

Міністерство освіти і науки України
Сумський державний університет
Факультет технічних систем та енергоефективних технологій
Кафедра технічної теплофізики

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

здобувача за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти
зі спеціальності 142 «Енергетичне машинобудування»
освітньо-професійної програми «Холодильні машини і
установки»

на тему «Мобільний абсорбційний холодильник»

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

Завідувач кафедри

С. М. Ванєєв

Керівник роботи

М. Г. Прокопов

Здобувач

А. І. Шеліхова

Група

ХК-71/2 Х

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ЗАВДАННЯ ДО ВИПУСКНОЇ РОБОТИ
РОЗРАХУВАТИ І СПРОЕКТУВАТИ
АБСОРБЦІЙНИЙ ХОЛОДИЛЬНИК

Вихідні дані:

- холодопродуктивність $Q_0 = 400$ кВт;
- температура охолоджуваного приміщення $t_{on} = -25^\circ\text{C}$;
- температура розсолу на вході у випарник $t_{p1} = -28^\circ\text{C}$;
- температура розсолу на виході із випарника $t_{p2} = -26^\circ\text{C}$;
- температура охолоджуваної води на вході в конденсатор $t_{в1} = 12^\circ\text{C}$;
- тиск гріючого пару $p_{гр.п.} = 0,35$ МПа;
- кількість дистиляту $G_d = 0,347$ кг/с;
- масова частка аміаку у вихідній суміші $a_f = 0,35$;
- масова частка аміаку в дистиляті $a_d = 0,92$;
- масова частка аміаку в кубовому залишку $a_w = 0,16$.

Зміст

ВСТУП.....	4
1. ТЕРМОДИНАМІЧНИЙ РОЗРАХУНОК ЦИКЛУ.....	9
2. ТЕПЛОВИЙ РОЗРАХУНОК ГЕНЕРАТОРА	15
3. РОЗРАХУНОК ВИПАРНИКА	23
4. ГІДРАВЛІЧНИЙ РОЗРАХУНОК ТРАКТУ ПОДАЧІ ВИХІДНОЇ СУМІШІ В ГЕНЕРАТОР.....	27
ВИСНОВКИ.....	36
ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКИ	38
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ	42
Додаток А	43
Додаток Б	44

					<i>ХМ 13.00.00.00 ПЗ</i>		
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>			
<i>Разраб.</i>	<i>Шеліхова</i>				<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Провер.</i>	<i>Прокопов</i>				3	44	
<i>Реценз.</i>					<i>СумДУ ХК-71/2 Х</i>		
<i>Н. Контр.</i>							
<i>Утверд.</i>	<i>Ванєєв</i>						

Розрахунок холодильної абсорбційної машини

ВСТУП

Абсорбція – поглинання газу в об’ємі, а також вибіркоче поглинання одного або декількох компонентів газової суміші рідким поглиначем (абсорбентом). Поглинання відбувається або в результаті розчинення в абсорбенті, або в результаті хімічної взаємодії. В першому випадку процес називається фізичною абсорбцією, в другому – хемабсорбцією.

Абсорбентами служать однорідні рідини, або розчини активного компонента в рідкому розчину.

До абсорбентів пред’являють наступні вимоги : висока абсорбційна здатність; селективність; низький тиск парів; хімічна інертність по відношенню до конструкційних матеріалів; не токсичність; вогне- і вибухобезпечність.

З технологічної точки зору, кращими є ті абсорбенти, витрати яких для певного процесу найменші, тобто, в котрих розчинність речовини, що поглинається, вище. Тому абсорбенти обирають по даним про розчинність в них речовин, що поглинаються.

Фізична абсорбція газу частіше супроводжується виділенням теплоти, значить, що в результаті підвищення температури абсорбенту можливе різке зниження розчинності газу. Тому для підтримки продуктивності абсорбенту вдаються до його охолодження.

Принципова схема абсорбційної холодильної установки

В генераторі за рахунок підігріву відбувається випаровування аміачного розчину, в результаті чого, утворюється аміачний пар з незначною домішкою води. Внаслідок чого, вміст аміаку в розчині може зменшуватися, якщо його не поповнювати міцним концентрованим розчином. Отриманий пар попадає в конденсатор, де за рахунок зовнішнього охолодження перетворюється в рідину. Рідкий аміак рухається в регулюючий вентиль, де відбувається зниження тиску з частковим випаровуванням рідкого аміаку і зниженням його температури. Надалі аміак надходить у випарник, де він переходить в парову фазу за рахунок тепла, підведеного холодоносієм. Пари

										Лист
										4
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата						

ХМ 13.00.00.00 ПЗ

аміаку поступають в абсорбер, де поглинаються слабким розчином, що надходить з генератора. Для можливості непереривності процесу теплоту абсорбції відводять за допомогою охолодженої води. В результаті в абсорбері утвориться міцний аміачний розчин, котрий насосом перекачується в генератор. А замість нього із генератора через вентиль в абсорбер подається слабкий розчин. Тобто, в простій абсорбційній установці є 2 апарата, в котрих тепло підводиться до робочого тіла ззовні (генератор і випарник) і 2 апарата, в котрих тепло відводиться від робочого тіла (конденсатор і абсорбер).

Апарати абсорбційної холодильної установки

Генератор для абсорбційних холодильних установок виконуються у виді горизонтальних або вертикальних кожухотрубних апаратів або ж у виді елементних двотрубних апаратів.

На рисунку зображено трубчатий генератор з ректифікаційною колоною, яка обігрівается димовими газами. У між трубному просторі кипить аміачна суміш. Ця суміш надходить в апарат через ректифікаційну колону.

Якщо апарат вертикальний, то газ або гріючий пар надходить в між трубний простір, а розчин кипить у трубах. Вихідний розчин надходить в ректифікаційну колону, розташовану над гріючою поверхнею. Колони генераторів у якості насадок використовують тарілки або кільця Рашига.

В елементних генераторах гріючий пар або газ рухається всередині трубок, а водо-аміачний розчин кипить в між трубному просторі. Цей апарат має виносний ректифікатор, в деяких випадках і дефлегматор.

Абсорбери виконуються як горизонтальними, так і вертикальними плівочними (протivotочні). В горизонтальних зрошувальних абсорберах розчин надходить в апарат зверху і зрошує трубки, всередині котрих циркулює охолоджена вода. Знизу подається пар, котрий поглинається розчином. Міцний розчин в абсорбері відводиться з нижньої частини.

					ХМ 13.00.00.00 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		5

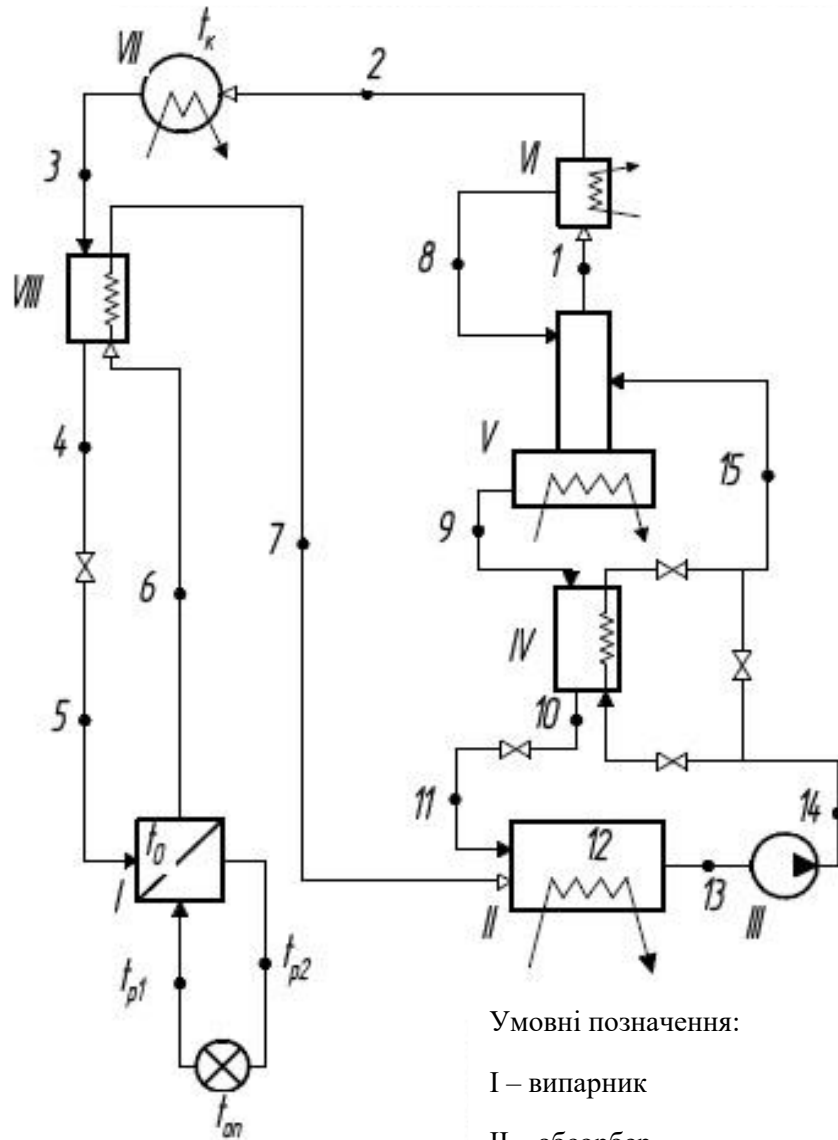
Інші апарати (конденсатор, дросельний вентиль, випарник, теплообмінники) не мають принципової відмінності від апаратів для компресійної холодильної установки розглянутої раніше.

