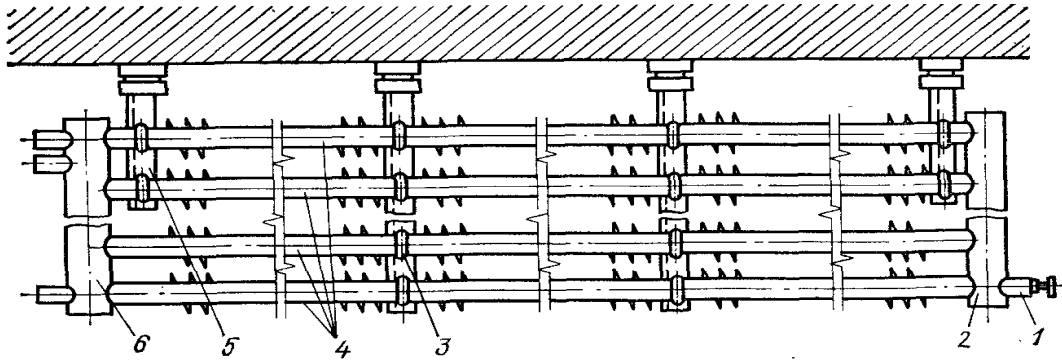


Рис. 3.10. Аміачна ребриста однорядна батарея:

- 1- штуцер; 2- колектор; 3- підвіска; 4- труба оребрена; 5- підвіска;
6- колектор

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Х.дн 03Б.00.00.00 ПЗ

Арку

20

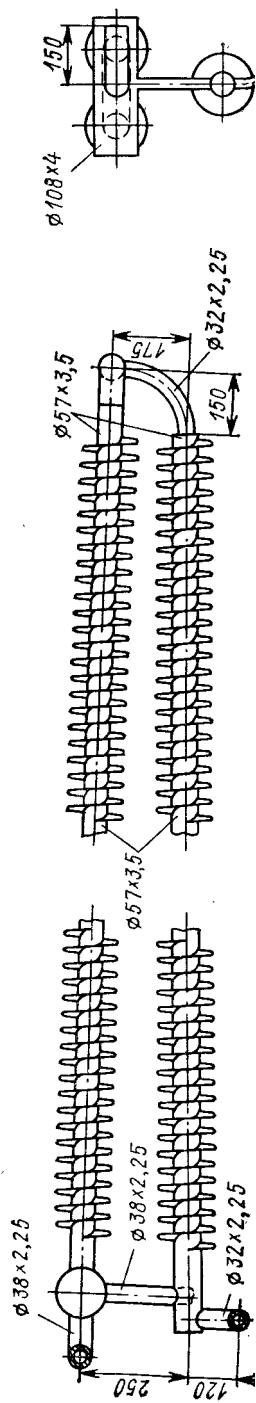


Рис. 3.11. Ам'ячна ребриста стельова батарея

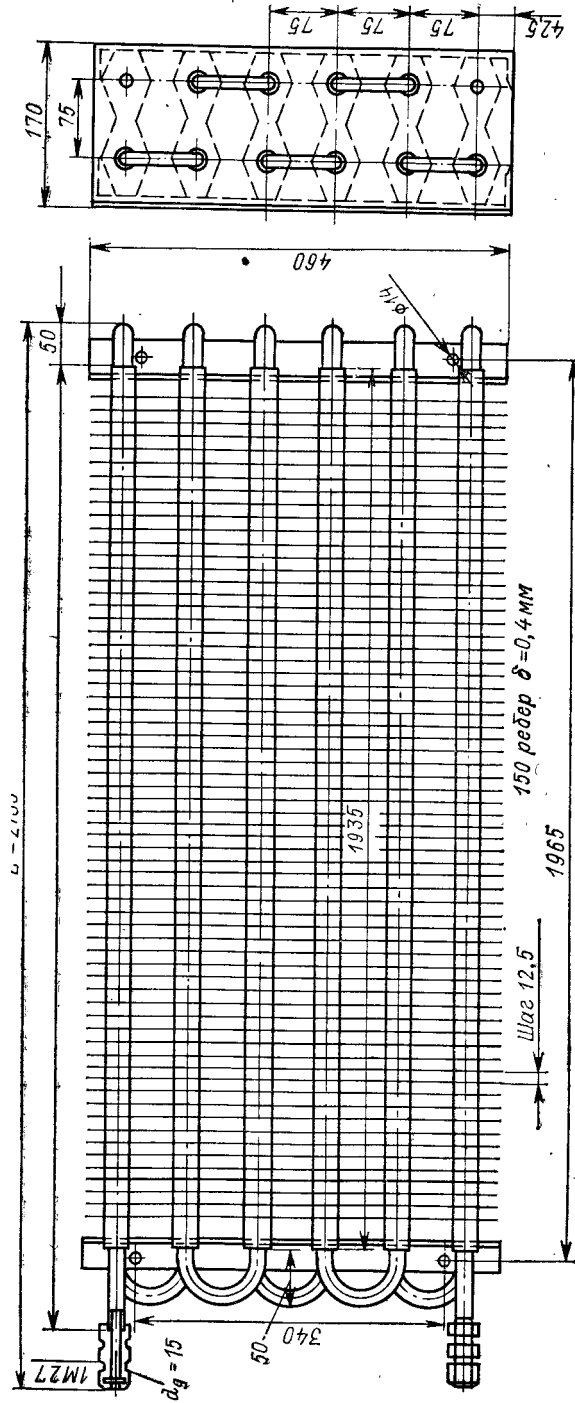


Рис. 3.12. Пристїнна ребриста батарея типу ПРСН

Розсїльні батареї застосовуються рїдко, тїльки в тих випадках, коли цього не можна уникнути за умов безпеки. Батареї, як правило, виготовляють оребреними з метою збільшення густини теплового потоку $q_{\text{ФВН}}$ скорочення витрати труб та зменшення габаритних розмірів апарату.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Х.дн 03Б.00.00.00 ПЗ

Арку

21

Охолоджувальні батареї бувають: стельові, пристінні (одно- та дворядні) гладкотрубні та ребристі, колекторні та змійникові тощо. На рис. 3.10 показано аміачну пристінну батарею колекторного типу АРС. Батарея має труби, на які спіраллю навиті ребра. На рис. 3.11 зображена аміачна ребриста стельова батарея типу АРП. Батарея складається з двох тритрубних елементів, з'єднаних рідинним та паровим колекторами. У кожному елементі дві труби розташовані у верхньому ряду, одна в нижньому. На рис. 3.12 показана пристінна ребриста батарея типу ІРСН.[2]

