

ЗАТВЕРДЖУЮ
Зав. кафедри

_____ підпис, дата

Кваліфікаційна робота бакалавра

**зі спеціальності 133 "Галузеве машинобудування"
освітня програма "Комп'ютерний інжиніринг
обладнання хімічних виробництв"**

Тема роботи: Аміачна холодильна установка. Розробити апарат повітряного охолодження для конденсації парів аміаку

Виконала:
студентка групи ХМдн-81с
Самохвалова Дар'я Романівна

_____ підпис

Залікова книжка
№ 18520274

Кваліфікаційна робота бакалавра
захищена на засіданні ЕК

з оцінкою _____

" ____ " _____ 20__ р.

Підпис голови
(заступника голови) комісії

Керівник:

канд. техн. наук, ст. викладач

Острога Руслан Олексійович

_____ підпис, дата

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

Спеціальність 133 "Галузеве машинобудування"
Освітня програма "Комп'ютерний інжиніринг обладнання хімічних виробництв"

Курс 4 Група ХМдн-81с Семестр 8

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА

Студентці Самохваловій Дар'ї Романівні

1 Тема роботи: Аміачна холодильна установка. Розробити апарат повітряного охолодження для конденсації парів аміаку

2 Вихідні дані: Розробити апарат повітряного охолодження горизонтального типу (АПГ) для конденсації парів аміаку. Продуктивність апарату становить 0,3 кг/с. Аміак потрапляє у трубний простір апарата під абсолютним тиском 1,5 МПа. Температура атмосферного повітря прийняти 18°C.

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

1. Технологічна схема аміачної холодильної установки – 1,0 арк.
2. Складальне креслення апарата повітряного охолодження – 1,0 арк.
3. Складальне креслення секції теплообмінної – 1,0 арк.

4 Рекомендована література: 1. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи бакалавра / укладачі: Р. О. Острога, М. С. Скиданенко, Я. Е. Михайловський, А. В. Іванія. – Суми : СумДУ, 2019. – 32 с.; 2. Сидягин А. А. Расчет и проектирование аппаратов воздушного охлаждения / А. А Сидягин, В. М. Косырев. – Н. Новгород : Наука, 2009. – 150 с.

5 Етапи виконання кваліфікаційної роботи:

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

6 Дата видачі завдання

жовтень 2021 р.

Керівник

підпис

к.т.н., Острога Р.О.

Зміст

	С.
Вступ	5
1 Технологічна частина	7
1.1 Опис технологічної схеми аміачної холодильної установки	7
1.2 Теоретичні основи теплообмінних процесів	9
1.3 Опис об'єкта розроблення та вибір основних конструкційних матеріалів	18
2 Технологічні розрахунки процесу і апарата	22
2.1 Технологічні розрахунки	22
2.2 Конструктивні розрахунки	30
2.3 Аеродинамічний опір трубного пучка	32
2.4 Вибір допоміжного обладнання	34
3 Розрахунки апарата на міцність та герметичність	36
4 Монтаж та ремонт апарата	41
4.1 Монтаж апарата	41
4.2 Ремонт апарата	43
5 Охорона праці	46
Список використаних джерел	53
Додаток – Специфікації до графічної частини	

						XI.T.00.00.00 ПЗ									
	Зм	Лист	№ докум.	Підп.	Дата	АПГ для конденсації парів аміаку Пояснювальна записка			Літ.		Лист		Листів		
	Розроб.	Самохвалова							к	р	б	4		54	
	Перев.	Острога													
	Т. контр.														
	Н. контр.														
	Затв.	Склабінський				СумДУ, ХМдн-81с									

У даній кваліфікаційній роботі запроєктовано апарат повітряного охолодження типу АПГ, який входить до складу аміачної холодильної установки. Загалом, кваліфікаційну роботу бакалавра виконано у відповідності до методичних вказівок [3].

					ХІ.Т.00.00.00 ПЗ	Лист
						6
Зм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

1.3 Опис об'єкта розроблення та вибір основних конструкційних матеріалів

У проектованому апараті повітряного охолодження (рис. 1.2) охолоджуючим агентом є потік атмосферного повітря, яке нагнітається за допомогою вентилятора.