Параметричний ряд абсорбційних холодильних установок водо-аміачних по потужності, кВт (ккал/год) : 580 (500); 1160 (1000); 1860 (1600); 2900 (2500); 4650 (4000); 7330 (6300); 9280 (8000).

Водо-аміачні машини холодильною потужністю 1,16 Мвт з температурою охолодження 258 К працюють на пару із відбору турбін ТЕЦ, на заводах штучного волокна, на машинобудівельних заводах і використовуються у будівництві.

					ХМ 13.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		6

Схема абсорбційної холодильної установки



Умовні позначення:

- I – випарник
- II – абсорбер
- III – насос міцного розчину
- IV – теплообмінник розчину
- V – ректифікаційна колона
- VI – конденсатор
- VII - переохолоджувач

Рисунок 1.

Процеси абсорбційної холодильної установки

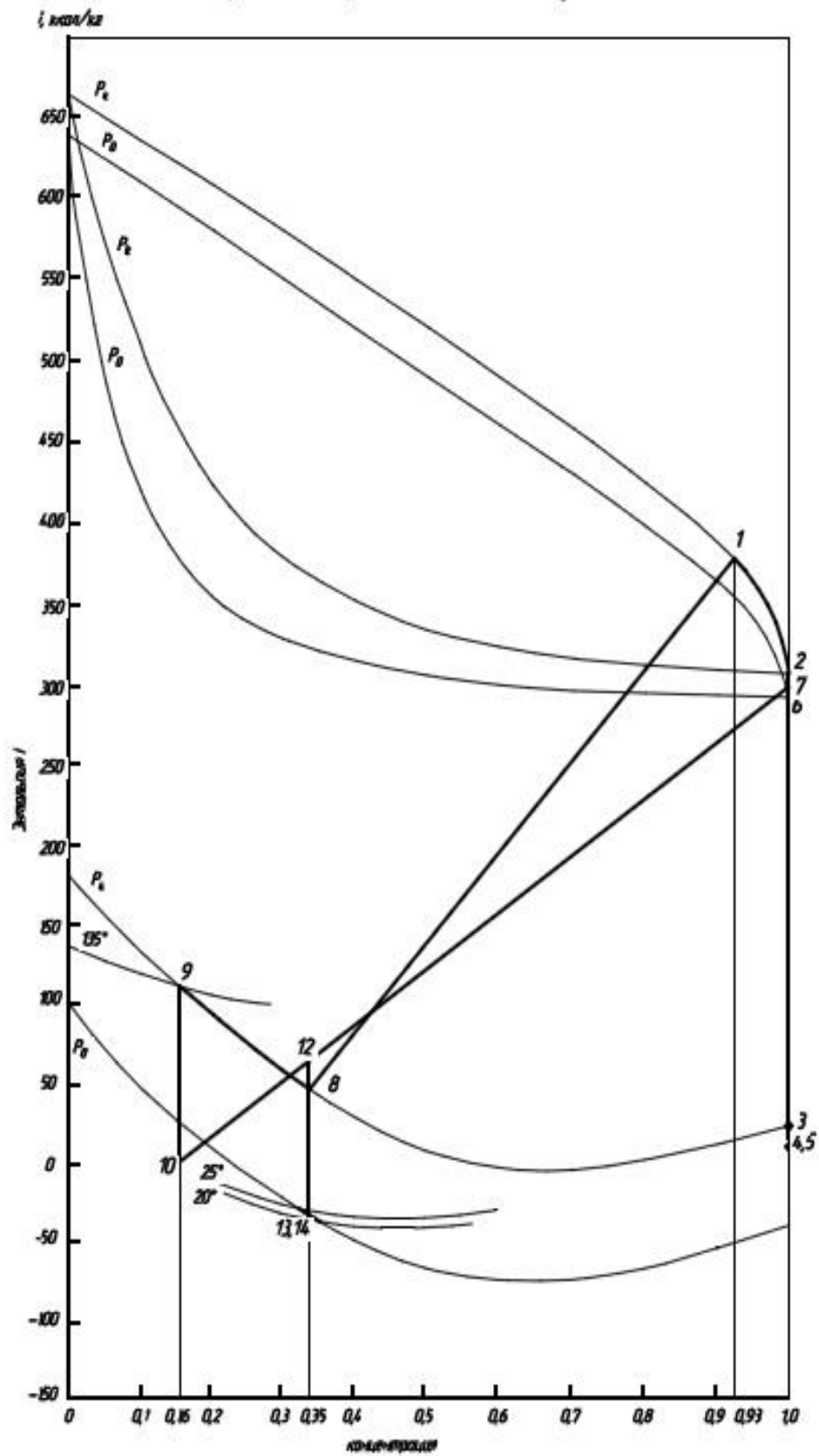


Рисунок 2

					ХМ 13.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		8

1. ТЕРМОДИНАМІЧНИЙ РОЗРАХУНОК ЦИКЛУ

Схема абсорбційної холодильної установки зображена на рисунку 1. Процеси, які протікають в абсорбційній холодильній установці, показані на рисунку 2.

Так як температура охолоджуваного приміщення $t_{on} = -25^{\circ}\text{C}$, то приймаємо температури розсолу на вході і виході із випарника: $t_{p1} = -28^{\circ}\text{C}$ і $t_{p2} = -26^{\circ}\text{C}$.

Температура випаровування:

$$t_0 = t_{p1} - 5 = -28 - 5 = -33^{\circ}\text{C}.$$

Так як температура охолоджуваної води на вході в конденсатор $t_{B1} = 12^{\circ}\text{C}$, то приймаємо температуру води на виході $t_{B2} = t_{B1} + 5 = 17^{\circ}\text{C}$.

Температура конденсації:

$$t_k = t_{B2} + 7 = 17 + 7 = 24^{\circ}\text{C}.$$

По таблицям стану насичення для аміаку:

$$P_0 = 0,1 \text{ МПа} = 1 \text{ ата},$$

$$P_k = 0,97 \text{ МПа} = 9,7 \text{ ата}.$$

Температура міцного розчину на виході з абсорбера:

$$t_{13} = t_{B2} + 5 = 17 + 5 = 22^{\circ}\text{C}.$$

По тиску P_0 і температурі t_{13} визначаємо концентрацію розчину $\xi_{\text{мр}}$ і його ентальпію i_{13} .

$$i_{13} = -35 \text{ ккал/кг},$$

$$\xi_{\text{мр}} = \xi_{13} = 0,35.$$

Температура слабкого розчину на виході з генератора, приймаючи тиск гріючого пару $p_{\text{гр.п.}} = 0,35 \text{ МПа}$:

					ХМ 13.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		9

$$t_9 = t_{\text{гр.п.}} - 5 = 139 - 5 = 134^\circ\text{C}.$$

По тиску P_k і по температурі t_9 визначаємо концентрацію слабкого розчину $\xi_{\text{сп}} = \xi_{13}$ і його ентальпію i_9 .

$$i_9 = 122 \text{ ккал/кг},$$

$$\xi_{\text{мр}} = \xi_{13} = 0,16.$$

Кратність циркуляції (тобто, відношення масової витрати міцного розчину до масової витрати парів ХА із дефлегматора):

$$f = \frac{G_{\text{кр}}}{D} = \frac{G_{15}}{G_2} = \frac{\xi_2 - \xi_9}{\xi_{13} - \xi_9}.$$

При вірно організованому процесі дефлегмації та ректифікації $\xi_2 \approx 1$, тому:

$$f = \frac{\xi_2 - \xi_9}{\xi_{13} - \xi_9} = \frac{1 - 0,16}{0,35 - 0,16} = 4,42.$$

Температура пару після дефлегматора повинна на Δt_∂ перевищувати температуру конденсації чистого агенту при тиску P_k .

$$t_2 = t_{\text{в2}} + \Delta t_\partial = 17 + 8 = 25^\circ\text{C}, (t_2 > t_k).$$

Його ентальпія визначається з діаграми по $\xi_2 \approx 1$ і P_k .

$$i_2 = 309 \text{ ккал/кг}.$$

По $i - \xi$ діаграмі визначаються параметри пару, рівноважного киплячому міцному розчину.

