

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 для розділення суміші метанол – етанол. Розробити кожухо-трубний випарник етилового спирту.»

Виконав:

студент групи ХМ-61

Желіба Вадим Анатолійович

підпис

Залікова книжка

№ _____

Кваліфікаційна робота бакалавра
захищена на засіданні ЕК

Керівник:

Литвиненко А.В.

з оцінкою _____

" ____ " _____ 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 Семестр 8

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА

Студент Желіба Вадим Анатолійович

1 Тема проекту: Ректифікаційна установка для розділення суміші метанол – етанол. Розробити кожухо-трубний випарник етилового спирту.

2 Вихідні дані: Витрата етанолу в між трубному просторі 9400 кг/год під тиском 1,5 ат; гарячій 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. 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. 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.

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 2020 р.

Керівник _____

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 для розділення суміші метанол – етанол. Розробити кожухо-трубний 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, обґрунтований вибір матеріалів для виготовлення апарату.

Розрахунками на міцність і герметичність показана надійність роботи запроєктованого апарату.

Наведено відомості щодо проведення монтажу і ремонту розробленого апарату.

У розділі «Охорона праці» наведено причини виробничого травматизму, методи його аналізу, показники травматизму.

Ключові слова: АПАРАТ, УСТАНОВКА, ВИПАРНИК, ЕТАНОЛ, 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.Гідравлічний 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 фланцевого з'єднання

					ПОХНП. Т.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>	Желіба						4	47
<i>Провер.</i>	Литвиненко					<i>СумДУ, ХМ-61</i>		
<i>Реценз.</i>								
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Утверд.</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 охолоджуваній 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

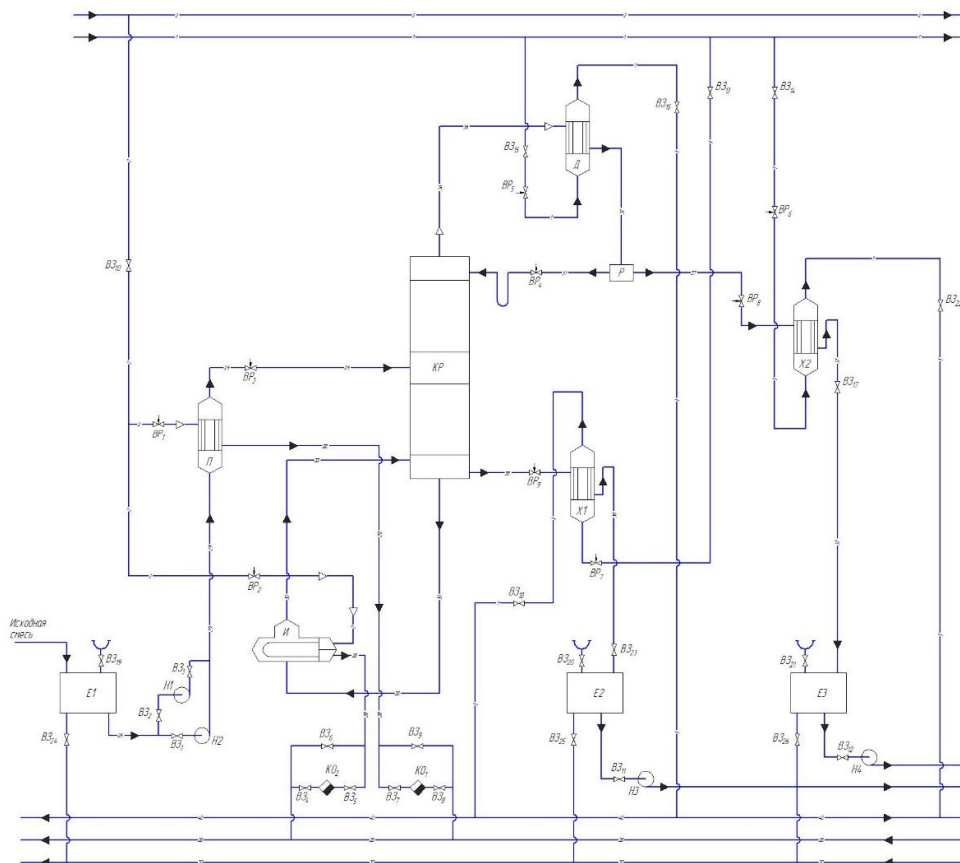


Рисунок 1.1 - Схема ректифікаційної установки безперервної дії

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.

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

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 - дистилят - 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 $(7 \div 12) \cdot 10^3 \text{ Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{К})$, а при крапельної конденсації - $(4 \div 10) \cdot 10^4 \text{ Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{К})$.

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 ламінарне, 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 $t_{нас}$.

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:

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

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.

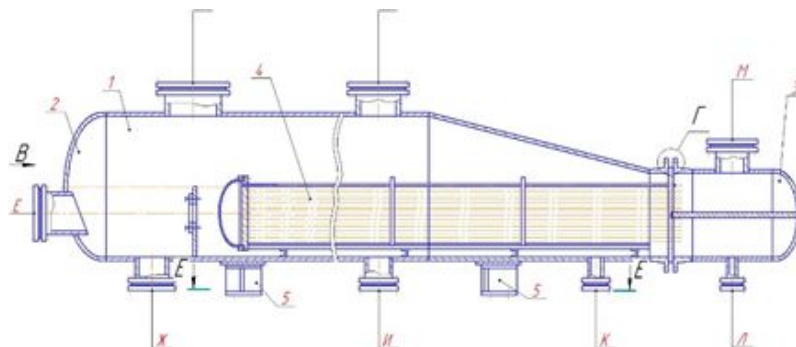


Рисунок 1.2 - Конструкція випарника з паровим простором типу П

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.