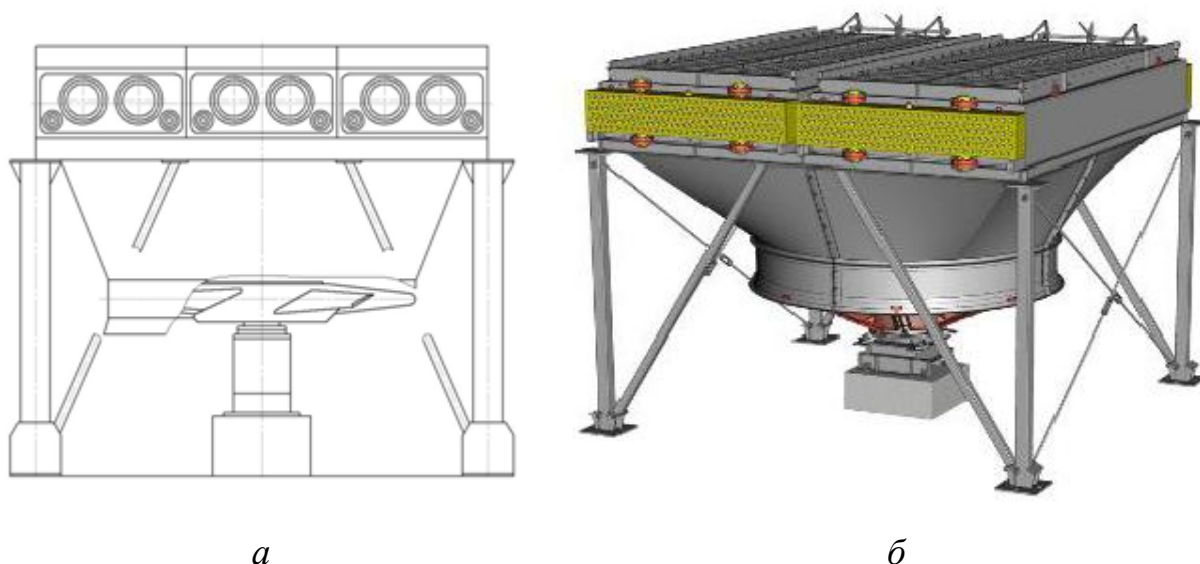


Рисунок 1.2 – Схема (а) трисекційного та модель (б) двосекційного апарата повітряного охолодження з горизонтальним розміщенням труб (тип АПГ)

Принцип роботи даного апарату полягає у наступному. Потік повітря, який нагнітається вентилятором і обдуває горизонтальні трубні секції, конденсуючи при цьому пари аміаку, який рухається усередині трубного пучка. При високій температурі повітря його охолоджують, випаровуючи воду, яка подається через колектор. Для зміни режиму роботи АПО повертають лопаті робочого колеса вентилятора або жалюзі.

Використання АПО дає змогу суттєво скоротити витрату охолоджувальної води, зменшити кількість стічних вод і виключає необхідність очищення зовнішньої поверхні теплообмінних труб. АПО мають порівняно низький коефіцієнт теплопередачі. Це частково компенсується шляхом оребрення зовнішньої поверхні теплообмінних труб та збільшенням швидкості подачі повітря.

Теплообмінна секція (рис. 1.3) являє собою пучок оребрених труб, розташованих у шаховому порядку по ходу руху охолоджуючого повітря. Кінці труб закладені в трубні решітки та закриті кришками з отворами для приєднання зовнішньої трубопровідної обв'язки.

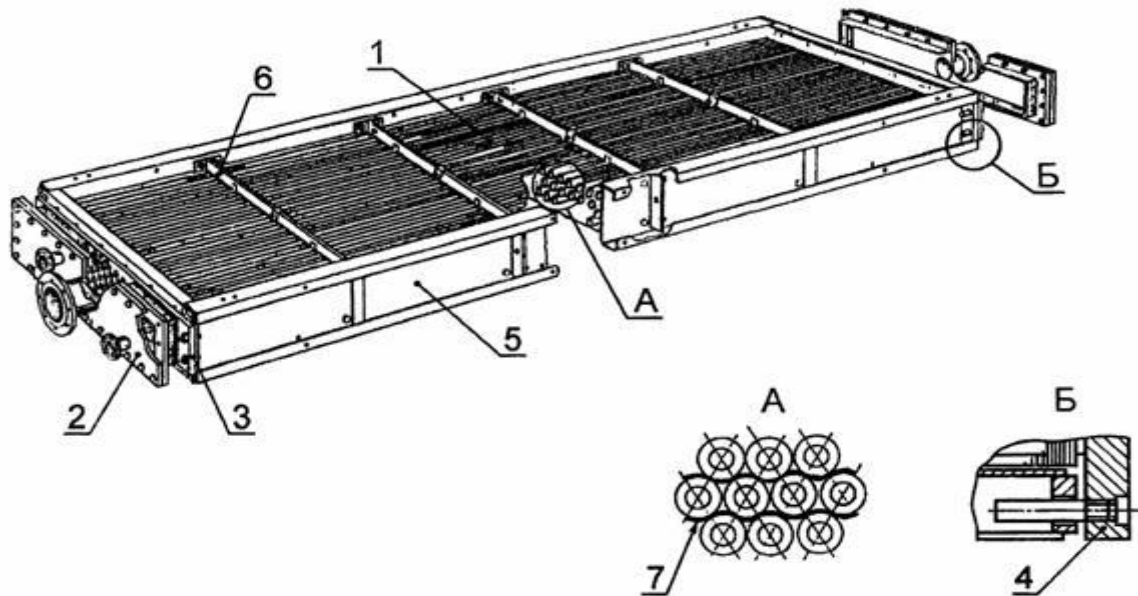


Рисунок 1.3 – Конструкція теплообмінної секції:

1 – трубний пучок; 2 – кришка камери; 3, 4 – нерухома і рухома трубні дошки;
5 – бокова стінка; 6 – балка; 7 – дистанційний елемент

Вентилятори з приводом від електродвигуна призначені для подачі охолоджуючого повітря в теплообмінні секції. Аеродинамічні елементи АПО включають обичайку вентилятора, дифузор і колектор. Несучі конструкції, на яких монтуються теплообмінні секції, виконуються залізобетонними.

Теплопередача в апаратах повітряного охолодження відбувається за принципом протитечії, оскільки при цьому забезпечується: найбільший середній температурний напір, що пов'язано зі скороченням розміру поверхні теплопередачі; найкраще використання середовищ, в сенсі отримання найбільшої зміни температур теплоносіїв при мінімальній їх витраті.

Вентилятором повітря продувається через міжтрубний простір. Пучок труб охолоджується зовні. За рахунок тепловідведення через поверхню охолоджується продукт, що протікає всередині трубок. Щоб повітря рівномірно розподілялося по всій охолоджуючій поверхні труб, вентилятор з'єднується з трубними пучками за допомогою дифузорів.

