МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ ТА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Кафедра "Процеси та обладнання хімічних
і нафтопереробних виробництв"

ЗАТВЕРДЖУЮ
Зав. кафедри

_____
підпис, дата

Кваліфікаційна робота бакалавра

зі спеціальності 133 "Галузеве машинобудування"
Освітня програма "*Комп`ютерний інжиніринг обладнання хімічних виробництв***"**

Тема роботи: : «Ректифікаційна установка у виробництві бензолу.
Розробити кожухотрубний випарник парів бензолу»

Виконав:
студент групи ХМ-61
Крощенко Андрій Сергійович
_____
підпис

Залікова книжка
№ 16510024

Кваліфікаційна робота бакалавра захищена на засіданні ЕК

з оцінкою _____

"___" _____ 20___ р.

Керівник:
Яхненко С.М.

_____

_____
підпис, дата

Підпис голови
(заступника голови) комісії _____

Яхненко С.М. Яхненко С.М. Яхненко С.М.

СУМИ 2020

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

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

Курс 4 Група Хм –61 Семестр 8

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА

студенту Крощенко Андрію Сергійовичу

1 Тема проекту:«Ректифікаційна установка у виробництві бензолу. Розробити кожухотрубний випарник парів бензолу»

2 Вихідні дані: Витрата бензолу в між трубному просторі 4500 кг/год при температурі 85°С під тиском 1,5 ат; гарячий теплоносій в трубах – водяна пара

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

1.Технологічна схема установки - 1 арк.
2.Складальне креслення апарату - 1 арк.
3.Креслення деталей і вузлів апарату - 1,5 арк.

4 Питання з охорони праці: «Причини забруднення і характер впливу повітря робочої зони на працівників».

5 Рекомендована література: 1.Лащинский А.А. Основы конструирования и расчета химической аппаратуры / А.А.Лащинский, А.Р. Толчинский.– Москва: Машиностроение, 1970. –752 с. 2..Павлов К.Ф. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии / К.Ф. Павлов, П.Г. Романков, А.А. Носков. — 10-е изд., перераб. и доп. — Л.: Химия, 1987. — 576с., 3.Охорона праці : конспект лекцій / укладач А. Ф. Денисенко. – Суми : СумДУ, 2007. – Ч. 2. – 130 с.

6 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

Дата видачі завдання _____

Керівник _____ Яхненко С.М.
підпис

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 40 ст., 8 рис., 3 табл., 2 додатки, 8 літературних джерел.

Графічні матеріали: технологічна схема установки, складальне креслення апарату, складальне креслення корпусу, креслення розподільної камери, креслення опори - всього 4 аркуша формату А1, 1 аркуш А2

Тема проекту: «Кожухотрубний випарник парів етилацитату у складі ректифікаційної установки ".

Наведено теоретичні основи і особливості процесу випаровування рідини, виконані розрахунки матеріального і теплового балансів процесу, виконані технологічні розрахунки апарату, визначені його розміри, обгрунтований вибір матеріалів для виготовлення апарату. Підібрано потрібну товщину стінки, а ткож вибрано потрібні опори для апарату. Проведено розрахунок фланцевого з'єднання. Підібрані особливості монтажу та ремонту апарата. Розкрито питання по охороні праці.

Ключові слова: АПАРАТ, УСТАНОВКА, ВИПАРНИК, БЕНЗОЛ, ТЕПЛООБМІННИК, РОЗРАХУНОК.

Зміст

Вступ……...5
1.Технологічна частина……6
1.1 Опис технологічної схеми виробництва……..6
1.2 Теоретичні основи процесу……...7
1.3 Опис об’єкта розроблення та вибір основних конструктивних матеріалів……..9
2.Технологічні розрахунки процесу і апарата……...11
2.1 Матеріальний та тепловий баланс процесу……...11
2.2 Конструктивні розрахунки……..17
2.3 Гідравлічний опір апарату……..23
3. Розрахунки апарату на міцність та герметичність……24
3.1 Визначення товщини стінки апарата, кришки……..…...24
3.2 Розрахунок фланцевого з’єднання…….27
3.3 Розрахунок опори апарата……..27
4. Монтаж та ремонт апарата……..29
4.1 Монтаж розробленого апарату……...29
4.2 Ремонт апарату…….31
5. Охорона праці……..….35
Список літератури……....40
Додаток А “Розрахунок фланцевого з’єднання”
Додаток Б “Специфікації до креслень”

					ПОХНВ.Т.00.00.00 ПЗ		
Вим.	*Лист*	*№ докум*	*Підпис*	*Дата*			
Розроб		*Крощенко А.*			*Випарник* *Пояснювальна записка*	*Літера*	*Лист*	*Листів*
Пров		*Яхненко С.*				*у*	*4*	*40*
Н. Контр.						*СумДУ, гр. ХМ-61*		
Утв								

Вступ

У термодинаміці процес кипіння визначається як процес випаровування рідини з утворенням в її обсязі досить великих парових бульбашок. Рідина при цьому має можливість рухатися доволі організованим потоком або знаходиться в само установленому вільному русі. Процеси пароутворення надають на інтенсивність теплообміну досить істотний вплив, що пов'язаний як зі зростанням і рухом парових бульбашок близ поверхні теплообміну, так і з вмістом парової фази в об'ємі рідини.

Для кожного певного випадку важливо доволі правильно провести оцінку рівня впливу зазначених факторів на інтенсивність теплообміну, щоб вибрати з них визначають.

Вірний вибір чинників що визначають дозволяє досягти необхідної точності під час розрахунків площі поверхні теплообміну в випарних апаратах без зайвого підвищення складності розрахункових залежностей.

Шкода, але стан теорії досить часто не дає можливості надійно прогнозувати параметри процесу теплообміну при кипінні в різноманітних умовах експлуатації теплообмінних випарних апаратів. Тому, незважаючи на досить великий обсяг виконаних до цього часу досліджень, кінцеві рішення при розробленні теплообмінних апаратів, де відбувається процес кипіння, в багатьох випадках можуть бути прийняті лише на основі спеціально проведеного експерименту. Це ж пояснює і доволі експериментальний характер робіт, що присвячені дослідженням процесу теплообміну при кипінні речовини, а також той факт, коли більшість розрахункових формул, що використовуються на практиці, є більш-менш вдалі інтерполяційні залежності, отримані методом експериментальних даних.