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

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).

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

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

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 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.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

2.1 Матеріальний і тепловий баланс процесу.

Витрата матеріалу, який випаровується в кг/с

$$G_1 = \frac{9400}{3600} = 2,6 \text{ кг/с.}$$

Температура кипіння парів етанолу при $P_{\text{вип}} = 1,5$ ама на рис. XV [2]

$$t_{\text{кип}} = 92 \text{ }^\circ\text{C}$$

Теплота випаровування етанолу при даній температурі кипіння за додатком VII [2]

$$r_1 = 815 \text{ кДж / кг.}$$

Кількість теплоти, поглиненої при випаровуванні рідини

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

$$Q_{\text{вип}} = 2,6 \cdot 815 = 2120 \text{ кВт.}$$

Кількість теплоти, яка потрібна для нагрівання на випаровування рідини.

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

$$Q_{\text{нагр}} = 2,6 \cdot 2,5 \cdot (92 - 75) = 110,5 \text{ кВт,}$$

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

$$t_{\text{ср}} = \frac{t_{\text{кип}} + t_n}{2} = \frac{92 + 75}{2} = 83,5 \text{ }^\circ\text{C.}$$

Теплове навантаження апарату з урахуванням 5% втрат тепла

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

$$Q = 1,05 \cdot (2120 + 1105) = 2342 \text{ кВт.}$$

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

2.2 Технологічні розрахунки

Температура пари при тиску $p_n = 1,5$ ата за додатком LVII [2]

$$t_{2H} = 112 \text{ }^\circ\text{C}.$$

Середня температура конденсату водяної пари

$$t_{2cp} = \frac{t_{2H} + t_{2K}}{2} = \frac{112 + 75}{2} = 93,5 \text{ }^\circ\text{C}.$$

Фізичні параметри конденсату при $t_{2cp} = 93,5 \text{ }^\circ\text{C}$ (додаток I, II, III, IV) [1]:

щільність $\rho_2 = 960 \text{ кг / м}^3$;

в'язкість $\mu_2 = 0,331 \cdot 10^{-3} \text{ Па} \cdot \text{с}$;

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

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

теплота конденсації $r_2 = 2291 \text{ кДж / кг}$.

витрата пари

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

$$G_2 = \frac{2342}{2291 + 4,19 \cdot (112 - 75)} = 0,96 \text{ кг/с}$$

Визначимо температуру t' визначальну кордон зон процесу теплообміну

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

$$t' = 75 + \frac{110,5}{2 \cdot 2,5} = 97 \text{ }^\circ\text{C},$$

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

Середня різниця температур:

Для зони випаровування

$$D t_{cp}^{sup} = \frac{(t_{2H} - t_{1K}) - (t' - t_{1K})}{\ln \frac{t_{2H} - t_{1K}}{t' - t_{1K}}} \quad (2.7)$$

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

$$\Delta t_{cp}^{исп} = \frac{(112-92)-(97-92)}{\ln \frac{112-92}{97-92}} = 10,8 \text{ К};$$

для зони нагрівання

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

$$\Delta t_{cp}^{нагр} = \frac{(93,5 - 83,5) - (97 - 92)}{\ln \frac{93,5 - 83,5}{97 - 92}} = 7,2 \text{ К}.$$

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

$$t_{cm} = t_{1cp} + 10 = 83.5 + 10 = 93.5$$

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

$$\alpha_k = 1,36 \cdot A \cdot q_k^{0,5} \cdot l^{0,35} \cdot d^{-0,25}, \quad (2.7)$$

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 $t_{кон} = 112^\circ\text{C}$

$$A = 8,0.$$

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

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

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

$$\alpha_{\text{кип}} = 2,72 \cdot \varphi \cdot p^{0,4} \cdot q_{\text{кип}}^{0,7} \quad (2.8)$$

для етанолу $\varphi = 0,31$.

q - множник, що враховує фізичні властивості рідин

При $p = 1,5 \text{ кг / см}^2$.

$$\alpha_{\text{кип}} = 2,72 \cdot 0,31 \cdot q_{\text{кип}}^{0,7} \cdot 1,8^{0,4} = 0,923 \cdot q^{0,7}.$$

При сталому процесі теплообміну

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

де

$$q_{\text{конд}} = \alpha_{\text{конд}} \cdot (t_{\text{конд}} - t_{\text{ст1}}) \quad (2.9)$$

$$q_{\text{ст}} = \frac{t_{\text{ст1}} - t_{\text{ст2}}}{\Sigma r_{\text{ст}}} \quad (2.10)$$

$$q_{\text{кип}} = \alpha_{\text{кип}} \cdot (t_{\text{ст2}} - t_{\text{кип}}) \quad (2.11)$$

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.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Так як $t_{ст1}$ і q заздалегідь не відомі, то далі розраховуємо методом послідовних наближень. Тобто за різними прийнятими значеннями $t_{ст}$ знаходимо залежність q від $t_{ст}$. Величина $t_{ст}$ повинна знаходитися в межах $112-70$ ° С.

Розрахунок зводимо в таблицю 1.

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

Таблиця 1.

