

Міністерство Освіти і Науки України
Сумський Державний Університет
Факультет Технічних Систем Та Енергоефективних Технологій
Кафедра "Процеси та обладнання хімічних
і нафтопереробних виробництв"

ЗАТВЕРДЖУЮ
Зав. кафедри

підпис, дата

Кваліфікаційна робота бакалавра
зі спеціальності 133 "Галузеве машинобудування"

Тема роботи: Ректифікаційна установка виробництва етилового спирту. Розробити кожухотрубний випарник етилового спирту.

Виконав:
студент групи ХМ-61

Лободюк Єгор Сергійович

підпис

Залікова книжка
№ 18510263

Захищений с оцінкою:

Керівник
Литвиненко А.В

підпис

СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ ТА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
Кафедра процесів та обладнання хімічних і нафтопереробних виробництв

Спеціальність 133 "Галузеве машинобудування"

Курс 4 Група ХМ-61 Семестр _____

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА

Студент Лободюк Єгор Сергійович

1 Тема проекту: Ректифікаційна установка виробництва етилового спирту. Розробити кожухотрубний випарник етилового спирту.

2 Вихідні дані: Продуктивність апарату по гарячому теплоносію 4100 кг/год. Тиск між трубному просторі 1.4 ат.

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

1. Технологічна схема ректифікаційної установки – 0,5 арк.

2. Складальне креслення апарату – 1,0 арк.

3. Складальні креслення вузлів – 1,5 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

5 Етапи виконання кваліфікаційної роботи:

Етапи та розділи проектування	ТИЖНІ				
	1,2	2,3,4,5	7,8,9	10, 11,12,13	14
1 Вступна частина	xx				
2 Технологічна частина		xxx			
3 Проектно-конструкторська частина			xxx		
4 Розробка креслень				xxxx	
5 Оформлення записки					x
6 Захист роботи					x

6 Дата видачі завдання

травень 2020р

Керівник

Литвиненко А.В.

_____ підпис

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 47 с., 17 рис., 2 табл., 2 додатка, 10 літературних джерел.

Графічні матеріали: технологічна схема установки, складальне креслення апарату, складальне креслення вузла 2 листи, - всього 4 аркуша формату А1

Тема проекту: Ректифікаційна установка виробництва етилового спирту. Розробити кожухотрубний випарник етилового спирту.

Наведено теоретичні основи і особливості процесу випаровування рідини, виконані розрахунки матеріального і теплового балансів процесу, виконані технологічні розрахунки апарату, визначені його розміри, обгрунтований вибір матеріалів для виготовлення апарату.

Розрахунками на міцність і герметичність показана надійність роботи запроектованого апарату.

Наведено відомості щодо проведення монтажу і ремонту розробленого апарату.

У розділі «Охорона праці» наведено класифікація приміщень за ступенем небезпеки ураження електричним струмом..

Ключові слова: АПАРАТ, УСТАНОВКА, ВИПАРНИК, ЕТАНОЛ, ТЕПЛООБМІНИК, РОЗРАХУНОК.

ЗМІСТ

1. Технологічна частина	6
1.1.Опис технологічної схеми	6
1.2.Теоретичні основи теплообмінного процесу	7
1.3. Опис апарату і вибір матеріалів.....	9
2.Технологічні розрахунки процесу і апарату	12
2.1 Матеріальний і тепловий баланс процесу	12
2.2 Технологічні розрахунки	13
2.3.Конструктивні розрахунки	17
2.4.Гідравлічний опір апарату	21
2.5 Вибір допоміжного обладнання.....	22
3. Розрахунки на міцність апарату	26
3.1 Розрахунок товщини стінки циліндричної обичайки	26
3.2 Розрахунок товщини стінки еліптичної кришки	27
3.3 Розрахунок і вибір опори	28
4. Організація монтажних та ремонтних робіт.....	31
4.1 Монтаж апарату.....	32
4.2 Ремонт апарату.....	34
5. Охорона праці	38

Список літератури

Додаток А - Специфікації до креслень

Додаток Б Розрахунок фланцевого з'єднання

					ПОХНВ.00.00.00 ПЗ			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>	<i>Випарник</i> <i>Пояснювальна записка</i>	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листів</i>
<i>Разраб.</i>	<i>Лободюк</i>						4	42
<i>Провер.</i>	<i>Литвиненко</i>					<i>СумДУ, ХМ-61</i>		
<i>Реценз.</i>								
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Утверд.</i>								

Вступ

У термодинаміці процес кипіння визначається як випаровування рідини з утворенням в її обсязі великого парових бульбашок. Рідина при цьому може рухатися організованим потоком або знаходитися в само установленому вільному русі. Процеси пароутворення надають на інтенсивність теплообміну істотний вплив, пов'язане як зі зростанням і рухом парових бульбашок поблизу поверхні теплообміну, так і з наявністю парової фази в об'ємі рідини. Для кожного конкретного випадку важливо правильно оцінити ступінь впливу зазначених факторів на інтенсивність теплообміну, щоб вибрати з них визначають. Правильний вибір визначальних чинників дозволяє досягти необхідної точності при розрахунках площі поверхні теплообміну в апаратах без зайвого ускладнення розрахункових залежностей. На жаль, стан теорії часто не дозволяє надійно прогнозувати характеристики процесу теплообміну при кипінні в різноманітних умовах експлуатації апаратів. Тому, незважаючи на великий обсяг виконаних до теперішнього часу досліджень, остаточні рішення при проектуванні апаратів, в яких здійснюється процес кипіння, в ряді випадків можуть бути прийняті тільки на основі спеціально поставленого експерименту. Цим же пояснюється і переважно експериментальний характер робіт, присвячених дослідженням теплообміну при кипінні, а також той факт, що більшість розрахункових формул, що використовуються на практиці, являють собою більш-менш вдалі інтерполяційні залежності, отримані на основі експериментальних даних.

					ПОХНП. Т.00.00.00 ПЗ	Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

конденсації пари, що гріє, що подається в міжтрубний простір, відбувається кипіння кубової рідини і утворення пари ВКК, що надходить в нижню частину колони і піднімається вгору.

Таким чином, в нижній частині колони ректифікації відбувається процес відгону (вичерпання) НКК з стікає вниз вихідного розчину 3.

У верхній частині колони відбувається процес збагачення (зміцнення) піднімаються пари НКК за рахунок багатоступінчастого контактування їх на контактних пристроях зі стікає зверху вниз флегмою. Відводяться з верхньої частини колони пари надходять в дефлегматор 10, де конденсуються в міжтрубному просторі дефлегматора за рахунок відведення тепла хладоагента - воді, що рухається в трубному просторі. Частина отриманого конденсату відбирається і у вигляді флегми повертається в колону на її зрошення. Інша частина - дистилат - додатково охолоджується в холодильнику 11 і направляється в збірник 12 в якості готового продукту з високою концентрацією НКК [4].

1.2 Теоретичні основи процесу

Поверхня теплопередачі випарної установки визначають за основним рівнянням теплопередачі:

$$F = Q / K\Delta t_{\text{П}} \quad (1.1)$$

Для визначення теплових навантажень Q , коефіцієнтів теплопередачі K і корисних різниць температур.

В основу процесів теплопереносу покладено основний кінетичний закон, згідно з яким швидкість теплопередачі прямо пропорційна рушійною силою і обернено пропорційна термічному опору:

$$u_m = \frac{Q}{F \cdot \tau} = \frac{\Delta t_c}{R_m} \quad (1.2)$$

					<i>ПОХНП. Т.00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де Q - кількість переданого тепла, Дж;

F - поверхня теплопередачі, m^2 ;

τ - тривалість процесу, с;

Δt_c - середня різниця температур між теплоносіями, К;

R_m - термічний опір процесу теплопередачі.

Для сталого процесу (якщо температури в подібних точках в теплоносіях не змінюються за часом) кількість переданих-мого тепла в одиницю часу (тепловий потік) на основі рівняння (1) знаходять за формулою:

$$Q = k_m \cdot \Delta t_c \cdot F \quad (1.3)$$

де k_m - середній для теплового процесу коефіцієнт теплопередачі, що характеризує швидкість процесу теплопередачі, $k_m = 1/R_m$.

Залежність (1.) називають основним кінетичним рівнянням процесу теплопередачі.

Величина теплового потоку, агрегатний (фазовий) стан, режим, напрямок і характер руху теплоносіїв уздовж поверхні теплопередачі, величина середньої рушійної сили процесу визначають як швидкість (інтенсивність) і ефективність проходять теплообмінних процесів, так і тип використовуваного теплообмінного обладнання, його про-щую поверхню теплопередачі, конструктивні особливості та геометри-етичні розміри.

Загальний вигляд критеріальною залежності для визначення коефіцієнта тепловіддачі при конденсації має вигляд:

$$Nu = f(Ga, Pr, K) \quad (1.4)$$

Тут $K = r/(c_{ж}\Delta t)$ - критерій фазового переходу, або критерій конденсації, є мірою відносини теплоти, що витрачається на фазове перетворення, до теплоти переохолодження фази: r - питома теплота конденсації; $c_{ж}$ - питома теплоємність конденсату; $\Delta t = t_{нас} - t_{ст}$.

					ПОХНП.Т.00.00.00 ПЗ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.3 Опис апарату і вибір матеріалів

Найбільшого поширення набули кожухотрубні випаровувачі.