1.Технологічна частина

1.1 Опис технологічної схеми виробництва

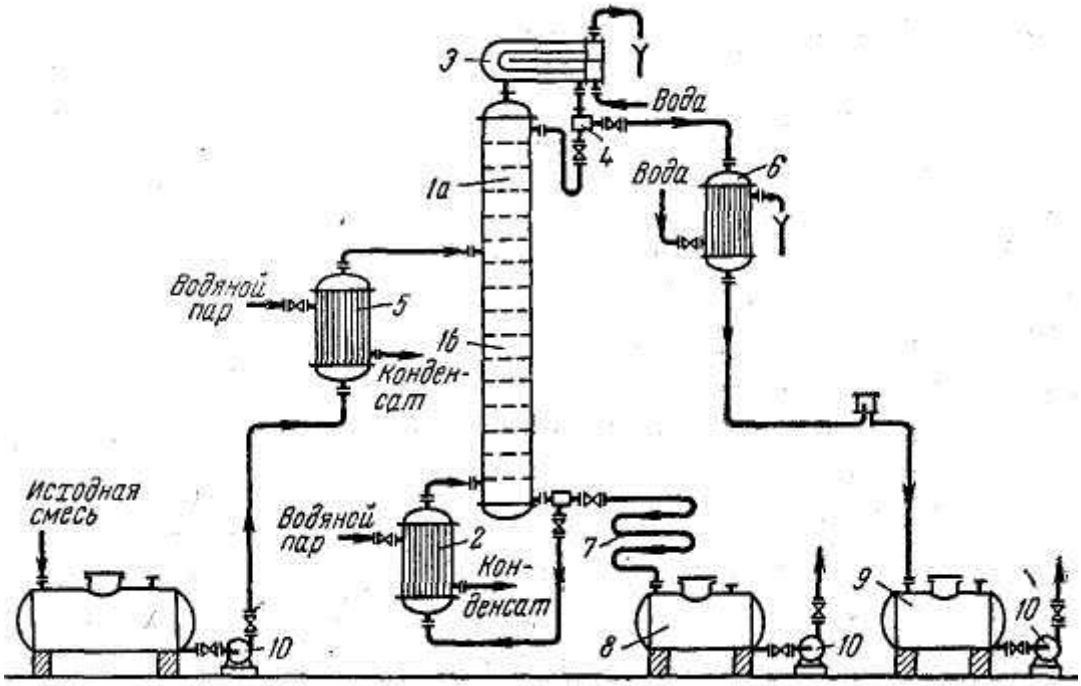

Рис. 1.1 Схема безперервно діючої ректифікаційної установки:

1 — ректифікаційна колона (а — зміцнювальна частина; б — вичерпна частина); 2 — кип'ятильник; 3 — дефлегматор; 4 — дільник флегми; 5 — підігрівник вихідної суміші; 6 — холодильник дистиляту (або холодильник-конденсатор; 7 — холодильник залишку (або нижнього продукту); 8, 9 — збірники; 10 — насоси.

Ректифікація – процес розділення сумішей, що мають різну температуру кипіння за рахунок багаторазового випаровування та конденсації.

В ємність потрапляє вихідна речовинанасосами 10 вона передається до підігрівнику вихідної суміші 5, де вона підігрівається до потрібної температури за допомогою водяної пари в між-трубному просторі. З підігрівачу розчин

потрапляє до ректифікаційної колони, де і відбувається процес ректифікації на насадках або тарілках. Паро-рідинна емульсія потрапляє до випарнику 2 де вона нагрівається до температури кипіння тяжко киплячої речовини і потрапляє назад в колону, пар підіймається і контактує з вхідною речовиною з підігрівача доводячи до кипіння легко киплячу речовину. Що випаровується і підіймається до дефлегматора 3 де вони охолоджуються до рідини. І поступають до роздільника флегми. ДЕ рідини розділюється і одна частина повертається в колону як флегма а інша поступає до холодильника 6 де кінцево охолоджується і поступає до збірника 9. В цей же час в нижній частині колони, частина кубового залишку відводиться та охолоджується в холодильнику 7 і поступає до збірника 8.

1.2 Теоретичні основи процесу

До випарників пред'являються ті ж вимоги, що і до інакших видів теплообмінників: досить велика інтенсивність теплопередачі,та досить мала витрата матеріалів (металу і ін.) За конструктивними особливостями розрізняють кожухо-трубні, кожухо-змійовикові, вертикально-трубні і ін. випаровувачі.

Завданням розрахунку випарника є визначення його головних розмірів. Випарник (рис. 1.2) є горизонтальним, циліндричним, кожухотрубним теплообмінним апаратом з простором для пару. Апарат утворений трубним і міжтрубноим простором.

Трубний простір, де рухається гарячий теплоносій, утворений розподільною камерою і трубами.

Найбільшого поширення набули кожухотрубні випаровувачі.

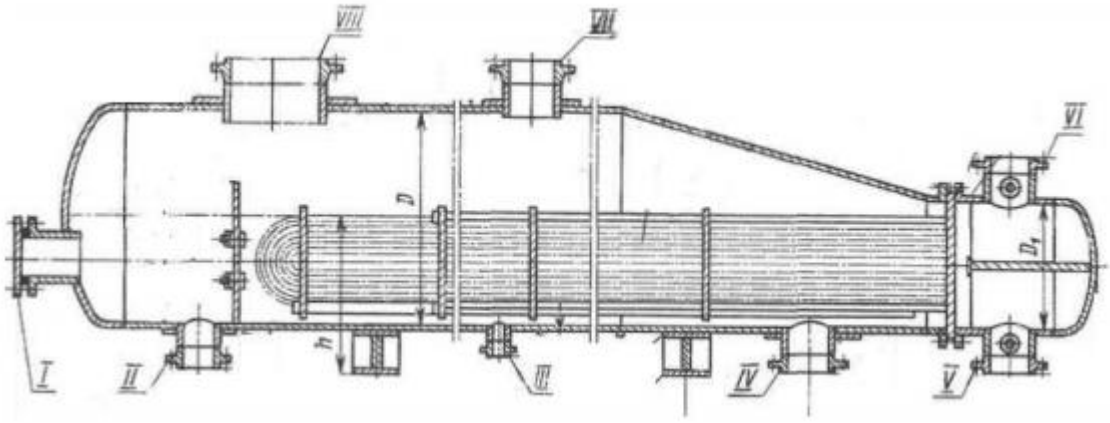

Рисунок 1.2 - Конструкція випарника з паровим простором типу У

Пар підводиться у верхню частину апарата (випаровувала) в трубний простір. Бензол подається в нижню частину апарата.