№ п/п	Гріючий пар							Киплячий етанол						
	$t_{\text{конд}}, ^\circ\text{C}$	$t_{\text{ст.1}}, ^\circ\text{C}$	Δt_1	$t_{\text{шт}} = \frac{t_{2\text{н}} + t_{\text{ст1}}}{2}$	A	$\alpha_{\text{кон}} = 2940 \cdot \Delta t_1,$ Вт/м ² ·гр	$q_k = \alpha_k \cdot \Delta t_1$	$\sum i_{\text{ст}}, \text{ м}^2 \cdot \text{гр} / \text{Вт}$	$\Delta t_{\text{ст}} = \alpha_{\text{кон}} \cdot \sum i_{\text{ст}}$	$t_{\text{ст.2}} = t_{\text{ст.1}} - \Delta t_{\text{ст}}$	$t_{\text{кип}}, ^\circ\text{C}$	$\Delta t_2 = t_{\text{ст.2}} - t_{\text{кип}}$	$\alpha_{\text{кип}} = 0,93 \cdot q_{\text{кип}}^{0,7}$	$q_{\text{кип}} = \alpha_{\text{кип}} \cdot \Delta t_2$
	112	106	6	109	8,0	11760	47040	$4 \cdot 10^{-4}$	4,7	101,3	92	9,3	1735	5726
	112	107	5	109,5	8,0	8820	26460	$4 \cdot 10^{-4}$	3,5	103,5	92	11,5	1160	6380
	112	108	4	110	8,0	5880	23520	$4 \cdot 10^{-4}$	2,4	105,6	92	13,9	696	16140

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

$$q_{\text{ср}} = \frac{q_{\text{кон}} + q_{\text{кит}}}{2} = \frac{23520 + 16140}{2} = 19830 \text{ Вт / м}^2.$$

Визначаємо коефіцієнт теплопередачі

$$K_{\text{ис}} = \frac{q_{\text{ср}}}{\Delta t_{\text{ср}}} = \frac{19830}{10,8} = 1836 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}.$$

Необхідна поверхню теплообміну

$$F = \frac{Q}{q_{\text{ср}}} = \frac{2342 \cdot 10^3}{19830} = 114 \text{ м}^2.$$

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

2.3 Конструктивні розрахунки

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

Число ходів $Z = 2$;

Число труб $n_{\text{т}} = 310$;

Поверхня теплообміну $F = 120 \text{ м}^2$;

Довжина труб $H = 6,0 \text{ м}$;

Площа перетину трубного простору $f_{\text{тр}} = 0,031 \text{ м}^2$;

Площа перетину міжтрубного

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

$$F_{\text{МТР}} = 0,785 \cdot (D^2 - d_n^2) \cdot 2 \cdot n_T \quad (2.14)$$

$$F_{\text{МТР}} = 0,785 \cdot (1,2^2 - 0,025^2 \cdot 310) = 0,978 \text{ м}^2.$$

Периметр, що змочується етанолом

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

$$\Pi = \pi \cdot (D + d_n) \cdot n_T = 3,14 \cdot (1,2 + 0,025) \cdot 310 = 3,9 \text{ м}.$$

Еквівалентний діаметр міжтрубного простору

$$d_{\text{екв}} = \frac{4 \cdot f_{\text{МТР}}}{\Pi} \quad (2.16)$$

$$d_{\text{екв}} = \frac{4 \cdot f_{\text{МТР}}}{\Pi} = \frac{4 \cdot 0,978}{3,9} = 1 \text{ м}.$$

Швидкість руху етанолу

$$\omega_2 = \frac{G_1}{\rho_2 \cdot f_{\text{МТР}}} = \frac{2,6}{815 \cdot 0,978} = 0,0032 \text{ м/с} \quad (2.17)$$

Значення функції Re для етанолу

$$\text{Re} = \frac{\omega_2 \cdot d_{\text{екв}} \cdot \rho_2}{\mu_2}, \quad (2.18)$$

$$\text{Re} = \frac{0,0032 \cdot 1 \cdot 815}{0,435 \cdot 10^{-3}} = 3747$$

режим руху турбулентний.

Значення критерію Nu

$$\text{Nu} = 4 \cdot \text{Pr}^{0,43} \cdot \left(\frac{\mu_1}{\mu_{\text{ст}}} \right)^{0,25}. \quad (2.19)$$

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

Значення критерію Pr для етанолу

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

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

В'язкість толуолу при температурі стінки

$$\mu_{cm} = 0,4 \cdot 10^{-3}.$$

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

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

$$\alpha_1^{нагр} = \frac{13,7 \cdot 0,145}{0,025} = 420 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}.$$

Коефіцієнт теплопередачі для зони нагріву

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

$$K_{нагр} = \frac{1}{\frac{1}{420} + \frac{1}{6250} + 4 \cdot 10^{-4} + 3 \cdot 10^{-4}} = 480 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}.$$

Розрахункова поверхню теплообміну

$$F_p = \frac{Q_{исп}}{K_{исп} \cdot \Delta t_{сп}^{исп}} + \frac{Q_{нагр}}{K_{нагр} \cdot \Delta t_{сп}^{нагр}} = \frac{2120 \cdot 10^3}{1836 \cdot 10,8} + \frac{110,5 \cdot 10^3}{480 \cdot 7,2} = 116,24 \text{ м}^2 \quad (2.23)$$

Мінімальне значення площі випарника, відповідне витраті етанолу, F = 116,24 м², на якому і залишаємо свій вибір.

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

Параметри апарату:

Діаметр кожуха $D = 1200$ мм;

Діаметр труб $d = 20 \times 2$ мм;

Число ходів $Z = 2$;

Число труб $n_T = 310$;

Поверхня теплообміну $F = 120$ м²;

Довжина труб $l = 6,0$ м;

Площа перерізу одного ходу по трубах $f_{тр} = 0,031$ м².