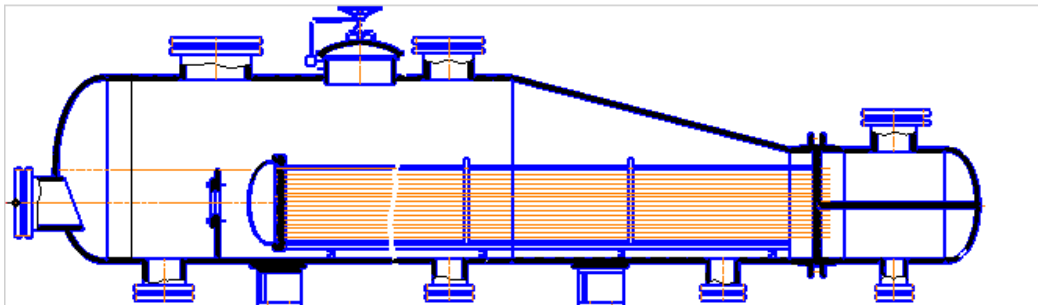


Рисунок 1.2 - Конструкція випарника з паровим простором типу II

До випаровувачів пред'являються ті ж вимоги, що і до інших видів теплообмінників: висока інтенсивність теплопередачі, мала витрата металу і ін. Залежно від конструктивних особливостей розрізняють кожухотрубні, кожухозмійовикові, вертикальнотрубні і ін. випаровувачі.

Пар підводиться у верхню частину випаровувача в трубний простір. Етанол подається в нижню частину випаровувача.

Перевагами кожухотрубних випаровувачів є простота і компактність конструкції, значна інтенсивність теплопередачі, можливість пристрою закритої системи циркуляції охолоджуючої середовища.

Матеріал кожуха, звичайний для випаровувачів, зварена з листової сталі обичайка. Труби обрані сталевими, які завальцьовані в трубну решітку.

Завданням конструктивного розрахунку випаровувача є визначення його основних розмірів.

Як і у всякому іншого типу теплообміннику в випаровувачі здійснюється передача теплоти від більш нагрітого теплоносія до менш нагрітого. Причому передача тепла від гарячого теплоносія до холодного здійснюється через розділяє поверхню теплообміну.

Корпус апарату виконаний у вигляді циліндричної обичайки з листового матеріалу, причому внутрішній діаметр корпусу приймається відповідно до

									Арк.
									9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ПОХНП.Т.00.00.00 ПЗ				

стандартного значенням ряду чисел. Товщина стінки корпусу визначається з розрахунку на міцність.

Кінці трубок закріплюють на ігровому полі. Трубна решітка представляє собою диск, в якому висвердлені отвори під трубки і служить разом з трубками для поділу трубного і міжтрубному простору. Розміщення отворів в решітці і їх крок регламентуються нормативними документами. Кріплення труб в трубній решітці повинна бути міцною, герметичним і забезпечувати легку заміну труб.

Розподільні камери і кришки призначені для розподілу потоку робочого середовища за теплообмінних труб. Для створення необхідного числа ходів розподільної камери встановлюють перегородки.

Також в конструкції теплообмінника присутні фланці, прокладки і кріпильні елементи, які призначені для з'єднання складових частин апарату і повинні забезпечувати герметичність з'єднання.

Вибір конструкційного матеріалу, який визначається умовою експлуатації проєктованого елемента, вузла або апарату (температура, тиск, величина навантаження, характер агресивного впливу середовища, вимоги до якості, що переробляється продукту і т. Д.), Слід виконувати так, щоб при низькій вартості і не дефіцитності матеріалу забезпечувати ефективну технологію виготовлення елемента (вироби).

Так як в апараті здійснюється технологічний процес із застосуванням речовини, що володіє малоагресивними властивостями, то для забезпечення умов роботи холодильної установки, прийнята сталь Ст3, що відрізняється хорошими механічними і технологічними характеристиками. Сталь добре деформується в гарячому і холодному стані і легко зварюється, що полегшує виготовлення корпусних деталей методом гноття і забезпечує високу якість зварювальних швів. Хімічний склад і механічні властивості представлені в таблиці 1.1

					ПОХНП.Т.00.00.00 ПЗ	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.1 - Хімічний склад і механічні властивості сталі 3

C, %	Mn, %	Si, %	Cr, %	Ni, %	Cu, %	As, %	S, %	P, %	E · l 05 МПа	σт МПа	σв МПа	δ %
0,23- 0,3	0,5- 0,8	0,05- 0,19	0,3	0,5	0,3	0,08	0,05	0,04	2,0	280	400	23

Матеріал зовнішньої оснастки, арматури, кріпильних елементів і т. Д., Що не мають контакту з переробляється середовищем, приймаємо конструкційну сталь 10. Вибір на користь цієї сталі, заснований на її порівняно низької вартості, хорошій оброблюваності і досить високими фізико-механічними властивостями.

Хімічний склад і механічні властивості сталі представлені в таблиці 1.2

Таблиця 1.2 - Хімічний склад і механічні властивості сталі 10

C, %	Mn, %	Si, %	Cr, %	Ni, %	Cu, %	As, %	S, %	P, %	E · l 05 МПа	σт МПа	σв МПа	δ %
0,07- 0,14	0,35- 0,65	0,17- 0,37	0,15	0,25	0,3	0,08	0,04	0,04	2,0	210	340	31

Для виготовлення пристроїв, необхідних для забезпечення зручності обслуговування і зовнішнього огляду апарату, вибираємо прокат з листової та профільної сталі звичайної якості - ВСт3пс3 ГОСТ 380 - 71, що поставляється по групі В (поставляється за механічними властивостями і хімічним складом). На користь вибору цієї сталі приймається її низька вартість, добре обробляється і відмінна зварюваність.

Для захисту зовнішніх поверхонь апарату від впливу навколишнього середовища використовуємо покриття - Емаль ПФ8 жаростійкий, яка наноситься розпиленням по ґрунту для жаростійких і атмосферостійких покриттів. Дане покриття стійке при тривалому впливі температури до 150° С.

					ПОХНП.Т.00.00.00 ПЗ				Арк.
									11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

2. Технологічні розрахунки процесу і апарату

2.1 Матеріальний і тепловий баланс процесу.

Витрата матеріалу, який випаровується в кг/с

$$G_1 = \frac{4100}{3600} = 1,14 \text{ кг/с.}$$

Температура кипіння парів етанолу при $P_{\text{вип}} = 1,4$ ама на рис. XV [2]

$$t_{\text{кип}} = 90 \text{ }^\circ\text{C}$$

Теплота випаровування етанолу при даній температурі кипіння [2]

$$r_1 = 814 \text{ кДж / кг.}$$

Кількість теплоти, поглиненої при випаровуванні рідини

$$Q_{\text{вип}} = G_1 \cdot r_1 \quad (2.1)$$

$$Q_{\text{вип}} = 1,14 \cdot 814 = 928 \text{ кВт.}$$

Кількість теплоти, яка потрібна для нагрівання на випаровування рідини.

$$Q_{\text{нагр}} = G_1 \cdot C_1 \cdot (t_{\text{кип}} - t_n) \quad (2.2)$$

$$Q_{\text{нагр}} = 1,14 \cdot 2,5 \cdot (90 - 70) = 57 \text{ кВт,}$$

де $C_1 = 2,5$ кДж/кг · К теплоємність рідкого етанолу при середній температурі

$$t_{\text{ср}} = \frac{t_{\text{кип}} + t_n}{2} = \frac{90 + 70}{2} = 80 \text{ }^\circ\text{C.}$$

Теплове навантаження апарату з урахуванням 5% втрат тепла

$$Q = 1,05 \cdot (Q_{\text{вип}} + Q_{\text{нагр}}) \quad (2.3)$$

$$Q = 1,05 \cdot (928 + 57) = 1034 \text{ кВт.}$$

					ПОХНП. Т.00.00.00 ПЗ	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.2 Технологічні розрахунки

Температура пари при тиску $p_n = 1,4$ ата за додатком LVII [2]

$$t_{2H} = 109 \text{ }^\circ\text{C}.$$

Середня температура конденсату водяної пари

$$t_{2cp} = \frac{t_{2H} + t_{2K}}{2} = \frac{109 + 75}{2} = 92 \text{ }^\circ\text{C}.$$

Фізичні параметри конденсату при $t_{2cp} = 92 \text{ }^\circ\text{C}$ (додаток I, II, III, IV) [1]:

щільність $\rho_2 = 955 \text{ кг / м}^3$;

в'язкість $\mu_2 = 0,33 \cdot 10^{-3} \text{ Па} \cdot \text{с}$;

теплоємність $c_2 = 4,19 \text{ кДж / кг} \cdot \text{К}$;

теплопровідність $\lambda_2 = 0,676 \text{ Вт / м} \cdot \text{К}$;

теплота конденсації $r_2 = 2285 \text{ кДж / кг}$.

витрата пари

$$G_2 = \frac{Q}{r_2 + c_2 \cdot (t_{2H} - t_{2K})} \quad (2.4)$$

$$G_2 = \frac{1034}{2285 + 4,19 \cdot (109 - 70)} = 0,42 \text{ кг/с}$$

Визначимо температуру t' визначальну кордон зон процесу теплообміну

$$t' = t_{2K} + \frac{Q_{\text{нагр}}}{G_1 \cdot C_1} \quad (2.5)$$

$$t' = 75 + \frac{57}{2 \cdot 1,14} = 100 \text{ }^\circ\text{C},$$

де $C_1 = 2,5 \text{ кДж / кг} \cdot \text{К}$ - теплоємність толуолу.