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

Матеріал кожуха, звичайний для апарату, зварений 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 у трубній решітці. Трубна решітка являє собою диск, в якому зроблені отвори під трубки та служить разом з трубками для поділу трубного і міжтрубному простору. Розміщення отворів в решітці і їх

крок регламентуються в нормативних документах. Кріплення труб в трубній решітці повинна бути міцною, герметичним і забезпечувати легку заміну труб.

Камери розподілу і кришки призначені для розподілу потоку робочого середовища та теплообмінних труб. Для створення потрібного нам числа ходів розподільної камери встановлюють перегородки.

Також в конструкції теплообмінника обов’язковао присутні фланці та прокладки і кріпильні елементи, що мають призначення для поєднання складових частин випарника і мають надавати герметичність поєднанням.

1.3 Опис об’єкта розроблення та вибір основних конструктивних матеріалів

Розрізняють такі типи кожухотрубних випарників за типом теплообмінної частини апаратіу:

1.Теплообмінні апарати з нерухомими трубними решітками

2.Теплообмінні апарати з нерухомими трубними решітками та з лінзовим компенсатором на кожусі;

3.Теплообмінні апарати з плаваючою головкою;

4.Теплообмінні апарати з U- подібними трубами.

Кожухотрубні теплообмінні апарати з U-подібними трубами мають одну трубні грати, в яку завальцьовані обидва кінця U-подібних теплообмінних труб. Відсутність інакших жорстких зв'язків теплообмінних U-подібних труб з кожухом забезпечує вільне подовження труб при зміні їх температури. Крім того, перевага теплообмінників з U-подібними трубами полягає в відсутності роз'ємного з'єднання всередині кожуха (на відміну від ТА з плаваючою головкою), що дозволяє успішно застосовувати їх при досить підвищених тисках теплоносіїв в апараті, що рухаються в трубному просторі випарника. Недоліком таких випарників є труднощі чищення внутрішньої і зовнішньої поверхні труб, внаслідок чого вони використовуються переважно для чистих продуктів.

Вибір матеріалу з якого буде виготовлятися теплообмінник, визначається умовами експлуатації елемента що проектується а також вузла або апарата (тиск, температура, величина навантаження, характер агресивної взаємодії середовища, та вимоги до якості, продукту що переробляється продукту і т. Д.), Слід виконувати це так, щоб досягти низької вартості та не дефіцитності матеріалу, забезпечувати доволі ефективну технологію виготовлення вироба.

Так як в апараті відбувається технологічний процес із застосуванням речовини, що володіє досить малоагресивними властивостями, то для забезпечення умов роботи випарної установки, прийнята сталь Ст3, що відрізняється хорошими механічними і технологічними характеристиками. Сталь добре змінює форму в гарячому і холодному стані і легко зварюється, що доволі сильно полегшує виготовлення деталей корпусу методикою гнуття та забезпечує доволі 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	σт МПа	σв МПа	δ %
0,23-0,3	0,5-0,8	0,05-0,19	0,3	0,5	0,3	0,08	0,05	0,04	2,0	280	400	23

Матеріал зовнішньої оснастки, арматури, кріпильних елементів і т. Д., Що не мають контакту з переробляється середовищем, приймаємо конструкційну сталь 10. Вибір цієї стали, заснований на її порівняно низької вартості та 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	σт МПа	σв МПа	δ %
0,07-0,14	0,35-0,65	0,17-0,37	0,15	0,25	0,3	0,08	0,04	0,04	2,0	210	340	31

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

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

2.Технологічні розрахунки процесу і апарата

2.1 Матеріальний та тепловий баланс процесу

Витрата матеріалу, який випаровується в кг/с

$$G_1 = \frac{4500}{3600} = 1,25\,\text{кг/с}.$$

Температура кипіння парів бензолу при $P_{вип}$ = 1,5 ama на рис. XV [2]

$$t_{кип} = 85\ ^0C$$

Теплота випаровування бензолу при даній температурі кипіння за додатком

VII [1]

$$r_1 = 392\ кДж / кг.$$

Кількість теплоти, поглиненої при випаровуванні рідини

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

$$Q_{вип} = 1,25 \cdot 392 = 490\ кВт.$$

Кількість теплоти, яка потрібна для нагрівання на випаровування рідини.

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

$$Q_{нагр} = 1.25 \cdot 1,248 \cdot (85 - 70) = 19,97\ кВт,$$

де $C_1 = 1,25$ кДж/кг·К теплоємність рідкого бензола при середній температурі Початкову температуру бензолу приймаємо 70 °С

$$t_{1ср} = \frac{t_{кип} + t_n}{2} = \frac{85 + 70}{2} = 77.5\ °C.$$

Теплове навантаження апарату з урахуванням 5% втрат тепла

$$Q = 1,05 \cdot (Q_{вип} + Q_{нагр}) = 1,05 \cdot (490 + 19,97) = 535,5\ кВт. \qquad (2.3)$$

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

$$t_{2Н} = 112\ °C.$$

Середня температура конденсату водяної пари

$$t_{2ср} = \frac{t_{2н} + t_{2к}}{2} = \frac{112 + 90}{2} = 101\,^{\circ}\text{C}. \qquad (2.4)$$

Фізичні параметри конденсату при $t_{2ср} = 101\,^{\circ}$ C (додаток I, II, III, IV) [1]:

щільність $\rho_2 = 958$ кг / м3;

в'язкість $\mu_2 = 0{,}284 \cdot 10\text{-}3$ Па · с;

теплоємність $c_2 = 4{,}19$ кДж / кг · К;

теплопровідність $\lambda_2 = 0{,}681$ Вт / м ·К;

теплота конденсації $r_2 = 2237$ кДж / кг.