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

$$d = \sqrt{\frac{4V}{\pi \cdot w}} = \sqrt{\frac{4G}{\pi \cdot \rho \cdot w}} \quad (2.21)$$

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:

$$d = \sqrt{\frac{4V}{\pi \cdot w}} = \sqrt{\frac{4G}{\pi \cdot \rho \cdot w}} \quad (2.22)$$

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 9400 / 3600}{3,14 \cdot 815 \cdot 0,5}} = 0,09 \text{ м}$$

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

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 9400 / 3600}{3,14 \cdot 2 \cdot 20}} = 0,288 \text{ м}$$

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

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

$$d_{\text{вх}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,96}{3,14 \cdot 1,55 \cdot 20}} = 0,199 \text{ м}$$

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

$$d_{\text{вих}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,96}{3,14 \cdot 960 \cdot 0,5}} = 0,05 \text{ м}$$

Приймаються в проектуваному теплообмінному апараті штуцера для входу етанолу $D_y = 100$ мм і $p_y = 0,2$ МПа, для виходу парів етанолу $D_y = 300$ мм і $p_y = 0,2$ МПа кг/см², для входу пара $D_y = 200$ мм. $p_y = 0,25$ МПа і виходу конденсату $D_y = 50$ мм. $p_y = 0,25$ МПа

2.4 Гідравлічний опір апарату

Об'ємна витрата пари, що гріє

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

$$V_{\text{п}} = \frac{0,96}{1,55} = 0,62 \text{ м}^3 / \text{с}$$

Дійсна швидкість пара

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

$$\omega_{\text{п}} = \frac{0,62}{0,031} = 20 \text{ м} / \text{с}$$

Величина функції Re

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

$$\text{Re} = \frac{20 \cdot 0,021 \cdot 1,55}{0,0123 \cdot 10^{-3}} = 52930 > 2300,$$

отже, режим руху - турбулентний.

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

Для турбулентного руху пара в круглих трубах коефіцієнт тертя

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

$$\lambda = \frac{0,316}{52930^{0,25}} = 0,022.$$

Втрата тиску на тертя в прямих трубах

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

$$DP_{mp} = 0,022 \times \frac{310 \times 2 \times 6}{0,021} \times \frac{20^2 \times 1,55}{2} = 120800 \text{ Па}.$$

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

$$\Delta P_m = \sum \xi \cdot \frac{\omega_{п}^2 \cdot \rho_{п}}{2} \quad (2.29)$$

$$\Delta P_m = \sum (8 \cdot 1,5 + 8 \cdot 1,0) \cdot \frac{20^2 \cdot 1,55}{2} = 6200 \text{ Па}$$

Загальна втрата тиску в трубному просторі

$$DP_m = DP_{mp} + DP_m = 120800 + 6200 = 127000 \text{ Па}.$$

2.5 Вибір допоміжного обладнання

Виконаємо розрахунок відцентрового насоса для подачі етанолу в випаровувачі.

Витрата етанолу

$$V = \frac{G}{\rho} = \frac{2,6}{7815} = 0,0032 \text{ м}^3/\text{с}.$$

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

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

одинакової, рівний 1 м/с.

Тоді діаметр трубопровода

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

де ω – швидкість етанолу, м/с;

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,0032}{3,14 \cdot 1}} = 0,064 \text{ м.}$$

Приймаємо трубопровід зі сталі марки 12X13, діаметром 80×3 мм.

Визначаємо величину критерію Re

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

$$Re = \frac{1 \cdot 0,064 \cdot 815}{1,19 \cdot 10^{-3}} = 43830,$$

отже - режим руху турбулентний.

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

$$\frac{d}{e} = \frac{64}{0,2} = 320.$$

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

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

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

для всмоктуючої лінії

- вхід в трубу

$$\varepsilon = 0,5;$$

- нормальний вентиль, для $d = 0,056$ мм,

$$\varepsilon = 5,4;$$

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

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,

$$\Sigma\varepsilon_{\text{н}} = 1 + 5,4 + 0,9 + 2 \cdot 1,6 = 10,5$$

Визначаємо втрати напору:

у всмоктувальній лінії

$$h_{\text{вс}} = \left(0,031 \cdot \frac{3}{0,064} + 5,9 \right) \cdot \frac{1^2}{2 \cdot 9,81} = 0,42 \text{ м.}$$

нагнітальної лінії

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

Загальні втрати напору

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

Визначаємо повний напір [2]

$$H = \frac{\Delta p}{\rho \cdot g} + H_{\text{г}} + h_{\text{п}} \quad (2.31)$$

где Δp – надлишковий тиск, Па; $H_{\text{г}}$ - геометричний напір..

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

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

Корисна потужність насоса

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

де V – витрата етанолу, м³/с;

$$N_{\text{п}} = \frac{815 \cdot 9,81 \cdot 29,43 \cdot 0,0032}{1000} = 0,753 \text{ кВт.}$$

Потужність на валу двигуна

$$N_{\text{дв}} = \frac{N_{\text{п}}}{\eta_{\text{н}} \cdot \eta_{\text{п}}} \quad (2.33)$$

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

$$N_{\text{дв}} = \frac{0,753}{0,6 \cdot 1,0} = 1,25 \text{ кВт.}$$

Установча потужність двигуна з урахуванням пускових моментів

$$N_{\text{уст}} = \frac{1,2 \cdot N_{\text{дв}}}{\eta_{\text{дв}}} = \frac{1,2 \cdot 1,25}{0,8} = 1,87 \text{ кВт.}$$

Встановлюємо при $V = 0,0032 \text{ м}^3/\text{с} = 11,52 \text{ м}^3/\text{г}$ 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 етанолу, призначеної для забезпечення безперебійної подачі етанолу в випарник.

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

$$V = V_{\text{б}} \cdot 3600 = 0,00347 \cdot 3600 = 12,5 \text{ м}^3.$$

Зазвичай співвідношення довжини L судини до його діаметру D

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

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

тоді при прийнятому співвідношенні

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

визначимо діаметр судини.