					Х.дн 03Б.00.00.00 ПЗ	Арку
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

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:

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

Средня 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 $d_{вн} = 13\text{ мм}$,
Зовнішній діаметр труби $d_{н} = 16\text{ мм}$

					Х.дн 03Б.00.00.00 ПЗ	Арку
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

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

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

$$n_1 = \frac{4 \cdot 45}{1,5 \cdot 3,14 \cdot 0,013^2 \cdot 2,91 \cdot 1232 \cdot 4} = 15,8$$

Приймаємо число труб в одному ході 16

При прийнятому числі труб в одному ході перераховуємо швидкість розсолу

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

$$w = \frac{4 \cdot 45}{16 \cdot 3,14 \cdot 0,013^2 \cdot 2,91 \cdot 1232 \cdot 4} = 4,7\text{м/с}$$

Число Рейнольдса

$$\text{Re}_p = \frac{wd_{BH}}{\nu}$$

$$\text{Re}_p = \frac{4,7 \cdot 0,013}{4,125 \cdot 10^{-6}} = 14812$$

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

$$\text{Nu}_p = 0,021 \cdot 14812^{0,8} \cdot 30,5^{0,43} \cdot 0,928 = 183,5$$

					<i>Х.дн 03Б.00.00.00 ПЗ</i>	Арку
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Коефіцієнт тепловіддачі з боку розсолу

$$\alpha_{s_{BH}} = \frac{Nu_p \lambda}{d_{BH}}$$
$$\alpha_{s_{BH}} = \frac{183,5 \cdot 0,485}{0,013} = 6846 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \text{К}}$$

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

$$q_{F_s} = \frac{\theta_s}{\frac{1}{6846} + 0,8 \cdot 10^{-3}} = 1057 \theta_s$$

Густина теплового потоку з боку робочої речовини

$$q_{F_a} = 5800 \theta_a^{1,667} \frac{F_H}{F_{BH}}$$
$$q_{F_a} = 5800 \theta_a^{1,667} 1,23 = \theta_a^{0,67} 709,2$$

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.

					Х.дн 03Б.00.00.00 ПЗ	Арку
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

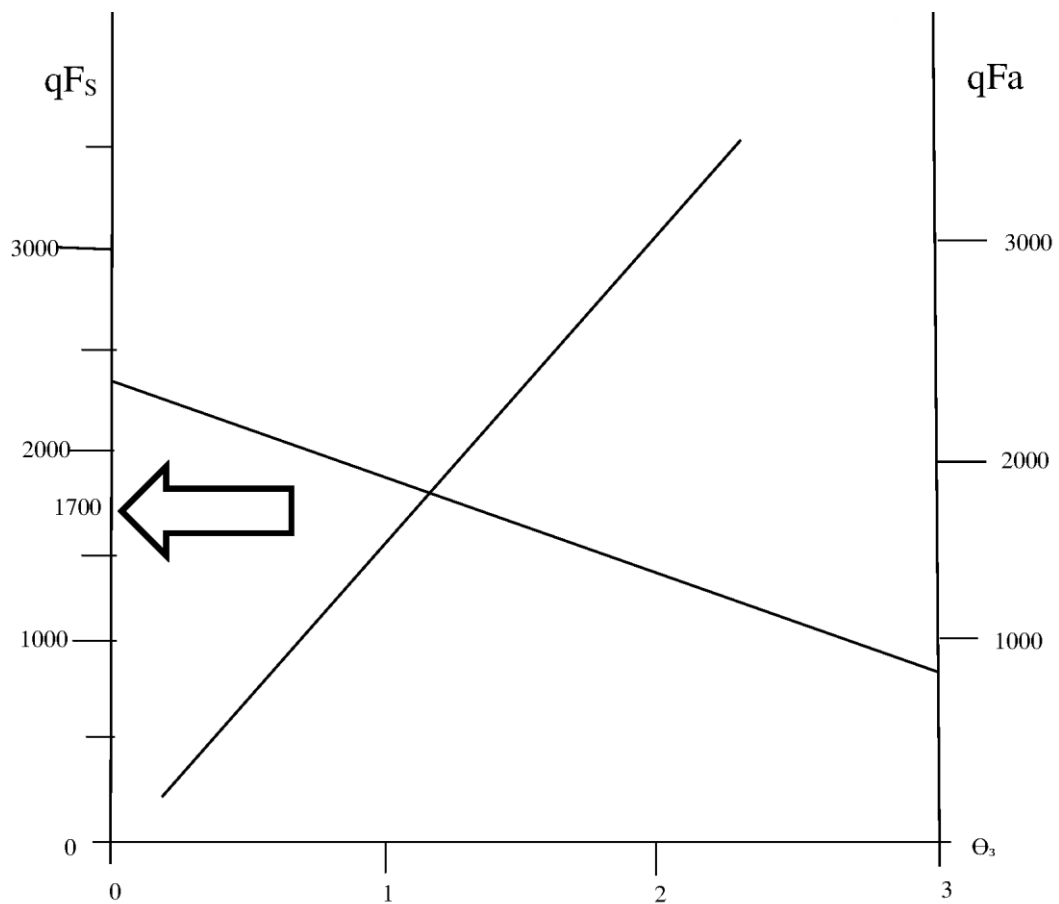


Рисунок 4.1 – Графік залежності вирішення системи рівнянь визначення густини теплового топоку.

У відповідності до рисунку 4.1 графік перетину q_{F_s} та q_{F_a} відповідає значенню теплового потоку $q_{\text{вн}} = 1700 \text{ Вт} / \text{м}^2$.

Площа внутрішньої поверхні теплообміну

$$F_{\text{вн}} = \frac{Q_k}{q_{\text{вн}}}$$

$$F_{\text{вн}} = \frac{45000}{1700} = 26,47 \text{ м}^2$$

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 :

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

$$m = 0,75 \sqrt[3]{\frac{13,23}{0,013 \cdot 5 \cdot 0,028}} = 14,5$$

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

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

$$n = \frac{13,23}{3,14 \cdot 0,013 \cdot 2,25} = 144,04 \approx 144$$

					Х.дн 03Б.00.00.00 ПЗ	Арку
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Кількість ходів

$$Z = \frac{n}{n_1} = \frac{144}{5} = 28.8 \approx 29.$$

4.3 Гідравлічний розрахунок

Визначаємо гідравлічний опір протіканню води в трубах випарника:

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

$$\Delta p = \left\{ \frac{0,042 \cdot 1}{\left[1,57 \cdot (0,0132)^{0,25} \cdot (20 + 40)^{0,35} \right]} \cdot \left(\frac{2,25}{0,013} \right) + 1,75 \right\} \times$$
$$\times \left(\frac{29 \cdot 1,57^2 \cdot 1232}{2} \right) = 224012 \text{ Па} \approx 0,224 \text{ МПа}$$

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

					Х.дн 03Б.00.00.00 ПЗ	Арку
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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 $T = 303\text{K}$

$$\sigma^* = 140 \text{ МПа};$$

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 обичайки:

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

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

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

Рівняння використання формули для розрахунку:

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

					<i>Х.дн 03Б.00.00.00 ПЗ</i>	Арку
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

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

т.е. формула для тонкостінних судів прийнятна.