Середня різниця температур:

Для зони випаровування

$$Dt_{cp}^{min} = \frac{(t_{2H} - t_{1K}) - (t_{\phi} - t_{1K})}{\ln \frac{t_{2H} - t_{1K}}{t_{\phi} - t_{1K}}} \quad (2.6)$$

					ПОХНП.Т.00.00.00 ПЗ	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\Delta t_{cp}^{вин} = \frac{(109-90)-(100-90)}{\ln \frac{109-89}{92,5-92}} = 14 \text{ К};$$

для зони нагрівання

$$\Delta t_{cp}^{нагр} = \frac{(t_{2cp} - t_{1cp}) - (t' - t_{1к})}{\ln \frac{t_{2cp} - t_{1н}}{t' - t_{1к}}} \quad (2.7)$$

$$\Delta t_{cp}^{нагр} = \frac{(92-80)-(100-90)}{\ln \frac{92-80}{100-90}} = 12 \text{ К}.$$

Температуру стінки прийемо на 10°C вище [3] середньої температури етанолу, тобто

$$t_{cm} = t_{1cp} + 10 = 80 + 10 = 90$$

Для випадку конденсації водяної пари усередині горизонтальних труб значення коефіцієнта тепловіддачі знаходимо за формулою 4-73а [2]

$$\alpha_k = 1,36 \cdot A \cdot q_k^{0,5} \cdot l^{0,35} \cdot d^{-0,25}, \quad (2.8)$$

де q_k - питома теплова навантаження при конденсації пари; l - довжина труб, $l = 6$ м; d - внутрішній діаметр труб, $d = 25 - 4 = 21 \cdot 10^{-3}$ м.

Коефіцієнт A при конденсації пари усередині горизонтальної труби наведені на рис. 4-8 [2].

Значення A для пара береться при температурі $t_{кон} = 109^\circ \text{C}$

$$A = 8,0.$$

$$\alpha_k = 1,36 \cdot 8,0 \cdot q_k^{0,5} \cdot 6^{0,35} \cdot 0,021^{-0,25} = 54,3 \cdot q_k^{0,5} \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}.$$

Коефіцієнт тепловіддачі з боку киплячого етанолу знаходимо за формулою 4-78.

					ПОХНП.Т.00.00.00 ПЗ	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\alpha_{\text{кип}} = 2,72 \cdot \varphi \cdot \rho^{0,4} \cdot q_{\text{кип}}^{0,7} \quad (2.9)$$

для етанолу $\varphi = 0,45$.

q - множник, що враховує фізичні властивості рідин

При $\rho = 1,4 \text{ кг / см}^2$.

$$\alpha_{\text{кип}} = 2,72 \cdot 0,31 \cdot q_{\text{кип}}^{0,7} \cdot 1,4^{0,4} = 1,37 \cdot q^{0,7}.$$

При сталому процесі теплообміну

$$q_{\text{конд}} = q_{\text{ст}} = q_{\text{кип}},$$

де

$$q_{\text{конд}} = \alpha_{\text{конд}} \cdot (t_{\text{конд}} - t_{\text{ст1}}) \quad (2.10)$$

$$q_{\text{ст}} = \frac{t_{\text{ст1}} - t_{\text{ст2}}}{\Sigma r_{\text{ст}}} \quad (2.11)$$

$$q_{\text{кип}} = \alpha_{\text{кип}} \cdot (t_{\text{ст2}} - t_{\text{кип}}) \quad (2.12)$$

Приймаємо теплову провідність забруднень з боку конденсуючого пара

$$\frac{1}{r_{\text{загр1}}} = 5800 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}},$$

з боку киплячого етанолу [2]:

$$\frac{1}{r_{\text{загр2}}} = 5000 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}.$$

теплопровідність стали $\lambda = 46,5 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}.$

Таким чином, термічний опір стінки складе

$$\Sigma r_{\text{ст}} = r_{\text{загр1}} + r_{\text{ст}} + r_{\text{загр2}} = \frac{1}{5800} + \frac{0,002}{46,5} + \frac{1}{5000} = 4 \cdot 10^{-4} \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}.$$

					ПОХНП.Т.00.00.00 ПЗ	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Так як $t_{ст1}$ і q заздалегідь не відомі, то далі розраховуємо методом послідовних наближень. Тобто за різними прийнятим значенням $t_{ст}$ знаходимо залежність q від $t_{ст}$. Величина $t_{ст}$ повинна знаходитися в межах $109-70$ ° С.

Розрахунок зводимо в таблицю 1.

Таблиця 1.

№ П/ П	Гріючий пар						Киплячий етанол						
	$t_{конд}, °C$	$t_{ст.1}, °C$	Δt_1	$t_{пл} = \frac{t_{2н} + A}{2}$	$\alpha_{кон} = 2940 \cdot \Delta t_1,$ Вт/м ² ·гр	$q_k = \alpha_k \cdot \Delta t_1$	$\sum t_{ст}, м^2 \cdot гр / Вт$	$\Delta t_{ст} = \alpha_{кон} \cdot \sum t_{ст}$	$t_{ст.2} = t_{ст.1} - \Delta t_{ст}$	$t_{кип}, °C$	$\Delta t_2 = t_{ст.2} - t_{кип}$	$\alpha_{кип} = 0,93 \cdot 0,7$	$q_{кип} = \alpha_{кип} \cdot \Delta t_2$
109	106,3	2,7	107,7	8,0	7660	20630	4·10 ⁻⁴	9,2	100,8	9,0	8,8	1438	12654
109	106,8	2,2	107,9	8,0	5680	11360	4·10 ⁻⁴	4,5	106,2	9,0	14,2	945	13420
109	107	2	108	8,0	6250	13750	-	5,5	105	9,0	13	1080	14040

розрахунок α_k знаходимо за формулою

$$\alpha_k = 54,3 \cdot q_k^{0,5} = 54,3 \cdot [\alpha_k \cdot (t_{\text{конд}} - t_{\text{ст1}})]^{0,5}$$

$$\alpha_k = 54,3 \cdot \alpha_k^{0,5} (t_{\text{конд}} - t_{\text{ст1}})^{0,5} = 54,3 \cdot \alpha_k^{0,5} \cdot \Delta t_1^{0,5}$$

Звідки

$$\alpha_k^{0,5} = 54,3 \cdot \Delta t_1^{0,5}$$

$$\alpha_k = 54,3^2 \cdot \Delta t_1 = 2940 \cdot \Delta t_1$$

За результатами третього розрахунку знаходимо середній тепловий потік

$$q_{\text{ср}} = \frac{q_{\text{кон}} + q_{\text{кип}}}{2} = \frac{13750 + 14040}{2} = 13900 \text{ Вт / м}^2.$$

Визначаємо коефіцієнт теплопередачі

$$K_{\text{вин}} = \frac{q_{\text{ср}}}{\Delta t_{\text{ср}}} = \frac{13900}{14} = 993 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}.$$

Необхідна поверхню теплообміну

$$F = \frac{Q}{q_{\text{ср}}} = \frac{1034 \cdot 10^3}{13900} = 74 \text{ м}^2.$$

Попередньо виберемо випарник за значенням F без урахування коефіцієнта теплопередачі для зони нагріву (Кнаг).

2.3 Конструктивні розрахунки

Найближче підходить випарник з паровим простором типу П, який має параметри:

Діаметр кожуха $D = 1200 \text{ мм}$;

Число ходів $Z = 2$;

Число труб $n_T = 204$;

Поверхня теплообміну $F = 96 \text{ м}^2$;

Довжина труб $H = 6,0 \text{ м}$;

Площа перетину трубного простору $f_{\text{тр}} = 0,034 \text{ м}^2$;

					ПОХНП.Т.00.00.00 ПЗ	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Площа перетину міжтрубного

$$F_{\text{мтр}} = 0,785 \cdot (D^2 - d_n^2) \cdot 2 \cdot n_T \quad (2.13)$$

$$F_{\text{мтр}} = 0,785 \cdot (1,2^2 - 0,025^2 \cdot 204) = 1,03 \text{ м}^2.$$

Периметр, що змочується етанолом

$$\Pi = p \cdot (D^2 - d_n^2) \cdot 2n_T \quad (2.14)$$

$$\Pi = 3,14 \cdot (1,2^2 + 0,025^2 \cdot 204) = 4,9 \text{ м}.$$

Еквівалентний діаметр міжтрубного простору

$$d_{\text{екв}} = \frac{4 \cdot f_{\text{мтр}}}{\Pi} \quad (2.15)$$

$$d_{\text{екв}} = \frac{4 \cdot f_{\text{мтр}}}{\Pi} = \frac{4 \cdot 1,03}{4,9} = 0,8 \text{ м}.$$

Швидкість руху етанолу

$$\omega_2 = \frac{G_1}{\rho_2 \cdot f_{\text{мтр}}} = \frac{1,14}{815 \cdot 1,03} = 0,0014 \text{ м/с} \quad (2.16)$$

Значення функції Re для етанолу

$$\text{Re} = \frac{\omega_2 \cdot d_{\text{екв}} \cdot \rho_2}{\mu_2}, \quad (2.17)$$

$$\text{Re} = \frac{0,0014 \cdot 0,8 \cdot 815}{0,435 \cdot 10^{-3}} = 2098$$

режим руху передній.