Витрати пару:

$$G_2 = \frac{Q}{r_2 + c_2 \cdot (t_{2н} - t_{2к})} \qquad (2.5)$$

$$G_2 = \frac{535{,}5}{2237 + 4{,}19 \cdot (112 - 90)} = 0{,}23 \ \text{кг/с}$$

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

Визначимо температуру t' що визначає кордон зон процесу теплообміну

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

$$t' = 90 + \frac{19{,}97}{1.25 \cdot 2{,}024} = 94{,}9\,^{\circ}\text{C},$$

де $C_1 = 2{,}024$ кДж / кг·К - теплоємність бензолу.

Середня різниця температур:

Для зони випаровування

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

$$\Delta t_{ср}^{вип} = \frac{(112-85)-(94-85)}{\ln \frac{112-85}{95-85}} = 16,97\ К;$$

Для зони нагрівання

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

$$\Delta t_{ср}^{нагр} = \frac{(90-70)-(95-85)}{\ln \frac{90-70}{95-85}} = 13,77\ К.$$

Температуру стінки приймемо на 15 ° С вище [3] середньої температури бензолу, тобто

$$t_{ст} = t_{1ср} + 10 = 77.5 + 15 = 92.5\ °C.$$

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

$$\alpha_к = 1,36 \cdot A \cdot q^{0,5} \cdot l^{0,35} \cdot d^{-0,25}, \quad (2.9)$$

к

де $q_к$ - 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 А при конденсації пари усередині горизонтальної труби наведені на рис. 4-8 [2].

Значення А для пара береться при температурі $t_{кон}$ = 112°С

$$A = 8{,}0.$$

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

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

$$\alpha_{кип} = 2{,}72 \cdot \varphi \cdot p^{0.4} \cdot q_{кип}^{0{,}7}. \qquad (2.10)$$

для бензолу φ = 0,31.

φ - множник, що враховує фізичні властивості рідин При

p = 1,5 кг / см^2.

$$\alpha_{кип} = 2{,}72 \cdot 0{,}31 \cdot q_{кип}^{0{,}7} \cdot 1{,}5^{0{,}4} = 0{,}992 \cdot q^{0{,}7}.$$

При сталому процесі теплообміну

$$q_{конд} = q_{ст} = q_{кип},$$

де

$$q_{конд} = \alpha_{конд} \cdot (t_{конд} - t_{ст1}) \qquad (2.11)$$

$$q_{ст} = \frac{t_{ст1} - t_{ст2}}{\Sigma r_{ст}} \qquad (2.12)$$

$$q_{кип} = \alpha_{кип} \cdot (t_{ст2} - t_{кип}) \qquad (2.13)$$

Приймаємо теплову провідність забруднень з бок у конденсующого пара

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

з боку киплячого етилацетату [2]:

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

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

Таким чином, термічний опір стінки складе

$$\Sigma r_{ст} = r_{загр1} + r_{ст} + r_{загр2} = \frac{1}{5800} + \frac{0{,}002}{46{,}5} + \frac{1}{5000} = 4 \cdot 10^{-4} \frac{м^2 \cdot К}{Вт}. \quad (2.14)$$

Так як $t_{ст1}$ і q заздалегідь не відомі, то далі розраховуємо методом послідовних наближень. Тобто за різними прийнятим значенням $t_{ст}$ знаходимо залежність q від $t_{ст}$. Величина $t_{ст}$ повинна знаходиться в межах 112÷90 ° С.

Розрахунок зводимо в таблицю 2.1.

Таблиця 2.1.

№ п/п	Гріючий пар									Киплячий бензол				
	$t_{конд}$, °С	$t_{ст1}$, °С	Δt_1	$t_{пл} = \frac{t_{2н}}{}$	A	$\alpha_{кон} = 2940 \cdot \Delta t_1$, Вт/м²·гр	$q_к = \alpha_к \cdot \Delta t_1$	$\Sigma r_{ст}$, м²·гр/Вт	$\Delta t_{ст} = \alpha_{кон} \cdot \Sigma r_{ст}$	$t_{ст2} = t_{ст1} - \Delta t_{ст}$	$t_{кип}$, °С	$\Delta t_2 = t_{ст2} - t_{кип}$	$\alpha_{кип} = 0{,}93 \cdot q_{кип}^{0{,}7}$	$q_{кип} = \alpha_{кип} \cdot \Delta t_2$
	112	106	6,0	109	8,0	17740	106400	$4 \cdot 10^{-4}$	4,7	105,3	112	3,3	1735	5726
	112	107	5,0	109,5	8,0	14700	73700	$4 \cdot 10^{-4}$	3,5	107,5	112	5,5	1160	6380
	112	108	4,0	110	8,0	11760	46960	$4 \cdot 10^{-4}$	2,4	109,6	112	7,6	696	13640

розрахунок $\alpha_К$ знаходимо за формулою:

(2.15)

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

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

Звідки:

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

$$\alpha_к = 54{,}3^2 \cdot \Delta t_1 = 2940 \cdot \Delta t_1$$

За результатами третього розрахунку знаходимо середній тепловий потік

$$q_{ср} = \frac{q_{кон} + q_{кип}}{2} = \frac{12760 + 13640}{2} = 13200 \text{ Вт / м}^2. \quad (2.16)$$

Визначаємо коефіцієнт теплопередачі

$$K_{ис} = \frac{q_{ср}}{\Delta t_{ср}^{вип}} = \frac{13200}{16{,}97} = 778 \frac{\text{Вт}}{м^2 \cdot К}. \quad (2.17)$$

Необхідна поверхню теплообміну

$$F = \frac{Q}{q_{ср}} = \frac{535{,}5 \cdot 10^3}{13200} = 40{,}6 \text{ м2}. \quad (2.18)$$

2.2Конструктивні розрахунки

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

За ГОСТ 14248-79 найближче підходить випарник з паровим простором, який має параметри:

Параметри апарату:

Діаметр кожуха D = 800 мм;

Число ходів Z = 2;

Число труб nТ = 134;

Поверхня теплообміну F =51 м^2;

Довжина труб l = 6,0 м;

Площа перерізу одного ходу по трубах fтр = 0,026 м^2.