Рідина:

$$P_1 = P_8 = P_k, t_1 = t_8 = 85^\circ\text{C}, i_8 = 49 \text{ ккал/кг}, \xi_8 = \xi_{\text{мр}} = 0,35.$$

					ХМ 13.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		10

Пара:

$$P_1 = P_8 = P_k, t_1 = t_8 = 85^\circ\text{C}, i_1 = 380 \text{ ккал/кг}, \xi_1 = 0,93.$$

Питоме відведення флегми із дефлегматора (тобто, відношення масової витрати флегми до масової витрати пара на виході з дефлегматора) .

Флегмове відношення:

$$\varphi = \frac{G_8}{G_2} = \frac{\xi_2 - \xi_1}{\xi_1 - \xi_8} = \frac{1 - 0,93}{0,93 - 0,35} = 0,12.$$

Питоме теплове навантаження дефлегматора, тобто відвід теплоти з дефлегматора на одиницю масової витрати пара із дефлегматора:

$$\begin{aligned} q_{\partial} &= (i_1 - i_2) + \varphi(i_2 - i_8) = (380 - 309) + 0,12(309 - 49) \\ &= 102,2 \text{ ккал/кг} . \end{aligned}$$

Параметри слабкого розчину після теплообмінника:

$$\xi_{14} = \xi_{\text{ср}} = 0,16, i_{13} = i_{14} = -35 \text{ ккал/кг}, t_{14} = 22^\circ\text{C},$$

$$t_{10} = t_{14} + 8 = 22 + 8 = 30^\circ\text{C},$$

$$i_{10} = 6 \text{ ккал/кг} .$$

Ентальпія міцного розчину на вході в генератор, нехтуючи приростом ентальпії розчину в насосі, внаслідок малого значення цієї величини, тобто, з умови $i_{13} = i_{14} = -35 \text{ ккал/кг}$:

$$i_{15} = i_{13} + \frac{f - 1}{f} (i_9 - i_{10}) = -35 + \frac{4,42 - 1}{4,42} (122 - 6) = 54 \text{ ккал/кг} .$$

Ентальпія міцного розчину не повинна перевищувати ентальпію киплячого розчину з концентрацією $\xi_{\text{мр}}$ при тиску P_k .

Ентальпія слабкого розчину після теплообмінника:

					ХМ 13.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		11

Питома витрата тепла:

$$\frac{q_{\Gamma}}{q_o} = \frac{Q_{\Gamma}}{Q_o} = \frac{747,9}{344} = 2,17 .$$

Холодильний коефіцієнт:

$$\varepsilon = \frac{q_o}{q_{\Gamma}} = \frac{275}{598,3} = 0,46 .$$

					ХМ 13.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		14

Для визначення числа тарілок графічним методом будуємо діаграму рівноваги для бінарної суміші аміак-вода.

Діаграма рівноваги для бінарної суміші аміак-вода

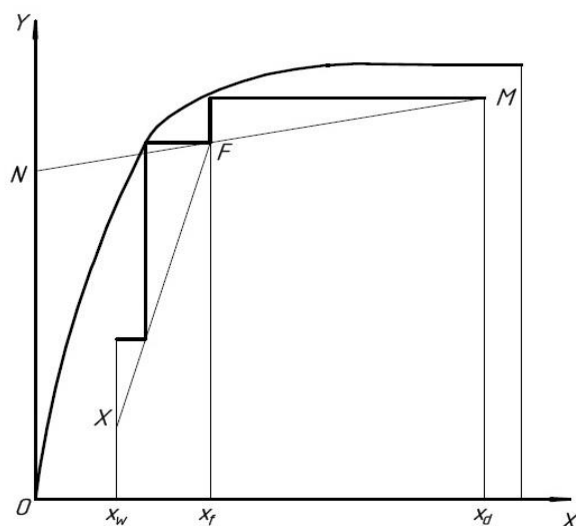


Рисунок 3

Таблиця 1. – Рівновага для бінарної суміші аміак-вода

Температура	$a_{жс}$	a_n	x	y
190	0	0	0	0
160	0,11	0,52	0,116	0,534
140	0,184	0,744	0,199	0,755
125	0,24	0,85	0,25	0,857
111	0,3	0,9	0,31	0,905
80	0,46	0,976	0,474	0,977
60	0,584	0,999	0,6	0,999
40	0,81	0,9999	0,82	0,9999
33	1	1	1	1

$$x_{\text{cp}}^{\text{II}} = \frac{x_f + x_w}{2} = \frac{0,36 + 0,168}{2} = 0,264.$$

Середні концентрації пара знаходимо з рівнянь робочих ліній:

а) верхньої частини колони

$$y_{\text{cp}}^{\text{I}} = 0,107 \cdot x + 0,825 = 0,107 \cdot 0,642 + 0,825 = 0,894$$

б) нижньої частини колони

$$y_{\text{cp}}^{\text{II}} = 4,05 \cdot x - 0,513 = 4,05 \cdot 0,264 - 0,513 = 0,556.$$

Середні температури пара визначаємо з діаграми (рис.2):

а) верхньої частини колони

$$t_{\text{cp}}^{\text{I}} = 119 \text{ при } y_{\text{cp}}^{\text{I}} = 0,894$$

б) нижньої частини колони

$$t_{\text{cp}}^{\text{II}} = 158 \text{ при } y_{\text{cp}}^{\text{II}} = 0,556.$$

Середні мольні маси і щільності пара:

$$\begin{aligned} \text{а) } \mu_{\text{cp}}^{\text{I}} &= y_{\text{cp}}^{\text{I}} \cdot \mu_a + (1 - y_{\text{cp}}^{\text{I}}) \cdot \mu_b = 0,894 \cdot 17 + (1 - 0,894) \cdot 18 = \\ &17,106 \text{ кг/моль,} \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{cp}}^{\text{I}} = \frac{\mu_{\text{cp}}^{\text{I}} \cdot T_0}{22,4 \cdot T_{\text{cp}}^{\text{I}}} = \frac{17,106 \cdot 273}{22,4 \cdot (273 + 119)} = 0,532 \text{ кг/м}^3.$$

$$\begin{aligned} \text{б) } \mu_{\text{cp}}^{\text{II}} &= y_{\text{cp}}^{\text{II}} \cdot \mu_a + (1 - y_{\text{cp}}^{\text{II}}) \cdot \mu_b = 0,556 \cdot 17 + (1 - 0,556) \cdot 18 = \\ &17,44 \text{ кг/моль,} \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{cp}}^{\text{II}} = \frac{\mu_{\text{cp}}^{\text{II}} \cdot T_0}{22,4 \cdot T_{\text{cp}}^{\text{II}}} = \frac{17,44 \cdot 273}{22,4 \cdot (273 + 158)} = 0,493 \text{ кг/м}^3.$$

Середня щільність в колоні:

$$\rho_n = \frac{\rho_{\text{cp}}^{\text{I}} + \rho_{\text{cp}}^{\text{II}}}{2} = \frac{0,532 + 0,493}{2} = 0,51 \text{ кг/м}^3.$$

Температура зверху колони при $x_d = 0,924$ рівна $t_a = 36^\circ\text{C}$, а у кубі-випарнику при $x_w = 0,168$ вона рівна $t_b = 36^\circ\text{C}$. Щільність рідкого аміаку при $t_a = 36^\circ\text{C}$ $\rho_a = 586 \text{ кг/м}^3$, а води при $t_b = 147,5^\circ\text{C}$ $\rho_b = 919 \text{ кг/м}^3$.

Приймаємо середню щільність рідини в колоні:

$$\rho_p = \frac{\rho_a + \rho_b}{2} = \frac{586 + 919}{2} = 752,3 \text{ кг/м}^3.$$

$$\omega = c \cdot \sqrt{\frac{\rho_p}{\rho_n}} = 0,032 \cdot \sqrt{\frac{752,3}{0,51}} = 1,23 \text{ кг/м}^3.$$

Об'ємна витрата пару, що проходить через колону, при середній температурі в колоні:

$$t_{\text{cp}} = \frac{t_{\text{cp}}^{\text{I}} + t_{\text{cp}}^{\text{II}}}{2} = \frac{119 + 158}{2} = 138,5^\circ\text{C},$$

$$V = \frac{G_d \cdot (R + 1) \cdot 22,4 \cdot T_{\text{cp}}}{\mu_d \cdot T_0} = \frac{0,347 \cdot (0,12 + 1) \cdot 22,4 \cdot (273 + 138,5)}{17,076 \cdot 273} \\ = 0,77 \text{ м}^3/\text{с},$$

де

$$\mu_d = y \cdot \mu_a + (1 - y) \cdot \mu_b = 0,924 \cdot 17 + (1 - 0,924) \cdot 18 = 17,076 \text{ г/моль}.$$

Діаметр колони:

$$D_k = \sqrt{\frac{V}{0,785 \cdot \omega}} = \sqrt{\frac{0,77}{0,785 \cdot 1,23}} = 0,893 \text{ м}.$$

Приймаємо діаметр колони $D_k = 1000 \text{ мм}$, тоді швидкість пару в

										Лист
										19
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата						

колони буде рівна:

$$\omega = \frac{V}{0,785 \cdot D_k^2} = \frac{0,77}{0,785 \cdot 1^2} = 0,98 \text{ м/с.}$$

Висота тарілочної частини колони:

$$H_T = (n_d - 1) \cdot h_T,$$

де h_T – відстань між тарілками.