Допустимий тиск у робочому стані:

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

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

Допустимий тиск при гідравлічному випробуванні:

$$[P]_{у.г} = \frac{2 \cdot \varphi \cdot [\sigma]_у \cdot (\delta \cdot \Sigma_c)}{(D_{вн} + \delta - \Sigma_c)}$$

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

4.4.2 Розрахунок еліптичного днища

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

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

					<i>Х.дн 03Б.00.00.00 ПЗ</i>	Арку
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

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 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:

					Х.дн 03Б.00.00.00 ПЗ	Арку
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

$$[P]_{uz} = \frac{2 \cdot \varphi_0 \cdot [\sigma]_{uz} \cdot (\delta_{дн} \cdot \Sigma_c)}{(D_{вн} + 0,5(\delta_{дн} - \Sigma_c))}$$

$$[P]_{uz} = \frac{2 \cdot 0,6 \cdot 200 \cdot 0,0045}{(0,4 + 0,5 \cdot 0,0045)} = 2,68.$$

У відповідності до ГОСТ 26 – 1185 – 81 передбачаються конструкції теплообмінних апаратів з нерухомими трубними решітками, компенсаторами, рухомою головкою, 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:

$$F_K = \pi(D_{вн} + \delta) \cdot \delta$$

$$F_K = 3,14(0,4 + 0,005) \cdot 0,005 = 6,36 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$$

Площа поперечного перетину труб при товщині стінки $\delta_T = 0,0025$ м

$$F_T = \pi(d_H - \delta_T) \cdot \delta_T \cdot n;$$

$$F_T = 3,14(0,0182 - 0,0025) \cdot 0,0025 \cdot 192 = 23,6 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$$

При жорсткому з'єднанні кожуха з трубами (через кріплення трубної решітки) сила їх взаємодії внаслідок температурних деформацій складе:

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

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

де $\alpha_K = 11,95 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ – коефіцієнт лінійного розширення сталі ВСт3 при

					Х.дн 03Б.00.00.00 ПЗ	Арку
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

середній температурі стінки кожуха $T_k = 303 \text{ K}$;

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

$E_k = 1,99 \cdot 10^5 \text{ МПа}$ 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.

					<i>Х.дн 03Б.00.00.00 ПЗ</i>	Арку
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

5. Охорона праці

Вибухонебезпечність

Вибух –це швидке екзотермічне хімічне перетворення вибухонебезпечного середовища, що супроводжується виділенням енергії та утворенням стиснутих газів, здатних виконувати роботу.

Вибухобезпека – це стан виробничого процесу, при якому виключається можливість вибуху або у разі його виникнення запобігається вплив на людей небезпечних і шкідливих чинників, що викликаються ним, і забезпечується збереження матеріальних цінностей. При вибуху речовина перетворюється в дуже нагрітий газ, що заповнює об'єм з надзвичайно високим тиском. Вибух можливий тільки при певній концентрації горючої суміші. Межі концентрації горючої суміші, при яких відбувається вибух, називаються концентраційними межами запалення речовини.

Дуже велика швидкість горіння при вибуху призводить до виділення великої кількості теплової енергії за короткий проміжок часу. В області вибуху температура горючих газів сягає 1500-3000 °С. Швидкість поширення вибухової хвилі може становити кілька сотень метрів. Вибухи призводять, як відомо, до виникнення пожеж так само, як і пожежі призводять до виникнення вибухів.

Попередити виникнення вибуху можна шляхом виключення можливості утворення вибухонебезпечного середовища і виникнення джерела ініціювання вибуху.

Попередження утворенню вибухонебезпечного середовища і забезпечення в повітрі виробничих приміщень вмісту вибухонебезпечних речовин, нижчого від нижньої концентраційної межі запалення з урахуванням коефіцієнта безпеки на підприємствах досягається:

					Х.дн 03Б.00.00.00 ПЗ	Арку
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- застосуванням герметичного обладнання насосних станцій і трубопроводних комунікацій;
- застосуванням робочої вентиляції сховищ нафтопродуктів в тарі, використанням лабораторій;
- відведенням і видаленням вибухонебезпечних середовищ;
- контролем складу повітряного середовища, наприклад, у спорожнених резервуарах перед виконанням ремонтних робіт всередині резервуара.

Запобігання утворенню вибухонебезпечного середовища всередині технологічного обладнання складів нафти і нафтопродуктів забезпечується:

- герметизацією апаратів, насосів, фільтрів;
- підтримкою складу і параметрів середовища поза областю їхнього запалення. Наприклад, в резервуарі концентрація парів палива або бензину є вищою від верхньої межі запалення і тому вона не є вибухонебезпечною;
- застосуванням інгібруючих хімічно активних і флегматизуючих добавок;
- конструктивними і технічними рішеннями, що застосовуються при проектуванні технологічних процесів прийому, зберігання і відпускання паливно-мастильних матеріалів, а також виробничого обладнання і пристосування.

Запобігання виникненню джерела ініціювання вибуху забезпечується:

- обмеженням робіт з вогнем на території підприємства;
- запобіганням нагріву насосів, трубопроводів до температури самозаймання вибухонебезпечного середовища;
- застосуванням засобів, що понижують тиск у фронті ударної хвилі;
- застосуванням матеріалів, що не створюють при співударі іскор, здатних ініціювати вибух вибухонебезпечного середовища, наприклад, під час зачистки резервуарів застосовується інструмент, що не висікає іскор при ударах;
- застосуванням засобів захисту від іскріння атмосферної і статичної електрики, блукаючих струмів, струмів замикання силових і освітлювальних мереж складів нафти і нафтопродуктів;

					<i>Х.дн 03Б.00.00.00 ПЗ</i>	Арку
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

- застосуванням вибухозахищеного обладнання;
- застосуванням швидкодіючих засобів захисного відключення можливих електричних джерел ініціювання вибуху;
- обмеженням потужності електромагнітних та інших теплових випромінювань;
- усуненням небезпечних теплових виявів хімічних реакцій, наприклад, самозагоряння пірофорних речовин в цистернах при дії на них кисню повітря.