Значення критерію Nu

$$\text{Nu} = 4 \cdot \text{Pr}^{0,43} \cdot \left(\frac{\mu_1}{\mu_{\text{ст}}} \right)^{0,25}, \quad (2.18)$$

Значення критерію Pr для етанолу

					ПОХНП. Т.00.00.00 ПЗ	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Pr_1 = \frac{C_1 \cdot \mu_1}{\lambda_1} \quad (2.19)$$

$$Pr_1 = \frac{2,5 \cdot 10^3 \cdot 0,435 \cdot 10^{-3}}{0,145} = 14,8.$$

В'язкість толуолу при температурі стінки

$$\mu_{ст} = 0,4 \cdot 10^{-3}.$$

тоді

$$Nu_1 = 4 \cdot 14,8^{0,43} \cdot \left(\frac{0,435 \cdot 10^{-3}}{0,4 \cdot 10^{-3}} \right)^{0,25} = 13,7.$$

Коефіцієнт тепловіддачі для рідкого етанолу

$$\alpha_1^{наз} = \frac{Nu_1 \cdot \lambda_1}{d_{екв}} \quad (2.20)$$

$$\alpha_1^{нагр} = \frac{13,7 \cdot 0,145}{0,025} = 340 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}.$$

Коефіцієнт теплопередачі для зони нагріву

$$K_{нагр} = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1^{нагр}} + \frac{1}{\alpha_2} + \frac{\delta_{ст}}{\lambda_{ст}} + r} \quad (2.21)$$

$$K_{нагр} = \frac{1}{\frac{1}{340} + \frac{1}{6250} + 4 \cdot 10^{-4} + 3 \cdot 10^{-4}} = 335 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}.$$

Розрахункова поверхню теплообміну

$$F_p = \frac{Q_{вин}}{K_{вин} \cdot \Delta t_{сп}^{вин}} + \frac{Q_{нагр}}{K_{нагр} \cdot \Delta t_{сп}^{нагр}} = \frac{928 \cdot 10^3}{993 \cdot 14} + \frac{57 \cdot 10^3}{335 \cdot 13} = 79,8 \text{ м}^2 \quad (2.22)$$

Мінімальне значення площі випарника, відповідне витраті етанолу, $F = 79,8 \text{ м}^2$, на якому і залишаємо свій вибір.

Параметри апарату:

					ПОХНП.Т.00.00.00 ПЗ	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Діаметр кожуха $D = 1200$ мм;

Діаметр труб $d = 25 \times 2$ мм;

Число ходів $Z = 2$;

Число труб $n_T = 204$;

Поверхня теплообміну $F = 96$ м²;

Довжина труб $l = 6,0$ м;

Площа перерізу одного ходу по трубах $f_{тр} = 0,034$ м².

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

$$d = \sqrt{\frac{4V}{\pi \cdot w}} = \sqrt{\frac{4G}{\pi \cdot \rho \cdot w}} \quad (2.23)$$

де V і G - об'ємний і масовий витрати рідини або пари відповідно, м³/с і кг/с;

ρ - щільність потоку середовища, кг/м³;

w - швидкість витікання середовища, м / с.

Рекомендовані швидкості руху теплоносіїв (відповідно до [2-4]):

для рідин 0,1 ... 0,5 м/с при протіканні і 0,5 ... 2,5 м / с в напірних

трубопроводах;

- для пара 20 ... 40 м/с;

- для газів 5 ... 15 м/с.

Діаметр патрубку для входу етанолу в апарат d_n , м:

$$d = \sqrt{\frac{4V}{\pi \cdot w}} = \sqrt{\frac{4G}{\pi \cdot \rho \cdot w}} \quad (2.24)$$

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 4100/3600}{3,14 \cdot 815 \cdot 0,5}} = 0,06 \text{ м}$$

Діаметр патрубку для виходу парів етанолу з апарату d_k , м:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 4100/3600}{3,14 \cdot 2 \cdot 20}} = 0,19 \text{ м}$$

Діаметр патрубку для входу пара в апарат $d_{вх}$, м:

$$d_{вх} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,42}{3,14 \cdot 1,55 \cdot 8}} = 0,208 \text{ м}$$

					ПОХНП. Т.00.00.00 ПЗ	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Діаметр патрубкa для виходу пара з апарату $d_{\text{вих}}, \text{ м}$:

$$d_{\text{вих}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,42}{3,14 \cdot 960 \cdot 0,5}} = 0,033 \text{ м}$$

Приймаються в проектуваному теплообмінному апараті штуцера для входу етанолу $D_y = 80 \text{ мм}$ і $p_y = 0,2 \text{ МПа}$, для виходу парів етанолу $D_y = 200 \text{ мм}$ і $p_y = 0,2 \text{ МПа}$ кг/см^2 , для входу пара $D_y = 250 \text{ мм}$. $p_y = 0,25 \text{ МПа}$ і виходу конденсату $D_y = 50 \text{ мм}$. $p_y = 0,25 \text{ МПа}$

2.4 Гідравлічний опір апарату

Об'ємна витрата пари, що гріє

$$V_{\text{п}} = \frac{G_{\text{п}}}{\rho_{\text{п}}} \quad (2.25)$$

$$V_{\text{п}} = \frac{0,42}{1,55} = 0,27 \text{ м}^3 / \text{с}$$

Дійсна швидкість пара

$$\omega_{\text{п}} = \frac{V_{\text{п}}}{f_{\text{тр}}} \quad (2.26)$$

$$\omega_{\text{п}} = \frac{0,27}{0,034} = 8 \text{ м/с}$$

Величина функції Re

$$\text{Re} = \frac{\omega_{\text{п}} \cdot d \cdot \rho_{\text{п}}}{\mu_{\text{п}}}, \quad (2.27)$$

$$\text{Re} = \frac{8 \cdot 0,021 \cdot 1,55}{0,0123 \cdot 10^{-3}} = 21170 > 2300,$$

отже, режим руху - турбулентний.

Для турбулентного руху пара в круглих трубах коефіцієнт тертя

$$\lambda = \frac{0,316}{\text{Re}^{0,25}} \quad (2.28)$$

					ПОХНП. Т.00.00.00 ПЗ	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\lambda = \frac{0,316}{21170^{0,25}} = 0,024.$$

Втрата тиску на тертя в прямих трубах

$$\Delta P_{\text{тр}} = \lambda \cdot \frac{n \cdot L}{d} \cdot \frac{\omega_{\text{п}}^2 \cdot \rho_{\text{п}}}{2} \quad (2.29)$$

$$DP_{\text{мп}} = 0,024 \times \frac{2 \times 6}{0,021} \times \frac{8^2 \cdot 1,55}{2} = 2930 \text{ Па}.$$

де n - число труб.

Коефіцієнти лінійних опорів:

Вхідна і вихідна камера $\xi_1 = 1,5$,

Вхід в труби або вихід з них $\xi_2 = 1,0$.

Втрати тиску на місцевих опорах

$$\Delta P_{\text{м}} = \sum \xi \cdot \frac{\omega_{\text{п}}^2 \cdot \rho_{\text{п}}}{2} \quad (2.30)$$

$$\Delta P_{\text{м}} = \sum (8 \cdot 1,5 + 8 \cdot 1,0) \cdot \frac{8^2 \cdot 1,55}{2} = 1025 \text{ Па}$$

Загальна втрата тиску в трубному просторі

$$DP_{\text{м}} = DP_{\text{мп}} + DP_{\text{м}} = 2930 + 1025 = 3955 \text{ Па}.$$

2.5 Вибір допоміжного обладнання

Виконаємо розрахунок відцентрового насоса для подачі етанолу в випаровувачі.

Витрата етанолу

$$V = \frac{G}{\rho} = \frac{1,14}{815} = 0,0014 \text{ м}^3/\text{с}.$$

У випарнику під надлишковим тиском 0,025 Па. Температура етанолу 20°C; геометрична висота підйому 2 м. Довжина трубопроводу на лінії всмоктування 3 м, на лінії нагнітання 10 м. На лінії всмоктування встановлений один нормальний вентиль, на лінії нагнітання - один нормальний вентиль і дросильна заслінка, є

					ПОХНП.Т.00.00.00 ПЗ	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

також два коліна під кутом 90° . Прийнемо швидкість толуолу у всмоктуючому і нагнітальному трубопроводах однаковою, рівною 1 м/с. Тоді діаметр трубопроводу однакової, рівний 1 м/с.

Тоді діаметр трубопровода

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot V}{\pi \cdot \omega}}, \quad (2.31)$$

де ω – швидкість етанолу, м/с;

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,0014}{3,14 \cdot 1}} = 0,042 \text{ м.}$$

Приймаємо трубопровід зі сталі марки 12X13, діаметром 50×3 мм.

Визначаємо величину критерію Re

$$Re = \frac{\omega \cdot d \cdot \rho}{\mu} \quad (2.32)$$

$$Re = \frac{1 \cdot 0,042 \cdot 815}{1,19 \cdot 10^{-3}} = 28760,$$

отже - режим руху турбулентний.

Приймаємо абсолютну шорсткість стінок труб, $e = 0,2$ мм [2], степiнь шероховатості

$$\frac{d}{e} = \frac{42}{0,2} = 210.$$

По рис 1.5 [2, с. 22] знаходимо значення коефіцієнта тертя.