Для конденсатора приймаємо оребрені біметалічні труби (рис. 1.4) з коефіцієнтом оребрення $\phi = 9$.

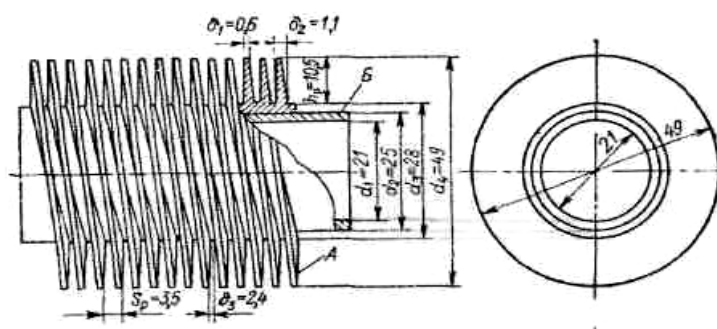


Рисунок 1.4 – Схема оребреної біметалевої труби

Матеріали для виготовлення хімічних апаратів і машин потрібно вибирати відповідно до специфіки їх експлуатації, враховуючи при цьому можливу зміну вихідних фізико-хімічних властивостей матеріалів під впливом робочого середовища, температури і хіміко-технологічних процесів.

Для виготовлення основних деталей та вузлів проектного АПО слід вибирати метали, швидкість корозії яких не перевищує 0,1–0,5 мм/рік [12].

За [13] вибираємо сталь 12Х18Н10Т, яка є технологічною при обробці, добре деформованою, як в гарячому і в холодному станах. Ця сталь добре зварюється усіма видами зварювання і не вимагає обов'язкової термічної обробки виробу.

Також для проектного апарату повітряного охолодження приймаємо біметалічні труби виконання БЗ. Така труба складається із внутрішньої (сталеві) і зовнішньої (алюмінієвий сплав АД1М) з накатним гвинтовим ребром.

Коефіцієнт теплопередачі [6]:

$$K = \frac{1}{\psi \cdot \left(\frac{1}{\alpha_T} + r_1 \right) + \frac{1}{\alpha'_X} + r_2}, \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}} \quad (2.8)$$

де ψ – коефіцієнт збільшення поверхні, $\psi = 12$;

α_T – коефіцієнт тепловіддачі з боку аміаку, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$;

α'_X – приведений коефіцієнт тепловіддачі з боку повітря, що враховує також термічний опір металу, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$;

r_1 і r_2 – термічні опори можливих забруднень відповідно з боку аміаку і повітря, $(\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$.

За [6]: $r_1 = 0,0006 (\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$, $r_2 = 0,0004 (\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$.

Коефіцієнт тепловіддачі з боку аміаку [15]:

$$\alpha_T = \frac{\text{Nu} \cdot \lambda_{\text{CP1}}}{d_1}, \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}} \quad (2.9)$$

де Nu – критерій Нусельта;

λ_{CP1} – коефіцієнт теплопровідності аміаку, $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$;

d_1 – внутрішній діаметр труби, $d_1 = 0,021 \text{ м}$.

Фізичні параметри аміаку при температурі його конденсації в апараті [14]: густина $595 \text{ кг}/\text{м}^3$; коефіцієнт теплопровідності $0,24 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$; теплоємність $2,08 \text{ кДж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$; кінематична в'язкість $0,15 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$.

Мінімальна швидкість руху аміаку в трубах апарату, при якій забезпечується стійкий турбулентний потік, тобто при якій $\text{Re}_{\text{min}}=10^4$.

$$w_{\text{min}} = \frac{10^4 \cdot \nu_{\text{CP1}}}{d_1}, \frac{\text{м}}{\text{с}} \quad (2.10)$$

										Лист
										25
Зм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	ХІ.Т.00.00.00 ПЗ					

Знаходимо швидкість аміаку за формулою (2.11):

$$w_1 = \frac{4 \cdot 5,05 \cdot 10^{-4}}{0,136 \cdot 3} = 0,5 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

Критеріальне рівняння тепловіддачі при турбулентному режимі:

$$\text{Nu} = 0,023 \cdot \text{Re}^{0,8} \cdot \text{Pr}^{0,3}, \quad (2.14)$$

де Re – критерій Рейнольдса;

Pr – критерій Прандтля.

$$\text{Re} = \frac{w_1 \cdot d_1}{\nu_{\text{CP1}}}, \quad (2.15)$$

$$\text{Re} = \frac{0,5 \cdot 0,021}{0,15 \cdot 10^{-6}} = 70000.$$

$$\text{Pr} = \frac{\nu_{\text{CP1}} \cdot c_{\text{CP1}} \cdot \rho_{\text{CP1}}}{\lambda_{\text{CP1}}}, \quad (2.16)$$

$$\text{Pr} = \frac{0,15 \cdot 10^{-6} \cdot 2,08 \cdot 10^3 \cdot 595}{0,24} = 2,1.$$

Значення критерію Нусельта визначаємо за формулою (2.14):

$$\text{Nu} = 0,023 \cdot 70000^{0,8} \cdot 2,1^{0,3} = 216.$$

Розраховуємо коефіцієнт тепловіддачі з боку аміаку:

Зм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

$$\Delta t_m = t_1 - t_{2K} = 30 - 23 = 7 \text{ }^\circ\text{C};$$

$$\Delta t_{cp} = \frac{12 + 7}{2} = 9,5 \text{ }^\circ\text{C}.$$

2.2 Конструктивні розрахунки

Поверхня теплообміну [6]:

$$F_p = \frac{Q}{K \cdot \Delta t_{cp}}, \text{ м}^2 \quad (2.22)$$

$$F_p = \frac{405 \cdot 10^3}{64 \cdot 8} = 791 \text{ м}^2.$$

Коефіцієнт запасу теплообмінної поверхні апарату АПГ:

$$\beta = \frac{F_T - F_p}{F_p} \cdot 100, \% \quad (2.23)$$

$$\beta = \frac{875 - 791}{791} \cdot 100 = 10,62 \text{ } \%$$

Для теплообмінних апаратів коефіцієнт запасу поверхні має становити 10–20 %. Отже, умова виконується.