Площа перетину міжтрубного простіру

$$F_{мтр} = 0,785 \cdot (D^2 - d_н{}^2 \cdot n_т) \quad (2.19)$$

$$F_{мтр} = 0,785 \cdot (0,8^2 - 0,025^2 \cdot 134) = 0,437$$

Периметр, що змочується етилацетатом

$$П = \pi \cdot (D^2 - d_н{}^2 \cdot n_Т) \quad (2.20)$$

$$П = \pi \cdot (D + d_н \cdot n_Т) = 3,14 \cdot (0,8 + 0,025 \cdot 134) = 2,54 \text{ м.}$$

Еквівалентний діаметр міжтрубного простору

$$d_{экв} = \frac{4 \cdot f_{мтр}}{П} \quad (2.21)$$

$$d_{экв} = \frac{4 \cdot 0,437}{2,54} = 0,688 \text{ м.}$$

Швидкість руху бензолу

$$\omega_1 = \frac{G_1}{\rho_1 \cdot f_{мтр}} \quad (2.22)$$

$$\omega_2 = \frac{1,25}{815 \cdot 0,437} = 0,004 м/с \text{ м/с.}$$

Значення функції Re для бензолу

$$Re = \frac{\omega_1 \cdot d_{экв} \cdot \rho_1}{\mu_1}, \quad (2.23)$$

$$Re = \frac{0,004 \cdot 0,688 \cdot 815}{0,316 \cdot 10^{-3}} = 7097,$$

режим руху ламінарний.

Значення критерію Nu

$$\mathrm{Nu} = 0{,}022 \cdot \mathrm{Re}^{0{,}8}\,\mathrm{Pr}^{0{,}4}\left(\frac{\mu_1}{\mu_{ст}}\right)^{0{,}25} \qquad (2.24)$$

Значення критерію Pr для бензолу

$$\mathrm{Pr}_1 = \frac{C_1 \cdot \mu_1}{\lambda_1} \qquad (2.25)$$

$$\mathrm{Pr}_1 = \frac{2{,}024 \cdot 10^3 \cdot 0{,}316 \cdot 10^{-3}}{0{,}13} = 4{,}92\,.$$

В'язкість бензолу при температурі стінки

$$\mu_{ст} = 0{,}289 \cdot 10^{-3}.$$

тоді

$$Nu_1 = 0{,}022 \cdot 7097^{0{,}8} \cdot 4{,}92^{0{,}4}\left(\frac{0{,}316 \cdot 10^{-3}}{0{,}289 \cdot 10^{-3}}\right)^{0{,}25} = 51{,}3$$

Коефіцієнт тепловіддачі для рідкого бензолу

$$\alpha_1^{наз} = \frac{\mathrm{Nu}_1 \cdot \lambda_1}{d_{экв}} \qquad (2.26)$$

$$\alpha_1^{нагр} = \frac{51{,}3 \cdot 0{,}13}{0{,}021} = 318\,.\,\frac{\mathrm{Вт}}{\mathrm{м}^2\mathrm{К}}\,.$$

Коефіцієнт теплопередачі для зони нагріву

$$К_{нагр} = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1^{нагр}} + \frac{1}{\alpha_2} + \frac{\delta_{ст}}{\lambda_{ст}} + r} \quad (2.27)$$

$$K_{нагр} = \frac{1}{\frac{1}{318} + \frac{1}{5880} + 0,43 \cdot 10^{-4} + 2 \cdot 10^{-4}} = 281 . \frac{Вт}{м^2 К} .$$

Розрахункова поверхню теплообміну

$$F_p = \frac{Q_{вип}}{K_{вип} \cdot \Delta t_{ср}^{вип}} + \frac{Q_{нагр}}{K_{нагр} \cdot \Delta t_{ср}^{нагр}} \quad (2.28)$$

$$F_p = \frac{490 \cdot 10^3}{778 \cdot 16,97} + \frac{19,97 \cdot 10^3}{281 \cdot 13,77} = 42,275 м^2 .$$

З ГОСТ 15121-79 мінімальне значення площі випарника, відповідне витраті етилацетату, F = 51 м^2, на якому і залишаємо свій вибір.

Параметри апарату:

Діаметр кожуха D = 800 мм;

Число ходів Z = 2;

Число труб nТ = 134;

Поверхня теплообміну F =51 м^2;

Довжина труб l = 6,0 м;

Площа перерізу одного ходу по трубах fтр = 0,026 м^2.

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

$$d = \sqrt{\frac{4V}{\pi \cdot w}} = \sqrt{\frac{4G}{\pi \cdot \rho \cdot w}} \quad (2.29)$$

де V і G - об'ємний і масовий витрати рідини або пари відповідно, м^3/с і кг/с;

ρ - щільність потоку середовища, кг/м^3;

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 патрубка для входу бензолу в апарат dn, м:

$$d = \sqrt{\frac{4V}{\pi \cdot w}} = \sqrt{\frac{4G}{\pi \cdot \rho \cdot w}} \qquad (2.30)$$

$$\mathrm{d} = \sqrt{\frac{4 \cdot 4500/3600}{3,14 \cdot 815 \cdot 0,5}} = 0,063\text{м}$$

Діаметр патрубка для виходу парів бензолу з апарату d к, м:

$$\mathrm{d} = \sqrt{\frac{4 \cdot 4500/3600}{3,14 \cdot 2,94 \cdot 15}} = 0,329\text{м}$$

Діаметр патрубка для входу пара в апарат dвх, м:

$$\mathrm{d_{вх}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,23}{3,14 \cdot 0,709 \cdot 20}} = 0,144\text{м}$$

Діаметр патрубка для виходу пара з апарату dвих, м:

$$\mathrm{d_{вых}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,23}{3,14 \cdot 966 \cdot 0,5}} = 0,025\text{м}$$

Приймаються в проектованому теплообмінному апараті штуцера для входу бензолу Dy = 80 мм і ру = 0,2МПа, для виходу парів бензолу Dy = 350 мм і ру = 0,2МПа кг/см^2, для входу пара Dy = 150 мм. ру = 0,25МПа і виходу конденсату Dy = 40 мм. ру = 0,25МПа

2.3 Гідравлічний опір апарату

Об'ємна витрата пари, що гріє

$$V_п = \frac{G_п}{\rho_п} \quad (2.31)$$

$$V_n = \frac{0,23}{0,709} = 0,32 \ \text{м}^3/\text{с}.$$

Дійсна швидкість пара

$$\omega_п = \frac{V_п}{f_{тр}} \quad (2.32)$$

$$\omega_n = \frac{0,32}{0,026} = 12.3 \text{м/с}.$$

Величина функції Re

$$\text{Re} = \frac{\omega_п \cdot d \cdot \rho_п}{\mu_п}, \quad (2.33)$$

$$\text{Re} = \frac{12.3 \cdot 0,021 \cdot 0,709}{0,0123 \cdot 10^{-3}} = 14890,$$

отже, режим руху - перехідний.