Визначаємо суму коефіцієнтів місцевих опорів [4, с.26]:

для всмоктуючої лінії

- вхід в трубу $\varepsilon = 0,5$;

- нормальний вентиль, для $d = 0,056$ мм, $\varepsilon = 5,4$;

$$\Sigma \varepsilon_{bc} = 0,5 + 5,4 = 5,9;$$

для нагнітальної лінії

					ПОХНП.Т.00.00.00 ПЗ	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- вихід з труби $\varepsilon = 1,0;$
- нормальний вентиль $\varepsilon = 5,4;$
- дросельна заслінка $\varepsilon = 0,9;$
- коліно під кутом 90^0 $\varepsilon = 1,6.$

Отже,

$$\Sigma \varepsilon_H = 1 + 5,4 + 0,9 + 2 \cdot 1,6 = 10,5$$

Визначаємо втрати напору:

у всмоктувальній лінії

$$h_{вс} = \left(0,031 \cdot \frac{3}{0,042} + 5,9 \right) \cdot \frac{1^2}{2 \cdot 9,81} = 0,42 \text{ м.}$$

нагнітальної лінії

$$h_H = \left(0,031 \cdot \frac{20}{0,042} + 10,5 \right) \cdot \frac{1^2}{2 \cdot 9,81} = 1,35 \text{ м.}$$

Загальні втрати напору

$$h_{\Pi} = 0,42 + 1,35 = 1,77 \text{ м.}$$

Визначаємо повний напір [2]

$$H = \frac{\Delta p}{\rho \cdot g} + H_r + h_{\Pi} \quad (2.33)$$

где Δp – надлишковий тиск, Па; H_r - геометричний напір..

$$H = \frac{0,15 \cdot 10^6}{815 \cdot 9,81} + 2 + 1,77 = 29,43 \text{ м.}$$

Корисна потужність насоса

$$N_{\Pi} = \frac{\rho \cdot g \cdot H \cdot V}{1000} \quad (2.34)$$

де V – витрата етанолу, $\text{м}^3/\text{с};$

					ПОХНП.Т.00.00.00 ПЗ	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$N_n = \frac{815 \cdot 9,81 \cdot 29,43 \cdot 0,0014}{1000} = 0,52 \text{ кВт.}$$

Потужність на валу двигуна

$$N_{\text{дв}} = \frac{N_{\text{п}}}{\eta_{\text{н}} \cdot \eta_{\text{п}}} \quad (2.35)$$

де $\eta_{\text{н}}$ – к.п.д. насоса; $\eta_{\text{п}}$ – к.п.д. передачі.

$$N_{\text{дв}} = \frac{0,52}{0,6 \cdot 1,0} = 0,867 \text{ кВт.}$$

Установча потужність двигуна з урахуванням пускових моментів

$$N_{\text{уст}} = \frac{1,2 \cdot N_{\text{дв}}}{\eta_{\text{дв}}} = \frac{1,2 \cdot 0,867}{0,8} = 1,3 \text{ кВт.}$$

Встановлюємо при $V = 0,0014 \text{ м}^3/\text{с} = 5,04 \text{ м}^3/\text{г}$ відцентровий насос марки ХМ 10-32 з наступною характеристикою: продуктивність $0,00278 \text{ м}^3/\text{с}$, напір 32 м.

Насос забезпечений електродвигуном номінальною потужністю 2,2 кВт і частотою обертання 2900 об / хв.

					ПОХНП. Т.00.00.00 ПЗ	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3. Розрахунки на міцність апарату

3.1 Розрахунок товщини стінки стінки циліндричної обичайки

Прийmemo коефіцієнт міцності зварних швів $\varphi = 0,9$ (ручне дугове електрозварювання), напруга для сталі Ст3 при $t = 109^\circ \text{C}$ [6]

$$\sigma = 134 \text{ МПа.}$$

Тиск толуолу в міжтрубному просторі

$$p = 1,4 \text{ ата} = 0,14 \text{ МПа.}$$

Для листового матеріалу допустима напруга

$$[\sigma] = \eta \cdot \sigma = 1 \cdot 134 = 134 \text{ МПа.}$$

Розрахункова схема обичайки приведена на рисунку 3.1

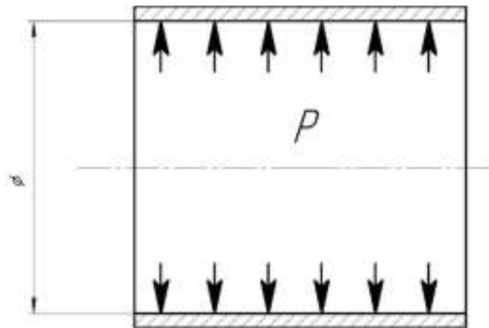


Рисунок 3.1 - Розрахункова схема обичайки

Розрахункова товщина стінки кожуха

$$s_p = \frac{p \cdot D}{2 \cdot \varphi \cdot [\sigma] - p} \quad (3)$$

$$s_p = \frac{0,14 \cdot 1200}{2 \cdot 0,9 \cdot 134 - 0,14} = 0,7 \text{ мм.}$$

Пробний тиск при гідравлічних випробуваннях при дозволяється за напрузі

$$[\sigma]_{\text{п}} = \frac{\sigma_{\text{т}}}{1,1} = \frac{210}{1,1} = 191 \text{ МПа,}$$

					ПОХНП. Т.00.00.00 ПЗ	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$p_n = 1,25 \cdot p \cdot \frac{[\sigma]_n}{[\sigma]} \quad (3.1)$$

$$p_n = 1,25 \cdot 0,14 \cdot \frac{191}{134} = 0,27 \text{ МПа.}$$

У цьому випадку розрахункова товщина стінки кожуха

$$s_p = \frac{p \cdot D}{2 \cdot \varphi \cdot [\sigma]_n - p} \quad (3.2)$$

$$s_p = \frac{0,27 \times 200}{2 \times 0,9 \times 191 - 0,27} = 0,9 \text{ мм.}$$

Прийmemo надбавку до розрахункової товщині за весь термін служби (10 років) апарату $c = 4,0$ мм, тоді виконавча товщина стінки кожуха

$$s = s_p + c = 0,9 + 4,0 = 4,9 \text{ мм.}$$

З запасом приймаємо стандартне значення товщини стінки кожуха $s = 6,0$ мм.

3.2 Розрахунок товщини стінки еліптичної кришки

Розрахункова схема днища приведена на малюнку 3.2

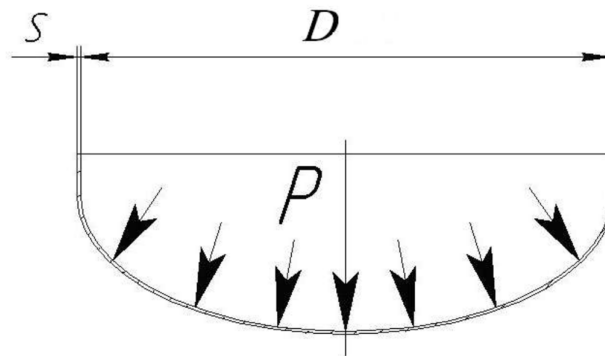


Рисунок 3.2 - Розрахункова схема днища еліптичного
Тиск пара під кришкою

$$p_n = 2,7 \text{ ата} = 0,27 \text{ МПа.}$$

Розрахункова товщина стінки кришки при проведенні гідравлічних випробувань

					ПОХНП. Т.00.00.00 ПЗ	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$s_p = \frac{p_n \cdot D}{2 \cdot \varphi \cdot [\sigma]_n - 0,5 \cdot p_n} \quad (3.3)$$

$$s_p = \frac{0,27 \cdot 1200}{2 \cdot 0,9 \cdot 191 - 0,5 \cdot 0,27} = 0,9 \text{ мм.}$$

Виконавча товщина кришки

$$s_{кр} = s_p + c = 0,9 + 4,0 = 4,9 \text{ мм.}$$

Приймаємо $s_{кр} = 6,0$ мм.

3.3 Розрахунок і вибір опори

Маса обичайки кожуха

$$m_k = \left[\frac{\pi \cdot (D + 2 \cdot s)^2}{4} - \frac{\pi \cdot D^2}{4} \right] \cdot l \cdot \rho \quad (3.4)$$

$$m_k = \left[\frac{3,14 \cdot (1,2 + 2 \cdot 0,006)^2}{4} - \frac{3,14 \cdot 1,2^2}{4} \right] \cdot 6 \cdot 7860 = 1072 \text{ кг,}$$

де $\rho = 7860 \text{ кг/м}^3$ - щільність сталі.

Маса кришки і днища

$$m_{кр} = 1,24 \cdot D^2 \cdot s_{кр} \cdot \rho \quad (3.5)$$

$$m_{кр} = 1,24 \cdot 1,2^2 \cdot 0,006 \cdot 7860 = 84 \text{ кг.}$$

маса труб

$$m_{тр} = \frac{\pi}{4} \cdot (d_n^2 - d_{вн}^2) \cdot l \cdot n \cdot \rho \quad (3.6)$$

$$m_{тр} = \frac{314}{4} \cdot (0,025^2 - 0,021^2) \cdot 6 \cdot 204 \cdot 7860 = 1390 \text{ кг,}$$

Маса фланця з ґратами

					ПОХНП.Т.00.00.00 ПЗ	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$m_{\phi} = \frac{\pi \cdot D_{\phi}^2}{4} \cdot h_{\phi} \cdot \rho \quad (3.7)$$

$$m_{\phi} = \frac{3,14 \cdot 1,32^2}{4} \cdot 0,03 \cdot 7860 = 257 \text{ кг},$$

де D_{ϕ} - зовнішній діаметр фланця, h_{ϕ} - висота фланця.