Визначаємо діаметри штуцерів для введення парів і виходу рідкого аміаку:

$$d = \sqrt{\frac{V}{0,785 \cdot w}}, \frac{\text{м}}{\text{с}} \quad (2.24)$$

де V – об'ємна витрата продукту, $\text{м}^3/\text{с}$;

Зм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

2.3 Аеродинамічний опір трубного пучка

Аеродинамічний опір пучка труб:

$$\Delta P = 9,7 \cdot \frac{\rho_B}{g} (w_y)^2 n_p \left(\frac{S_p}{d_3} \right)^{-0,72} \cdot Re^{-0,24}, \quad \text{Па} \quad (2.26)$$

де $\rho_B = 1,197 \text{ кг/м}^3$ – густина повітря при його початковій температурі [14];
 w_y – швидкість в стиснутому перерізі оребреного трубного пучка, $w_y = 12,9 \text{ м/с}$;
 n_p – число горизонтальних рядів труб в пучку (по вертикалі), $n_p = 4$;
 S_p – крок ребер, $S_p = 0,0035 \text{ м}$;
 d_3 – зовнішній діаметр труби, $d_3 = 0,028 \text{ м}$;
 Re – критерій Рейнольдса, віднесений до діаметра труб d_3 .

$$Re = \frac{w_y \cdot d_3}{\nu_B}, \quad (2.27)$$

де ν_B – кінематична в'язкість повітря; за [14] $\nu_B = 15,761 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$.

$$Re = \frac{15,4 \cdot 0,028}{15,761 \cdot 10^{-6}} = 27359.$$

Аеродинамічний опір пучка труб за формулою (2.26):

$$\Delta P = 9,7 \cdot \frac{1,197}{9,81} \cdot 15,4^2 \cdot 4 \cdot \left(\frac{0,0035}{0,028} \right)^{-0,72} \cdot 27359^{-0,24} = 432 \text{ Па}.$$

Обраний вище вентилятор ЦАГІ КК-2М розвиває напір до 463 Па, а отже він із запасом забезпечить роботу даного апарату.

Витрата енергії для вентилятора:

										Лист
										32
Зм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	ХІ.Т.00.00.00 ПЗ					

3 Розрахунки апарата на міцність та герметичність

Розрахунок плоскої кришки.

Вихідні дані для розрахунку: розрахунковий внутрішній тиск $p=1,5$ МПа; розрахункова температура стінки $t = 30^{\circ}\text{C}$; матеріал – Сталь 12Х18Н10Т; розрахункова довжина кришки секції $D = 1300$ мм; проникність матеріалу $\Pi = 0,1$ мм/рік; термін служби апарату $\tau = 15$ років.

Розрахункова товщина стінки плоскої кришки, що працює під внутрішнім тиском [17]:

– при розрахункових параметрах

$$s_{\text{IR}} = K \cdot K_0 \cdot D_R \cdot \sqrt{\frac{p}{[\sigma] \cdot \varphi}}, \text{ мм} \quad (3.1)$$

де K – коефіцієнт, який визначається в залежності від з'єднання кришки з корпусом; за [17] $K = 0,41$;

K_0 – коефіцієнт ослаблення кришки;

D_R – розрахункова довжина кришки; за [17] $D_R = D = 1300$ мм;

φ – коефіцієнт міцності зварного шва, $\varphi = 1,0$ [17];

$[\sigma]$ – допустиме напруження в робочому стані.

$$[\sigma] = \sigma^* \cdot \eta, \text{ МПа} \quad (3.2)$$

де σ^* – нормативна допустима напруга при розрахунковій температурі;

$\sigma^* = 131$ МПа по табл. 1.2 [34] – для сталі 12Х18Н10Т при температурі 30°C ;

η – поправочний коефіцієнт, що враховує вид заготовки, $\eta = 1,0$ [17].

$$[\sigma] = 131 \cdot 1,0 = 131 \text{ МПа}.$$

									Лист
									36
Зм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	ХІ.Т.00.00.00 ПЗ				

$$s_{1Rи} = 0,41 \cdot 1,29 \cdot 1300 \cdot \sqrt{\frac{1,74}{190,91 \cdot 1,0}} = 45 \text{ мм.}$$

Збільшення до розрахункової товщини стінки [17]:

$$c = c_1 + c_2 + c_3, \text{ мм} \quad (3.7)$$

де c_1 – прибавка для компенсації корозії та ерозії, мм;
 c_2 – прибавка для компенсації мінусового допуску, $c_2 = 0$;
 c_3 – технологічна прибавка, $c_3 = 0$.