Вибухозахист

Запобігання впливу на працівників небезпечних і шкідливих виробничих чинників, що виникають внаслідок вибуху, та збереження матеріальних цінностей забезпечується:

- встановленням мінімальних кількостей вибухонебезпечних речовин, що застосовуються в технологічних процесах на підприємствах в лабораторіях, розливних, роздавальних пунктах, в зливних ємкостях та нафтоуловлювачах;
- використанням вогнеогороджувачів в дихальних клапанах резервуарів для зберігання бензинів та палив, а також гідрозатворів;
- використанням обладнання, розрахованого на тиск вибуху;
- розміщенням ділянок зварювальних робіт під час ремонту обладнання складів ПММ в окремих приміщеннях;
- улаштуванням запобіжних мембран і клапанів, що запобігають руйнуванню обладнання під час вибуху, шляхом аварійного скидання тиску;
- застосуванням швидкодіючих відсікаючих і зворотних клапанів, активних систем придушення вибуху і засобів попереджувальної сигналізації.

					<i>Х.дн 03Б.00.00.00 ПЗ</i>	Арку
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		36

Організаційні та організаційно-технічні заходи щодо забезпечення вибухобезпеки повинні бути направлені на такі цілі:

- організацію навчання, інструктажу і допуску інженерно-технічного персоналу до робіт у вибухонебезпечних приміщеннях;
- розробку інструкцій, технології прийому, зберігання і відпускання паливно-мастильних матеріалів;
- контроль за дотриманням встановлених режимів технологічних процесів, правил і норм техніки безпеки, виробничої санітарії та пожежної безпеки;
- організацію гасіння пожеж і аварійно-рятувальних робіт.

Отруєння

Шкідлива речовина – це речовина, яка у випадку порушення вимог безпеки може при контакті з організмом людини зумовити виробничі травми, професійні захворювання або відхилення в стані здоров'я, що негативно позначається в цілому на здоров'ї нації.

На підприємствах хімічної промисловості інженерно-технічний персонал має контакт із шкідливими речовинами: автобензини; розчинники – діхлоретан, бензол, толуол, ксилол, чотирихлористий вуглець; пил ґрунтовий, пил металів. При систематичному прониканні пилу до організму людини можуть виникнути професійні захворювання, такі як хронічні трахеїти, бронхіти. Токсичний пил може викликати отруєння.

Шкідливість речовини залежить від її фізичної будови й стану, фізико-хімічних властивостей, концентрації, шляхів проникнення в організм в момент отруєння і від умов праці.

Шкідливі речовини зустрічаються в газоподібному, пароподібному, рідкому і дрібнодисперсному розпиленому стані. Шкідливі речовини проникають в організм людини через дихальні шляхи, травний тракт і навіть шкіру. Однак основний шлях їхнього проникнення – через дихальні шляхи. При цьому

					<i>Х.дн 03Б.00.00.00 ПЗ</i>	Арку
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		37

шкідливі речовини всмоктуються слизовою оболонкою і відразу потрапляють у кров, минаючи печінку, що в організмі людини є для них механічним і біохімічним бар'єром. У середину організму шкідливі речовини потрапляють при палінні й прийомі їжі брудними руками. Частина цих речовин всмоктуються в шлунково-кишковому тракті, надходить в печінку, де частково руйнується, нейтралізується і повертається з жовчю в травний тракт, а пройшовши його, виділяється з організму. Інша частина виділяється, минаючи печінковий бар'єр. Токсичні ароматичні й хлоровані вуглеводневі сполуки, такі як бензол, ксилол, толуол, діхлоретан, а також тетраетилсвинець, добре розчинні в жирах і ліпоїдах, легко проникають в організм людини навіть через неушкоджену шкіру.

Організм людини видаляє шкідливі речовини через кишечник, легені з видихуванням повітрям і частково через шкіру. Деякі з них можуть виділятися з жовчю, слиною і грудним молоком.

Шкідливі речовини за ступенем впливу на організм людини поділяються на чотири класи небезпеки: 1 – надзвичайно небезпечні; 2 – високонебезпечні; 3 – помірно небезпечні; 4 – мало небезпечні. .

Шкідливі речовини щодо токсичної дії на зазначені органи або системи людини поділяються на такі, що:

- 1) діють на нервову систему, викликаючи підвищену збудливість, порушення з боку внутрішніх органів, стомлюваність і сонливість. Це *метанол, етиловані бензини*;
- 2) призводять до структурних змін в тканинах печінки – жирового переродження; появи вогнищ омертвіння (некроз) і заростання частини печінки жировою тканиною (цироз). Це *діхлоретан, чотирихлористий вуглець*;
- 3) порушують роботу кровотворних органів, які реагують з гемоглобіном крові, що руйнує червоні кров'яні тільця, порушують кровотворення кісткового мозку. Це *окис вуглецю, бензол, толуол, свинець, тетраетилсвинець*;

					Х.дн 03Б.00.00.00 ПЗ	Арку
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

- 4) зв'язують біологічні каталізатори організму – ферменти, відсутність яких призводить до розладу роботи більшості життєво важливих систем організму. Це *ртуть і фосфорорганічні сполуки*;
- 5) подразнюють верхні дихальні шляхи. Це *пари кислот, ароматичні вуглеводні*;
- 6) припікають і подразнюють шкіру і слизові оболонки. Це *сірчана, азотна, соляна кислоти, їдкий калій і натр, кальцинована сода*;
- 7) викликають утворення злоякісних пухлин – канцерогени – *3, 4-бензпірен*.

Бензин. Етиловані бензини більш токсичні, тому що містять етилову рідину, до складу якої входить тетраетилсвинець. Етилова рідина випаровується навіть при температурі 0°C. Отруєння бензином найчастіше зазнають працівники, зайняті очищенням резервуарів і ємностей, зливом і наливом, а також насосних станцій, водії і заправники літаків. Бензин потрапляє в організм людини через дихальні шляхи і навіть неушкоджену шкіру. Бензин з організму людини виділяється через легені, а розчинений у ньому тетраетилсвинець накопичується в організмі людини, викликаючи важкі отруєння навіть при невеликих кількостях. Хронічне отруєння етилованим бензином настає при його постійному діянні в концентраціях, вище гранично допустимих. При цьому з'являються запаморочення, головний біль, сп'яніння, нудота, блювота.