Обсяг міжтрубного простору

$$V_M = f_{\text{мтр}} \cdot l \quad (3.8)$$

$$V_M = 1,03 \times 6 = 6,18 \text{ м}^3.$$

При коефіцієнті заповнення $\varphi = 0,7$ маса етанолу

$$m_T = V_M \cdot \rho_T \cdot \varphi \quad (3.9)$$

$$m_m = 6,18 \times 815 \times 0,7 = 3526 \text{ кг}.$$

Сила тяжіння апарату в робочому стані

$$G = g \cdot (m_k + 2 \cdot m_{\text{кр}} + m_{\text{тр}} + 2 \cdot m_{\phi} + m_T) \quad (3.10)$$

$$G = 9,81 \cdot (1072 + 2 \cdot 84 + 1390 + 2 \cdot 257 + 3526) = 62550 \text{ Н} = 65,4 \text{ кН}.$$

Приймаємо кількість опор $n = 2$ шт.

Навантаження на одну опору

$$Q = \frac{G}{n} \quad (3.11)$$

$$Q = \frac{65,4}{2} = 32,7 \text{ кН}.$$

Вибираємо опору з допустимим навантаженням $Q = 50 \text{ кН}$.

					ПОХНП.Т.00.00.00 ПЗ	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

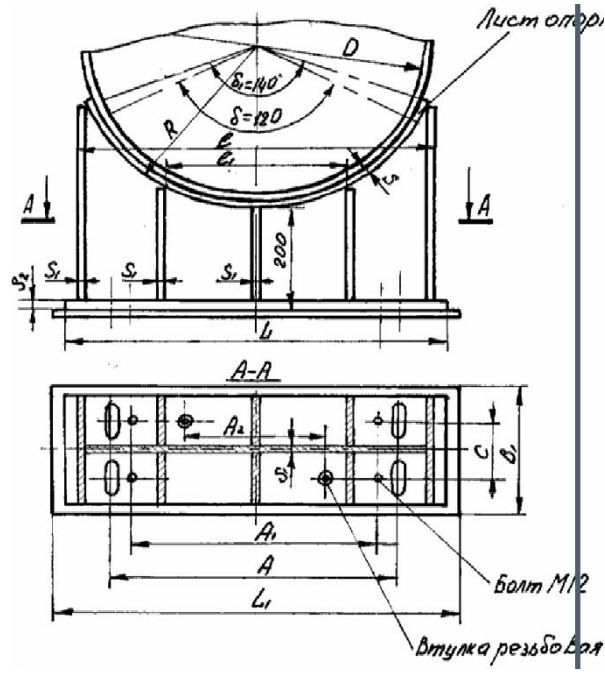


Рисунок 3.3 - Схема опори

Вибираємо сідлову опору типу 1 з допустимим навантаженням $Q = 50$ кН.

Опора 50-530-1 ОСТ 26-1665-75

					ПОХНП.Т.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

4. Організація монтажних та ремонтних робіт

З метою забезпечення стабільних умов експлуатації обладнання, а також зручності його обслуговування, технологічне і допоміжне обладнання встановлюємо в будівлі. При цьому враховано, що будівля складається із залізобетонних елементів прямокутної форми в плані з використанням уніфікованих типових прольотів і по можливості однакової висоти.

Розміри прольотів, розташування розбивочних осей (кроків колон) і висоти будівлі приймаємо по ГОСТ 23838-79 і 24336-80; розміри прольотів і кроки колон одноповерхових будівель - кратними 6 м.

При розміщенні обладнання передбачені проходи, що забезпечують безпечне обслуговування обладнання, рух обслуговуючого персоналу і транспортних пристроїв, а також зручну очищення робочих поверхонь обладнання. Проходи в світлі (між більш виступаючими частинами обладнання, щитів, конструкцій) по фронту обслуговування беруться не менше 1,0 м. По фронту обслуговування насосів ширина проходу в світлу - не менше 1,5 м. Проходи, службовці для періодичного обслуговування обладнання і щитів управління, повинні мати ширину не менше 0,8 м.

В цілому, компоновка обладнання здійснена по ходу технологічного процесу з раціональним використанням виробничих площ, максимальним скороченням довжини трубопроводів, дотриманням необхідних умов для зручного і безпечного обслуговування машин і апаратів, їх монтажу і ремонту.

При розміщенні обладнання здійснювалася мета щодо спрощення виробничого потоку, скорочуючи при цьому кількість передавальних пристроїв і використовуючи, по можливості, гравітаційні сили для переміщення продукту на окремих ділянках технологічного процесу.

Грунтуючись на перерахованих вище умовах компоновки обладнання передбачається розміщення напірних ємностей, дефлегматорів на естакадах у верхній частині виробничого приміщення, а габаритне і масивне обладнання - на нульовій позначці.

Для зручності обслуговування технологічного устаткування, огляду і ремонту, за місцем встановлені майданчики і сходи, які не повинні порушувати міцність і стійкість обладнання. Висота обслуговуючих майданчиків не менше 2,0 м.

					ПОХНП.Т.00.00.00 ПЗ	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.1 Монтаж апарату

Кожухотрубчасті теплообмінники складаються з циліндричного кожуха і вміщеного в ньому пучка труб, тому, незважаючи на конструктивну різноманітність, монтаж цих теплообмінників залежить тільки від їх маси, розмірів і просторового розташування.

Маса і розміри випускаються в даний час кожухотрубчасті теплообмінників дозволяють транспортувати їх до місця монтажу в повністю зібраному на заводі-виробнику вигляді. Для транспортування використовують залізничні платформи, трейлери, автомашини, сани і т.п.

Теплообмінники встановлюють горизонтально або вертикально на різних відмітках відповідно до проекту. Опорною конструкцією для них можуть служити: фундаменти у вигляді двох бетонних або залізобетонних стовпів з анкерними болтами (при низькому горизонтальному положенні) і балки висотних металоконструкцій (при горизонтальному розташуванні на великих висотах і вертикальному положенні).

До корпусу апарату приварюють дві опори, відстань між якими відповідає нормаліям. Для установки теплообмінника на фундамент відстань між опорами можна змінювати в невеликих межах. Між корпусом і опорами апарату повинні поміщатися підкладки з листової сталі, що запобігають вм'ятини на корпусі.

У переважній більшості випадків теплообмінники встановлюють в проектне положення за допомогою самохідних кранів. Якщо в конкретних умовах підйому вантажопідйомність кранів недостатня, то практикується установка теплообмінників двома кранами, які працюють строго узгоджено.

Теплообмінники, розміщені в два яруси і більше, доцільно піднімати великими блоками з кількох апаратів після їх взаємної трубопровідної обв'язки, якщо це дозволяють підйомні кошти. Для стикування однотипних теплообмінників та уніфікації їх трубопровідної обв'язки строго витримують при виготовленні установчі розміри штуцерів на корпусі і на розподільчій камері. При підйомі блок обв'язаних теплообмінників укладають в ґратчастий контейнер, за який і виробляють строповку.

До трубопровідної обв'язки приступають після остаточної перевірки стану корпусу і закріплення болтів, що з'єднують його опори з постаментом. Положення теплообмінника вивіряють за допомогою рівня або схилу, підкладаючи, якщо це необхідно, під опорні площини сталеві планки.

При горизонтальному розташуванні теплообмінників температурні деформації корпусу між опорами можуть досягати декількох міліметрів, тому одна з опор повинна бути рухливою. Нерухому опору, зазвичай встановлюється з боку нерухомої трубної решітки, закріплюють намертво; гайки болтів рухомої опори, що

					ПОХНП.Т.00.00.00 ПЗ	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

має овальні вирізи, що не затягують на 1-1,5 мм, але фіксують контргайками. Зазор між болтами повинен і овальними вирізами повинен бути розташований в сторону можливого подовження теплообмінника. Поверхні ковзання захищають так, щоб виключити защемлення.

Монтовані теплообмінники повинні бути опресовані на пробне тиск на заводі-виробнику, тому на монтажному майданчику їх окремо не обпресовують, обмежуючись перевіркою загальної системи теплообміну разом з трубопровідної обв'язкою після завершення монтажних робіт. У тих випадках, коли відсутня акт заводського випробування або апарат довгий час зберігався на складі або монтажному майданчику, перед монтажем теплообмінник піддають ревізії і, якщо в цьому є необхідність, ремонту.

Способи виявлення та усунення дефектів залежать від конструктивного виконання нового або був в експлуатації теплообмінника.

Під час вивірення установки горизонтальних теплообмінних апаратів на фундаменті або іншій підставі відхилення від проектних осей і відміток, а також горизонтальності і вертикальності не повинні перевищувати:

- головних осей апарату в плані - ± 20 мм;
- фактичної висотної позначки встановленого апарату - ± 10 мм;
- від горизонтальності і заданого положення (ухилу) - 0,5 мм на 1 м.