Надбавка для компенсації корозії та ерозії:

$$c_1 = \Pi \cdot \tau + c_э, \text{ мм} \quad (3.8)$$

де Π – проникність матеріалу, $\Pi = 0,1$ мм/рік;
 τ – термін служби апарату, $\tau = 15$ років;
 $c_э$ – прибавка для компенсації ерозії, $c_э = 0$.

$$c = c_1 = 0,1 \cdot 15 + 0 = 1,5 \text{ мм.}$$

Виконавча товщина плоскої кришки, що працює під внутрішнім тиском:

$$s_1 = \max(s_{1R}; s_{1Rи}) + c, \text{ мм} \quad (3.9)$$

$$s_1 = \max(50,4; 45) + 1,5 = 50,4 + 1,5 = 51,9 \text{ мм.}$$

Округлюємо до більшого стандартного значенням і отримуємо $s_1 = 52$ мм.

Перевіряємо умову застосування розрахункових формул для плоскої кришки:

$$\frac{s_1 - c}{D_R} \leq 0,1, \quad (3.10)$$

$$\frac{44 - 1,5}{1300} = 0,033 < 0,1.$$

Умову застосування розрахункових формул виконано.

4 Монтаж та ремонт апарата

4.1 Монтаж апарата [18]

Монтаж апаратів повітряного охолодження проводиться у максимально зібраному вигляді – уже зі встановленими вузлами трубопроводів та металоконструкціями каркасів. Установці апарату в проектне положення передують його гідравлічне випробовування на міцність та герметичність. При цьому окремо випробовують міжтрубний і трубний простори.

Апарати встановлюють у проектне положення на фундамент або іншу підставу за допомогою монтажних кранів або інших вантажопідйомних механізмів.

Монтаж, пуск, експлуатація і ремонт АПО повинні проводитися із дотриманням правил безпеки, що встановлені для окремих видів робіт, загальних правил безпеки та пожежної безпеки, викладених у відповідних інструкціях, що діють на даному виробництві.

Апарат повітряного охолодження встановлюється на спеціальній технологічній етажерці. Монтаж АПО проводиться у такій послідовності:

1. Виставляють на технологічній етажерці контейнери; з'єднують та закріплюють їх між собою кріпильними болтами;
2. На контейнер встановлюють дифузори; з'єднують та закріплюють їх між собою кріпильними болтами;
3. Встановлюють та закріплюють теплообмінні секції на штирі дифузорів із відповідним маркуванням;
4. Перевіряють якість виготовлення шпильок, гайок та шайб: різьба повинна бути без забруднень, подряпин, зривів тощо; поверхня на нарізаній частині шпильок – гладкою; гайка, надіта на різьблення шпильки, не повинна мати слабину.

5. Затягують усі болтові з'єднання, використовуючи стандартні ключі, без подовжувачів;

6. Перед затягуванням гайок зробити ретельний огляд привалочних поверхонь фланців – дефекти на цих поверхнях не допускаються.

7. Перевіряють установку в теплообмінній секції відповідних фланців і прокладок на штуцерах входу і виходу робочого середовища.

8. Також слід перевіряти розмір і стан прокладок на відповідність їх розмірам привалочних поверхонь стикуючих фланців. Далі перевірити правильність установки прокладок, переконатися в наявності повного комплекту шпильок в отворах фланців і в тому, що прокладки увійшли в пази. Неповний комплект шпильок або перекос фланців не допускається. Також забороняється підтяжка шпильок під час роботи апарату.

Виявлені під час монтажу дефекти та методи їх усунення повинні бути зареєстровані в паспорті АПО.

Виконати під'єднання АПО до всіх необхідних комунікацій і арматури. Очистити від бруду і сторонніх предметів підводи і відводи трубопроводів перед приєднанням до апарату.

Провести заземлення апарату у відповідності вимогам ПУЕ.

Правильність установки апарату на фундамент вивіряють: теплообмінних секцій – гідростатичним або брусковим рівнем; осей опорних стійок – схилом; відхилення площин кронштейнів опорних стійок від розташування в одній горизонтальній площині – по натягнутій струні; відхилення від горизонтальності приводу вентилятора – брусковим рівнем.

При установці колеса вентилятора повинен бути витриманий рівномірний радіальний зазор в межах допустимих розмірів. При centruванні валів вимірювання слід проводити в чотирьох положеннях при спільному повороті напівмуфт на 90°. Центрування приводу вважається правильним, якщо різниця діаметрально протилежних розмірів перекоосу і паралельного зміщення осей не перевищують 0,06 мм (при діаметрі муфти 250 мм).

Зм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

4.2 Ремонт апарата [19]

Апарати повітряного охолодження часто працюють в умовах підвищеної корозійної активності. Для боротьби з корозійними середовищами в трубних секціях АПО, зазвичай, використовують біметалічні труби із внутрішніми трубами із латуні чи сталі. Трубні решітки також можуть бути виготовлені біметалічними – із захисним шаром латуні товщиною 8 мм.

Стан зовнішньої поверхні елементів апаратів повітряного охолодження, працюючих під тиском, перевіряється у наступних місцях: у місці приварювання фланців; у місці перетину зварних швів; зовнішньої поверхні трубного простору.

Перевіряються наступні дефекти: на поверхні – тріщини, надриви, підвищена швидкість корозії стінок; на зварних швах – дефекти зварювання, тріщини, надриви тощо.