Для діаметра колони $D_k = 1000$ мм приймаємо відстань між тарілками рівною $h_T = 0,3$ м. Тоді:

$$H_T = (n_d - 1) \cdot 0,3 = (4 - 1) \cdot 0,3 = 0,9 \text{ м.}$$

Виконаємо розрахунок насадочної частини колони. Обираємо насадку із керамічних кілець Рашига.

Для хаотично засипаних кілець Рашига розміром $25 \times 25 \times 3$ мм: питома поверхня $\sigma = 195 \text{ м}^2/\text{м}^3$ і вільний об'єм $V_c = 0,75 \text{ м}^2/\text{м}^3$.

Діаметр насадочної частини колони:

$$D = \sqrt{\frac{V}{0,785 \cdot \omega}}$$

Швидкість пара визначається наступним шляхом. Спочатку розраховуємо фіктивну швидкість пара ω_3 в точці заклинання (інверсії) з рівняння (при $\rho_p \gg \rho_n$):

$$\lg \left(\frac{\omega_3^2 \cdot \sigma \cdot \rho_0 \cdot \mu_p^{0,16}}{g \cdot V_c^3 \cdot \rho_p} \right) = A - 1,75 \left(\frac{G}{D} \right)^{0,25} \cdot \left(\frac{\rho_p}{\rho_n} \right)^{0,125},$$

де: σ – питома поверхня насадки, $\text{м}^2/\text{м}^3$;

g – прискорення вільного падіння, $\text{м}^2/\text{м}^3$;

										Лист
										20
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата						

V_c – вільний об'єм насадки, $\text{м}^2/\text{м}^3$;

ρ_p і ρ_n – щільності пара і рідини, $\text{м}^2/\text{м}^3$;

$\mu_p = 0,89 \text{ МПа} \cdot \text{с}$ – динамічний коефіцієнт в'язкості рідини;

G і D - масові витрати рідини і пара, $\text{кг}/\text{с}$;

$A = 0,125$ – для ректифікаційних колон в режимі емульгування;

$$\frac{G}{D} = \frac{R + f}{R + 1}, \text{ де } f = \frac{x_d - x_w}{x_f - x_w} = \frac{0,924 - 0,168}{0,36 - 0,168} = 3,94.$$

$$\frac{G}{D} = \frac{R + f}{R + 1} = \frac{0,12 + 3,94}{0,12 + 1} = 3,63$$

$$\lg\left(\frac{\omega_3^2 \cdot 195 \cdot 0,51 \cdot 0,89^{0,16}}{9,81 \cdot 0,75^3 \cdot 752,3}\right) = -0,125 - 1,75(3,63)^{0,25} \cdot \left(\frac{0,51}{752,3}\right)^{0,125}$$

$$\lg(\omega_3^2 \cdot 0,0311) = -1,176,$$

$$\omega_3^2 = 2,48 \text{ (м/с)}^2,$$

$$\omega_3 = 1,57 \text{ м/с.}$$

Визначаємо робочу швидкість пара для колон, працюючих у плівковому режимі:

$$\omega_n = (0,75 \div 0,9) \cdot \omega_3$$

$$\omega_n = 0,8 \cdot 1,57 = 1,26 \text{ м/с}$$

$$D_n = \sqrt{\frac{0,77}{0,785 \cdot 1,26}} = 0,882 \text{ м.}$$

Приймаємо діаметр насадочної частини колони $D_n = 1000 \text{ мм}$.

Визначаємо висоту насадочної частини колони:

										Лист
										21
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата						

$$h_e = k \cdot \frac{d_{\text{нас}} \cdot \mu_n \cdot \rho}{6 \cdot \psi \cdot T_{\text{см}}}, \text{де}$$

k – емпіричний коефіцієнт для більшості органічних рідин; для керамічних кілець приймаємо рівним – 88;

$d_{\text{нас}}$ – діаметр обраних кілець насадки, мм;

$\mu_n = 35$ – молекулярна маса розпаленої суміші;

ρ – щільність флегми, г/см²;

ψ – коефіцієнт, враховуючий змочування насадки, $\psi = 0,4 \div 0,6$;

$T_{\text{см}}$ – середня температура в колоні, К;

$$h_e = 88 \cdot \frac{25 \cdot 35 \cdot 0,7523}{6 \cdot 0,5 \cdot (273 + 138,5)} = 47 \text{ см.}$$

Висота насадочної частини:

$$H_H = n_T \cdot h_e = 470 \cdot 1 = 470 \text{ мм.}$$

Визначаємо висоту колоні:

$$H_m = 0,9 \text{ м}, H_H = 0,47 \text{ м}, H_k = 2 \text{ м};$$

$$H_{\text{к.н}} = (2 \div 3) \cdot D_k = 2 \cdot 1000 = 2000 \text{ мм} = 2 \text{ м};$$

$$H_{\text{сен}} = (0,5 \div 1) \cdot D_k = 0,5 \cdot 1000 = 500 \text{ мм} = 0,5 \text{ м.}$$

Відстань між тарілочною частиною і насадкою приймемо рівною 450 мм. Тоді:

$$H = H_m + H_H + H_k + H_{\text{к.н}} + H_{\text{сен}} = 0,9 + 0,47 + 2 + 2 + 0,5 = 5,87 \text{ м.}$$

					ХМ 13.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		22

3. РОЗРАХУНОК ВИПАРНИКА

Тепловий розрахунок випарника для охолодження рідкого холодоносія, розсолу – розчину NH_3 у воді, ведуть по формулі:

$$Q_B = k_B \cdot F_B \cdot \Delta t_{cp}.$$

Якщо задана холодопродуктивність установки рівна Q_0 , то враховуючи теплові втрати в навколишнє середовище теплове навантаження випарника визначиться формулою:

$$Q_B = 1,08 \cdot Q_0 = 1,08 \cdot 400 = 432 \text{ кВт.}$$

$$k_{B,op} = 400 \text{ Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{К}), \Delta t_{cp} = \frac{t_{p1} - t_{p2}}{\ln \frac{t_{p1} - t_0}{t_{p2} - t_0}} = \frac{-28 + 26}{\ln \frac{-28 + 33}{-26 + 33}} = 5,9,$$

тоді

$$F_{B,op} = \frac{Q_B}{k_{B,op} \cdot \Delta t_{cp}} = \frac{432}{400 \cdot 5,9} = 180 \text{ м}^2.$$

Обираємо аміачний кожухотрубний випарник заводу «Компресор» марки 180-ВКТ.

Кількість розсолу, що циркулює в системі випарника:

$$G_p = \frac{Q_B}{c_p(t_{p2} - t_{p1})} = \frac{432}{2,916(-26 + 28)} = 74,1 \text{ кг/с},$$

де $c_p = 2,916$ кДЖ/кг – ізобарна теплоємність розсолу ;

$t_{p1} = -26^\circ\text{C}$ - температура розсолу на вході у випарник ;

$t_{p2} = -28^\circ\text{C}$ - температура розсолу на виході із випарника.

Швидкість руху розсолу в трубах випарника визначається по формулі:

										Лист
										23
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата						

ХМ 13.00.00.00 ПЗ

Коефіцієнт теплопередачі визначається з виразу:

$$K''_B = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_a} \cdot \frac{d_{\text{вн}}}{d_3} + \frac{\delta_{\text{ст}}}{\lambda_{\text{ст}}} + \frac{\delta_m}{\lambda_m} + \frac{\delta_c}{\lambda_c} + \frac{1}{\alpha_p}} \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}),$$

де α_a – коефіцієнт тепловіддачі від стінки труби до аміаку ;

α_p – коефіцієнт тепловіддачі від розсолу до стінки труби ;

$d_{\text{вн}}$ і d_3 – діаметр труб, відповідно внутрішній і зовнішній ;

$\delta_{\text{ст}}$, δ_m , δ_c – товщина стінки труби, шар забруднення мастилом і відкладення солі, відповідно ;

$\lambda_{\text{ст}}$, λ_m , λ_c – коефіцієнт теплопровідності металу труби, мастила і солі.

