

Кафедра "Процеси та обладнання хімічних
і нафтопереробних виробництв"

ЗАТВЕРДЖУЮ
Зав. кафедри

підпис, дата

Кваліфікаційна робота бакалавра

зі спеціальності 133 "Галузеве машинобудування"
освітня програма "Обладнання нафто-та газопереробних
виробництв"

Тема роботи: «Ректифікаційна установка виробництва
толуолу. Розробити кожухотрубний випарник толуолу»

Виконав:

студент групи ХМ-61/2 НГ

Лебедь Костянтин Володимирович



підпис

Залікова книжка

№ 16510027

Кваліфікаційна робота бакалавра
захищена на засіданні ЕК

Керівник:

д.т.н. ,професор

з оцінкою _____

Склабінський Всеволод Іванович

" ____ " _____ 20 ____ р.

підпис, дата

Підпис голови

(заступника голови) комісії

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

Спеціальність 133 "Галузеве машинобудування"
Освітня програма "Обладнання нафто-та газопереробних виробництв "

Курс 4 Група ХМ-61/2НГ Семестр 8

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА

Студент Лебедь Костянтин Володимирович

1 Тема проекту: Ректифікаційна установка виробництва толуолу. Розробити кожухотрубний випарник толуолу

2 Вихідні дані: Витрата толуолу в між трубному просторі 5400 кг/год під тиском 1,15 ат; гарячий теплоносій в трубах – водяна пара

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

1. Технологічна схема ректифікаційної установки.....1 арк.

2. Складальне креслення апарату.....1 арк.

3. Розподільча камера1 арк

4. Опора.....1 арк

4 Рекомендована література: 1. Основні процеси і апарати хімічної технології: Посібник з проектування / За ред. докт. техн. наук проф. Ю.І. Дитнерського.- 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., Толчинський 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.

5 Етапи виконання кваліфікаційної роботи:

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

6 Дата видачі завдання

лютий 2020р.

Керівник _____

д.т.н., професор Склабінський В.І.

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 толуолу. Розробити кожухотрубний випарник толуолу.

Наведено теоретичні основи і особливості процесу випаровування рідини, виконані розрахунки матеріального і теплового балансів процесу, виконані технологічні розрахунки апарату, визначені його розміри, обґрунтований 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 аналіз небезпеки ураження людини в існуючих електричних мережах

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

ЗМІСТ

1. Технологічна частина	5
1.1.Опис технологічної схеми	5
1.2.Теоретичні основи теплообмінного процесу	6
1.3. Опис апарату і вибір матеріалів.....	8
2.Технологічні розрахунки процесу і апарату	12
2.1 Матеріальний і тепловий баланс процесу	12
2.2 Технологічні розрахунки	13
2.3.Конструктивні розрахунки	18
2.4.Гідрравлічний опір апарату	20
2.5 Вибір допоміжного обладнання.....	21
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
5. Охорона праці	40

Список літератури

Додаток А - Специфікації до креслень

Додаток Б Розрахунок фланцювого з'єднання

					ПОХНП. Т.00.00.00 ПЗ		
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>			
<i>Разраб.</i>	<i>Лебедь</i>				Випарник <i>Пояснювальна записка</i>		
<i>Провер.</i>	<i>Склабінський</i>						
<i>Реценз.</i>							
<i>Н. Контр.</i>							
<i>Утверд.</i>							
					<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листів</i>
					4	4	47
					<i>СумДУ, ХМ-61</i>		

Вступ

Випаровування пара завжди пов'язане з одночасним і спільним протіканням процесів тепло- і масообміну. При цьому утворюється маса конденсату визначає кількість переданого речовини, а теплота пароутворення - кількість переданої теплоти одиницею маси сконденсованого речовини.

У техніці можливі два види конденсації пари: на охолоджуваної поверхні і безпосередньо в обсязі парового потоку.

Перший вид випаровування становить найбільший інтерес, так як він переважно має місце в теплообмінних апаратах. Другий вид конденсації при деяких умовах може супроводжувати конденсації на охолоджуваних поверхнях з утворенням туману в ядрі парового потоку.

За характером утворення рідкої фази на твердій поверхні охолодження розрізняють три види конденсації пари: плівкову, крапельну і змішану.

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

1. Технологічна частина[1,2,3,5,6]

1.1 Опис технологічної схеми установки

Принципова технологічна схема безперервно діючої ректифікаційної установки представлена на рисунку 1.1

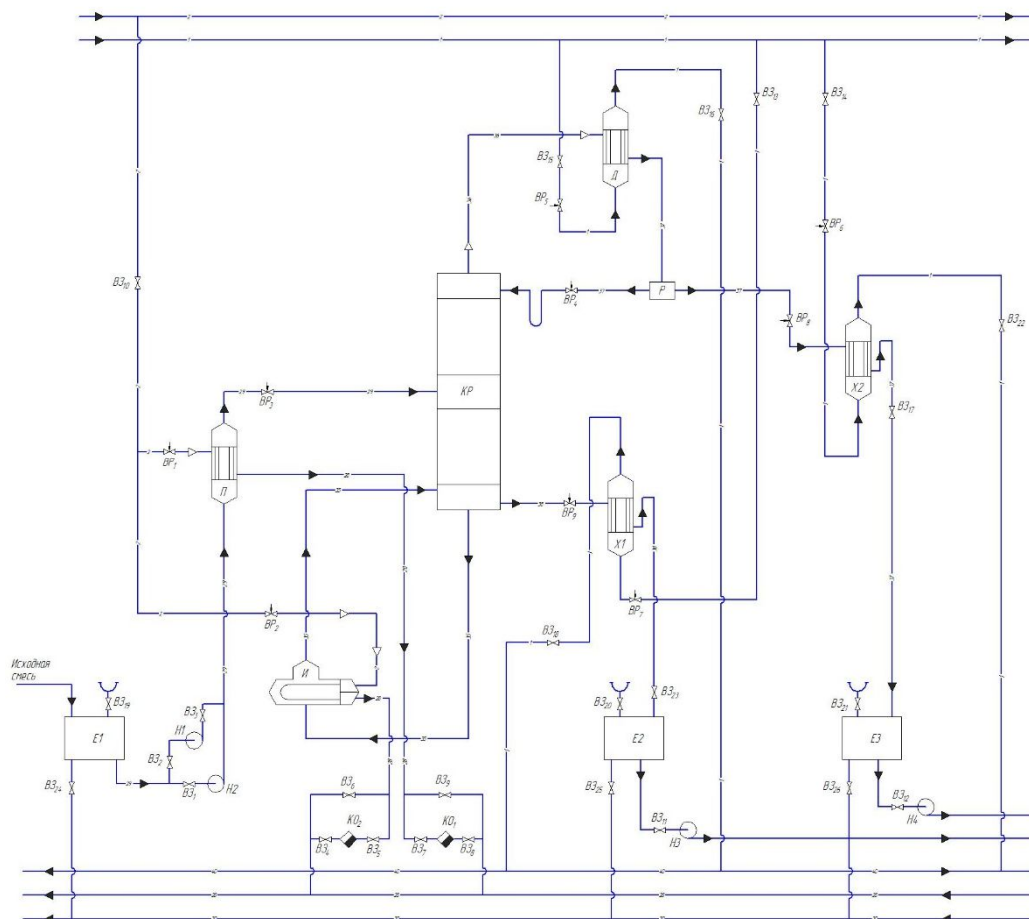


Рисунок 1.1 - Схема ректифікаційної установки безперервної дії

Вихідний розчин зі збірника-сховища 1 відцентровим насосом 2 подається в теплообмінник 3, де підігрівається до температури кипіння гріючою парою, що конденсується в міжтрубному просторі теплообмінника. Нагрітий розчин надходить в колону ректифікації, що складається з верхньої 4 частини і нижньої 5 - вичерпної частини. В результаті поділу суміші з нижньої частини колони відводиться кубовий залишок, який охолоджується водою в теплообміннику 6 і відводиться в збірник 7, звідки насосом 8 відкачується споживачеві.

										Арк.
										6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ПОХНП.Т.00.00.00 ПЗ					

Частина кубового залишку відбирається з нижньої частини колони і спрямовується в кип'ятильник - випарник 9, в якому за рахунок тепла 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.

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.

1.2 Теоретичні основи процесу

Якщо пар стикається зі стінкою, температура якої нижча за температуру насичення, то він конденсується на стінці і осідає на ній у вигляді рідини. Розрізняють три види конденсації пари на твердій поверхні.

Плівкова конденсація, коли конденсат стікає по поверхні у вигляді суцільної плівки (має місце на поверхнях при інтенсивній конденсації).

Крапельна конденсація коли конденсат випадає на поверхні у вигляді окремих крапель (має місце на не омиваючи поверхнях охолодження).

Змішана конденсація, коли частина поверхні покрита краплями, а частина - плівкою конденсату.