Гостре отруєння етилованим бензином виникає при вдиханні чи попаданні великих кількостей його на тіло людини, наприклад, при переливанні, розбризкуванні, аваріях, а також під час підсмоктування через шланг і випадкового заковтування. При цьому може порушитися дихання людини, наступити втрата свідомості, судома. При ковтанні з'являються болі в животі і блювота. Робота з етилованим бензином повинна проводитися тільки в спецодязі. Бензин, що потрапив на руки і тіло, треба змивати теплою водою з милом. ***Засмоктування бензину через шланг заборонено.***

					Х.дн 03Б.00.00.00 ПЗ	Арку
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

Перша допомога при отруєннях – винести потерпілого на свіже повітря, утеплити його, при потребі зробити штучне дихання. При подразненні слизової оболонки ока – промити його 2 % розчином питної соди.

Метанол (метиловий спирт) – прозора, безбарвна рідина із специфічним спиртовим запахом. Найбільш шкідливий з усіх спецрідин. Сильна нервово-судинна отрута. Уражає зір. Сліпота настає при прийомі усередину 5...10 г, при прийомі 30 г – смерть.

Симптоми отруєння при легкій формі – загальна слабкість, запаморочення, головний біль, шум у голові, почуття сп'яніння, тремтіння рук, порушення функцій шлунку і кишечника, при отруєнні середньої ваги – розлад зору.

Облиті місця промивають великою кількістю води. У випадку прийому у середину потерпілого негайно направляють до лікарні.

Луги. Потрапляючи на шкіру, луги викликають опік. При попаданні усередину організму зумовлюють важке дихання, як наслідок опіку і набряку гортані, різкі болі в порожнині рота, стравоході і шлунку, кровотечу зі стравохідного і шлункового тракту і послаблення серцевої діяльності.

Вирізняють два види дії шкідливих речовин – гостру й хронічну. Гостра дія – результат впливу великих концентрацій шкідливих речовин протягом невеликого проміжку часу. Хронічна дія – результат тривалого впливу концентрацій шкідливих речовин, що не викликають при однократному вдиханні відчутних ознак отруєння.

Професійні отруєння і захворювання можуть виникати тільки при вмісті шкідливих речовин у повітрі вище визначеної концентрації. Граничнодопустимими концентраціями (ГДК) шкідливих речовин у повітрі робочої зони є такі концентрації, які при щоденній роботі протягом 8 годин і більше, але не більше 41 години на тиждень, протягом набуття робочого стажу не можуть викликати у працюючих захворювань чи відхилень у стані здоров'я, що виявляється за допомогою сучасних методів дослідження.[4]

					<i>Х.дн 03Б.00.00.00 ПЗ</i>	Арку
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

Електронебезпека

При технічній експлуатації електроустаткування промислових підприємств електротравми можуть виникати з таких причин:

- дотик безпосередній до струмопровідних частин електроустановок, які діють під напругою. Це може статися через несправність огорожувальних пристроїв електроустановок, помилкові дії персоналу, коли роботи виконуються поблизу чи безпосередньо на струмопровідних елементах, що знаходяться під напругою, а також з появою напруги (в результаті помилкової подачі) на раніше вимкнених електроустановках і ділянках мережі;
- важкі і смертельні нещасні випадки (понад 200), проаналізовані В.Е.Манойловим, показали, що на випадковий дотик, не викликаний виробничою необхідністю і помилковою подачею напруги, в процесі ремонтів і оглядів електроустановок, припадає близько 53 % усіх електротравм;
- дотик до металевих конструктивних частин електроустановок, які не повинні знаходитися під напругою, але на корпусах, кожухах і огорожувальних пристроях може з'явитися напруга в результаті електричного пробоя чи природного старіння ізоляції електроустановок, а також при замиканні оголених проводів через обрив і падіння на конструктивні частини електроустановок і при відсутності захисного заземлення, ці причини складають близько 22 % усіх травм;
- дотик інструментом і предметами, що мають малий опір, до ізоляції, до струмопровідних частин, а також до неметалевих частин електроустановок, які виявилися під напругою через заводські дефекти в конструкції, під час монтажу і виготовлення. На ці причини припадає 14 % електротравм;
- дотик до стін, підлог, будівельних конструкцій, які виявилися під кроковою напругою. Крокова напруга виникає при розтіканні

					Х.дн 03Б.00.00.00 ПЗ	Арку
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

електричного струму від трубопроводів, будівельних конструкцій, рейкових шляхів, на які перейшов електричний струм в результаті падіння проводів чи погіршення ізоляції. Такі причини складають 2-3 %; дія дуги при операціях із відмикальними пристроями та інші причини. Вони складають близько 6 %.

Перегляд електротравм, проведений В.Е.Манойловим, показав, що електротравми через помилкову подачу напруги на електроустановки під час їх ремонтів і оглядів зумовлюються незадовільною організацією ремонтних робіт, недостатнім знанням працівниками правил з техніки безпеки.

Дуже великий відсоток електротравм при випадковому дотику, не викликаному виробничою необхідністю (до 30 %), і невеликий – при дотику в процесі роботи (до 2 %) дозволяє зробити висновок, що працівники, не пов'язані з експлуатацією електроустановок, не знають, яку небезпеку становить електричний струм для людини.

У ДСТУ 2843–94 “Електротехніка. Основні поняття. Терміни та визначення” установлені терміни і визначення основних понять електробезпеки.

Електробезпека – система організаційних і технічних заходів і засобів, що забезпечують захист людей від шкідливого і небезпечного впливу електричного струму, електричної дуги, електромагнітного поля і статичної електрики.

Електротравма – травма, зумовлена впливом електричного струму чи електричної дуги.

Електротравматизм – явище, що характеризується сукупністю електротравм.

Електричне замикання на корпус – випадкове електричне сполучення струмопровідної частини з металевими не струмоведучими частинами електроустановок.

					Х.дн 03Б.00.00.00 ПЗ	Арку
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

Електричне замикання на землю – випадкове електричне сполучення струмоведучої частини безпосередньо із землею або не- струмопровідними провідними конструкціями, або предметами, не ізольованими від землі.

Струм замикання на землю – струм, що проходить через місце замикання на землю.

Зона розтікання струму замикання на землю – зона землі, за межами якої електричний потенціал, обумовлений струмами замикання на землю, може бути умовно прийнятий рівним нулю.

Напруга щодо землі – напруга щодо місця землі, що знаходиться поза зоною розтікання струму замикання на землю.

Електричний струм не виявляється органами чуття людини. Ураження людини електричним струмом небезпечно тому, що електричний струм може виникнути зненацька на металевих неструмо провідних частинах електроустановок, апаратів, механізмів, а також на поверхні землі, коли людина не застосовує засобів захисту.