Для перехідного руху пара в круглих трубах коефіцієнт тертя

$$\lambda = \frac{0,316}{\text{Re}^{0,25}} \quad (2.34)$$

$$\lambda = \frac{0,316}{14890^{0,25}} = 0,029$$

Втрата тиску на тертя в прямих трубах

$$\Delta P_{тр} = \lambda \cdot \frac{n \cdot l}{d} \cdot \frac{\omega_п^2 \cdot \rho_п}{2} \qquad (2.35)$$

$$\Delta P_{тр} = 0,029 \cdot \frac{2 \cdot 6}{0,021} \cdot \frac{12.3^2 \cdot 0,709}{2} = 889\,Па.$$

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

$$\Delta P_м = \sum \xi \cdot \frac{\omega_п^2 \cdot \rho_п}{2} \qquad (2.36)$$

$$\Delta P_м = (2 \cdot 1,5 + 2 \cdot 1,0) \cdot \frac{12.3^2 \cdot 0,709}{2} = 268\,Па.$$

Загальна втрата тиску в трубному просторі

$$DP_м = DP_{тр} + DP_м = 886 + 268 = 1154\,Па.$$

3 Розрахунки апарату на міцність та герметичність

3.1 Визначення товщини стінки апарата, кришки.

Приймемо коефіцієнт міцності зварних швів = (φ (ручне дугове електрозварювання), напруга для сталі Ст3 при t = 112 °С [6]

$$\sigma = 130\ МПа.$$

Тиск бензолу в міжтрубному просторі

$$p = 1,4\ ата = 0,14\ МПа.$$

Для листового матеріалу допустима напруга

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

Розрахункова схема обичайки приведена на рисунку 3.1

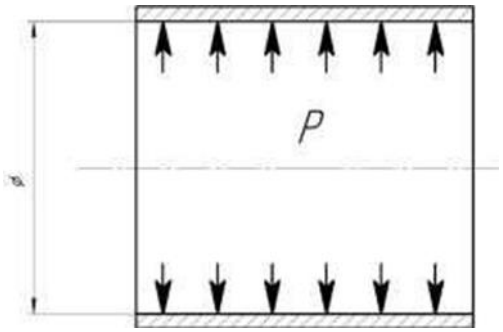

Рисунок 3.1 - Розрахункова схема обичайки

Розрахункова товщина стінки кожуха

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

$$s_p = \frac{0,15 \cdot 800}{2 \cdot 0,9 \cdot 130 - 0,15} = 0,51\,\text{мм}.$$

Пробний тиск при гідравлічних випробуваннях при дозволяється за напрузі

$$[\sigma]_п = \frac{\sigma_т}{1,1} = \frac{210}{1,1} = 191\,\text{МПа},$$

$$p_п = 1,25 \cdot p \cdot \frac{[\sigma]_п}{[\sigma]} \qquad (3.2)$$

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

У цьому випадку розрахункова товщина стінки кожуха

$$s_p = \frac{p \cdot D}{2 \cdot \varphi \cdot [\sigma]_п - p} \qquad (3.3)$$

$$s_p = \frac{0,295 \cdot 800}{2 \cdot 0,9 \cdot 191 - 0,295} = 0,69 \text{ мм.}$$

Приймемо надбавку до розрахункової товщині за весь термін служби (10 років) апарату з = 3,0 мм, тоді виконавча товщина стінки кожуха

$$s = s_p + c = 0,69 + 3 = 3,69 \text{ мм .}$$

З запасом приймаємо стандартне значення товщини стінки кожуха s = 4,0 мм.

Розрахункова схема днища приведена на малюнку 2.2

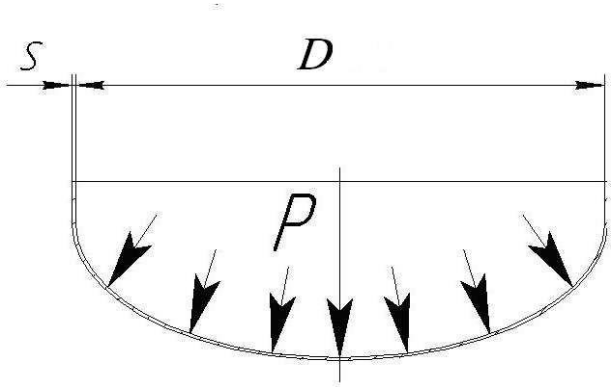

Рисунок 3.2 - Розрахункова схема днища еліптичного

Тиск пара під кришкою

$p_п$ = 1,5 ата = 0,15 МПа.

Розрахункова товщина стінки кришки при проведенні гідравлічних випробувань

$$s_p = \frac{p_п \cdot D}{2 \cdot \varphi \cdot [\sigma]_п - 0,5 \cdot p_п} \qquad (3.4)$$

$$s_p = \frac{0,295 \cdot 800}{2 \cdot 0,9 \cdot 191 - 0,5 \cdot 0,295} = 0,63 \text{ мм.}$$

Виконавча товщина кришки

$$s_{кр} = s_p + c = 0.63 + 3, 0 = 3.63 \text{ мм.}$$

Приймаємо $s_{кр}$ = 4,0 мм.

3.2 Розрахунок фланцевого з'єднання

Вибір і перевірочний розрахунок фланцевого з'єднання корпус-розподільча камера представлений в додатку А до пояснювальної записки кваліфікаційного проекту.