					ПОХНП.Т.00.00.00 ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

При крапельної конденсації можна отримувати високі коефіцієнти тепловіддачі. Наприклад, коефіцієнти тепловіддачі при плівковій конденсації водяної пари атмосферного тиску мають порядок $(7 \div 12) \cdot 103 \text{ Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{К})$, а при крапельної конденсації - $(4 \div 10) \cdot 104 \text{ Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{К})$.

Стійкий характер крапельна конденсація має лише в апаратах, поверхня охолодження яких не змочується конденсатом завдяки фізичним властивостям рідкої фази, наприклад в конденсаторах ртутного пара, а також при періодичному введенні в пар.

Практично в сучасних конденсаторах завжди відбувається плівкова конденсація пара.

Теплота, що виділяє при конденсації пари, повинна пройти до стінки через плівку конденсату. Якщо рух рідкої плівки ламинарне, то перехід теплоти здійснюється виключно шляхом теплопровідності. Вирішальним фактором у даному випадку є товщина плівки конденсату.

При плівковою конденсації на вертикальній поверхні у верхній частині плівки, коли її товщина i , відповідно, швидкість течії невеликі, має місце чисто ламінарний рух з плоскою межею поділу фаз.

Надалі на поверхні плівки починають виникати хвилі, що призводять до деякого зменшення товщини плівки конденсату. На поверхні конденсату встановлюється температура, практично рівна температурі насичення тнас.

Зміст газів, в парі різко знижує тепловіддачу. Так, вміст у водяній парі 1% повітря зменшує коефіцієнт тепловіддачі на 60%, а вміст 3% повітря - на 80%. Накопичуючись у поверхні плівки стікає по трубі конденсату, ці гази створюють захисний шар, що перешкоджає доступу пара до поверхні теплообміну.

Оцінити швидкість переміщення плівки дуже важко, тому для опису гідродинаміки стікання плівки використовують критерії Галілея, який характеризує співвідношення сил тяжкості і тертя:

$$Ga = Re^2 / Fr = g l / v^2, \quad (1.1)$$

де Re - критерій Рейнольдса; Fr - критерій Фруда; g - прискорення вільного падіння; l - лінійний розмір; v - швидкість.

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

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

$$Nu = f(Ga, Pr, K) \quad (1.2)$$

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; $\Delta t = t_{нас} - t_{ст}$.

1.3 Опис апарату і вибір матеріалів

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.

Найбільшого поширення набули кожухотрубні випаровувачі.

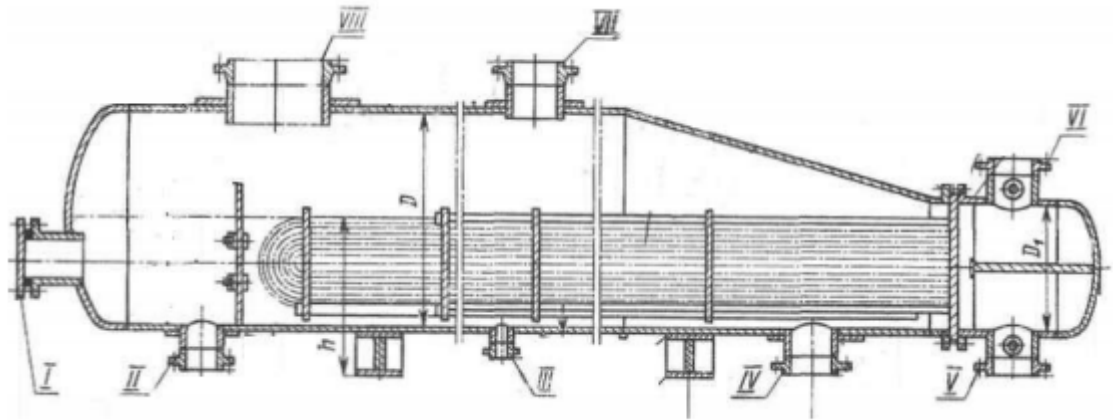


Рисунок 1.2 - Конструкція випарника з паровим простором типу У

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

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

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

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 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 апарата (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).

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

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 гнуття і забезпечує високу якість зварювальних швів. Хімічний склад і механічні властивості представлені в таблиці 1.1

Таблиця 1.1 - Хімічний склад і механічні властивості сталі 3

C, %	Mn, %	Si, %	Cr, %	Ni, %	Cu, %	As, %	S, %	P, %	E · 105 МПа	σ _T МПа	σ _B 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 · 105 МПа	σ _T МПа	σ _B 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

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

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 грунту для жаростійких і атмосферостійких покриттів. Дане покриття стійке при тривалому впливі температури до 150° С.

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

2. Технологічні розрахунки процесу і апарату [2,4,5]

2.1 Матеріальний і тепловий баланс процесу.

Витрата матеріалу, який випаровується в кг/с

$$G_1 = \frac{5400}{3600} = 1,5 \text{ кг/с.}$$

Температура кипіння парів толуолу при $P_{\text{вип}} = 1,15$ ама на рис. XV [2]

$$t_{\text{кип}} = 110 \text{ }^\circ\text{C}$$

Теплота випаровування толуолу при даній температурі кипіння за додатком VII [1]

$$r_1 = 363 \text{ кДж / кг.}$$

Кількість теплоти, поглиненої при випаровуванні рідини

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

$$Q_{\text{вип}} = 1,5 \cdot 363 = 545 \text{ кВт.}$$

Кількість теплоти, яка потрібна для нагрівання на випаровування рідини.

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

$$Q_{\text{нагр}} = 1,5 \cdot 2,07 \cdot (110 - 90) = 62 \text{ кВт,}$$

де $C_1 = 2,07$ кДж/кг · К теплоємність рідкого толуол при середній температурі

$$t_{\text{ср}} = \frac{t_{\text{кип}} + t_n}{2} = \frac{110 + 90}{2} = 100 \text{ }^\circ\text{C.}$$

Теплове навантаження апарату з урахуванням 5% втрат тепла

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

$$Q = 1,05 \cdot (545 + 62) = 637 \text{ кВт.}$$

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

2.2 Технологічні розрахунки

Температура пари при тиску $p_n = 1,15$ ата за додатком LVII [2]

$$t_{2H} = 138 \text{ }^\circ\text{C}.$$

Середня температура конденсату водяної пари

$$t_{2cp} = \frac{t_{2H} + t_{2K}}{2} = \frac{138 + 100}{2} = 119 \text{ }^\circ\text{C}.$$

Фізичні параметри конденсату при $t_{2cp} = 119 \text{ }^\circ\text{C}$ (додаток I, II, III, IV) [1]:

щільність $\rho_2 = 943 \text{ кг / м}^3$;

в'язкість $\mu_2 = 0,232 \cdot 10^{-3} \text{ Па} \cdot \text{с}$;

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

теплопровідність $\lambda_2 = 0,684 \text{ Вт / м} \cdot \text{К}$;

теплота конденсації $r_2 = 2207 \text{ кДж / кг}$.

витрата пари

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

$$G_2 = \frac{572}{2207 + 4,19 \cdot (138 - 100)} = 0,24 \text{ кг/с}$$

Рекомендоване значення швидкості руху насиченої пари при тиску понад 105 Па, становить величину $\omega = 15 \dots 25 \text{ м / с}$, приймаємо $\omega_2 = 20 \text{ м / с}$.

Число труб в одному ході (насичена водяна пара подається в трубний простір)

$$n_T = \frac{G_2}{\rho'_2 \cdot \omega'_2 \cdot 0,785 \cdot d_B^2}, \quad (2.5)$$

$$n_T = \frac{0,24}{1,85 \cdot 20 \cdot 0,785 \cdot 0,021^2} = 19,$$

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

де $\rho'_2 = 1,85 \text{ кг/м}^3$ - щільність пара при $p = 1,15 \text{ ата}$; $d_b = 21 \text{ мм}$ - внутрішній діаметр труб.

Визначимо температуру t' визначальну кордон зон процесу теплообміну

$$t' = t_{2к} + \frac{Q_{\text{нагр}}}{G_1 \cdot C_1} \quad (2.6)$$

$$t' = 100 + \frac{62}{1,5 \cdot 2,1} = 118^\circ\text{C},$$

де $C_1 = 2,1 \text{ кДж / кг}\cdot\text{К}$ - теплоємність толуолу.