Для аміачних випарників приймають :

$$\delta_m = 0,05 \dots 0,08 \text{ мм},$$

$$\lambda_m = 0,14 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К}),$$

$$\delta_c = 0,3 \dots 0,5 \text{ мм},$$

$$\lambda_c = 0,7 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К}).$$

Термічним опором стінки труби $\delta_{\text{ст}}/\lambda_{\text{ст}}$ в розрахунку можна знехтувати. Величина коефіцієнта α_a визначається з виразу :

$$\begin{aligned} \alpha_a &= 4,2(1 + 0,007t_0)q^{0,7} = 4,2(1 + 0,007 \cdot (-33)) \cdot 2400^{0,7} \\ &= 750 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К}) \end{aligned}$$

Величина коефіцієнта α_p знаходить по формулі :

$$\alpha_p = \frac{Nu \cdot \lambda_p}{d_{\text{вн}}},$$

де Nu – критерій Нуссельта ;

$\lambda_p = 0,463 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$ – коефіцієнт теплопровідності розсолу.

Значення критерію Нуссельта визначають із критеріального рівняння :

					ХМ 13.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		25

$$Nu = 0,023 \cdot Re^{0,8} \cdot Pr^{0,4}$$

В котрому:

$$G_p = \frac{Q_B}{c_p(t_{p1} - t_{p2})} = \frac{432}{2,916 \cdot 2} = 74,07 \text{ кг/с},$$

$$\omega = \frac{G_p}{\rho_p \cdot f_{\text{ход}}} = \frac{74,1}{1210 \cdot 0,0266} = 2,3 \text{ м/с},$$

$$Re = \frac{\omega \cdot d_{\text{вн}}}{\nu_p} = \frac{\omega \cdot d_{\text{вн}} \cdot \rho_p}{\mu_p} = \frac{2,3 \cdot 0,021 \cdot 1210}{0,009015} = 6482,9,$$

$$Pr = \frac{\nu_p}{\alpha_p} = \frac{\mu_p \cdot c_p}{\lambda_p} = \frac{0,009015 \cdot 2,916 \cdot 10^3}{0,463} = 57,$$

$$Nu = 0,023 \cdot Re^{0,8} \cdot Pr^{0,4} = 0,023 \cdot 6482,9^{0,8} \cdot 57^{0,4} = 130,$$

тут: $\mu_p = 0,009015 \text{ Па} \cdot \text{с}$ – динамічний коефіцієнт в'язкості розсолу.

Тоді

$$\alpha_p = \frac{Nu \cdot \lambda_p}{d_{\text{вн}}} = \frac{130 \cdot 0,463}{0,021} = 2866 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}.$$

$$K'' = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_a} \cdot \frac{d_{\text{вн}}}{d_3} + \frac{\delta_{\text{ст}}}{\lambda_{\text{ст}}} + \frac{\delta_m}{\lambda_m} + \frac{\delta_c}{\lambda_c} + \frac{1}{\alpha_p}}$$

$$= \frac{1}{\frac{1}{750} \cdot \frac{0,021}{0,025} + \frac{0,0004}{0,7} + \frac{0,00008}{0,14} + \frac{1}{2866}} = 383 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}.$$

						Лист
						26
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	ХМ 13.00.00.00 ПЗ	

4. ГІДРАВЛІЧНИЙ РОЗРАХУНОК ТРАКТУ ПОДАЧІ ВИХІДНОЇ СУМІШІ В ГЕНЕРАТОР

Схема трубопроводу подачі міцного розчину в генератор

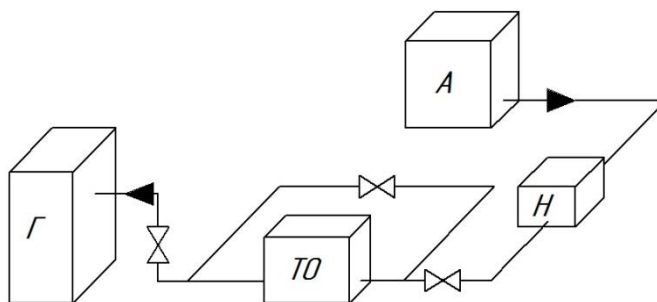


Рисунок 4.

Так як у тракт подачі вихідної суміші в генератор входить теплообмінник розчину, то нам необхідно виконати конструктивний розрахунок даного теплообмінника.

Розрахунок теплообмінника

Теплове навантаження апарату :

$$Q_{mo} = G \cdot q_{mo} = 1,25 \cdot 10^3 \cdot 372,8 = 466 \cdot 10^3 \text{ ккал/год.}$$

Середня різниця температур між гріючим паром і розчином :

$$\Delta t = \frac{(t_H - t'_Г) - (t_H - t''_Г)}{\ln \frac{t_H - t'_Г}{t_H - t''_Г}} = \frac{(134 - 85) - (30 - 22)}{\ln \frac{134 - 85}{30 - 22}} = 22,6^\circ\text{C.}$$

Приймаємо коефіцієнт теплопередачі $k = 1000 \frac{\text{ккал}}{\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{C}}$.

Поверхня нагрівання апарату :

$$F = \frac{Q}{k \cdot \Delta t} = \frac{466000}{1000 \cdot 22,6} = 20,6 \text{ м}^2.$$

Обираємо двотрубний теплообмінник

									Лист
									27
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата					

Діаметр внутрішньої труби $d_1 = 38/33$ мм ; діаметр зовнішньої труби $d_2 = 76/70$ мм ; слабкий розчин направляєється в трубу меншого діаметру.

Загальна довжина труб :

$$L = \frac{F}{\pi \cdot d} = \frac{20,6}{\pi \cdot 0,033} \approx 198 \text{ м.}$$

Число труб при довжині однієї труби $l = 3$ м :

$$n = \frac{L}{l} = \frac{198}{3} \approx 66 \text{ м.}$$

Швидкість руху слабого і міцного розчину :

$$\omega_{\text{сл}} = \frac{4 \cdot (G_f - G)}{3600 \cdot \pi \cdot \rho_{\text{в}} \cdot d_1^2} = \frac{4 \cdot (5522 - 1250)}{3600 \cdot \pi \cdot 950 \cdot (0,033)^2} = 1,5 \text{ м/с ;}$$

$$\omega_{\text{м}} = \frac{4 \cdot G}{3600 \cdot \pi \cdot \rho_{\text{NH}_3} \cdot d_{\text{екв}}^2} = \frac{4 \cdot 1250}{3600 \cdot \pi \cdot 590 \cdot (0,070 - 0,033)^2} = 0,55 \text{ м/с .}$$

Гідродинамічний розрахунок теплообмінника розчину

Повний напір :

$$\Delta p_{\text{то}} = \sum \Delta p_{\text{м}} + \sum \Delta p_{\text{нт}} + \sum \Delta p_{\text{у}} + \sum \Delta p_{\text{гс}} ;$$

де $\sum \Delta p_{\text{нт}}$ – сума гідравлічних опорів поверхонь теплообмінника ;

$\sum \Delta p_{\text{м}}$ – сума втрат напору за рахунок місцевих опорів ;

$\sum \Delta p_{\text{у}}$ – сума втрат, обумовлених прискоренням потоку (в нас

$\sum \Delta p_{\text{у}} = 0$) ;

$\sum \Delta p_{\text{гс}}$ – витрати напору для подолання гідростатичного стовпа рідини (в нас теплообмінник включений в замкнуту мережу, тобто $\sum \Delta p_{\text{гс}} = 0$;

значить :

						ХМ 13.00.00.00 ПЗ	Лист
							28
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата			

$$\Delta p = \sum \Delta p_M + \sum \Delta p_{nm},$$

$$\sum \Delta p_M = \sum \xi \cdot \frac{\rho \cdot \omega_{кр}^2}{2},$$

$$\sum \Delta p_{nm} = \lambda \frac{l}{d_{екв}} \frac{\rho \cdot \omega_{кр}^2}{2},$$

ТУТ

λ - коефіцієнт опору тертя ;

ξ - коефіцієнт місцевого опору ;

l – довжина труб ;

$d_{екв}$ – еквівалентний діаметр труби ;

ρ – щільність міцного розчину ;

$\omega_{кр}$ – швидкість руху міцного розчину в трубах теплообмінника.

$$\sum \Delta p_M = \sum \xi \cdot \frac{\rho \cdot \omega_{кр}^2}{2} = (2 \cdot 1,5 + 66 \cdot 0,5) \frac{590 \cdot (0,55)^2}{2} = 3212,6 \text{ Па} ;$$

$$\sum \Delta p_{nm} = \lambda \frac{l}{d_{екв}} \frac{\rho \cdot \omega_{кр}^2}{2} ;$$

Визначимо λ :

$$Re = \frac{\omega_{кр} \cdot d_{екв}}{\nu_p} = \frac{0,55(0,070 - 0,033)}{0,018 \cdot 10^{-6}} = 1130556 ;$$

де $\nu_p = 0,018 \cdot 10^{-6} \frac{м^2}{с}$ – кінематичний коефіцієнт в'язкості при $P_k = 9,7 \text{ атм}$, $t = 35^\circ\text{C}$.