3.3 Розрахунок опори апарата

Маса обичайки кожуха

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

$$m_к = \left[\frac{3{,}14 \cdot (0{,}8 + 2 \cdot 0{,}004)^2}{4} - \frac{3{,}14 \cdot 0{,}8^2}{4}\right] \cdot 2 \cdot 7860 = 159 \text{ кг},$$

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

Маса кришки і днища

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

$$m_{кр} = 1{,}24 \cdot 0{,}8^2 \cdot 0{,}004 \cdot 7860 = 25 \text{ кг}.$$

маса труб

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

$$m_{тр} = \frac{314}{4} \cdot (0{,}025^2 - 0{,}021^2) \cdot 2 \cdot 134 \cdot 7860 = 635 \text{ кг},$$

Маса фланця з гратами

$$m_ф = \frac{\pi \cdot D_ф^{\,2}}{4} \cdot h_ф \cdot \rho \qquad (3.8)$$

$$m_ф = \frac{3{,}14 \cdot 0{,}92^2}{4} \cdot 0{,}03 \cdot 7860 = 157 \text{ кг},$$

де DФ - зовнішній діаметр фланця, hф - висота фланця.

Обсяг міжтрубного простору

$$V_м = f_{мтр} \cdot l \quad (3.9)$$

$$V_м = 0{,}75 \cdot 2 = 1{,}5 \text{ м}^3.$$

При коефіцієнті заповнення φ = 0,7 маса бензолу

$$m_б = V_м \cdot \rho_б \cdot \phi \quad (3.10)$$

$$m_б = 1{,}5 \cdot 815 \cdot 0{,}7 = 855.7 \text{ кг.}$$

Сила тяжіння апарату в робочому стані

$$G = g \cdot (m_к + 2 \cdot m_{кр} + m_{тр} + 2 \cdot m_ф + m_б) \quad (3.11)$$

$$G = 9{,}81 \cdot (159 + 2 \cdot 25 + 635 + 2 \cdot 157 + 855) = 19950 \text{ Н} = 19{,}9 \text{ кН.}$$

Приймаємо кількість опор n = 2 шт.

Навантаження на одну опору

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

$$Q = \frac{19.9}{2} = 9.95 \text{ кН.}$$

Вибираємо опору з допустимим навантаженням Q = 10 кН

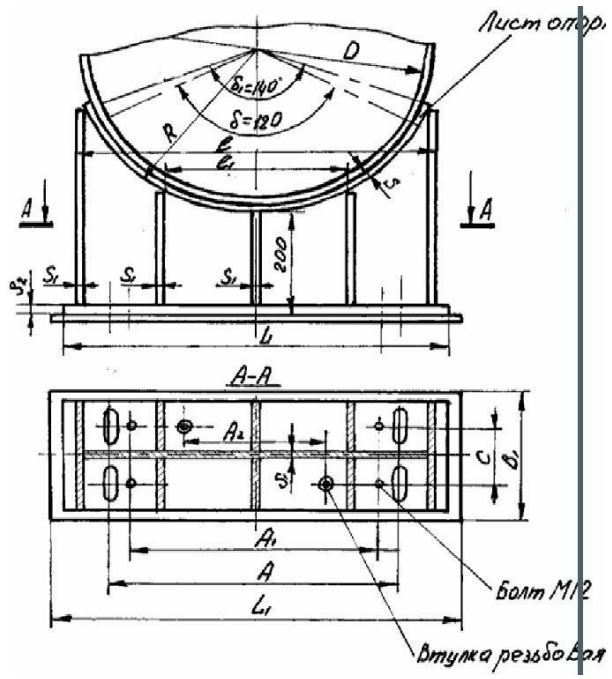

Рисунок 3.3 - Схема опори

Вибираємо сідлову опору типу 1 з допустимим навантаженням Q = 10 кН. Опора 10-800-1 ОСТ 26-1665-75

4. Монтаж та ремонт апарата

4.1Монтаж розробленого апарату

Апарати теплообмінного типу є довлі розповсюдженним типом апаратури в хімічній інженерії та взагалі. Наприклад, на заводах по переробці нафти і хімічних підприємствах частка теплообмінної апаратури становить понад 40 %.

Засоби ремонту й монтажу теплообмінників доволі відрізняються й визначаються зазвичай їх конструкцією та розміщенням у просторі й відносно інших апаратів технологічної установки, а також відносно умов експлуатації.

Монтаж кожухотрубних випарників залежить лише від їх маси, розмірів та розміщення в просторі.

Маса та розміри кожухотрубних випарників, що випускаються сьогодні, дозволяють проводити транспортування їх до місця монтажу в зібраному

вигляді з завода-виготовлювача. Для транспортування зазвичай використовують залізничні платформи, трейлери, автомашини, сани й ін.

Випарники встановлюють горизонтально або вертикально за різними оцінками відповідно до проекту. Опорною конструкцією для них зазвичай є сідлові опори з можливістю руху. Що дозволяю розширятися апарату при нагріві без наслідків

Зазвичай у більшості випадків теплообмінні апарати встановлюють у проектне положення за допомогою самохідних кранів. Якщо в певних умовах підйому вантажопідйомність кранів може бути недостатня, практикується установка теплообмінників з використанням двох кранів, що обов'язково працюють строго узгоджено. На рис.4.1 наведені схеми підйому й установки теплообмінних апаратів при різному їхньому розташуванні. Теплообмінні апарати, розміщені у два яруси й більше, доцільно піднімати великими блоками з декількох апаратів після їх взаємної трубопровідної обв'язки, якщо це дозволяють підіймальні засоби.