Апарат, який підлягає розборці для ремонту і очищення, повинен бути зупинений, звільнений від теплоносіїв, відключений і заглушений від іншої апаратури, пропарений і пройдений азотом. Повинні бути створені нормальні умови, а саме: тиск – атмосферний, температура – знижена до нормальної, вибухо- і пожежонебезпечні середовища – відсутні. У деяких випадках пропарку і промивку чередують кілька разів. Не можна приступати до ремонтних робіт, якщо температура промивної води перевищує 50°C.

Найбільш поширеними дефектами у апаратів з трубною системою є:

1. Виривання трубок із трубних решіток. Дана проблема, зазвичай, виникає через нерівномірне розширення трубок і корпусу. Варіанти вирішення:

- зачищення місця розриву і обварювання трубки заново;
- висвердлювання трубки і установка нової трубки;
- зачищення і заглушка трубки.

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

звичай, теплообмінники розраховують таким чином, щоб без сильного впливу на технологічний процес можна було заглушити до 10 % трубок.

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

- висвердлювання трубки і установка нової трубки;
- зачищення і заглушка трубки.

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

3. Наскрізна корозія корпусу чи камери. Дана проблема, так само як і наскрізна корозія трубок, зазвичай виникає або через тривалість використання теплообмінника і безпосередній корозії, або при неправильно підбраному матеріалі. Варіанти вирішення:

- підварювання або установка заплатки;
- виготовлення нової камери чи корпусу.

4. Засмічення трубок чи міжтрубного простору. Ця проблема може виникнути в тому випадку, якщо один із теплоносіїв не фільтрується належним чином, або якщо відбувається поява природного нагару (наприклад, при роботі з вихлопними газами).

Варіанти вирішення:

- механічне очищення;
- хімічне очищення.

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

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

5. Покриття вапном (накипом). Ця проблема може виникнути в тому випадку, якщо один з теплоносіїв є рідина (як у нашому випадку – вода) з невідповідним для даного процесу хімічним складом (наприклад, надмірно мінералізована). Варіанти вирішення: очистка за допомогою спеціальних хімічних засобів.

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

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

5 Охорона праці [20, 21]

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

Пожежна безпека речовин, тобто ступінь ймовірності виникнення горіння їх при рівних умовах, визначається різними параметрами. Зазвичай, при оцінці пожежної безпеки речовин застосовуються не всі параметри, а тільки основні з них, які досить повно характеризують речовини.

Пожежна безпека **горючих газів** характеризується температурою самозаймання і областю займання, тобто концентраційними межами заpalення. Температура самозаймання більшості газів лежить в межах 200–600°C. Виняток становить фосфористий водень, який на повітрі самозаймається. Чим нижче температура самозаймання газу, тим він небезпечніший, оскільки в цьому випадку невеликі джерела займання можуть викликати вибух його сумішей з повітрям.

Пожежна безпека **горючих рідин** характеризується температурою самозаймання, областю займання, тобто концентраційними і температурними межами займання, температурою спалаху і займання. Температура самозаймання більшості рідин лежить в тих же межах температур, як і у газів, за винятком рослинних масел і скипидару, які, перебуваючи на поверхні волокнистих і порошкоподібних речовин, здатні самозайматися, а також металорганічних з'єднань (три-ізо-бутан-алюміній, какоділ, цінкметіл, цінкетіл та ін.), які при зіткненні з повітрям самозаймаються.

На відміну від газів концентрації парів рідин із повітрям залежать від температури рідин, тому область займання їх можна висловлювати через температуру. Такими параметрами є температурні межі займання.

Нижньою температурною межею займання називається та найменша температура рідини, при якій вона, випаровуючись, створює з повітрям суміш

парів, здатну займатися при піднесенні джерела займання. Концентрація парів рідини при нижній температурній межі займання дорівнює нижній концентраційній межі займання.

Верхньою температурною межею займання називається та найбільша температура рідини, при якій вона, випаровуючись, створює з повітрям суміш, здатну займатися при піднесенні джерела займання. При більш високій температурі утворюються суміші, які в закритій посудині горіти нездатні. Концентрація парів рідини при верхній температурній межі дорівнює верхній концентраційній межі займання. У табл. 5.1 наведені температурні межі займання деяких рідин.

Таблиця 5.1 – Температурні межі займання рідин

Рідини	Температурні межі, °С		Рідини	Температурні межі, °С	
	нижня	верхня		нижня	верхня
Ацетон	-20	+6	Масло солярове	+116	+147
<u>Бензил А-74</u>	-36	-7	Масло трансформаторне	+122	+163
Керосин тракторний	+4	+35	Скипидар	+32	+53
Керосин освітлювальний	+45	+86	Толуол	0	+30

Нижня температурна межа займання інакше називається температурою спалаху. За температури спалаху всі рідини діляться на легкозаймисті та горючі. Легкозаймистими називаються рідини, що мають температуру спалаху до 45°C, а горючими – вище 45°C.

Температуру спалаху рідини можна визначити за формулою:

$$P_{т.в} = \frac{P_{ОБЩ}}{1 + (N - 1) \cdot 4.76} \quad (5.1)$$

Знайдену тиску насиченої пари в таблицях знаходять відповідну температуру рідини. Ця температура і є температурою спалаху рідини.

Температуру спалаху можна також визначити за величиною нижньої концентраційної межі займання:

$$P_{т.в} = \frac{\nu_{н.п} P_{ОБЩ}}{100} \quad (5.2)$$

При температурі спалаху відбувається тільки згоряння утвореної суміші парів, а сама рідина не горить. Вона спалахує при температурі займання. Температурою займання називається та найменша температура рідини, при якій від піднесеного джерела спалахують пари і продовжує горіти рідина. У легкозаймистих рідин температура займання на 1–5°C перевищує температуру спалаху. У горючих рідин ця різниця доходить до 30°C і вище.