маємо

$$\frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot 2,5 \cdot D = 12,5 \text{ м}^3,$$

звідки діаметр судини

$$D = \sqrt[3]{\frac{12,5 \cdot 4}{3,14 \cdot 2,5}} = 1,85 \text{ м.} \quad (2.34)$$

Приймаємо стандартне значення внутрішнього діаметра посудини $D = 2000$ мм.

Тоді довжина обичайки судини

$$L = \frac{4 \cdot V}{\pi \cdot D^2} = \frac{4 \cdot 12,5}{3,14 \cdot 2^2} = 3,98 \text{ м,}$$

приймаємо $L = 4,0$ м.

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

3. Розрахунки на міцність апарату [2,3,4,5,6]

3.1 Розрахунок товщини стінки стінки циліндричної обичайки

Прийmemo коефіцієнт міцності зварних швів $\varphi = 0,9$ (ручне дугове електрозварювання), напруга для стали Ст3 при $t = 112^\circ \text{C}$ [6]

$$\sigma = 130 \text{ МПа.}$$

Тиск толуолу в міжтрубному просторі

$$p = 1,5 \text{ ата} = 0,15 \text{ МПа.}$$

Для листового матеріалу допустима напруга

$$[\sigma] = \eta \cdot \sigma = 1 \cdot 130 = 130 \text{ МПа.}$$

Розрахункова схема обичайки приведена на рисунку 3.1

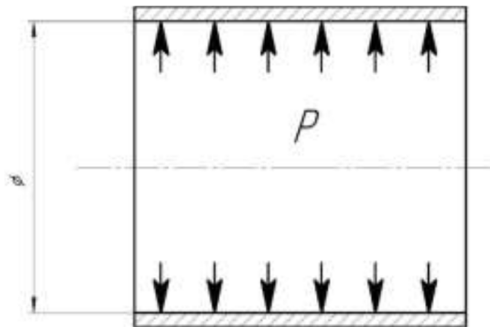


Рисунок 3.1 - Розрахункова схема обичайки

Розрахункова товщина стінки кожуха

$$s_p = \frac{p \cdot D}{2 \cdot \varphi \cdot [\sigma] - p} \quad (3.1)$$

$$s_p = \frac{0,15 \cdot 1200}{2 \cdot 0,9 \cdot 130 - 0,15} = 0,77 \text{ мм.}$$

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

Пробний тиск при гідравлічних випробуваннях при дозволяється за напрузі

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

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

$$p_{\text{п}} = 1,25 \cdot 0,15 \cdot \frac{191}{130} = 0,275 \text{ МПа}.$$

У цьому випадку розрахункова товщина стінки кожуха

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

$$s_p = \frac{0,275 \times 200}{2 \times 0,9 \times 191 - 0,275} = 0,96 \text{ мм}.$$

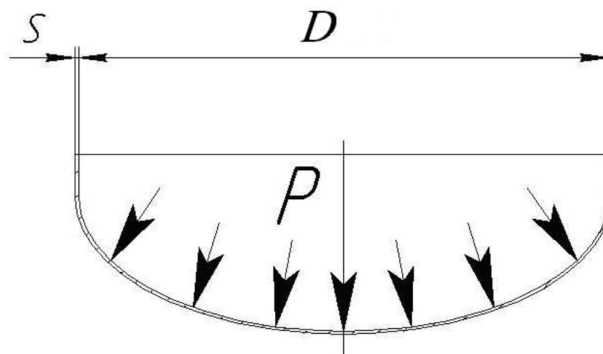
Прийmemo надбавку до розрахункової товщині за весь термін служби (10 років) апарату $c = 4,0$ мм, тоді виконавча товщина стінки кожуха

$$s = s_p + c = 0,96 + 4,0 = 4,96 \text{ мм}.$$

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

3.2 Розрахунок товщини стінки еліптичні кришки

Розрахункова схема днища приведена на малюнку 3.2



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

Рисунок 3.2 - Розрахункова схема днища еліптичного

Тиск пара під кришкою

$$p_{\text{п}} = 2,75 \text{ ата} = 0,275 \text{ МПа.}$$

Розрахункова товщина стінки кришки при проведенні гідравлічних випробувань

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

$$s_p = \frac{0,275 \cdot 1200}{2 \cdot 0,9 \cdot 191 - 0,5 \cdot 0,275} = 0,96 \text{ мм.}$$

Виконавча товщина кришки

$$s_{\text{кр}} = s_p + c = 0,96 + 4,0 = 4,96 \text{ мм.}$$

Приймаємо $s_{\text{кр}} = 8,0 \text{ мм.}$

3.3 Розрахунок і вибір опори

Маса обичайки кожуха

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

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

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

Маса кришки і днища

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

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

маса труб

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

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

$$m_{\text{тр}} = \frac{314}{4} \cdot (0,025^2 - 0,021^2) \cdot 6 \cdot 310 \cdot 7860 = 2112 \text{ кг},$$

Маса фланця з гратами

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

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

де $D_{\text{ф}}$ - зовнішній діаметр фланця, $h_{\text{ф}}$ - висота фланця.

Обсяг міжтрубного простору

$$V_{\text{м}} = f_{\text{мтр}} \cdot l \quad (3.9)$$

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

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

$$m_{\text{т}} = V_{\text{м}} \cdot \rho_{\text{т}} \cdot \varphi \quad (3.10)$$

$$m_{\text{т}} = 4,4 \times 815 \times 0,7 = 2510 \text{ кг}.$$

Сила тяжіння апарату в робочому стані

$$G = g \cdot (m_{\text{к}} + 2 \cdot m_{\text{кр}} + m_{\text{тр}} + 2 \cdot m_{\text{ф}} + m_{\text{т}}) \quad (3.11)$$

$$G = 9,81 \cdot (1072 + 2 \cdot 84 + 2112 + 2 \cdot 257 + 2510) = 62550 \text{ Н} = 62,6 \text{ кН}.$$

Приймаємо кількість опор $n = 2$ шт.