Вивірка правильності установки горизонтальних апаратів і каркасів (опорних металокопункцій) в проектне положення на фундаменті або іншій підставі повинна проводитися:

- апаратів, секцій - гідростатичним або брусковим рівнем і контрольної лінійкою;
- осей опорних стійок, каркасів - схилом;
- площин кронштейнів опорних стійок (несучих труби або секції) від розташування їх в одній горизонтальній площині - по натягнутій струні.

Під час вивірення установки каркаса (опорної металокопункції) апарату на фундаменті або інших підставах відхилення від проектних розмірів, а також горизонтальності і вертикальності не повинні перевищувати:

- осей опорних стійок між собою - ± 3 мм;
- осі опорних стійок від вертикальності - 1мм на 1 м, але не більше 3 мм;
- площин опорних стійок, що несуть труби або секції, від розташування в одній горизонтальній площині - не менше 2 мм.

У процесі тривалої роботи теплообмінні апарати піддаються забрудненню і зносу. Поверхня їх покривається накипом, відкладеннями солей, маслом і т.п. Зі збільшенням відкладень збільшується термічний опір стінки і погіршується теплообмін.

					ПОХНП.Т.00.00.00 ПЗ	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.2 Ремонт апарату

Знос теплообмінного апарату виражається в наступному:

- зменшення товщини стінки корпусу, трубних решіток, кришок;
- випучини і вм'ятини на корпусі і кришках;
- свищі, тріщини на корпусі, трубах і фланцях;
- збільшення діаметра отворів для труб в трубній решітці;
- прогин трубних решіток і деформація трубок;
- заклинювання плаваючих головок і пошкодження їх струбцин;
- порушення гідро- і теплоізоляції.

Підготовка до ремонту включає в себе наступні заходи:

- знижується надлишковий тиск в апараті до атмосферного і апарат звільняється від продукту;

- відключається арматура, ставляться заглушки на всіх підвідних і відвідних трубопроводах;

- проводиться продування азотом або водяною парою з наступним промиванням водою і продувкою повітрям;

- виконується аналіз на наявність отруйних і вибухонебезпечних продуктів;

- складається план і виходить дозвіл на вогневі роботи, якщо вони необхідні в процесі ремонту;

- складається акт здачі в ремонт.

Далі виконуються наступні роботи:

- зняття кришок апарату, люків, демонтаж обв'язки і арматури;

- виявлення дефектів вальцювання і зварювання, а також цілісності трубок гідравлічним та пневматичним випробуваннями на робочий тиск;

- часткова зміна або відключення дефектних трубок, кріплення труб гнуття або зварюванням;

- ремонт футеровки і антикорозійних покриттів деталей з частковою заміною;

- ремонт або заміна зносилася арматури, трубопроводів, регулювання запобіжних клапанів;

- зміна ущільнень розбірних з'єднань;

- витяг трубок, чистка внутрішньої поверхні корпусу апарату і теплообмінних трубок, зачистка отворів в трубних решітках, зачистка решт трубок;

- заміна частини корпусу, кришок і зношених деталей;

- виготовлення нових трубок;

- монтаж трубного пучка і вальцювання труб в решітці;

- ремонт плаваючих головок;

- монтаж різьбових з'єднань;

					ПОХНП.Т.00.00.00 ПЗ	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- гідравлічне випробування міжтрубному і трубної частин апарату пробним тиском;

- пневматичне випробування апарату.

Найбільш трудомісткими операціями при ремонті теплообмінної апаратури є: демонтаж різьбових з'єднань; очищення теплообмінної апаратури; витяг трубних пучків; ремонт та виготовлення трубних пучків і їх установка; випробування теплообмінників.

Зниження трудомісткості робіт по демонтажу різьбових з'єднань досягається застосуванням пневматичних і гідравлічних гайковертов. Після разбалчівання знімається кришка апарату. Зменшення трудовитрат на опускання і підйом важкої кришки забезпечується виготовленням поворотних кронштейнів, які дозволяють після разбалтывання відвести в сторону кришку і розподільну головку.

Очищення трубок від відкладень включає обробку як внутрішніх, так і внутрішніх поверхонь. Використовуються такі методи очистки: хімічні, абразивні (для нерозчинних відкладень), спеціальні.

Хімічне очищення виконується без розкриття і розбирання теплообмінника. Для очищення від накипу застосовують 5-15% розчин соляної кислоти з добавками інгібіторів. Для очищення від органічних відкладень використовуються вуглеводневі розчинники. Очищення від твердих відкладень виявляється ефективною при заповненні теплообмінника на добу 5% -ним розчином соляної кислоти з добавкою рідкого скла. Твердий осад розпушується в цьому розчині і потім легко змивається водою.

Абразивні методи очищення - механічні, гідропневматичні, гидромеханічеський (струменем води високого тиску) і піскоструминний.

Механічна чистка здійснюється за допомогою шомполів, свердел, щіток, шарошок, різців, бурів з подачею води або повітря для видалення продуктів очищення. Найпростішим пристосуванням є сталевий пруток з ершом зі сталевого дроту, приварених до прутки.

Гідромеханічна очищення полягає в наступному. Насосом високого тиску по напірним шлангах вода подається в порожнисту штангу, на кінці якої встановлено сопло з декількома отворами. Струмінь води виходить з сопла під великим тиском, ріже і відриває відкладення від стінок очищуються. Гідність такого методу - можливість очищення внутрішньої і зовнішньої поверхонь трубок, а також корпусу безпосередньо на місці установки апарату. При цьому досягається ступінь очищення значно вище, ніж при інших методах.

Час очищення однієї труби становить 10-15 с. Установки виготовляються зазвичай пересувними. Широкий діапазон зміни тиску (від 15-70 МПа) дає можливість видаляти відкладення практично будь-якої складності.

					ПОХНП.Т.00.00.00 ПЗ	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Піскоструминне очищення дозволяє домогтися найбільш повного очищення труб, в результаті чого коефіцієнт теплопередачі відновлюється до значень, що відповідають відсутності термічних опорів обумовлених забрудненнями. Сутність піскоструминного очищення полягає в обробці поверхні, що очищається суспензією піску в повітрі або воді, яка подається з великою швидкістю. Засмоктування піску здійснюється ежекційна установка.

До спеціальних методів відноситься ультразвукове очищення. Ультразвукові перетворювачі за посередництвом головок з вібраторами, що встановлюються в рідині (воді) в нутрії очищуваного обсягу, дозволяє повністю видалити тверді відкладення, що руйнуються під дією ультразвукових коливань і вимиваються звукопередающою середовищем.

При ремонті трубного пучка допускається установка пробок на 15% трубок в кожному потоці пучка. При виході з ладу понад 15% трубок всі вони замінюється повністю. Вибір матеріалу трубок здійснюється з урахуванням характеристики середовища, її параметрів і відповідно до діючих норм. Застосування вживаних трубок допускається, якщо вони втратили в наслідок зносу не більше 30% початкового ваги.

При заміні завальцьованих трубки, що не виступає над ґратами, відрізають ножівкою або спеціальним пристосуванням за трубної ґратами. Трубки, що виступають над трубної ґратами, відрізають головкою з різцем. Що залишилися в ґніздах решіток кінці трубок сплющують і вибивають.

Вставляються нові трубки відрізають по довжині трубного пучка з надбавкою 8-10 мм довжини. Кінці трубок зачищають до металевому блиску на довжину, рівну товщині решітки з надбавкою 10 мм на сторону. У трубній решітці всі отвори зачищають від задирок, іржі і бруду. Наявність поздовжніх рисок в отворах трубної решітки не допускається. Перед установкою трубок отвори в решітці продувають повітрям і насухо протирають. Зазор між зовнішнім діаметром трубки і отвором в решітці повинен бути не більше 1,5% діаметра трубки.

Кінці трубок кріпляться в трубних решітках розвальцьованням. При цьому отвір під розвальцьовання обробляються не нижче 7 класу шорсткості. Кінці трубок повинні виступати на 3-5 мм у зовнішнього торця кожної решітки і бути відбортований. З огляду на те, що трубки при розвальцьовуванні подовжуються, спочатку розвальцьовують всі кінці трубок в одній решітці, а потім в інший. При цьому вальці 4 трубки хрест-навхрест, потім все трубки по периметру і далі інші.

Корпус апарату, який має різні випучини і вм'ятини, виправляється ударами кувалди по мідній підкладці. Усунення невеликих вм'ятин при товщині стінки корпусу або кришки, виконаних з вуглецевої сталі, не більше 3-4 мм здійснюється нагріванням. Якщо неможливо усунути зазначені вище дефекти ударами і

					ПОХНП.Т.00.00.00 ПЗ	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

нагріванням, то пошкоджені частини або видаляються, або на них ставляться накладки.

Дефектні штуцери і трубні решітки при досягненні максимальних величин зносу і прогину підлягають заміні.

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

За допомогою кольорової дефектоскопії визначають протяжність і положення кінців тріщин, виявлених в корпусі. Ці кінці до заварки засверлюють свердлами діаметром 3-4 мм. Некрізні тріщини глибиною не більше 0,4 товщини стінки обробляється під заварку односторонньої вирубкою на максимальну глибину тріщини зі зняттям крайок під кутом 50-60°. При тріщині понад 100 мм зварювання ведуть обратноступенчатим методом. Наскрізні і некрізні тріщини глибиною більше 0,4 товщини стінки обробляють на всю товщину вирубкою зубилом або газорезкі. При появі гнездообразно тріщини пошкоджені місця вирізують і закриваються латками, які не повинні мати гострих кутів. Латки вваривать врівень з основним металом. Площа латки не повинна перевищувати одну третю площі листа апарату.