Пожежна небезпека **твердих речовин** характеризується температурою самозаймання і температурою займання. Температура самозаймання більшості твердих речовин лежить в тих же межах, що і газів. Однак багато твердих речовин мають температуру самозаймання до 50°C, тому відносяться до самозаймистих (білий фосфор, сірчисті метали, порошки металів, кам'яне вугілля, торф та ін.).

Багато твердих речовин при нагріванні розкладаються з виділенням парів і газів. Найменша температура твердих речовин, при якій утворюються пари і гази спалахують і продовжують горіти при піднесенні до них джерела займання, називається температурою займання. Температура займання деяких твердих речовин приведена в табл. 5.2.

Таблиця 5.2 – Температура займання деяких твердих речовин

Найменування матеріалів	Температура займання, °C	Найменування матеріалів	Температура займання, °C
Повсть будівельна	287	Тирса соснова	214
Деревина соснова	236	Плита деревоволокниста	222
Лінолеум гумовий	308	Плита торф'яна	165
Лінолеум хлорвініловий	380	Руберойд РМ-350	303

Відповідно до ГОСТ 12.1.044-89 «Вогнестійкість речовин і матеріалів» твердими називаються матеріали, температура плавлення або розкладання яких перевищує 50°C, а також речовини, що не мають температури плавлення (деревина, тканини та ін.).

Тверді горючі матеріали (ТГМ) можна класифікувати за кількома ознаками:

- за хімічним складом;
- за поведінкою при нагріванні.

До вуглеводнів відносять природні, штучні і синтетичні полімерні матеріали, до складу яких входять вуглець, водень, азот і кисень. За структурою вуглеводні – це матеріали однорідної будови.

В окрему підгрупу відносять природні органічні речовини, основою яких служить целюлоза. До них відносяться полімерні матеріали рослинного походження (деревина, бавовна та ін.), які на відміну від штучних та синтетичних полімерів не є однорідними матеріалами, а сумішшю природних полімерів. Поведінка в умовах пожежі всіх рослинних матеріалів схоже, і з цієї причини їх об'єднують в одну групу – целюлозовмісні матеріали.

Елементорганічні з'єднання – органічні речовини, до складу яких входять такі елементи, як сірка, фосфор, кремній, галоїди і метали. В умовах пожежі елементорганічні з'єднання утворюють особливо токсичні речовини і з цієї причини їх виділяють в особливу групу.

Неорганічні тверді горючі речовини – це метали і неметали. Практично всі метали за нормальних умов окислюються на повітрі. Але до горючих відносяться тільки ті, які можуть займатися на повітрі від відкритого джерела запалювання середньої потужності і самостійно горіти після його видалення. До найбільш пальних відносяться лужні і лужноземельні метали.

До неметалів відносять фосфор, миш'як, кремній, сірку. Механізм їх займання багато в чому нагадує особливості горіння металів.

Горіння – це фізико-хімічний процес взаємодії горючої речовини і окислювачем, що супроводжується виділенням теплоти і випромінюванням світла. У звичайних умовах це процес окислення або з'єднання горючої речовини з киснем, що знаходиться у вільному стані в повітрі або хімічних сполуках у зв'язаному стані.

Деякі речовини можуть горіти в атмосфері хлору (водень), в парах сірки (мідь) або вибухати без кисню (ацетилен, хлористий азот тощо).

Для харчових підприємств найбільш характерно горіння, що відбувається при окисленні горючих речовин киснем повітря і виникає при наявності джерела запалювання з достатньою для займання температурою горіння. Горіння припиняється при відсутності одного із цих умов. Слід мати на увазі, що для харчових підприємств характерні всі різновиди горіння, в тому числі і ті, що виникають без зовнішнього джерела теплоти: спалах, займання та самозаймання.

Спалах – процес швидкого згоряння суміші газів або парів горючої речовини з повітрям від зовнішнього джерела теплоти без переходу в горіння.

Займання – загоряння газів або парів горючої речовини від зіткнення з джерелом теплоти з подальшим розвитком процесу горіння.

Самозаймання – займання без стороннього джерела теплоти, що виникає при самотійному розкладанні пального речовини з утворенням парів і газів, що з'єднуються з киснем повітря.

Розрізняють два основних види горіння: повне і неповне. Повне відбувається при достатній або надлишковій кількості кисню і в основному супроводжується утворенням парів води і діоксиду вуглецю. Неповне відбувається при його нестачі і більш небезпечне, оскільки при цьому утворюється токсичний оксид вуглецю та інші газу.

Якщо кисень проникне в зону горіння внаслідок дифузії, що утворюється, полум'я називається дифузійним, і воно має три зони. Газу або пари, що знаходяться в зоні 1, не горять (температура не перевищує 500°C), в зоні 2 вони згорають частково, в зоні 3 повністю, і температура полум'я тут найбільш висока.

Горіння також буває гомогенним і гетерогенним. При гомогенному горінні всі реагуючі речовини мають однаковий агрегатний стан, наприклад газоподібний. Коли вони знаходяться в різних агрегатних станах і є межа розділу фаз в горючій системі, горіння є гетерогенним. Гетерогенне горіння, пов'язане з утворенням потоку горючих газоподібних речовин, є одночасно і дифузійним.