Навантаження на одну опору

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

$$Q = \frac{62,6}{2} = 31,3 \text{ кН}.$$

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

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

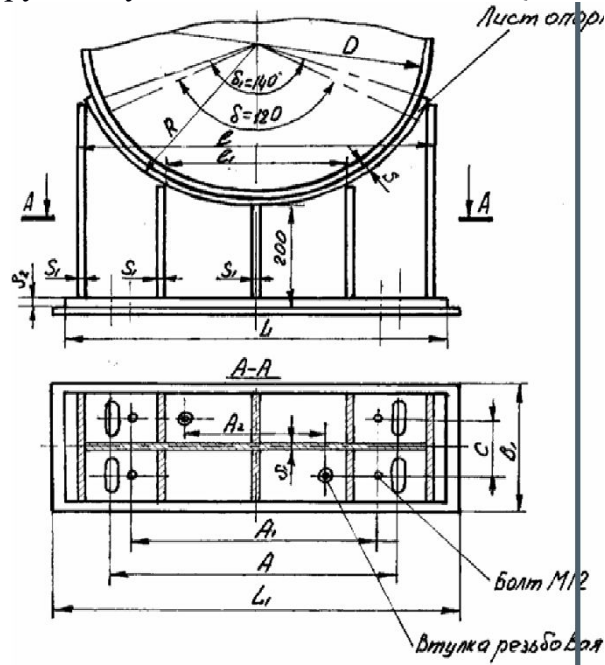


Рисунок 3.3 - Схема опори

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

Опора 50-530-1 ОСТ 26-1665-75

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ПОХНП.Т.00.00.00 ПЗ

Арк.

33

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 завальцьована 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.
						34
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. Нерухому 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 опресовані 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.
						35
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.
						36
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 трубчаткі; 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.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

трубчаткі опускає її на причіп для транспортування на місце очищення та ремонту.

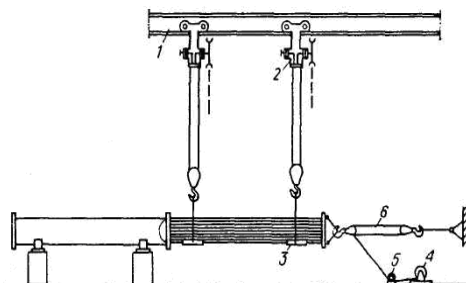


Рисунок 4.1 - Пристосування для зміни пучків теплообмінників:

1 - напрямна балка; 2 - тельфер; 3 - підкладка під пучок; 4 - лебідка; 5 - відвідний блок; 6 - поліспасть.

На рис. 4.1 представлений спосіб вилучення трубного пучка за допомогою стаціонарного монорельса з лебідкою. На монорейці розміщуються два тельфери, що дає можливість без труднощів проводити демонтаж і монтаж трубчаткі. Видобуток трубчаткі здійснюється відвідним блоком 5 і поліспасти 6. Для цього може також застосовуватися пересувна монорельс (рис. 4.2).

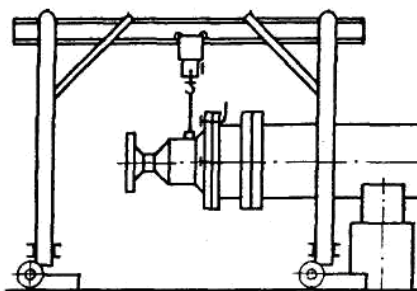


Рисунок 4.2 - Пересувна монорельса.

Видобуток трубчаткі за допомогою пересувного візка представлено на рис.4.3. Візок 6 жорстко кріпиться до фланця трубного пучка за допомогою сполучної планки 4 і болтів 3. Для цієї мети на плиті 8 встановлений опорний сухар 7. Для регулювання висоти трубного пучка опорна плита 8 з'єднується з платформою візки за допомогою чотирьох гвинтових домкратів 9. Виписка трубчаткі здійснюється лебідкою 1, при цьому зусилля лебідки додається до коляски.

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

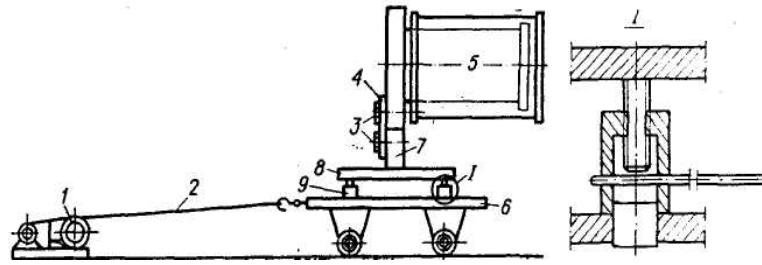


Рисунок 4.3. Пристосування для вилучення трубчатки з горизонтального теплообмінника:

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 троса встановлені два ролика 4. Пристосування кріпиться до корпусу теплообмінника замість кришки (рис.4.5). Монтаж трубного пучка здійснюється за підтримки тельферами або візком.