Середня різниця температур:

Для зони випаровування

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

$$Dt_{cp}^{evap} = \frac{(138 - 110) - (118 - 110)}{\ln \frac{138 - 110}{118 - 110}} = 17,5 \text{ К};$$

для зони нагрівання

$$\Delta t_{cp}^{\text{нагр}} = \frac{(t_{2к} - t_{1н}) - (t' - t_{1к})}{\ln \frac{t_{2к} - t_{1н}}{t' - t_{1к}}} \quad (2.8)$$

$$\Delta t_{cp}^{\text{нагр}} = \frac{(100 - 90) - (118 - 110)}{\ln \frac{100 - 90}{118 - 110}} = 9 \text{ К}.$$

Температуру стінки приймемо на 15°C вище [3] середньої температури толуолу, тобто

$$t_{ст} = t_{1cp} + 10 = 100 + 15 = 115^\circ \text{C}.$$

Для випадку конденсації на пучку горизонтальних труб середнє значення коефіцієнта тепловіддачі

					<i>ПОХНП.Т.00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\alpha_2 = 3,78 \cdot \varepsilon_t \cdot \lambda_2 \cdot \sqrt[3]{\frac{\rho_2^2 \cdot d \cdot n}{\mu_2 \cdot G_2}}, \quad (2.9)$$

де $\varepsilon_t = 1$ - для водяної пари; λ_2, ρ_2, μ_2 - фізичні характеристики плівки конденсату.

тоді

$$\alpha_2 = 3,78 \cdot 1 \cdot 0,684 \cdot \sqrt[3]{\frac{943 \cdot 0,021 \cdot 19}{0,232 \cdot 10^{-3} \cdot 0,24}} = 489 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}.$$

Коефіцієнт тепловіддачі при кипінні рідини

$$\alpha_1 = b^3 \cdot \frac{\lambda_1^2 \cdot \rho \cdot (\Delta t)^2}{\mu_1 \cdot \sigma_1 \cdot (t_{\text{исп}} + 273)}, \quad (2.10)$$

де $\sigma_1 = 18,4 \cdot 10^{-3}$ Н/м - поверхневий натяг толуолу; $\mu_1 = 0,251 \cdot 10^{-3}$ Па·с - в'язкість толуолу; $\rho_1 = 777$ кг/м³ - щільність толуолу; $\lambda_1 = 0,116$ Вт/м·К - теплопровідність толуолу;

$$\Delta t = t_{\text{СТ}} - t_{\text{кип}} = 115 - 110 = 5 \text{ К}$$

b - безрозмірна функція, яка визначається за формулою

$$b = 0,075 + 0,75 \cdot \left(\frac{\rho_{\text{п}}}{\rho_{\text{ж}} - \rho_{\text{п}}} \right)^{2/3} = 0,075 + 0,75 \cdot \left(\frac{2,93}{777 - 2,93} \right)^{2/3} = 0,112,$$

де щільність пара толуолу

$$\rho_{\text{п}} = \frac{M_{\text{т}} \cdot T_0}{22,4 \cdot T_{\text{сп}}} \quad (2.11)$$

$$\rho_{\text{п}} = \frac{92 \cdot 273}{22,4 \cdot (273 + 110)} = 2,93 \text{ кг/м}^3.$$

тоді

$$\alpha_1^{\text{вип}} = 0,112^3 \times \frac{0,116^2 \times 777 \times 5^2}{10,251 \times 10^{-3} \times 18,4 \times 10^{-3} (110 + 273)} = 208 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К};$$

					ПОХНП.Т.00.00.00 ПЗ	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

коефіцієнт теплопередачі для зони випаровування

$$K_{\text{вип}} = \frac{1}{\frac{1}{a_1^{\text{исп}}} + \frac{1}{a_2} + \frac{d_{\text{ст}}}{\lambda_{\text{ст}}} + r} \quad (2.12)$$

$$K_{\text{вип}} = \frac{1}{\frac{1}{208} + \frac{1}{489} + 0,43 \cdot 10^{-4} + 2 \cdot 10^{-4}} = 141 \text{ Вт/м}^2\text{с},$$

де $r = 2 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2\text{К/Вт}$ - сумарне термічний опір забруднення; $\frac{\delta_{\text{ст}}}{\lambda_{\text{ст}}} = \frac{0,002}{46} = 0,43 \cdot 10^{-4}$

$\text{м}^2\cdot\text{К/Вт}$ - термічний опір стінки, тут $\lambda_{\text{ст}}$ - теплопровідність вуглецевої сталі.

Попередньо виберемо випарник за значенням $K_{\text{вип}}$, без урахування $K_{\text{нагр}}$, тобто

$$F_{\text{оп}} = \frac{Q_{\text{исп}}}{K_{\text{исп}} \cdot \Delta t_{\text{ch}}} \quad (2.13)$$

$$F_{\text{оп}} = \frac{545 \cdot 10^3}{141 \cdot 17,5} = 92,21 \cdot \text{м}^2$$

2.3 Конструктивні розрахунки

Найближче підходить випарник з паровим простором, який має параметри:
Діаметр кожуха $D = 1200\text{мм}$;

Число ходів $Z = 2$;

Число труб $n_{\text{T}} = 210$;

Поверхня теплообміну $F = 98 \text{ м}^2$;

Довжина труб $H = 6,0 \text{ м}$;

Площа перетину трубного простору $f_{\text{тр}} = 0,026 \text{ м}^2$;

Площа перетину міжтрубного

$$F_{\text{мтр}} = 0,785 \cdot (D^2 - d_{\text{н}}^2 \cdot 2 \cdot n_{\text{T}}) \quad (2.14)$$

$$F_{\text{мтр}} = 0,785 \cdot (1,2^2 - 0,025^2 \cdot 2 \cdot 210) = 0,736 \text{ м}^2.$$

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

Периметр, що змочується толуолом

$$\Pi = p \cdot (D^2 - d_n^2 \cdot 2n_T) \quad (2.15)$$

$$\Pi = 3,14 \cdot (1,2 + 0,025 \cdot 2 \cdot 210) = 36,7 \text{ м.}$$

Еквівалентний діаметр міжтрубного простору

$$d_{\text{екв}} = \frac{4 \cdot f_{\text{мтр}}}{\Pi} \quad (2.16)$$
$$d_{\text{екв}} = \frac{4 \cdot 0,736}{36,7} = 0,08 \text{ м.}$$

Швидкість руху толуолу

$$\omega_1 = \frac{G_1}{\rho_1 \cdot f_{\text{мтр}}} \quad (2.17)$$

$$w_1 = \frac{1,5}{777 \cdot 0,736} = 0,0026 \text{ м/с.}$$

Значення функції Re для толуолу

$$Re = \frac{\omega_1 \cdot d_{\text{екв}} \cdot \rho_1}{\mu_1}, \quad (2.18)$$

$$Re = \frac{0,0026 \cdot 0,08 \cdot 777}{0,251 \cdot 10^{-3}} = 644$$

режим руху ламінарний.

Значення критерію Nu

$$Nu = 0,022 \cdot Re^{0,8} \cdot Pr^{0,4} \left(\frac{\mu_1}{\mu_{\text{ст}}} \right)^{0,25}. \quad (2.19)$$

Значення критерію Pr для толуолу

$$Pr_1 = \frac{C_1 \cdot \mu_1}{\lambda_1} \quad (2.20)$$

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

$$Pr_1 = \frac{2,07 \cdot 10^3 \cdot 0,251 \cdot 10^{-3}}{0,116} = 4,48.$$

В'язкість толуолу при температурі стінки

$$\mu_{ст} = 0,232 \cdot 10^{-3} \text{ Па} \cdot \text{с}.$$

тоді

$$Nu_1 = 0,022 \cdot 664^{0,8} \cdot 4,48^{0,4} \cdot \frac{0,251 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{0,116}{0,251 \cdot 10^{-3}}^{0,25}}{0,232 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{0,116}{0,251 \cdot 10^{-3}}^{0,25}} = 93,2.$$

Коефіцієнт тепловіддачі для рідкого толуолу

$$\alpha_1^{наз} = \frac{Nu_1 \cdot \lambda_1}{d_{эКВ}} \quad (2.21)$$

$$a_1^{наз} = \frac{93,2 \cdot 0,116}{0,2} = 135,1 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \text{К}}.$$

Коефіцієнт теплопередачі для зони нагріву

$$K_{нагр} = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1^{нагр}} + \frac{1}{\alpha_2} + \frac{\delta_{ст}}{\lambda_{ст}} + r} \quad (2.22)$$

$$K_{нагр} = \frac{1}{\frac{1}{135,1} + \frac{1}{6250} + 0,43 \cdot 10^{-4} + 2 \cdot 10^{-4}} = 263 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \text{К}}.$$

Розрахункова поверхню теплообміну

$$F_p = \frac{Q_{исп}}{K_{исп} \cdot \Delta t_{ср}^{исп}} + \frac{Q_{нагр}}{K_{нагр} \cdot \Delta t_{ср}^{нагр}} \quad (2.23)$$

$$F_p = \frac{545 \cdot 10^3}{141 \cdot 7,5} + \frac{62 \cdot 10^3}{263 \cdot 9} = 265 \text{ м}^2.$$

З ГОСТ 15121-79 мінімальне значення площі випарника, відповідне витраті толуолу, $F = 265 \text{ м}^2$, на якому і залишаємо свій вибір.