Залежно від швидкості поширення полум'я горіння може відбуватися у формі дефлаграційного горіння: вибух і детонація. При першому нормальна швидкість горіння, що представляє швидкість руху полум'я на границі між згорілою і незгорілою частинами суміші, змінюється від декількох сантиметрів до декількох метрів в секунду. Так, наприклад, швидкість горіння 10,5 % суміші метану з повітрям 37 см/с.

Повільне рівномірне поширення горіння стійко лише в тому випадку, якщо воно не супроводжується підвищенням тиску. Якщо воно відбувається в замкнутому просторі або коли вихід газу утруднений, продукти реакції не тільки нагрівають прилеглий до фронту полум'я шар, але і, розширюючись за

						ХІ.Т.00.00.00 ПЗ				Лист
Зм	Лист	№ докum.	Підпис	Дата						51

рахунок високої температури, призводять незгорілий газ в рух. Невпорядкований рух обсягів газу в палаючій суміші викликає значне збільшення поверхні фронту полум'я, що призводить до вибуху. Вибух – це швидке перетворення речовини, що супроводжується виділенням енергії і утворенням стислих газів, здатних зробити роботу. Швидкість поширення полум'я при вибуху досягає сотень метрів в секунду.

					ХІ.Т.00.00.00 ПЗ	Лист
						52
Зм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Список використаних джерел

1. Матеріал з Вікіпедії. Ам'ячна холодильна установка [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://ru.wikipedia.org>
2. Особливості застосування ам'ячних холодильних машин. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://holod-proekt.com/2014/07/application-features-of-ammonia-refrigerating-machines>
3. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи бакалавра / укладачі: Р. О. Острога, М. С. Скиданенко, Я. Е. Михайловський, А. В. Іванія. – Суми : Сумський державний університет, 2019. – 32 с.
4. Идентификация предаварийных ситуаций на аммиачной холодильной установке на основе экспертной информации [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://www.dissercat.com/content/identifikatsiya-predavariinykh-situatsii-na-ammiachnoi-kholodilnoi-ustanovke-na-osnove-ekspe>
5. Бахмат Г. В. Аппараты воздушного охлаждения газа на компрессорных станциях / Г. В. Бахмат, Н. В. Еремин, О. А. Степанов. СПб. : Недра, 1994. – 512 с.
6. Сидягин А. А. Расчет и проектирование аппаратов воздушного охлаждения / А. А Сидягин, В. М. Косырев. – Н. Новгород : Наука, 2009 – 150 с.
7. Крюков Н. П. Аппараты воздушного охлаждения / Н. П. Крюков. М. : Химия, 1983. – 168 с.
8. Касаткин А. Г. Основные процессы и аппараты химической технологии / А. Г. Касаткин. – М. : Химия, 1973. – 752 с.
9. Эмирджанов Р. Т. Основы технологических расчетов в нефтепереработке и нефтехимии / Р. Т. Эмирджанов, Р. А. Лемберанский . – М. : Химия, 1989. – 192 с.
10. Кузнецов А. А. Расчеты процессов и аппаратов нефтеперерабатывающей промышленности / А. А. Кузнецов, С. М. Кагерманов, Е. Н. Судаков. – Л. : Химия, 1974 – 344 с.
11. Павлов К. Ф. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии : Учебное пособие для вузов / К. Ф. Павлов, П. Г. Романков, А. А. Носков. – 10-е изд., перераб. и доп. – Л. : Химия, 1987. – 576 с.

- 12.Лазинский А. А. Конструирование сварных химических аппаратов : Справочник / А. А. Лазинский. – Л. : Машиностроение, 1981. – 382 с.
- 13.Марочник сталей и сплавов / Колосков М. М., Долбенко Е. Т., Каширский Ю. В. и др. Под общей ред. А. С. Зубченко. – М. : Машиностроение, 2001. – 672 с.
- 14.Врагов А. П. Матеріали до розрахунків процесів та обладнання хімічних і газонафтопереробних виробництв : Навчальний посібник / А. П. Врагов, Я. Е. Михайловський, С. І. Якушко. – За ред. А. П. Врагова. – Суми : Вид-во СумДУ, 2008. – 170 с.
- 15.Основы расчета и проектирования теплообменников воздушного охлаждения / А. Н. Бессонный, Г. А. Дрейцер, В. Б. Кунтыш и др.; Под общ. ред. В. Б. Кунтыша, А. Н. Бессонного. – СПб.: Недра, 1996. – 512 с.
- 16.Основные процессы и аппараты химической технологии : Пособие по проектированию / Под ред. Дытнерского Ю. И. – М. : Химия, 1983. – 272 с.
- 17.Расчет и конструирование машин и аппаратов химических производств: Примеры и задачи : Учеб. пособие для студентов вузов / М. Ф. Михалев, Н. П. Третьяков, А. И. Мильченко, В.В. Зобнин; Под общ. ред. М. Ф. Михалева. – Л. : Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1984. – 301 с.
- 18.Гайдамак К. М. Монтаж оборудования предприятий химической и нефтехимической промышленности / К. М. Гайдамак, Б. А. Тыркин. – М. : Высшая школа, 1974. – 286 с.
- 19.Фарамазов С. А. Ремонт и монтаж оборудования химических и нефтеперерабатывающих заводов / С. А. Фарамазов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Химия, 1980. – 312 с.
- 20.Параметры, определяющие пожарную опасность веществ [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://studfile.net/preview/3617529/page:4/>
- 21.Процессы горения и взрыва [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://ohrana-bgd.narod.ru/edaproiz_81.html

					XI.T.00.00.00 ПЗ	Лист
Зм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		54