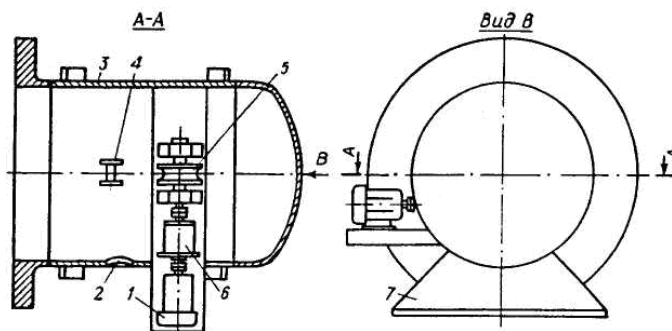


Рисунок 4.4- Переносний пристрій:

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

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

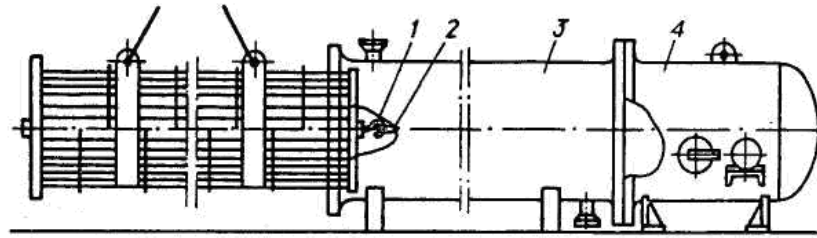


Рисунок 4.5 - Установка трубного пучка в корпус:

1 - гак; 2 - трос; 3 - теплообмінник; 4 - переносний пристрій.

Очищення трубок від відкладень включає в себе обробку як внутрішніх, так і зовнішніх поверхонь. Використовуються такі методи очистки:

1) хімічні; 2) абразивні (для нерозчинних відкладень) 3) спеціальні.

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

Абразивні методи очищення підрозділяються на механічний, гідропневматичний, гидромеханісеський (струменем води високого тиску) і піскоструминний.

Механічне очищення проводиться 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 прутка.

Для чищення U-образних трубок застосовується гнучкий шланг. Очищення трубок за допомогою води і повітря називається гідропневматичною. В забруднену трубку одночасно подаються вода і стисле повітря. Стиснене повітря, розширюючись, різко збільшує швидкість руху води, починає переміщатися по трубці послідовними водяними «пробками» з інтенсивними завихреннями.

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

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

					ПОХНП.Т.00.00.00 ПЗ	Арк.
						41
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.

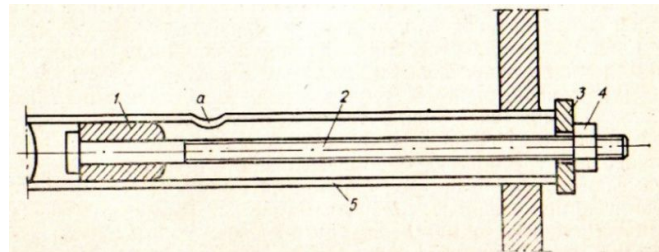


Рисунок 4.6 - пристосування для виправлення вм'ятин в трубах:

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		42

5 . Охорона праці [9,10]

Успішна профілактика виробничого травматизму та професійної захворюваності можлива лише за умови ретельного вивчення причин їх виникнення. Для полегшення цього завдання прийнято поділяти причини виробничого травматизму і професійної захворюваності на наступні основні групи: організаційні, технічні, санітарно-гігієнічні, психофізіологічні.

Організаційні причини: відсутність або неякісне проведення навчання з питань охорони праці; відсутність контролю; порушення вимог інструкцій, правил, норм, стандартів; невиконання заходів щодо охорони праці; порушення технологічних регламентів, правил експлуатації устаткування, транспортних засобів, інструменту; порушення норм і правил планово-попереджувального ремонту устаткування; недостатній технічний нагляд за небезпечними роботами; використання устаткування, механізмів та інструменту не за призначенням.

Технічні причини: несправність виробничого устаткування, механізмів, інструменту; недосконалість технологічних процесів; конструктивні недоліки устаткування, недосконалість або відсутність захисних загороджень, запобіжних пристроїв, засобів сигналізації та блокування.

Санітарно-гігієнічні причини: підвищений (вище ГДК) вміст в повітрі робочих зон шкідливих речовин; недостатнє чи нераціональне освітлення; підвищені рівні шуму, вібрації; незадовільні мікрокліматичні умови; наявність різноманітних випромінювань вище допустимих значень; порушення правил особистої гігієни.

Психофізіологічні причини: помилкові дії внаслідок втоми працівника через надмірну важкість і напруженість роботи; монотонність праці; хворобливий стан працівника; необережність; невідповідність психофізіологічних чи антропометричних даних працівника використовуваній техніці чи виконуваній роботі.

					ПОХНП.Т.00.00.00 ПЗ	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Основні заходи щодо попередження та усунення причин виробничого травматизму і професійної захворюваності поділяються на технічні та організаційні.

До технічних заходів належать заходи з виробничої санітарії та техніки безпеки.

Заходи з виробничої санітарії передбачають організаційні, гігієнічні та санітарно-технічні заходи та засоби, що запобігають дії на працюючих шкідливих виробничих факторів. Це створення комфортного мікроклімату шляхом влаштування відповідних систем опалення, вентиляції, кондиціонування повітря; теплоізоляція конструкцій будівлі та технологічного устаткування; заміна шкідливих речовин та матеріалів нешкідливими; герметизація шкідливих процесів; зниження рівнів шуму та вібрації; установлення раціонального освітлення; забезпечення необхідного режиму праці та відпочинку, санітарного та побутового обслуговування.

Заходи з техніки безпеки передбачають систему організаційних та технічних заходів та засобів, що запобігають дії на працюючих небезпечних виробничих факторів. До них належать: розроблення та впровадження безпечного устаткування; механізація та автоматизація технологічних процесів; використання запобіжних пристосувань, автоматичних блокуючих засобів; правильне та зручне розташування органів керування устаткуванням; розроблення та впровадження систем автоматичного регулювання, контролю та керування технологічними процесами, принципово нових нешкідливих та безпечних технологічних процесів.