					<i>ПОХНП.Т.00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Діаметр патрубкa для входу пара в апарат $d_{\text{вх}}$, м:

$$d_{\text{вх}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,24}{3,14 \cdot 2,93 \cdot 20}} = 0,072 \text{ м}$$

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

$$d_{\text{вих}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,24}{3,14 \cdot 943 \cdot 0,5}} = 0,025 \text{ м}$$

Приймаються в проектованому теплообмінному апараті штуцера для входу толуолу $D_y = 100$ мм і $p_y = 0,2$ МПа, для виходу парів толуолу $D_y = 200$ мм і $p_y = 0,2$ МПа кг/см^2 , для входу пара $D_y = 100$ мм. $p_y = 0,25$ МПа і виходу конденсату $D_y = 40$ мм. $p_y = 0,25$ МПа

2.4 Гідравлічний опір апарату

Об'ємна витрата пари, що гріє

$$V_{\text{п}} = \frac{G_{\text{п}}}{\rho_{\text{п}}} \quad (2.24)$$

$$V_{\text{п}} = \frac{0,24}{1,85} = 0,13 \text{ м}^3 / \text{с}$$

Дійсна швидкість пара

$$\omega_{\text{п}} = \frac{V_{\text{п}}}{f_{\text{тр}}} \quad (2.25)$$

$$\omega_{\text{п}} = \frac{0,13}{0,051} = 2,55 \text{ м/с}$$

Величина функції Re

$$\text{Re} = \frac{\omega_{\text{п}} \cdot d \cdot \rho_{\text{п}}}{\mu_{\text{п}}}, \quad (2.26)$$

$$\text{Re} = \frac{2,55 \cdot 0,016 \cdot 1,85}{0,0123 \cdot 10^{-3}} = 6137 > 2300,$$

отже, режим руху - перехідний.

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

Для перехідного руху пара в круглих трубах коефіцієнт тертя

$$\lambda = \frac{0,316}{\text{Re}^{0,25}} \quad (2.27)$$

$$\lambda = \frac{0,316}{6137^{0,25}} = 0,036.$$

Втрата тиску на тертя в прямих трубах

$$DP_{mp} = l \times \frac{n \times 2l}{d} \times \frac{w_n^2 \times r_n}{2} \quad (2.28)$$

$$DP_{mp} = 0,036 \times \frac{398 \times 2 \times 6}{0,016} \times \frac{2,55^2 \times 1,85}{2} = 64640 \text{ Па}.$$

де n - число труб.

Коефіцієнти лінійних опорів:

Вхідна і вихідна камера $\zeta_1 = 1,5$,

Вхід в труби або вихід з них $\zeta_2 = 1,0$.

Втрати тиску на місцевих опорах

$$\Delta P_m = \sum \xi \cdot \frac{\omega_n^2 \cdot \rho_n}{2} \quad (2.29)$$

$$\Delta P_m = \sum (8 \cdot 1,5 + 8 \cdot 1,0) \cdot \frac{2,55^2 \cdot 1,85}{2} = 120 \text{ Па}$$

Загальна втрата тиску в трубному просторі

$$DP_m = DP_{mp} + DP_m = 64640 + 120 = 64760 \text{ Па}.$$

2.5 Вибір допоміжного обладнання

Виконаємо розрахунок відцентрового насоса для подачі толуолу в випаровувачі

Витрата толуолу

$$V = \frac{G}{\rho} = \frac{1,5}{777} = 0,0019 \text{ м}^3/\text{с}.$$

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

У випарнику під надлишковим тиском 0,025 Па. Температура толуолу 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 також два коліна під кутом 90°. Прийmemo швидкість толуолу у всмоктуючому і нагнітальному трубопроводах однаковою, рівною 1 м/с. Тоді діаметр трубопроводу

трубопроводах одинаковой, равной 1 м/с. Тогда діаметр трубопровода

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot V}{\pi \cdot \omega}}, \quad (2.29)$$

де ω – швидкість толуолу, м/с;

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,0019}{3,14 \cdot 1}} = 0,056 \text{ м.}$$

Приймаємо трубопровід зі сталі марки 12X13, діаметром 45×3 мм.

Визначаємо величину критерію Re

$$Re = \frac{\omega \cdot d \cdot \rho}{\mu}. \quad (2.30)$$

$$Re = \frac{1 \cdot 0,056 \cdot 777}{1,19 \cdot 10^{-3}} = 38688,$$

отже - режим руху турбулентний.

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

$$\frac{d}{e} = \frac{56}{0,2} = 280.$$

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

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

для всмоктуючої лінії

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

- 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

- 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,

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

Визначаємо втрати напору:

у всмоктувальній лінії

$$h_{bc} = \left(0,031 \cdot \frac{3}{0,056} + 5,9 \right) \cdot \frac{1^2}{2 \cdot 9,81} = 0,42 \text{ м.}$$

нагнітальної лінії

$$h_n = \left(0,031 \cdot \frac{20}{0,056} + 10,5 \right) \cdot \frac{1^2}{2 \cdot 9,81} = 1,35 \text{ м.}$$

Загальні втрати напору

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

Визначаємо повний напір [2]

$$H = \frac{\Delta p}{\rho \cdot g} + H_r + h_n \quad (2.31)$$

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

$$H = \frac{0,18 \cdot 10^6}{777 \cdot 9,81} + 2 + 1,77 = 29,43 \text{ м.}$$

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

Корисна потужність насоса

$$N_{\Pi} = \frac{\rho \cdot g \cdot H \cdot V}{1000} \quad (2.32)$$

где V – витрата етилацетату, м³/с;

$$N_n = \frac{777 \cdot 9,81 \cdot 29,43 \cdot 0,0019}{1000} = 0,659 \text{ кВт.}$$

Потужність на валу двигуна

$$N_{\text{дв}} = \frac{N_{\Pi}}{\eta_n \cdot \eta_{\Pi}} \quad (2.33)$$

де η_n – к.п.д. насоса; η_{Π} – к.п.д. передачі.

$$N_{\text{дв}} = \frac{0,659}{0,6 \cdot 1,0} = 1,08 \text{ кВт.}$$

Установча потужність двигуна з урахуванням пускових моментів

$$N_{\text{уст}} = \frac{1,2 \cdot N_{\text{дв}}}{\eta_{\text{дв}}} = \frac{1,2 \cdot 1,08}{0,8} = 1,6 \text{ кВт.}$$

Встановлюємо при $V = 0,00280 \text{ м}^3/\text{с} = 10,08 \text{ м}^3/\text{г}$ відцентровий насос марки ХМ 50-32 з наступною характеристикою: продуктивність $0,00347 \text{ м}^3/\text{с}$, напір 32 м.

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

Далі здійснюємо вибір проміжної ємності для толуолу, пред-призначеної для забезпечення безперебійної подачі толуолу в випарник.

Приймаємо, що запас толуолу в проміжній ємності повинен забезпечувати його подачу в перебігу години, тобто необхідна ємність судини

$$V = V_B \cdot 3600 = 0,0022 \cdot 3600 = 7,98 \text{ м}^3.$$

Зазвичай співвідношення довжини L судини до його діаметру D

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

$$\frac{L}{D} = 2 \div 3,$$

тоді при прийнятому співвідношенні

$$L = 2,5 \cdot D$$

визначимо діаметр судини.

маємо

$$\frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot 2,5 \cdot D = 7,98 \text{ м}^3,$$

звідки діаметр судини

$$D = \sqrt[3]{\frac{7,98 \cdot 4}{3,14 \cdot 2,5}} = 1,73 \text{ м.} \quad (2.34)$$

Приймаємо стандартне значення внутрішнього діаметра посудини $D = 1800$ мм.

Тоді довжина обичайки судини

$$L = \frac{4 \cdot V}{\pi \cdot D^2} = \frac{4 \cdot 7,98}{3,14 \cdot 1,8^2} = 3,96 \text{ м,}$$

приймаємо $L = 4,0$ м.

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

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

$$p_{\text{п}} = 1,25 \cdot p \cdot \frac{[\sigma]_{\text{п}}}{[\sigma]} \quad (3.2)$$

$$p_{\text{п}} = 1,25 \cdot 0,115 \cdot \frac{191}{134} = 0,23 \text{ МПа}.$$

У цьому випадку розрахункова товщина стінки кожуха

$$s_p = \frac{p \cdot D}{2 \cdot \varphi \cdot [\sigma]_{\text{п}} - p} \quad (3.3)$$

$$s_p = \frac{0,23 \times 1600}{2 \times 0,9 \times 191 - 0,23} = 1,1 \text{ мм}.$$

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

$$s = s_p + c = 1,1 + 4,0 = 5,1 \text{ мм}.$$

З запасом приймаємо стандартне значення товщини стінки кожуха $s = 8,0$ мм.