Ураження електричним струмом відносяться до небезпечних факторів, що відображаються на всьому організмі. Проте всі електротравми умовно поділяють на два основних види: **місцеві електротравми**, коли виникає місцеве ураження організму, електричний опік, електричні знаки, металізація шкіри; **загальні електротравми**, коли уражається весь організм людини через порушення нервової системи, нормальної діяльності життєво важливих органів і систем – електричний удар.

Електричний опік – найбільш поширена електротравма. Це струмовий опік у мережах до 2 кВ і опік дугою. Температура дуги може бути до 3500 °С. Дуга може виникати при випадкових коротких замиканнях в електроустановках до 6 кВ під час проведення робіт під напругою, на щитах і зборках, виміру переносними приладами та інш. У мережах з напругою вище 10 кВ дуга може виникати під час наближення людини до струмопровідних частин, що знаходяться під напругою.

					Х.дн 03Б.00.00.00 ПЗ	Арку
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

Заходи захисту від ураження електричним струмом

Виконання, розміщення, вибір, спосіб установки і клас ізоляції застосовуваних машин, апаратів та іншого електроустаткування проводять відповідно до вимог державних стандартів і правил експлуатації електроустановок відповідно до НПАОП 40.1-1.21-98

«Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів».
Розглянемо загальні заходи захисту від дії електричного струму.

Застосування ізоляції. Ізоляція струмопровідних частин електроустановок, а в особливих випадках подвійна чи посилена, перешкоджає появі струму на металевих неструмопровідних частинах електроустаткування, протіканню на землю, а також забезпечує захист людини від впливу електричного струму під час випадкового дотику її до струмоведучих частин. Розрізняють наступні види ізоляції.

Робоча ізоляція – електрична ізоляція струмопровідних частин електроустановки, що забезпечує її нормальну роботу і захист від ураження електричним струмом.

Допоміжна ізоляція – ізоляція, передбачена як допоміжна до робочої ізоляції для захисту від ураження електричним струмом у випадку ушкодження робочої ізоляції.

Подвійна ізоляція – ізоляція, що складається з робочої і допоміжної ізоляції.

Посилена ізоляція – поліпшена робоча ізоляція, що забезпечує такий же ступінь захисту від ураження електричним струмом, як і подвійна ізоляція.

Від стану ізоляції, який згодом погіршується, залежить безпека експлуатації електроустановок і систем електропостачання. Стан ізоляції зменшується, знижується еластичність, тому з'являються тріщини, розриви та інш.

Причини погіршення ізоляції електроустановок і мереж:

- вплив низьких і, навпаки, високих температур повітря й устаткування;

					Х.дн 03Б.00.00.00 ПЗ	Арку
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

нагрів ізоляції від струмів, що протікають головним чином під час перевантаження і короткого замикання;

- механічні впливи ударного, вібраційного і розривного характеру;
- вплив хімічно активних речовин, підвищеної і зниженої вологості повітря.

Підтримання ізоляції електроустановок в належному стані, її опір вимірюють або періодично, або безперервно. Приймально-здавальні випробування ізоляції проводяться при уведенні в експлуатацію нових і відремонтованих електроустановок.

Контроль ізоляції періодичний проводять, зазвичай, на вимкненій електроустановці за допомогою **мегометра**, який дозволяє визначати опір ізоляції електроустановок **під номінальною чи близькою до неї напругою**, на відміну від виміру опору ізоляції за допомогою омметра, де напруга, під якою проводиться вимір опору ізоляції, складає одиниці вольт. У мегометра джерелом струму є індуктор, що обертається рукою.

Більш надійна подвійна ізоляція застосовується в електроустановках і електроприймачах, де тільки одна робоча ізоляція не може забезпечити безпеку людей від впливу електричного струму. Наприклад, у ручних електричних машинах ізоляція інтенсивно зношується через великі перевантаження, перегрів, удари, вібрації і забруднення. Тому в машинах I класу всі деталі, що знаходяться під напругою, мають робочу ізоляцію, а окремі деталі подвійну і посилену ізоляцію. У той же час ці машини повинні заземлюватися, а штепсельна вилка повинна мати контакт, що заземлює. У машинах II класу всі деталі, що знаходяться під напругою, мають подвійну чи посилену ізоляцію. У них немає пристрою для заземлення, тому що подвійна ізоляція забезпечує безпеку їх експлуатації. Машини II класу використовуються в побуті. Машини I класу в продаж не допускаються як такі, що потребують заземлення, без якого їхнє застосування небезпечне.

Розміщення струмопровідних частин на недоступній для дотику висоті. Електропроводку усередині приміщень з незахищеними ізольованими проводами прокладають на ізоляторах і роликах на висоті не менше 2 м від

					Х.дн 03Б.00.00.00 ПЗ	Арку
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

підлоги при напрузі вище 42 В. у приміщеннях без підвищеної небезпеки На висоті не менше 2,5 м від рівня підлоги в приміщеннях з підвищеною небезпекою й особливо небезпечних при напрузі вище 42 В.

Відстань до вимикачів, розеток, щитків, світильників на стінах захищають від механічних впливів до висоти не менше 1,5 м від підлоги.

Внутрішні електропроводки усередині приміщень прокладають у трубах, коробах і гнучких металевих рукавах.

Захисні огороження і закриття струмопровідних частин

Захисні огороження і закриття струмопровідних частин у ви- робничих приміщеннях і електроприміщеннях виготовляють сітчастими чи дірчастими. У житлових і громадських будівлях, захисні огороження конструктивно виконують так, що зняти їх або відкрити можна лише за допомогою ключів чи інструментів.

Блокування. Електричні й механічні блокувальні пристрої застосовують в електроустановках, де небезпека дотику до струмоведучих частин велика. Також можливе проникнення сторонніх осіб на електроустановку, що знаходиться під високою напругою.

При електричному блокуванні ланцюг живлення високої напруги розривається, і електроустановка вимикається, коли відчи- няються, наприклад, двері, або знімається захисний кожух чи відкривається панель випробувального стенда, на якому встановлюють нормально замкнуті електричні контакти при зачинених дверях і встановлених кожухах. Якщо електроустановка включається в мережу за допомогою магнітного пускача чи контактора, то доцільно ланцюг живлення обмотки керування магнітного пускача чи контактора підводити через блокувальні контакти.

Механічне блокування не дозволяє відкрити двері електроустановки, не вимкнувши рубильник чи пускач. При вимиканні рубильника механічне блокування замикального пристрою знімається.

					Х.дн 03Б.00.00.00 ПЗ	Арку
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

Захисне вимкнення – швидкодіючий захист, що забезпечує автоматичне вимкнення електроустановки при виникненні в ній струму. Така небезпека виникає при:

- повному чи неповному замиканні фази на корпус електроустановки;
- випадковому дотику людини безпосередньо до струмопровідної частини;
- зниженні опору ізоляції мережі;
- несправності захисного заземлення чи занулення.