При частковій заміні корпусу апарату необхідно виконувати наступні вимоги:

- матеріал для виготовлення нових частин корпусу повинен бути по механічним і хімічним властивостям однаковий з матеріалом ремонтується корпусу;

- товщиною листа заміної частини повинна бути не менше проектної;

- електроди повинні відповідати зварювального матеріалу;

- замикають обичайки повинні бать шириною не менше 400 мм;

- поздовжні шви в горизонтальних апаратах не повинні бути в нижній частині апарату;

- кромки поверхні обичайки і основного металу на ширині 10 мм повинні бути захищені перед зварюванням до чистого металу;

- поздовжні шви в окремих обичайках циліндричної частини апарату, а також меридіональні або хордові шви днищ, що примикають до обичайок, повинні бути зміщені відносно один одного не менш ніж на 100 мм;

- відстань між поздовжніми швами в окремих обичайках має бути не менше 200 мм;

- при зварюванні стиків необхідно передбачити плавний перехід від одного елемента до іншого.

Опресовування теплообмінників жорсткої конструкції проводиться при знятих кришках. Вода при гідравлічному випробуванні подається в міжтрубний простір. Поява води в будь-який з трубок або в місці вальцювання трубки в трубній решітці вказує на дефекти ремонту. У теплообмінниках з плаваючою головою одна

					ПОХНП.Т.00.00.00 ПЗ	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

з трубних ґрат не прикріплена до корпусу. При гідравлічному випробуванні з боку плаваючої головки знімається кришка теплообмінника і на її місце встановлюється сальникове пристосування, призначене для створення герметичності між корпусом і плаваючою головою.

5 . Охорона праці

Небезпека ураження електричним струмом залежить від навколишнього середовища і обстановки. Сирість, спека, їдкі пари і гази, струмопровідний пил руйнівні діють на ізоляцію електроустановок, значно знижують її опір. Створюється небезпека переходу напруги на неструмоведучих частини електрообладнання (корпуси, станини, кожухи), з якими працює знаходиться в контакт. В таких умовах також знижується електричний опір тіла людини, додатково збільшуючи небезпеку ураження струмом.

Небезпека посилюється наявністю струмопровідних підлог і близько розташованих до обладнання металевих заземлених предметів: при одночасному дотику до цих предметів і корпусів електрообладнання, випадково опинилися під напругою, через тіло людини буде проходити великий струм. Це обумовлює необхідність поділу приміщень за ступенем небезпеки ураження електричним струмом.

Чинними правилами улаштування електроустановок (ПУЕ) все приміщення поділені на наступні три класи:

I. Приміщення без підвищеної небезпеки: сухі, з нормальною температурою повітря, з струмонепровідними статями.

II. Приміщення з підвищеною небезпекою: сирі з відносною вологістю повітря (тривалої) більше 75%; спекотні з температурою повітря, які тривалий час перевищує + 30 ° С; з підлогою з струмопровідних матеріалів; з великою кількістю виділяється токопроводящої технологічної пилу, що осідає на проводах і проникаючої всередину електроустановок; з розміщенням електроустановок з металевими корпусами, що мають з'єднання з землею, металоконструкцій будівель і технологічного устаткування, що допускають одночасне зіткнення з ними.

					ПОХНП.Т.00.00.00 ПЗ	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

III. Приміщення особливо небезпечні: особливо сирі з відносною вологістю повітря, близькою до 100%, хімічно активним середовищем, одночасною наявністю двох і більше умов, властивих приміщенням з підвищеною безпекою.

Одним із заходів по забезпеченню електробезпеки в приміщеннях II і III класів є застосування струму зниженої напруги.

Як приклади підрозділи приміщень за ступенем безпеки можна навести такі: до I класу віднесені конторські приміщення та лабораторії з точними приладами, складальні цехи приладових заводів, годинникових заводів і т. П .; до II класу - складські неопалювані приміщення, сходові клітки з струмопровідними підлогами і ін.; до III класу - все цехи машинобудівних заводів: гальванічні, акумуляторних батарей і т. п. До них же відносяться ділянки роботи на землі під відкритим небом і під навісом.

Приміщення, небезпечні з точки зору ураження людей електричним струмом, поділяються на: приміщення особливо небезпечні; приміщення з підвищеною безпекою; приміщення без підвищеної безпеки.

Приміщення особливо небезпечні - приміщення, які характеризуються наявністю в них одного з таких умов, що створюють особливу безпеку ураження людей електричним струмом: особливо сирі;

з хімічно активної чи органічної середовищем; одночасно два і більш умови підвищеної безпеки.

В свою чергу:

- приміщення особливо сирі - приміщення, в яких відносна вологість повітря близька до 100% (стеля, стіни, підлога і предмети, що знаходяться в приміщенні, покриті вологою);
- приміщення з хімічно активної чи органічної середовищем - приміщення, в яких постійно або протягом тривалого часу містяться агресивні пари, гази, рідини, утворюються відкладення або цвіль, що руйнують ізоляцію і струмоведучі частини електрообладнання.

До особливо небезпечних приміщень по безпеки поразки людей електричним струмом прирівнюється територія відкритих електроустановок.

					ПОХНП.Т.00.00.00 ПЗ	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Приміщення з підвищеною небезпекою - приміщення, які характеризуються наявністю в них одного з таких умов, що створюють підвищену небезпеку ураження людей електричним струмом:

- висока температура (див. нижче - приміщення спекотні) ', вологість або струмопровідна пил;
- струмопровідні підлоги (металеві, земляні, залізобетонні, цегляні і ін.);
- можливість одночасного дотику людини до металоконструкцій будівель, що мають з'єднання з землею, технологічним апаратам, механізмам і іншому, з одного боку, і до металевих корпусів електрообладнання (відкритих провідних частин), з іншого боку.

В свою чергу:

- приміщення спекотні - приміщення, в яких під впливом різних теплових випромінювань температура перевищує постійно або періодично (більше однієї доби) плюс 35 ° С (наприклад, приміщення з сушарками, випалювальні печами, котельні);
- приміщення сирі - приміщення, в яких відносна вологість повітря перевищує 75%;
- приміщення вологі - приміщення, в яких відносна вологість повітря більше 60%, але не перевищує 75%;
- приміщення сухі - приміщення, в яких відносна вологість повітря не перевищує 60%. При відсутності в таких приміщеннях умов, згідно з якими приміщення належить до жарким, курних, з хімічно активної чи органічної середовищем, їх називають нормальними;
- приміщення пилові - приміщення, в яких за умовами виробництва виділяється технологічний пил, яка може осідати на струмопровідних частинах, проникати всередину машин, апаратів і ін. Пилові приміщення поділяються на приміщення з струмопровідним пилом і приміщення з нетокопровідних пилом.

					ПОХНП.Т.00.00.00 ПЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Приміщення без підвищеної небезпеки - приміщення, в яких відсутні умови, що створюють підвищену або особливу небезпеку ураження людей електричним струмом.

Слід зазначити, що небезпека ураження електричним струмом існує всюди, де використовуються електроустановки, тому приміщення без підвищеної небезпеки не можна назвати безпечними.

					ПОХНП. Т.00.00.00 ПЗ	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Список літератури

1. Основні процеси і апарати хімічної технології: Посібник з проектування / За ред. докт. техн. наук проф.Ю.І. Дитнерского.- М .: Хімія, 1983. - 272 с.
2. Касаткін А.Г. Основні процеси та апарати хімічної технології, 8-е вид. перероб. М .: Хімія, 1971. - 784 с.
3. Лашинський А.А., Толчинский А.Р. Основи конструювання і розрахунку хімічної апаратури / Під ред. інж. Н.Н.Логінова. 2-е вид. перероб. і доповн. Л .: Машинобудування, 1970. - 752 с.
4. Павлов К.Ф., Романків П.Г., Носков А.А. Приклади і задачі по курсу процеси та апарати хімічної технології: Навчальний посібник для вузів (Під ред .П.Г.Романкова, 9-е вид., Перероб. та доповн. Л .: Хімія, 1981. - 560 с.
5. Чорнобильський І.І., Бондар А.Г., Гаєвський Б.А. та ін. Машина і апарати хімічних виробництв. / Під ред. І.І.Чернобильського, 3-е вид., Перероб. та доповн. М .: Машинобудування, 1975. - 456 с.
6. Лашинський А.А. Конструювання зварних хімічних апаратів: Довідник / За ред. канд. техн. наук А.Р. Толчинського. Л .: Машино-будування, 1981 - 382 с.
7. Фарамаз С.А. Ремонт і монтаж обладнання хімічних і нафтопереробних заводів. 2-ге вид., Перероб.-М. : Хімія, 1980.-312 с.
8. Єрмаков В.І., Шеїн В.С. Ремонт і монтаж хімічного обладнання. Л., "Хімія", Ленінградське відділення, 1981
9. Долін П.А. Охорона праці в промисловості будівельних матеріалів та будівництва. М. Енергія 1980р.
10. Макаров Г.В., Стрельчук Н.А. "Охорона праці в хімічній про- мисловості". М .: Хімія, 1977, - 568с.

					ПОХНП.Т.00.00.00 ПЗ	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		