3.2 Розрахунок товщини стінки еліптичної кришки

Розрахункова схема днища приведена на малюнку 3.2

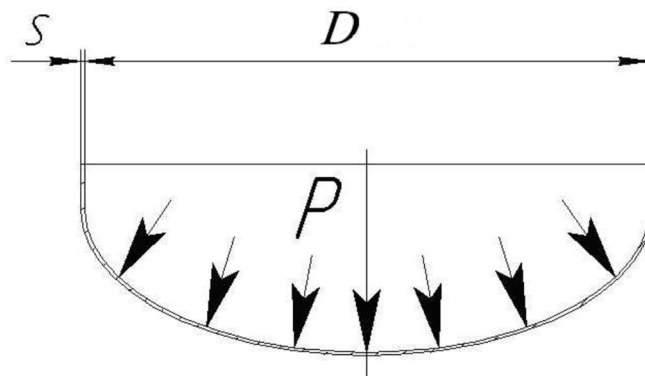


Рисунок 3.2 - Розрахункова схема днища еліптичного
Тиск пара під кришкою

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

$$p_{п} = 2,3 \text{ ата} = 0,23 \text{ МПа.}$$

Розрахункова товщина стінки кришки при проведенні гідравлічних випробувань

$$s_p = \frac{p_{п} \cdot D}{2 \cdot \varphi \cdot [\sigma]_{п} - 0,5 \cdot p_{п}} \quad (3.5)$$

$$s_p = \frac{0,23 \cdot 1600}{2 \cdot 0,9 \cdot 191 - 0,5 \cdot 0,23} = 1,1 \text{ мм.}$$

Виконавча товщина кришки

$$s_{кр} = s_p + c = 1,1 + 4,0 = 5,1 \text{ мм.}$$

Приймаємо $s_{кр} = 8,0 \text{ мм.}$

3.3 Розрахунок і вибір опори

Маса обичайки кожуха

$$m_k = \left[\frac{\pi \cdot (D + 2 \cdot s)^2}{4} - \frac{\pi \cdot D^2}{4} \right] \cdot l \cdot \rho \quad (3.5)$$

$$m_k = \frac{3,14 \cdot (1,6 + 2 \cdot 0,008)^2}{4} - \frac{3,14 \cdot 1,6^2}{4} \cdot 0,6 \cdot 7860 = 950 \text{ кг,}$$

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

Маса кришки і днища

$$m_{кр} = 1,24 \cdot D^2 \cdot s_{кр} \cdot \rho \quad (3.6)$$

$$m_{кр} = 1,24 \cdot 1,6^2 \cdot 0,008 \cdot 7860 = 200 \text{ кг.}$$

маса труб

$$m_{тр} = \frac{\pi}{4} \cdot (d_{н}^2 - d_{вн}^2) \cdot l \cdot n \cdot \rho \quad (3.7)$$

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

$$m_{mp} = \frac{3,14}{4} \times (0,02^2 - 0,016^2) \times 6 \times 398 \times 7860 = 2122 \text{ кг,}$$

Маса фланця з ґратами

$$m_{\phi} = \frac{\pi \cdot D_{\phi}^2}{4} \cdot h_{\phi} \cdot \rho \quad (3.8)$$

$$m_{\phi} = \frac{3,14 \times 1,64^2}{4} \times 0,1 \times 7860 = 774 \text{ кг,}$$

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

Обсяг міжтрубного простору

$$V_M = f_{MTP} \cdot l \quad (3.9)$$

$$V_M = 0,736 \times 6 = 4,4 \text{ м}^3.$$

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

$$m_T = V_M \cdot \rho_T \cdot \varphi \quad (3.10)$$

$$m_m = 4,4 \times 777 \times 0,7 = 2393 \text{ кг.}$$

Сила тяжіння апарату в робочому стані

$$G = g \cdot (m_k + 2 \cdot m_{kp} + m_{TP} + 2 \cdot m_{\phi} + m_T) \quad (3.11)$$

$$G = 9,81 \times (796 + 2 \times 200 + 2122 + 2 \times 774 + 2393) = 71505 \text{ Н} = 71,5 \text{ кН.}$$

Приймаємо кількість опор $n = 2$ шт.

Навантаження на одну опору

$$Q = \frac{G}{n} \quad (3.12)$$

$$Q = \frac{71,5}{2} = 35,7 \text{ кН.}$$

Вибираємо опору з допустимим навантаженням $Q = 50$ кН.

					<i>ПОХНП.Т.00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

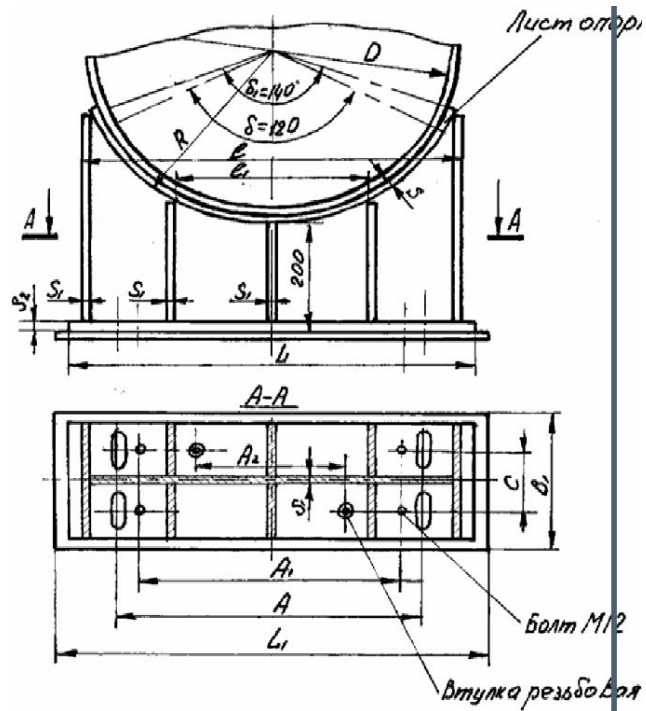


Рисунок 3.3 - Схема опори

Вибираємо сідлову опору типу 1 з допустимим навантаженням $Q = 60$ кН.

Опора 60-530-1 ОСТ 26-1665-75

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ПОХНП.Т.00.00.00 ПЗ

Арк.

31

4. Організація монтажних та ремонтних робіт [7,8]

Теплообмінні апарати - пристрої, в яких здійснюється теплообмін між двома або кількома теплоносіями або між теплоносіями і твердими тілами (стілкою, насадкою). Теплообмінні апарати дуже поширеним типом апаратури. Наприклад, на нафтопереробних заводах і підприємствах основної хімії частка теплообмінної апаратури становить близько 40%.

Способи монтажу і ремонту теплообмінників різні і визначаються їх конструкцією, розташуванням в просторі і щодо інших апаратів технологічної установки, а також умовами експлуатації.

Кожухотрубний теплообмінник - являє собою пучок трубок, поміщених в циліндричний кожух (корпус) таким чином, що корпус всередині є міжтрубному просторі. Теплообмінні трубки за Вальцьована в кінцевих трубних дошках, приварених до корпусу теплообмінника. У деяких кромки трубок додатково обварюються для гарантії герметичності з'єднання. Проміжні трубні решітки призначені як для підтримки трубок, так і для організації поперечного струму середовища. До трубним дошках кріпляться камери з патрубками для відведення середовища, поточної всередині трубок. Залежно від наявності та кількості в камерах перегородок, теплообмінники можуть бути одноходових, двох або багатходові по руху середовища, що тече в трубках. Також корпус забезпечений патрубками для підведення пари і відведення конденсату.

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

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

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

висотних металоконструкцій (при вертикальному розташуванні і горизонтальному розташуванні на великих висотах).

У переважній більшості випадків теплообмінники встановлюють в проектне положення за допомогою самохідних кранів. Якщо в конкретних умовах підйому вантажопідйомність кранів недостатня, практикується установка теплообмінників двох кранів, що працюють строго узгоджено. На рис.4.1 наведені схеми підйому і установки теплообмінників при різному їх розташуванні. Теплообмінники, розташовані 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 включають в ґратчастий твердий контейнер.

До трубопровідної обв'язки приступають після остаточної перевірки стану корпусу і закріплення болтів, що з'єднують його опори або лапи з постаментом. Положення теплообмінника вивіряють рівнем або вереском, 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. Нерухомому опору, звичайно встановлюється з боку нерухомих трубних решіток, закріплюють намертво; гайки болтів рухомої опори, має овальні вирізи, не затягуйте на 1-1,5 мм, але фіксують контргайками. Зазор між болтами і овальними вирізами повинен бути розташований в сторону можливого продовження теплообмінника. Поверхні ковзання захищають так, щоб виключити защемлення.

Змонтовано теплообмінники повинні бути опресовкці на пробний тиск на заводі-виробнику, тому на монтажному майданчику їх окремо НЕ опресовують, а обмежуються тільки перевіркою загальної системи теплообміну разом з трубопровідної обв'язкою після завершення монтажних робіт. У тих випадках, коли відсутня акт заводського випробування або апарат тривалий час перебував на

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

складі або монтажному майданчику, перед монтажем теплообмінник піддають ревізії і, якщо в цьому є необхідність, ремонту.