Пристрій захисного вимкнення (ПЗВ) складається з чутливого елемента – датчика, що сприймає сигнал, і виконавчого пристрою, що забезпечує, власне, вимкнення електроустановки від мережі при сигналі заданого рівня.

Такі пристрої захисного вимкнення повинні мати: високу чутливість, малий час спрацювання, селективність вимкнення, здатність до самоконтролю справності, достатню надійність.[5]

Робота під тиском

В хімічній промисловості широко використовуються стиснені повітря і гази. Стиснене повітря одержують за допомогою компресорних установок. Гази зберігають у стисненому чи зрідженому стані в газових балонах під великим тиском.

Ємкості, що працюють під великим тиском, і компресорні установки в процесі експлуатації становлять для працівників небезпеку у зв'язку з можливістю вибухів і руйнувань, а також від струменів, що витікають з них, під тиском. Це відбувається через порушення правил безпеки праці, експлуатації, несправності контрольно-вимірювальних приладів, низьку якість матеріалів, з яких виготовлені ємкості.

Потужність вибухів посудин, наповнених стиснутим газом, достатня, щоб частково зруйнувати стіни будинків.

					<i>Х.дн 03Б.00.00.00 ПЗ</i>	Арку
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		47

Робота із посудинами, що працюють під тиском, визначається “Правилами будови і безпечної експлуатації посудин, що працюють під тиском”. Вони поширюються на посудини, що працюють під тиском вище 68 кПа, на цистерни і бочки для перевезення зріджених газів, тиск парів яких при температурі до 50 °С перевищує 68 кПа, на балони, призначені для перевезення і збереження стиснутих, зріджених і розчинених газів під тиском вище 68 кПа.

Правила не поширюються на посудини і балони місткістю нижче 0,025 м³ і на ті, у яких добуток місткості (у метрах кубічних) на робочий тиск (у паскалях) становить не більш 200, а також на частини машин, що не представляють собою самостійних посудин – циліндри двигунів, повітряні ковпаки насосів, амортизаційні стійки шасі, гідроаккумулятори та інш.

Ємкості та їхні елементи, що працюють під тиском, повинні виготовлятися на підприємствах, що мають на це дозвіл органів Держ-нагляду. Посудина повинна поставлятися заводом-виготовлювачем замовнику з паспортом та інструкцією з монтажу і безпечної експлуатації.

На посудині на видному місці повинна бути прикріплена заводом-виготовлювачем металева пластинка з нанесеними тавруванням паспортними даними:

- найменування заводу-виготовлювача;
- заводський номер посудини;
- рік виготовлення;
- робочий тиск;
- допустима температура стінок посудини.
- Правила встановлюють:
 - порядок розслідування аварій і нещасних випадків;
 - вимоги до конструкції посудин і матеріалів з яких вони виготовляються;
 - правила виготовлення і монтажу посудин, арматури і контрольно-вимірювальних приладів та запобіжних установок;

					<i>Х.дн 03Б.00.00.00 ПЗ</i>	Арку
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

- правила реєстрації і технічного огляду посудин, їх будови, обслуговування та інші.

Посудини компресорні, на які поширюються правила, повинні бути до їх пуску зареєстровані в Держнагляді. Порядок реєстрації посудин, що працюють під тиском, установлюється тими ж правилами.

Посудини, які реєструються і не реєструються в органах Держнагляду, повинні враховуватися власниками в книзі обліку й огляду посудин, що зберігається в осіб, що здійснюють нагляд за посудинами на підприємстві.

Інспектор Держнагляду видає дозвіл на пуск у роботу посудин, після їхньої реєстрації і технічного огляду. Дозвіл на пуск у роботу посудин, які не підлягають реєстрації в органах Держнагляду, видається особою, призначеною наказом по підприємству, для здійснення нагляду за ними і на підставі результатів технічного огляду. Цей дозвіл записується в паспорт і книгу обліку й огляду посудини.

При експлуатації власник посудини повинен здійснити:

- внутрішній огляд і гідравлічне випробування знову встановлюваних посудин, не підлягаючих реєстрації в органах нагляду, перед пуском їх у роботу;
- внутрішній огляд усіх посудин (зареєстрованих і не зареєстрованих в органах нагляду) не рідше, ніж через два роки; посудини, що працюють із середовищем, що викликає корозію металу, повинні підлягати внутрішньому огляду не рідше, ніж через 12 місяців.

При огляді виявляються тріщини, розриви, корозія, раковини, дефекти зварювання та інші.

Компресорні установки стисненого повітря становлять небезпеку вибуху і руйнування при перегріві стінок циліндрів через високу температуру стисненого повітря; підвищення тиску у повітропроводах чи повітряних акумуляторах; утворення в стисненому повітрі вибухонебезпечних сумішей через попадання в нього мастил, палив.

					<i>Х.дн 03Б.00.00.00 ПЗ</i>	Арку
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

На компресорній установці до роботи допускаються особи не молодше 18 років, які пройшли навчання з відповідної програми і мають посвідчення на право її обслуговування. Для безпечної роботи компресорної установки необхідно кожної зміни контролювати витрати масла, перевіряти справність запобіжних клапанів, манометрів, термометрів. При раптовому припиненні подачі води для охолодження, з появою запаху гару чи диму, при збільшенні вібрації компресора його слід негайно зупинити до усунення неполадок.

Вібрація та шум

Шум, вібрації, ультра- та інфразвук відносяться до шкідливих виробничих факторів, які при тривалому впливі на працівників можуть призвести до важких професійних захворювань. Часто ці фактори супроводжують один одного. В основі їхнього походження лежать механічні коливання, що поширюються в пружних середовищах. Існує визначена подібність у впливі шуму, ультра- та інфразвука і вібрації на організм людини, але спостерігаються й деякі значні відмінності. Певною мірою подібними є їх фізичні закономірності, що визначають методологію захисту людини від впливу цих шкідливих виробничих факторів.

На сьогодні шкідливий вплив шуму на організм людини науково обґрунтовано. Діючи на орган слуху, центральну і вегетативну нервові системи, а через них на внутрішні органи, шум є причиною розвитку хвороби, спричиненої шумом. Знижуючи загальну опірність організму, він сприяє розвитку інфекційних захворювань. При роботі за умов шуму спостерігаються підвищена стомлюваність і зниження працездатності, погіршуються увага і мовна комутація, створюються передумови до помилкових дій робітників. Внаслідок цього шум може спричинити зниження рівня безпеки праці, а результати його негативного впливу на операторів таких служб цивільної авіації, як зв'язок керування повітряним рухом та інші, можуть позначатися на

					<i>Х.дн 03Б.00.00.00 ПЗ</i>	Арку
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		50

безпеці польотів. Будучи причиною головного болю, дратівливості, неврівноваженого емоційного стану, шум створює передумови до погіршення психологічного стану.