До організаційних заходів належать: правильна організація роботи, навчання, контролю та нагляду з охорони праці; дотримання трудового законодавства, міжгалузевих та галузевих нормативних актів про охорону праці; впровадження безпечних методів та наукової організації праці; проведення оглядів, лекційної та наочної агітації і пропаганди з питань охорони праці; організація планово-попереджувального ремонту устаткування, технічних оглядів та випробувань транспортних та вантажопідіймальних засобів, посудин, що працюють під тиском.

					<i>ПОХНП.Т.00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						44
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Методи аналізу виробничого травматизму.

Статистичний метод ґрунтується на аналізі статистичного матеріалу з травматизму, накопиченого на підприємстві або в галузі за кілька років. Відповідні дані для цього аналізу містяться в актах за формою Н-1, в звітах за формою 7-НТВ. Статистичний метод дозволяє всі нещасні випадки і причини травматизму групувати за статтю, віком, професіями, стажем роботи потерпілих, часом, місцем, типом нещасних випадків, характером одержаних травм, видом обладнання. Цей метод дозволяє встановити за окремими підприємствами найпоширеніші види травм, визначити причини, які спричиняють найбільшу кількість нещасних випадків, виявити небезпечні місця, розробити і провести необхідні організаційно-технічні заходи. Для цього розраховують ряд коефіцієнтів.

Топографічний метод ґрунтується на тому, що на плані цеху (підприємства) відмічають місця, де сталися нещасні випадки, або ж на схемі, що являє собою контури тіла людини, позначають травмовані органи чи ділянки тіла. Це дозволяє наочно бачити місця з підвищеною небезпекою або ж найбільш часто травмовані органи. Повторення нещасних випадків в певних місцях свідчить про незадовільний стан охорони праці на даних об'єктах. На ці місця звертають особливу увагу, вивчають причини травматизму. Шляхом додаткового обстеження згаданих місць виявляють причини, котрі викликали нещасні випадки, формують поточні та перспективні заходи щодо запобігання нещасним випадкам для кожного окремого об'єкта. Повторення аналогічних травм свідчить про незадовільну організацію інструктажу, невикористання конкретних засобів індивідуального захисту тощо.

Монографічний метод аналізу травматизму і профзахворюваності полягає в детальному обстеженні всього комплексу умов праці, технологічного процесу, обладнання робочого місця, прийомів праці, санітарно-гігієнічних умов, засобів колективного та індивідуального захисту. Тобто цей метод полягає в аналізі небезпечних та шкідливих виробничих факторів, притаманних лише тій чи іншій (моно) дільниці виробництва, обладнанню, технологічному процесу. За цим методом поглиблено розглядають всі обставини нещасного випадку і, якщо

					ПОХНП.Т.00.00.00 ПЗ	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

необхідно, то виконують відповідні дослідження та випробування. Дослідженню підлягають: цех, ділянка, технологічний процес, основне та допоміжне обладнання, трудові прийоми, засоби індивідуального захисту, умови виробничого середовища, метеорологічні умови в приміщенні, освітленість, загазованість, запиленість, шум, вібрація, випромінювання, причини нещасних випадків, що сталися раніше на даному робочому місці. Таким чином, нещасний випадок вивчається комплексно. Цей метод дозволяє аналізувати не лише нещасні випадки, що відбулися, але й виявити потенційно небезпечні фактори, а результати використати для розробки заходів охорони праці, вдосконалення виробництва.

Економічний метод аналізу полягає у визначенні економічної шкоди, спричиненої травмами та захворюваннями, – з одного боку та економічної ефективності від витрат на розробку та впровадження заходів на охорону праці – з другого. Ці методи дозволяють знайти оптимальне рішення, що забезпечить заданий рівень безпеки, однак вони не дозволяють вивчити причини травматизму та захворювань.

Методи анкетування передбачають письмове опитування працюючих з метою отримання інформації про потенційні небезпеки трудових процесів, про умови праці. Для цього розробляються анкети для робітників, в яких в залежності від мети опитування визначаються питання та чинники. На підставі анкетних даних (відповідей на запитання) розробляють профілактичні заходи щодо попередження нещасних випадків.

Ергономічні методи ґрунтуються на комплексному вивченні системи “людина – машина – виробниче середовище”. Відомо, що кожному виду трудової діяльності відповідають певні фізіологічні, психофізіологічні і психологічні якості людини, а також антропометричні дані. Тому при комплексній відповідності вказаних властивостей людини і конкретної трудової діяльності можлива ефективна і безпечна робота. Порушення відповідності веде до нещасного випадку. Ергономічні методи дозволяють знайти невідповідності та усунути їх.

Психофізіологічні методи аналізу травматизму враховують, що здоров'я і працездатність людини залежать від біологічних ритмів функціонування організму.

					<i>ПОХНП.Т.00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		46

Такі явища, як іонізація атмосфери, магнітне і гравітаційне поле Землі, активність Сонця, гравітація Місяця та ін., викликають відповідні зміни в організмі людини, що змінюють її стан і впливають на поведінку не на краще. Це призводить до зниження сприйняття дійсності і може спричинитися до нещасних випадків.

Метод експертних оцінок базується на експертних висновках (оцінках) умов праці, на виявленні відповідності технологічного обладнання, пристроїв, інструментів, технологічних процесів вимогам стандартів та ергономічним вимогам, що ставляться до машин, механізмів, обладнання, інструментів, пультів керування. Виявлення думки експертів може бути очним і заочним (за допомогою анкет).

					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 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. 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		