Знос теплообмінного апарату виражається в наступному: 1) зменшення товщини стінки корпусу, днища, трубних решіток; 2) випучення і вм'ятини на корпусі і днищах; 3) свищі, тріщини, прогари на корпусі, трубках і фланцях; 4) збільшення діаметра отворів для труб в трубних решітках; 5) прогин трубних решіток і деформація трубок, 6) заклинювання плаваючих головок і пошкодження їх струбцин; 7) пошкодження лінзових компенсаторів; 8) пошкодження сальникових пристроїв, коткових і пружинних опор; 9) порушення гідро - та теплоізоляції.

Підготовка до ремонту включає виконання наступних заходів:

1) знижується надлишковий тиск до атмосферного і апарат звільняється від продукту;

2) відключається арматура і відносяться заглушки на всіх підводних і відвідних трубопроводах;

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

4) виконується аналіз на наявність отруйних і вибухонебезпечних продуктів;

5) складається план і виходить дозвіл на вогневі роботи, якщо вони необхідні в процесі ремонту; складається акт здачі в ремонт.

Далі виконуються наступні роботи:

1) зняття днищ апарату, люків, демонтаж обв'язки і арматури;

2) виявлення дефектів вальцювання і зварювання, а також цілісності трубок гідравлічним та пневматичним випробуванням на робочий тиск;

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

4) ремонт футеровки і антикорозійних покриттів деталей з частковою заміною;

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

5) ремонт або заміна арматури, зносилася, трубопроводів, регулювання запобіжних клапанів;

6) зміна ущільнень розбірних з'єднань;

7) виписка трубок, чистка внутрішньої поверхні корпусу апарату і теплообмінних трубок, зачистки отворів в трубних решітках, зачистки кінців трубок;

8) заміна частини корпусу, днищ (кришок) і зношених деталей;

9) виготовлення нових трубок;

10) монтаж трубного пучка і вальцювання труб в ґратах;

11) ремонт плаваючих головок;

12) монтаж різьбових з'єднань;

13) гідравлічне випробування міжтрубної і трубної частин апарату пробним тиском;

14) пневматичне випробування апарату.

Основними конструктивними недоліками теплообмінних апаратів є: 1) велика трудомісткість розбирання-збирання апарату при чищенні і заміні трубного пучка; 2) мала надійність вальцювальних з'єднань трубок з трубною дошкою; 3) складність ущільнення кришкою трубної дошки плаваючою головки.

Витягати трубні пучки можна тільки з теплообмінників з плаваючою головкою. Найменш механізованим способом є отримання трубного пучка за допомогою лебідок і домкратів. Більш прогресивні спеціальні пристрої для вилучення - екстрактори. Екстрактори - пристосування, які кріпляться на фланці теплообмінника і за допомогою домкрата або лебідки виштовхують трубний пучок. Пучок, витягується, рухається разом з візком, на якій кріпиться його передня частина.

Демонтаж проводиться в певній послідовності: 1) знімаються кришки теплообмінного апарату; 2) демонтуються деталі плаваючої головки; 3) проводиться попереднє зрушення трубчатка; 4) тракторної лебідкою трубний пучок витягується з апарату; 5) за допомогою хомутів і стропів трубчатка підвішується до гака автомобільного крана, після остаточного вилучення

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

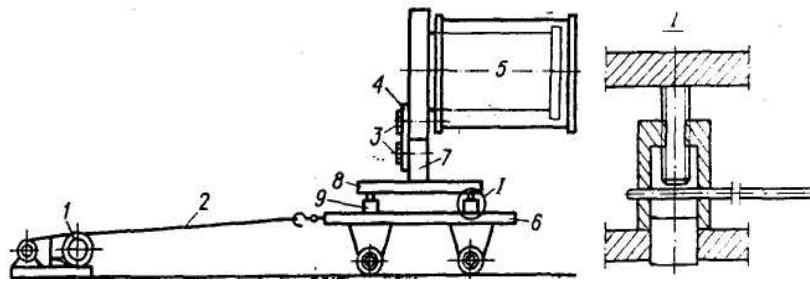


Рисунок 4.3. Пристосування для вилучення трубочатки з горизонтального теплообмінника:

1 - лебідка 2 - трос; 3 - болти; 4 - сполучна планка; 5 - теплообмінник; 6 - візок; 7 - опорний сухар; 8 - плита; 9 - домкрат для підйому опорної плити.

Для теплообмінників, розташованих на висоті, найбільш зручним вантажопідйомним механізмом залишається автомобільний кран. Витяг трубного пучка з вертикальних теплообмінників простіше, ніж з горизонтальних і проводиться принципово тими ж способами.

Для встановлення трубного пучка в корпус крім уже описаних пристосувань застосовується також спеціальне монтажне пристосування, замінює лебідку (рис. 4.4). Воно складається з корпусу 3 з фланцем і приводом. У привід входять електродвигун 1 і планетарний редуктор 6. Соосно з редуктором встановлений барабан 5 для намотування сталевого троса. У корпусі 3 для направлення тросу встановлені два ролика 4. Пристосування кріпиться до корпусу теплообмінника замість кришки (рис.4.5). Монтаж трубного пучка здійснюється за підтримки тельферами або візком.

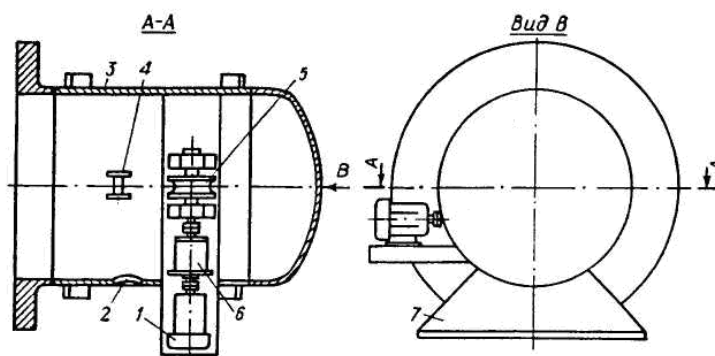


Рисунок 4.4- Переносний пристрій:

1 - електродвигун; 2 - вікно; 3 - корпус; 4 - ролики; 5 - барабан; 6 - редуктор; 7 - опори.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ПОХНП.Т.00.00.00 ПЗ

Арк.

37

Спільне рух води і повітря швидко руйнує відкладення на стінках трубок, очищаючи їх. Одночасна подача в трубку води і повітря здійснюється за допомогою водовоздушного пістолета. Повітря під тиском 0,7-0,8 МПа і вода під тиском 0,5-0,6 МПа при співвідношенні 1: 1 подаються за допомогою шлангів.

Гідромеханічне 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 поверхонь очищають. Гідність такого методу - можливість очищення внутрішньої і зовнішньої поверхонь трубок, а також корпусу безпосередньо на місці установки апарату. При цьому ступінь очищення досягає значно вище, ніж при інших методах.

Піскоструминне очищення дозволяє досягти 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 суспензією піску в повітрі або воді, яка подається з великою швидкістю. Засмоктування піску здійснюється ежекційного установками.

До спеціальних методів очищення відноситься ультразвукової. Ультразвукові перетворювачі за допомогою головок з вібраторами, встановлюються в рідину (воду) всередині ємності, що підлягає очищенню, що дозволяє повністю видалити тверді відкладення, які руйнуються під дією ультразвукових коливань і які вимиваються звукопередаючим середовищем (водою).

При ремонті трубного пучка допускається установка пробок на 15% трубок в кожному потоці пучка. При виході з ладу понад 15% трубок всі вони замінюються повністю. Допускається застосування вживаних трубок, якщо вони втратили внаслідок зносу не більше 30% початкової ваги.

Виправлення вм'ятин в трубах здійснюються за допомогою пристосування, показаного на рис. 4.6. Штанга 2 протягується через трубу до упору оправлення 1 в вм'ятину. Після цього на штангу надягають клубу 3 і гайка 4. При затягуванні

					<i>ПОХНП.Т.00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

гайки оправлення випрямляє ум'яти ділянку. Видалення дефектних приварених труб здійснюється вирубкою звареного кільцевого шва. Нові трубки, вставляють, відрізають по довжині трубного пучка зі збільшенням на 8-10мм довжини. Кінці трубок зачищають до металевого блиску на довжину, рівну товщині решітки зі збільшенням 10мм на сторону. У трубних решітках всі отвори зачищають від задирок, іржі і бруду. Наявність поздовжніх рисок в отворах трубних решіток не допускається. Перед установкою трубок отвори в решітці продувають повітрям і насухо протирають.