Так як $Re = 1130556 \geq 10^5$, то коефіцієнт опору тертя визначаємо по формулі Нікурадзе :

					ХМ 13.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		29

$$\lambda = 0,0032 + \frac{0,221}{Re^{0,237}} = 0,0032 + \frac{0,221}{1130556^{0,237}} = 0,011 ;$$

тоді

$$\sum \Delta p_{nm} = \lambda \frac{l}{d_{екв}} \frac{\rho \cdot \omega_{кр}^2}{2} = 0,011 \cdot \frac{198}{0,037} \cdot \frac{590 \cdot (0,55)^2}{2} = 5253 \text{ Па.}$$

Повна втрата напору в теплообміннику :

$$\Delta p_{то} = \sum \Delta p_{м} + \sum \Delta p_{nm} = 3212,6 + 5253 = 8465,6 \text{ Па.}$$

Гідродинамічний розрахунок трубопроводу

а) У випадку включення в тракт подачі суміші теплообміннику розчину

$$\Delta p_{тр} = \sum \Delta p_{м} + \sum \Delta p_{nm} ;$$

де $\sum \Delta p_{nm}$ – сума гідравлічних опорів поверхонь теплообмінника ;

$\sum \Delta p_{м}$ – сума втрат напору за рахунок місцевих опорів ;

$$\sum \Delta p_{м} = \sum \xi \cdot \frac{\rho \cdot \omega_{кр}^2}{2} = (4 \cdot 1 + 2 \cdot 0,5) \frac{590 \cdot (1,5)^2}{2} = 3319 \text{ Па ;}$$

де $\omega_{кр}$ – швидкість руху міцного розчину в трубопроводі ;

ξ - коефіцієнт місцевого опору ;

l – довжина труб ;

$d_{тр} = 57/51$ мм – діаметр трубопроводу ;

ρ – щільність міцного розчину.

$$\sum \Delta p_{nm} = \sum \Delta p_{nm1} + \sum \Delta p_{nm2} + \sum \Delta p_{nm3} ;$$

де $\sum \Delta p_{nm1}$ – сума гідравлічних опорів поверхонь трубопроводу на ділянці трубопроводу від абсорбера до насосу ;

					ХМ 13.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		30

$\sum \Delta p_{nm2}$ - сума гідравлічних опорів поверхонь трубопроводу на ділянці трубопроводу від насосу до теплообмінника ;

$\sum \Delta p_{nm3}$ - сума гідравлічних опорів поверхонь трубопроводу на ділянці трубопроводу від теплообмінника до генератора.

$$\sum \Delta p_{nm1} = \lambda_1 \frac{l_1}{d_{mp}} \frac{\rho \cdot \omega^2}{2} ;$$

Визначимо λ_1 :

$$Re = \frac{\omega \cdot d_{mp}}{v_{p1}} = \frac{1,5 \cdot 0,051}{0,014 \cdot 10^{-6}} = 54,6 \cdot 10^5 ;$$

де $v_{p1} = 0,014 \cdot 10^{-6} \frac{m^2}{c}$ – кінематичний коефіцієнт в'язкості при $P_0 = 1$ атм, $t = 22^\circ C$.

Так як $Re = 54,6 \cdot 10^5 \geq 10^5$, то коефіцієнт опору тертя визначаємо по формулі Нікурадзе :

$$\lambda_1 = 0,0032 + \frac{0,221}{Re^{0,237}} = 0,0032 + \frac{0,221}{(54,6 \cdot 10^5)^{0,237}} = 0,008793 ;$$

тоді

$$\sum \Delta p_{nm1} = \lambda_1 \frac{l_1}{d_{mp}} \frac{\rho \cdot \omega^2}{2} = 0,008793 \cdot \frac{3}{0,051} \cdot \frac{590 \cdot (1,5)^2}{2} = 343,3 \text{ Па.}$$

$$\sum \Delta p_{nm2} = \lambda_2 \frac{l_2}{d_{mp}} \frac{\rho \cdot \omega^2}{2} ;$$

Визначимо λ_2 :

$$Re = \frac{\omega \cdot d_{mp}}{v_{p2}} = \frac{1,5 \cdot 0,051}{0,25 \cdot 10^{-6}} = 3,1 \cdot 10^5 ;$$

									Лист
									31
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата					

де $\nu_{p2} = 0,25 \cdot 10^{-6} \frac{\text{м}^2}{\text{с}}$ – кінематичний коефіцієнт в'язкості при $P_{\text{к}} = 9,7 \text{ атм}$, $t = 22^\circ\text{С}$.

Так як $Re = 3,1 \cdot 10^5 \geq 10^5$, то коефіцієнт опору тертя визначаємо по формулі Нікурадзе :

$$\lambda_2 = 0,0032 + \frac{0,221}{Re^{0,237}} = 0,0032 + \frac{0,221}{(3,1 \cdot 10^5)^{0,237}} = 0,0142 ;$$

тоді

$$\sum \Delta p_{\text{nm}2} = \lambda_2 \frac{l_2}{d_{\text{mp}}} \frac{\rho \cdot \omega^2}{2} = 0,0142 \cdot \frac{4}{0,051} \cdot \frac{590 \cdot (1,5)^2}{2} = 739,2 \text{ Па.}$$

$$\sum \Delta p_{\text{nm}3} = \lambda_3 \frac{l_3}{d_{\text{mp}}} \frac{\rho \cdot \omega^2}{2} ;$$

Визначимо λ_3 :

$$Re = \frac{\omega \cdot d_{\text{mp}}}{\nu_{p3}} = \frac{1,5 \cdot 0,051}{0,024 \cdot 10^{-6}} = 3,2 \cdot 10^6 ;$$

де $\nu_{p3} = 0,024 \cdot 10^{-6} \frac{\text{м}^2}{\text{с}}$ – кінематичний коефіцієнт в'язкості при $P_{\text{к}} = 9,7 \text{ атм}$, $t = 85^\circ\text{С}$.

Так як $Re = 32 \cdot 10^5 \geq 10^5$, то коефіцієнт опору тертя визначаємо по формулі Нікурадзе :

$$\lambda_3 = 0,0032 + \frac{0,221}{Re^{0,237}} = 0,0032 + \frac{0,221}{(32 \cdot 10^5)^{0,237}} = 0,00955 ;$$

тоді

$$\sum \Delta p_{\text{nm}3} = \lambda_3 \frac{l_3}{d_{\text{mp}}} \frac{\rho \cdot \omega^2}{2} = 0,00955 \cdot \frac{7,5}{0,051} \cdot \frac{590 \cdot (1,5)^2}{2} = 932,2 \text{ Па.}$$

Сума гідравлічних опорів поверхонь трубопроводу :

$$\sum \Delta p_{nm} = \sum \Delta p_{nm1} + \sum \Delta p_{nm2} + \sum \Delta p_{nm3} = 343,3 + 739,2 + 932,2 \\ = 2014,4 \text{ Па.}$$

Повна втрата напору в трубопроводі у випадку включення в тракт подачі суміші теплообмінника розчину :

$$\Delta p_{mp} = \sum \Delta p_m + \sum \Delta p_{nm} = 3319 + 2014,7 = 5333,7 \text{ Па.}$$

Загальна втрата напору в тракті подачі вихідної суміші в генератор в даному випадку :

$$\sum \Delta p = \Delta p_{mo} + \Delta p_{mp} = 8465,6 + 5333,7 = 13799,3 \text{ Па.}$$

б) У випадку виключення із тракту подачу суміші теплообмінника розчину:

$$\Delta p_{mp} = \sum \Delta p_m + \sum \Delta p_{nm} ;$$

де $\sum \Delta p_{nm}$ – сума гідравлічних опорів поверхонь трубопроводу ;

$\sum \Delta p_m$ – сума втрат напору за рахунок місцевих опорів ;

$$\sum \Delta p_m = \sum \xi \cdot \frac{\rho \cdot \omega_{кр}^2}{2} = (8 \cdot 1 + 3 \cdot 0,5) \frac{590 \cdot (1,5)^2}{2} = 6305,63 \text{ Па ;}$$

де ω – швидкість руху міцного розчину в трубопроводі ;

ξ - коефіцієнт місцевого опору ;

l – довжина труб ;

$d_{mp} = 57/51$ мм – діаметр трубопроводу ;

ρ – щільність міцного розчину.