Прояви хвороби, викликані шумом, поділяються на специфічні, що виникають в периферичній частині слухової системи людини (в органі Корті), і неспецифічні, що характерні для інших органів і систем організму людини.

Під впливом шуму відбувається зниження слухової чутливості. Чим значніший шум, тим вище його інтенсивність і експозиція. Стійка втрата слуху настає через п'ять – вісім років роботи за умов, що характеризуються високими рівнями шуму. Механізм впливу шуму слуховим шляхом носить назву кохлеарного, і він є переважним при рівнях нижче 110 дБ.

Вібраційна хвороба. Розглядаючи тіло людини з позиції механіки, його можна при низьких частотах і рівнях вібрації приблизно апроксимувати лінійною системою із зосередженими параметрами. Однією з основних ланок цієї системи є грудинно-брюшна порожнина, резонансні частоти якої знаходяться у діапазоні 3-6 Гц, через що ефективна вібраційна ізоляція людини в положенні, коли вона сидить і приймає їжу, є дуже складною. Ще один резонансний ефект знаходиться у смузі частот 20-30 Гц, він створюється у ланці голова– шия – плече. У діапазоні частот 60-90 Гц виявляються резонансні явища очного яблука, а при частоті 100-200 Гц ці явища охоплюють нижню щелепу – черепну коробку. Частоти резонансу власне черепної коробки знаходяться у межах 300-400 Гц для основної форми коливань і 600-900 Гц – для вищих форм. Тобто для виробничої вібрації найбільш важливим є діапазон низьких частот.

У результаті впливу вібрації може розвинутилася вібраційна хвороба. У людини, що піддається впливу потужної загальної вертикальної вібрації (назва відповідає напрямку розповсюдження вібрації), можуть ушкоджуватися судини головного мозку й оболонки, а також порушуватися циркуляція крові. Вібрації від ручного віброінструмента можуть спричинити ушкодження

					Х.дн 03Б.00.00.00 ПЗ	Арку
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

дрібних кровоносних судин і нервових закінчень у м'язах та шкірі. Характер впливу вібрації може бути загальним чи місцевим, він визначає три форми вібраційної хвороби: периферичну, церебральну і центрально- периферичну.

Першим симптомом периферичної форми захворювання є почуття оніміння в кистях рук і передпліччях. Хворий відчуває печіння, ломоту в руках, ногах. При церебральній формі хвороби першими ознаками є головний біль, почуття тяжкості і шуму в голові. Бувають короточасні запаморочення, а іноді й втрата свідомості. У робітника з'являється дратівливість, порушується сон, виникають спазми судин. У результаті розвивається гіпертонія, загальна слабкість, тремтіння рук.

Засобами індивідуального захисту від шуму є протишумні шоломи, навушники і вкладиші. В цивільній авіації можуть бути рекомендовані наступні типи засобів індивідуального захисту:

- протишумні шоломи ШШЗ-65, ШШЛ-65, шолом-каска ВЦННІОТ-2М;
- протишумні навушники ВЦННІОТ-2;
- протишумні вкладиші ФПОШ «Беруши».

Застосування вкладишів допустимо при рівнях звуку не вище 100 дБА, навушників – 110 дБА, шоломів – 120 дБА.

При рівнях шуму вище 120 дБА, коли потрібен тотальний захист тіла людини, рекомендується одягати, крім шоломів, шумозахисний комбінезон, пояс і черевики.

Засоби захисту від вібрацій у джерелах вібрацій ґрунтуються на урівноважуванні діючих сил і моментів у машинах і механізмах, балансуванні обертових деталей, застосуванні матеріалів з підвищеним внутрішнім тертям, поліпшенні технології виготовлення і т.ін. Зниження рівня вібрації на шляху її поширення досягається застосуванням віброізолюючих конструкцій і вібродемпфуючих матеріалів і покриттів, а також віброгасників. Для забезпечення віброізоляції влаштовують розриви між елементами конструкцій або усувають тверді зв'язки між ними, а також уникають подібності частот

					Х.дн 03Б.00.00.00 ПЗ	Арку
						52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

власних коливань системи і частот сил, що її збурюють. Підвіска двигунів літаків на пружних амортизаторах забезпечує зниження вібрації і шуму в кабінах у всіх смугах звукового спектру від 5 до 8 дБ.

Для вібропоглинання на вібруючі елементи машини наносять в'язкі або пружні матеріали, яким притаманні значні внутрішні втрати. До таких матеріалів відносяться антивібрит, агат, сендвічні конструкції, СКЛ-25 та інш. Зниження вібрації таким чином досягає 2-10 дБ в смузі частот 31,5-8000 Гц. Засоби захисту від вібрації викладені в державному стандарті ГОСТ 12.1.012-90. ССБТ «Вібраційна безпека. Загальні вимоги».

Засобами індивідуального захисту від вібрації є: черевики, рукавиці, виготовлені із віброзахисних матеріалів цілком або в місцях з'єднання з вібруючою поверхнею.[6]

					Х.дн 03Б.00.00.00 ПЗ	Арку
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

Список використаної літератури

1. Морозюк Т. В. Теорія холодильних машин и теплових насосів / Т.В. Морозюк – Одеса: Студія «Негоціант», 2006. – 712 с.
2. Запорожець О. І., Протоєрейський О. С., Франчук Г. М., Боровик І. М. Основи охорони праці. Підручник. – К.: Центр учбової літератури, 2009. – 264 с.
3. Денисенко А. Ф. Охорона праці: конспект лекцій для студ. екон. спец. заочної форми навчання. Ч.1 / А.Ф. Денисенко.– Суми : СумДУ, 2007.– 128 с.
4. Дубровська В.В. Шкляр В.І. Термодинаміка та тепломасообмін. Навчальний посібник. - Київ, НТУ КПП, 2016. - 152 с.
5. Чумак В. Р. та ін. Холодильні установки/Чумак В. Р., Чепурненко В. П., Чуклин Ц. Р. 2-е видав. Перероб і дод. – М.: Легка харчова пром-сть, 1981. - 344с.
6. Петренко О.В., Потапов В.О., Семенюк Д.П. і др. Холодильні машини та установки. Дипломне проектування. Навчальний посібник. Харків, ХДУХТ, 2019.-176с.

					Х.дн 03Б.00.00.00 ПЗ	Арку
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54