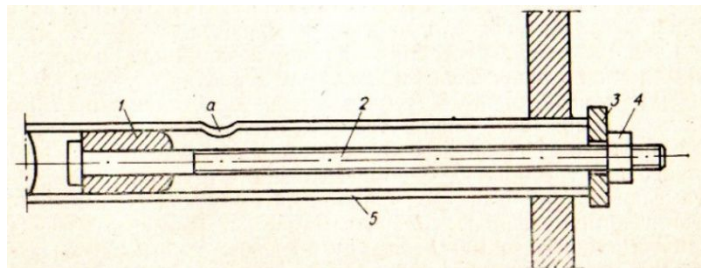


Рисунок 4.6 - пристосування для виправлення вм'ятин в трубах:

1-оправлення; 2-штанга з різьбленням; 3-клубу; 4-гайка; 5-труба; а - вм'ятина

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

5 . Охорона праці[9,10]

Якщо людина торкається одночасно двох точок електричної частини електроустановки, між якими існує напруга, то при цьому утворюється замкнуте електричне коло, через тіло людини проходить струм. Величина цього струму залежить від схеми дотику людини, напруги кола, схеми самого електричного кола, режиму нейтралі електричного кола, опору тіла людини, якості ізолювання струмоведучих частин від землі, ємності струмоведучих частин відносно землі тощо.

В промисловості, в основному, використовуються трифазні мережі (трипровідні) з ізолюваною нейтраллю та чотирипровідні з глухо заземленою нейтраллю.

Нейтраль, або нейтральна точка обмотки джерела електричного живлення, - це точка, напруга якої відносно всіх зовнішніх виводів обмотки однакова за абсолютним значенням. Мережі з ізолюваною нейтраллю застосовуються в тих випадках, коли є можливість підтримувати високий рівень ізоляції проводів, а ємність мережі відносно землі незначна. До них відносяться малорозгалужені мережі, які не підлягають впливу агресивного середовища та знаходяться під постійним наглядом персоналу. Мережу із заземленою нейтраллю застосовують там, де неможливо забезпечити якісну ізоляцію проводів (через високу вологість, агресивне середовище та ін.), коли не можна швидко знайти або усунути пошкодження ізоляції або коли ємнісні струми електричного кола через значну розгалуженість мережі досягають великих значень, небезпечних для людини.

Найбільшу небезпеку для людини становить двофазний (двополюсний) дотик до електричного кола, тому що в цьому випадку людина опиняється під лінійною напругою мережі. На рис.14.1 наведено одночасний дотик людини до

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

двох полюсів електричного кола постійного струму або однофазного кола і дотик до двох фаз трифазного електричного кола.

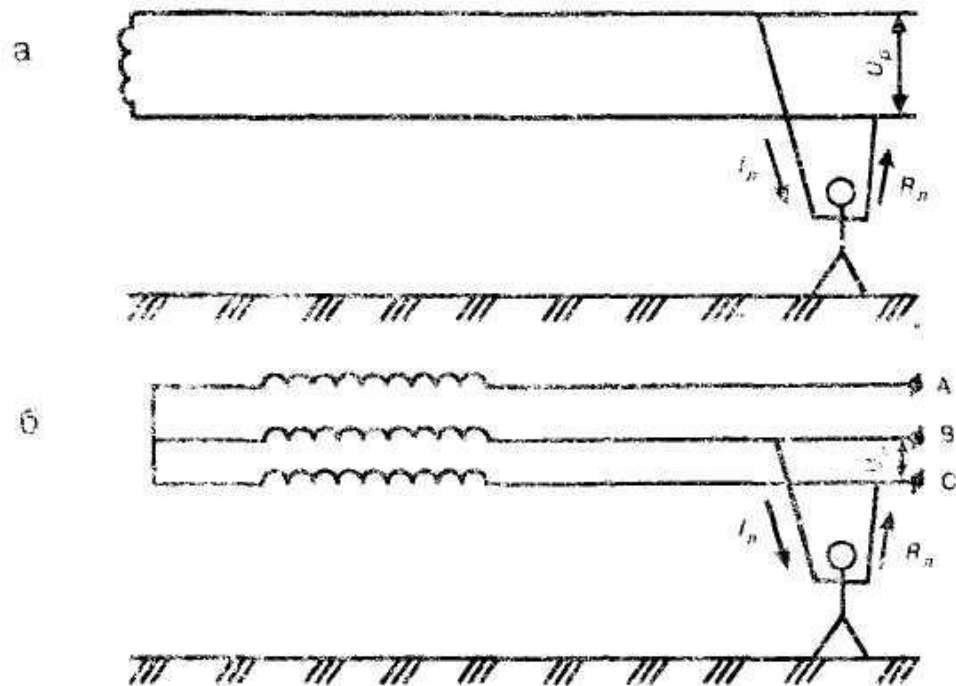


Рис. 5.1 - Двофазний (двополюсний) дотик до струмоведучих частин:

а) а мережі постійного струму або однофазного кола;

б) у трифазній мережі

При цьому людина опиняється під робочою напругою мережі і струм, що проходить крізь неї, обчислюється, А:

в мережі постійного струму або однофазному електричному колі:

$$I_{л} = \frac{U_{р}}{R_{л}}, \quad (5.1)$$

де $U_{р}$ - робоча напруга мережі, В; $R_{л}$ - опір людини; у трифазному електричному колі:

$$I_{л} = \frac{U_{лнн}}{R_{лнн}} = \frac{\sqrt{3}U_{\phi}}{R_{л}}, \quad (5.2)$$

де $U_{\text{лн}}$ - лінійна напруга, В; U_{ϕ} - фазна напруга, В.

У другому випадку значення струму, що проходить через тіло людини, залежить від лінійної напруги мережі та опору людини. Статистика електротравм свідчить, що такі випадки трапляються рідко.

Найбільша кількість електротравм пов'язана з однофазним (однополюсним) дотиком людини до струмоведучих частин, при цьому напруга, під якою опиняється людина, не перевищує фазної напруги. Якщо людина, що стоїть на землі, торкається одного з полюсів або однієї з фаз електричного кола в мережі з ізолюваною нейтраллю то струм замикається через тіло людини, землю і далі через опір ізоляції і ємності фаз (рис. 14.2).

На цьому рисунку опір r_a, r_b, r_c , ємності C_a, C_b, C_c - це розподілені в електричному колі параметри, що зумовлені активною, провідністю ізоляції та ємністю фаз відносно землі.

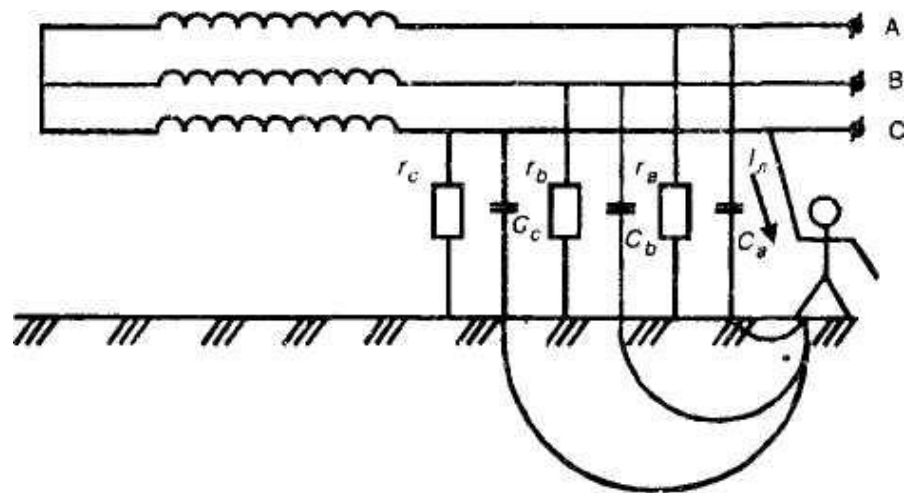


Рис. 5.2 - Однофазний дотик до струмоведучих частин в мережі з ізолюваною нейтраллю

В такій мережі напругою до 1000 В за умови її малої довжини ємнісним опором ізоляції можна знехтувати, і тоді і струм, що проходить крізь людину, дорівнює:

$$I_{\text{л}} = \frac{3U_{\text{ф}}}{3R_{\text{л}} = r_{\text{ІЗ}}}, \quad (5.3)$$

де $r_{\text{ІЗ}}$ - опір ізоляції фаз мережі відносно землі.