					ХМ 13.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		33

$$\sum \Delta p_{nm} = \sum \Delta p_{nm1} + \sum \Delta p_{nm2} ;$$

де $\sum \Delta p_{nm1}$ – сума гідравлічних опорів поверхонь трубопроводу на ділянці трубопроводу від абсорбера до насосу ;

$\sum \Delta p_{nm2}$ - сума гідравлічних опорів поверхонь трубопроводу на ділянці трубопроводу від насосу до генератора ;

$$\sum \Delta p_{nm1} = \lambda_1 \frac{l_1}{d_{mp}} \frac{\rho \cdot \omega^2}{2} ;$$

Визначимо λ_1 :

$$Re = \frac{\omega \cdot d_{mp}}{v_{p1}} = \frac{1,5 \cdot 0,051}{0,014 \cdot 10^{-6}} = 54,6 \cdot 10^5 ;$$

де $v_{p1} = 0,014 \cdot 10^{-6} \frac{m^2}{c}$ – кінематичний коефіцієнт в'язкості при $P_0 = 1$ атм, $t = 22^\circ C$.

Так як $Re = 54,6 \cdot 10^5 \geq 10^5$, то коефіцієнт опору тертя визначаємо по формулі Нікурадзе :

$$\lambda_1 = 0,0032 + \frac{0,221}{Re^{0,237}} = 0,0032 + \frac{0,221}{(54,6 \cdot 10^5)^{0,237}} = 0,008793 ;$$

тоді

$$\sum \Delta p_{nm1} = \lambda_1 \frac{l_1}{d_{mp}} \frac{\rho \cdot \omega^2}{2} = 0,008793 \cdot \frac{3}{0,051} \cdot \frac{590 \cdot (1,5)^2}{2} = 343,3 \text{ Па.}$$

$$\sum \Delta p_{nm2} = \lambda_2 \frac{l_2}{d_{mp}} \frac{\rho \cdot \omega^2}{2} ;$$

Визначимо λ_2 :

$$Re = \frac{\omega \cdot d_{mp}}{v_{p2}} = \frac{1,5 \cdot 0,051}{0,25 \cdot 10^{-6}} = 3,1 \cdot 10^5 ;$$

де $\nu_{p2} = 0,25 \cdot 10^{-6} \frac{\text{м}^2}{\text{с}}$ – кінематичний коефіцієнт в'язкості при $P_{\text{к}} = 9,7 \text{ атм}$, $t = 22^\circ\text{С}$.

Так як $Re = 3,1 \cdot 10^5 \geq 10^5$, то коефіцієнт опору тертя визначаємо по формулі Нікурадзе :

$$\lambda_2 = 0,0032 + \frac{0,221}{Re^{0,237}} = 0,0032 + \frac{0,221}{(3,1 \cdot 10^5)^{0,237}} = 0,0142 ;$$

тоді

$$\sum \Delta p_{nm2} = \lambda_2 \frac{l_2}{d_{mp}} \frac{\rho \cdot \omega^2}{2} = 0,0142 \cdot \frac{21}{0,051} \cdot \frac{590 \cdot (1,5)^2}{2} = 3881 \text{ Па.}$$

Сума гідравлічних опорів поверхонь трубопроводу :

$$\sum \Delta p_{nm} = \sum \Delta p_{nm1} + \sum \Delta p_{nm2} = 343,3 + 3881 = 4224,3 \text{ Па.}$$

Повна втрата напору в трубопроводі у випадку виключення із тракту подачі суміші теплообмінника розчину :

$$\Delta p_{mp} = \sum \Delta p_{\text{м}} + \sum \Delta p_{nm} = 6305,63 + 4224,3 = 10529,93 \text{ Па.}$$

ВИСНОВКИ

Абсорбційні холодильні машини – установки, що використовуються для видалення надлишкового тепла. Вони також допомагають підтримувати фіксований температурний режим при функціонуванні інструменту, технічного обладнання. В якості абсорбуючої рідини в АБХМ використовується бромід літію.

Сучасна абсорбційна холодильна установка принцип дії якої побудований на витратах теплової енергії, витрачає мінімум електрики. Відповідно, застосування АБХМ дозволяє зменшити грошові затрати.

Одна з поширених областей використання абсорбційних холодильних агрегатів – будинки з великими навантаженнями на електромережу. Більша частина такого навантаження виникає із-за використання систем кондиціонування. Тому їх замінюють холодильними машинами, які зводять до мінімуму витрати електрики.

Абсорбційні холодильні установки мають такі переваги :

- працюють на екологічно безпечному холодильному агенті – воді, внаслідок чого, небезпеку навколишньому середовищу не несуть ;
- мінімальне енергоспоживання, а це робить їх більш економічними у порівнянні з іншим холодильним обладнанням ;
- їх компактні розміри дозволяють встановити абсорбційну установку в невеликому приміщенні ;
- вироблений холод має дуже низьку вартість, оскільки його виробляють не за рахунок витрачання додаткової електроенергії, а за рахунок виділення в процесі холодильного циклу зайвого тепла ;
- термін експлуатації дуже високий, це пояснюється майже повною відсутністю рухомих частин, котрі, як правило, і приводять до зносу ;

					ХМ 13.00.00.00 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		36

- надійні і сучасні мікропроцесори, встановлені в установках, вирішують широке коло задач, пов'язаних з контролем і управлінням, як і повинна працювати повноцінна холодильна система. Це в свою чергу впливає на дуже високу ступінь пожежної безпеки.

Із видимих недоліків можна тільки відмітити необхідність постійної наявності технічної гарячої води у доволі великих об'ємах, дозволяючи безперебійно працювати установці.

Перевагою абсорбційної холодильної установки перед парокомпресійною є використання для вироблення холоду теплової енергії як низького, так і середнього потенціалу.

В процесі абсорбції температура пара може бути нижче температури абсорбенту, який поглинає пар. Для процесу важливо наступне: необхідно, щоб концентрація пара була рівна або більшою рівноважній концентрації цього пару над абсорбентом.

Для можливості застосування абсорбенту він повинен з достатньою швидкістю поглинати холодоагент і при однакових тисках їх температура кипіння повинна бути значно вище температури кипіння холодоагенту.

Найбільше застосування отримали водо-аміачні абсорбційні установки, в котрих аміак являється холодоагентом, а вода – поглиначем (абсорбентом). Аміак сильно розчиняється у воді. При 0°C в одному об'ємі води розчиняється 1148 об'ємів пароподібного аміаку.

При нагріванні водо-аміачного розчину відбувається не тільки виділення парів аміаку, але і випаровування води. Поки температура низька – виділяється в основному пар аміаку. Склад суміші парів початкової стадії відрізняється переважанням аміаку, надалі кількість водяних парів починає рости.

					ХМ 13.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		37

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКИ

Ціль організаційних заходів з техніки безпеки на холодильних установках – створення безпечних умов праці шляхом постійного контролю за дотриманням правил монтажу, експлуатації і ремонту обладнання і систем установок, а також шляхом підтримки технічних знань обслуговуючого персоналу на необхідному рівні.

1. Норми заповнення холодильного обладнання холодоагентами

Нормоване заповнення обладнання холодоагентами викликане умовами, без виконання яких неможлива безпечна експлуатація холодильних установок.

Заповнення холодильного обладнання аміаком. У зв'язку з підвищеною небезпекою аміачних холодильних установок першочергове заповнення системи аміаком виконують на підставі розрахунку сумарної кількості рідкого аміаку в апаратах і трубопроводах відповідно до норм заповнення їх внутрішнього об'єму (y %), наведеними нижче.

Випарники	
кожухотрубні і вертикально-трубні	80
змійовикові і листотрубні (панельні) незалежно від наявності відділювачів рідини	50
Батареї холодильних камер	
з верхньою подачею аміаку	30
з нижньою подачею аміаку	70
при безнасосних схемах	60
Повітроохолоджувачі	
з верхньою подачею аміаку	50
з нижньою подачею аміаку і при безнасосних схемах	70

Конденсатори	
кожухотрубні вертикальні і горизонтальні без ресиверної частини	0
кожухотрубні з ресиверною частиною кожуха	80
Відділювачі рідини	0
Ресивери	
лінійні	50
циркуляційні вертикальні і горизонтальні з рідинними стояками	15
циркуляційні вертикальні і горизонтальні без рідинних стояків	30
дренажні, захисні	0
Переохолоджувачі, трубопроводи рідкого аміаку	100
Проміжні сосуди в установках двоступінчатого стиснення	
вертикальні	30
горизонтальні	50
Масловідділювачі барботажного типу	30
Морозильні плиточні апарати безпосереднього охолодження	80
Трубопроводи поєднаного видалення пара і зливу рідкого аміаку	30

Перевищення цих норм при розрахунку кількості аміаку, необхідного для заповнення системи, забороняється.

В процесі експлуатації і ремонту декотрі апарати можуть заповнюватися рідким аміаком і вище норм, але не більше: ресивери лінійні, дренажні, горизонтальні циркуляційні і захисні – 80 %, ресивери вертикальні циркуляційні і захисні, проміжні сосуди – 70 %.

Агрегатні компресійні холодильні установки заповнюють рідким аміаком відповідно до інструкції заводу-виробника.