Мережа із заземленою нейтраллю (рис. 14.3) характеризується тим, що нейтральна точка джерела живлення з'єднана і землею через малий опір R_0 :

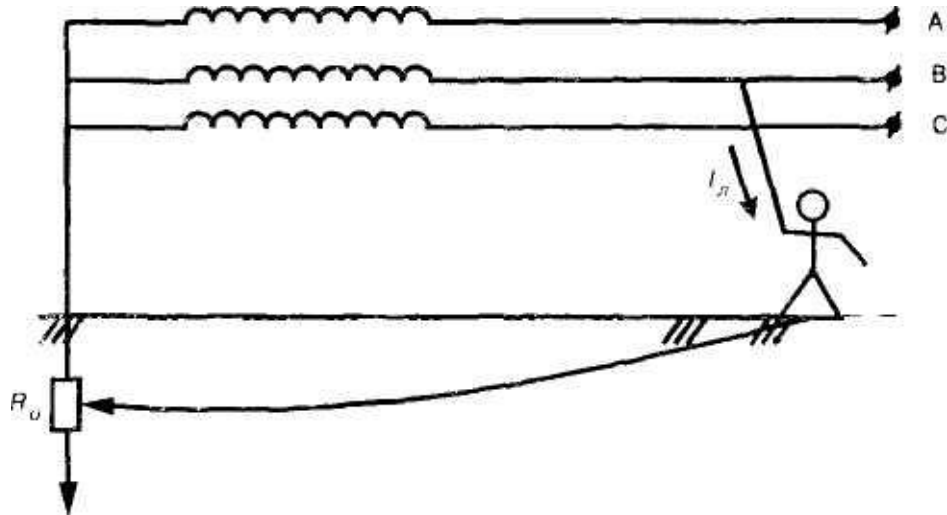


Рис. 5.3 - Однофазний дотик до струмоведучих частин в мережі із заземленою нейтраллю

В мережі із заземленою нейтраллю струм проходить через тіло людини в землю і далі через заземлення нейтралі - вмережу. Практично він не залежить від стану ізоляції і визначається за виразом, А:

$$I_{\text{л}} = \frac{U_{\text{ф}}}{R_{\text{л}} + R_0}, \quad (5.4)$$

Оскільки R_0 - невелике, його можна не брати до уваги. Тоді

$$I_{\text{л}} = \frac{U_{\text{ф}}}{R_{\text{л}}}, \quad (5.5)$$

Ми розглянули нормальну роботу мережі. При аварійних **режимах** (замикання на корпус або замикання на землю) умови змінюються.

Наприклад, якщо одна із фаз замкнена на землю через відносно малий активний опір r_3 , величина струму, що проходить через людину при однофазному включенні в мережу із ізольованою нейтраллю (рис. 14.4), буде дорівнювати, А:

$$I_{л} = \frac{U_{лнн}}{R_{л} + r_3}, \quad (5.6)$$

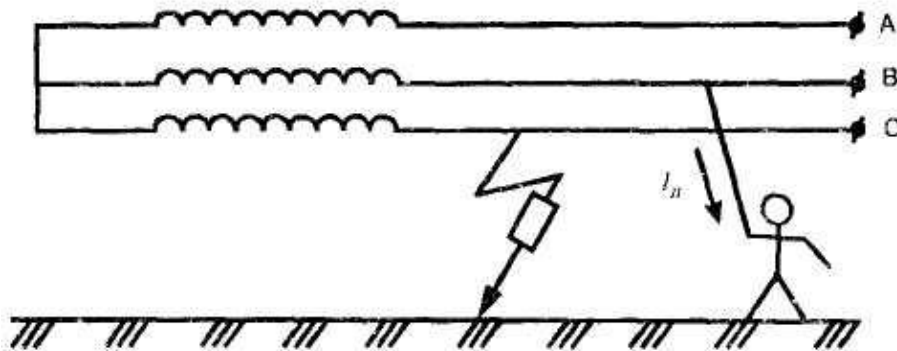


Рис. 5.4 - Однофазне включення людини в мережу з ізольованою нейтраллю

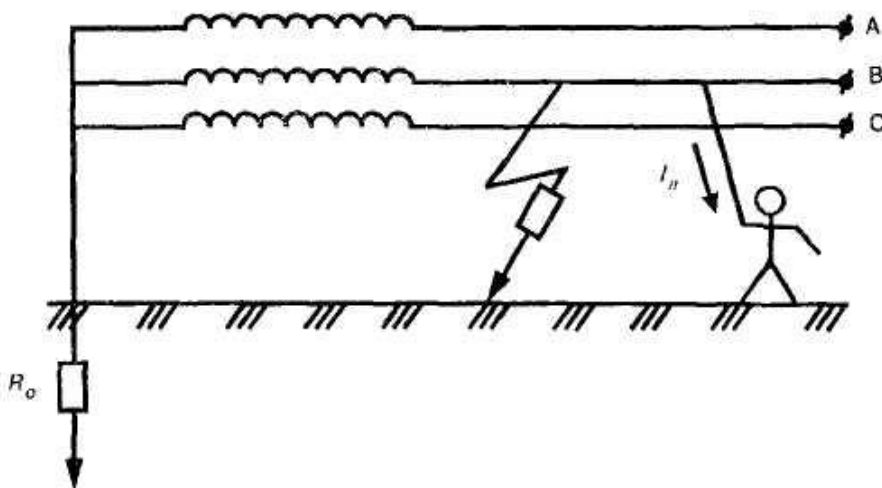


Рис. 5.5 - Однофазне включення людини в мережу з заземленою нейтраллю

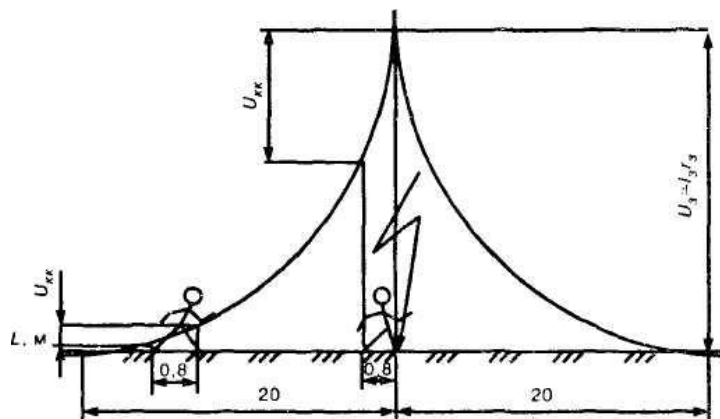
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

$$I_{л} = \frac{U_{лнн}}{R_{л}}, (5.7)$$

де $U_{лнн}$ - напруга, під якою опиняється людина, що підключається до працюючого фазного проводу аварійної трифазної мережі з глухозаземленою нейтраллю (рис. 14.5). Як правило, $\sqrt{3}U_{\phi} > U_{лнн} > U_{р}$, тому що фактичний опір завжди більше 0. Таким чином, включення людини в аварійну мережу більш небезпечно, ніж в працюючу на нормальному режимі.

В мережах напругою понад 1000 В небезпека однофазного і двофазного дотиків практично однакова. Кожен із цих дотиків дуже небезпечний.

Дія напруги кроку на людину. При замиканні струмоведучих частин безпосередньо на землю чи на корпуси електрообладнання, що мають зв'язок із землею і струмопровідні основи", електричний струм розтікається від місця замикання рівномірно по всіх напрямках напівсфери об'єму землі. По мірі віддалення від місця розтікання густина струму землі зменшується, оскільки збільшується об'єм землі, по якому проходить струм. На відстані від місця замкнення 20 м і більше густина струму стає настільки малою, що практично приймається рівною 0. Такий саме характер має і розподіл потенціалів навкруг місця замикання на землю (рис.5.6).



										Арк.
										46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ПОХНП.Т.00.00.00 ПЗ					

Рис. 5.6 - Розподіл потенціалу на поверхні землі в зоні розтікання струму півсферичного заземлювача

Людина, що стоїть ногами (у взутті, що проводить струм) в зоні розтікання струму на точках з різними потенціалами, знаходиться під впливом різниці потенціалів або, інакше кажучи, під впливом напруги кроку опиняється включеною в електричне коло, внаслідок чого через тіло людини проходить струм напрямком нога - нога.

Крокова напруга - це різниця потенціалів між двома точками в зоні розтікання струму, що знаходяться на відстані кроку, яка дорівнює 0,8 м.

Незважаючи на те, що шлях струму нога-нога відноситься до порівняно небезпечних, існує реальна загроза життю людини. Вона полягає в тому, що людина, яка перебуває під кроковою напругою, падає через судоми ніг і це призводить не тільки до збільшення діючої на неї напруги, але й до появи струму, що проходить по одному із самих небезпечних шляхів: рука-нога. Величина крокової напруги залежить від ширини кроку і відстані до місця замкнення на землю.

При виявленні замикань на землю забороняється наближатися до них на відстань менше 4,0 м в закритих приміщеннях і ближче 3,0 м на відкритій місцевості. Наближення на меншу відстань припускається тільки з метою виконання робіт по усуненню замикання на землю та при необхідності надання допомоги потерпілим. В цих випадках слід користуватися електрозахисними засобами (діелектричними калошами, ботами, рукавицями та ін.),

У разі необхідності виходу із небезпечної зони або входу до неї для надання допомоги слід віддалятися від місця замикання чи наближатися до нього стрибками на одній нозі, або на двох, або мілкими кроками, що не перебільшують довжину ступні. Це зменшує потенціал крокової напруги практично до 0.

					ПОХНП.Т.00.00.00 ПЗ	Арк.
						47
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. Лацинський 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 процесита 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. Машини і апарати хімічних виробництв. / Під ред. І.І.Чернобильського, 3-е вид., Перероб. та доповн. М .: Машинобудування, 1975. - 456 с.
6. Лацинський 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.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		