2. Регулювання подачі холодоагенту у випарникову систему

Подача холодоагенту. У випарникову систему холодильної установки холодоагент подається автоматичними приладами (автоматизовані

установки) або регулюючим вентилям (ручний режим роботи). Одна з основних причин гідравлічних ударів на аміачних холодильних установках – ручне регулювання подачі аміаку в апарати сторони низького тиску і проміжні сосуди внаслідок неукomплектованості установок приладами автоматики або несправності приладів.

При незмінному тепловому навантаженню масова витрата рідкого холодоагенту, що подається у випарникову систему, повинен бути постійним. Недостатня подача рідкого холодоагенту в систему на тих самих умовах приводить до небезпечного режиму роботи компресору, так як при цьому підвищується перегрів всмоктуючого пару і зростає температура нагнітання. Збільшення подачі холодоагенту в систему при постійному тепловому навантаженні викликає переповнення сосуда (апарату) і вологий хід компресора, що може привести до гідравлічного удару .

Особливу небезпеку при регулюванні подачі холодоагенту представляє зміна теплового навантаження, особливо його різке підвищення. Різке підвищення навантаження призводить до вологого ходу компресора внаслідок бурного кипіння холодоагенту у випарниковій системі. Зниження теплового навантаження при постійній (по масі) подачі холодоагенту також призводить до виникнення вологого ходу із-за зменшення кількості википаючого холодоагенту і переповнення випарника.

3. Визначення місць витікання холодоагенту

Небезпечні властивості холодоагентів, особливо аміаку, викликають необхідність своєчасного і швидкого визначення місць витікання холодоагентів і ліквідації нещільностей для підтримки герметичності системи.

Визначення місць витікання аміаку. Місце витікання аміаку визначають за допомогою фільтрувального паперу, просоченого хімічними індикаторами, змінюючими колір при контакті з середовищем, що містить

					ХМ 13.00.00.00 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		40

аміак. В якості індикаторів використовують 1%-вий розчин фенолфталеїну у спирті-ректифікаті або за необхідності більш високої чутливості – розчин фенолроту у спирті і гліцерині. При наявності у повітрі аміаку індикаторний папір, попередньо змочений водою, змінює колір на червоний.

Серйозну увагу слід приділяти виявленню нещільностей у місцях розвальцювання труб в трубних решітках, а також тріщин труб у кожухотрубних апаратах, так як наявність таких дефектів може привести до втрат холодоагенту, а за певних умов – до проникнення розсолу (або охолоджуючої води) в систему холодоагенту. Перевірку щільності кожухотрубних випарників і конденсаторів проводять не рідше одного разу в місяць шляхом визначення наявності аміаку в охолоджуючій воді або розсолі за допомогою реактиву Несслера.

Якщо реактив Несслера відсутній, то аналіз проводять за допомогою індикаторного паперу високої чутливості, котрий стане червоного кольору, якщо його опустити в досліджувану рідину або піднести до струменя пару, сформованого при кипінні досліджуваної рідини.

4. Матеріали обладнання і трубопроводів холодильних установок

Аміак інертний по відношенню до чорних металів, алюмінію, фосфористій бронзі, але роз'їдає у присутності вологи цинк, мідь і її сплави. Тому для виготовлення аміачних холодильних машин переважно використовують певні марки сталі та чугуну, які володіють відповідною міцністю, пластичними та іншими характеристиками. Алюмінієві сплави, високооловянисті бронзи знаходять застосування у вузлах тертя за умови гарного змащення поверхонь, що труться.

					ХМ 13.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		41

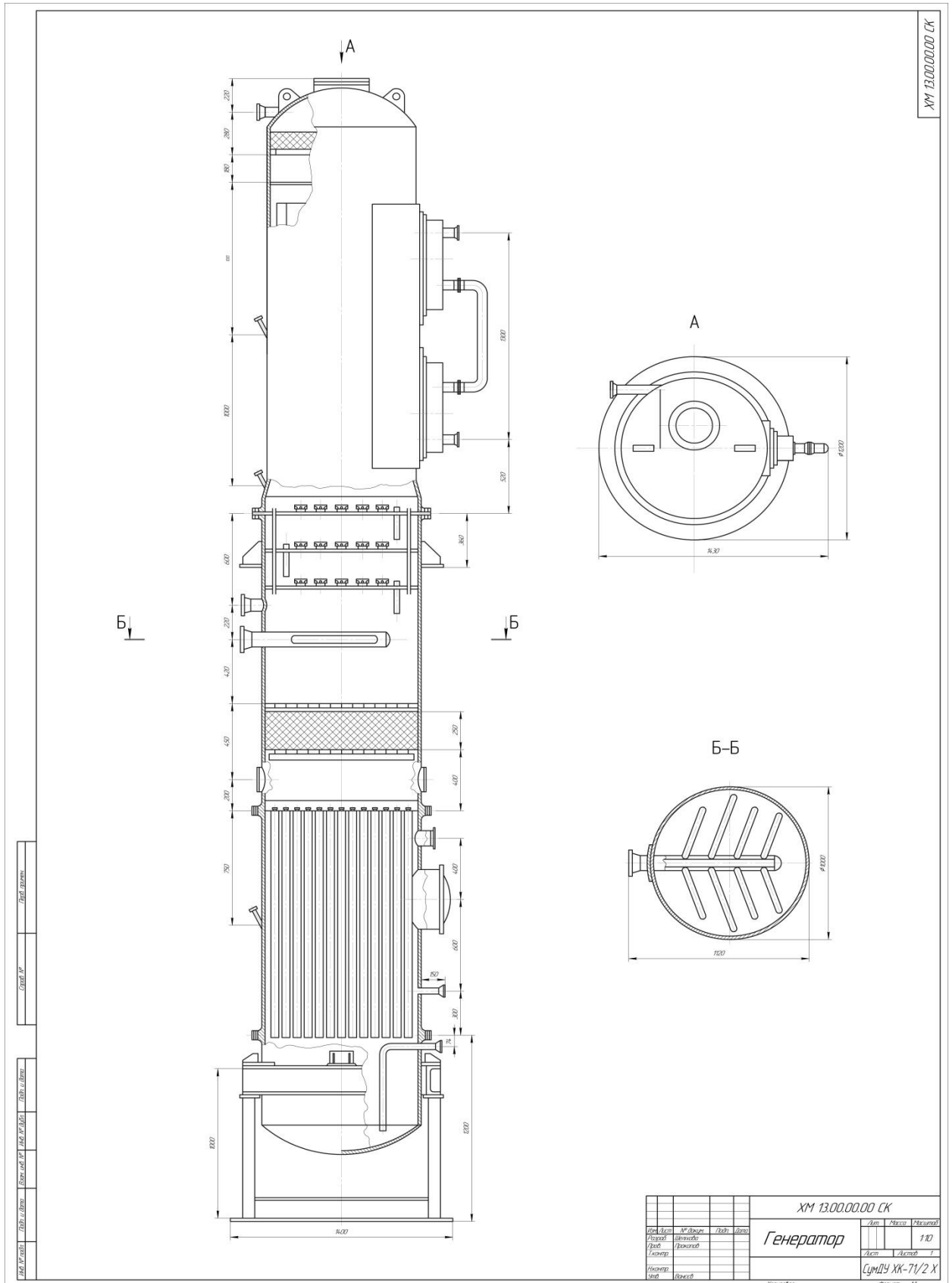
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Холодильные машины: Под общей редакцией проф. Л. С. Тимофеевского, 1997. – 985с.
2. Свердлов Г. З. Курсовое и дипломное проектирование холодильных установок и систем кондиционирования воздуха / Г. З. Свердлов, Б. К. Явнель. – Москва : Легкая и пищевая промышленность, 1978. – 264 с.
3. 4110 Методичні вказівки до виконання випускної кваліфікаційної роботи бакалаврів професійного напрямку підготовки 6.050604 "Енергомашинобудування" [Текст] : для студ. напрямів підготовки 6.05060405 "Компресори, пневмоагрегати та вакуумна техніка", 6.05060403 "Холодильні машини і установки" денної та заочної форм навчання / В. М. Арсеньєв, Ю. М. Вертепов. — Суми : СумДУ, 2016. — 15 с.
4. Теплообменные аппараты холодильных установок / Г. Н. Данилова и др. – Ленинград : Машиностроение, 1986. – 303 с.
5. Рабинович С. Г. Погрешности измерений / С. Г. Рабинович. – Ленинград : Энергия, 1978. – 262 с. Лебедев П. Д. «Теплообменные сушильные и холодильные установки», «Энергия», 1972г
6. Охрана труда при обслуживании холодильных установок / А. И. Самойлов и др. – Москва : Легкая и пищевая промышленность, 1981. – 167 с.

					ХМ 13.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		42

Додаток А

Рис. А - Генератор



Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

XM 13.00.00.00 ПЗ

Лист

43

Додаток Б

Рис. Б – Схема абсорбційної установки