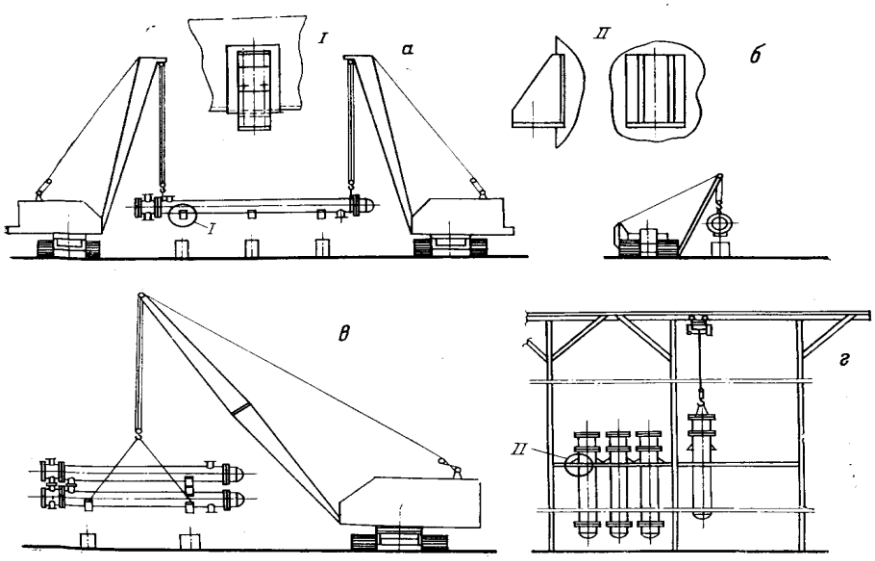

Рисунок 4.1 — Способи монтажу теплообмінних апаратів:

а – за допомогою двох кранів; б - трубоукладачем; в – блок теплообмінників краном; г – вертикальних теплообмінників монобалкою; I –опора горизонтальних теплообмінників; II- опора вертикальних теплообмінників

Трубопровідну обв'язку розпочинають після остаточної перевірки положення корпусу й закріплення болтів, що з'єднують його опори або лабети з постаментом. Положення випарника перевіряють рівнем або важком, підкладаючи, якщо це необхідно, під опорні площини сталеві планки. При горизонтальному розташуванні випарників температурні деформації корпусу між опорами можуть досягати декількох міліметрів, тому одна з опор повинна бути дещо рухомою. Опору що не рухається, зазвичай, встановлювану з боку нерухомих трубних ґрат, закріплюють намертво; гайки болтів опори що рухається, що має овальні вирізи, не затягують на 1-1,5 мм, але обов’язково фіксують контргайками. Зазор між овальними вирізами та болтами обов’язково має бути розміщений у бік можливого подовження теплообмінника. Від защемлення захищають поверхні ковзання

Змонтовані випарники обов’язково мають бути опресовані на пробний тиск на заводі де вони виготовлені, тому на монтажній площадці їх роздільно не опресовувають, а обмежуються лише перевіркою загальної системи теплообміну разом із трубопровідною обв'язкою, після завершення монтажних робіт. У тих випадках, коли відсутній акт заводського випробування або ж апарат тривалий час перебував на складі або монтажній площадці, перед монтажем випарник піддають ревізії та якщо в цьому є необхідність, ремонту.

4.2 Ремонт апарату

У процесі доволі тривалої праці випарники піддаються деякому забрудненню й зношуванню. Їх поверхня прикіпає маслом, соляними відкладеннями та смол, а такод окиснюється й т. п. З зростанням відкладень на стінках труб підвищується термічний опір стінки в апараті й зменшується теплообмін.

Зношування випарника виражається в такому: 1) зниження товщини стінки корпусу, днища, трубних ґрат; 2) вм’ятинах та опуклостях на корпусі та

днищі апарату; 3) тріщинах, свищах, прогарах на корпусі випарникаа також трубках і фланцях; 4) збільшенні стандартного діаметра отворів для труб у трубних решітках; 5) прогинання трубних ґрат та деформації трубок випарника; 6) заклинюванні плаваючих головок та ушкодженні їхніх струбцин; 7) ушкодженні лінзових компенсаторів; 8) ушкодженні чепцевих пристроїв, каткових і пружинних опор; 9) порушенні гідро- і термоізоляції.

Підготовка до ремонту передбачає виконання таких заходів:

1) зменшується надлишковий тиск до атмосферного і апарат звільняється від продуктів;

2) відключається арматура тавстановлюються заглушки на всіх підвідних та відвідних трубопроводах;

3) проводиться продувка азотом або водяною парою із наступним омиванням апарату водою та продувкою його повітрям;

4) виконують аналіз апарату на наявність отруйних чи вибухонебезпечних продуктів;

5) складається план робіт та отримують дозвіл на роботи з вогнем, якщо в цьому є необхідність під час процесу ремонту; складається акт здачі в ремонт.

Далі виконуються такі роботи:

1) зняття в випарнику кришок та люків, а також обов’язковий демонтаж арматури арматури;

2) виявляють дефекти вальцювання та зварювання апарату, а також перевірка на цілісність трубок пневматичними та гідравлічними випробуваннями на робочий тиск;

3) часткова заміна чи відключення трубок з дефектами, закріплення труб вальцюванням або зварюванням;

4)проводять ремонт футерівки і антикорозійних покриттів деталей із частковою заміною;

5)відбувається ремонт або заміна арматури, що зносилася в процесі праці апарата, а також трубопроводів, регулювання запобіжних клапанів;

6) заміна ущільнень з'єднань що розбираються в апараті;

7) витягування трубок, та чищення внутрішньої поверхні корпусу апарата й трубок теплообміну, зачищення отворів у трубних решітках та зачищення кінців трубок;

8)в разі потреби заміна частини корпусу, днищ (кришок) і зношених деталей апарату;

9) виготовлення нових трубок;

10) монтаж трубного пучка й вальцювання труб у решітках;

11) ремонт плаваючих голівок;

12) монтаж нарізних з`єднань;

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

14) пневматичне випробування апарата.

Основними конструктивними недоліками випарників є такі: 1) досить велика трудомісткість праці при розбиранні-складанні апарата а також при чищенні й заміні трубного пучка; 2)досить мала надійність вальцювальних з'єднань трубок із трубною дошкою; 3) певна складність при ущільненні кришкою трубної дошки плаваючої голівки.

Зазвичай відмови випарників відбуваються через пропускання речовини через вальцювальні з'єднання, а також через ущільнення кришки плаваючої голівки та через корозію труб трубного пучка. Найбільш складними операціями при ремонті випарників є: 1) демонтаж та монтаж нарізних з`єднань, а також очищення апаратури теплообмінної частини; 2) розділення трубних пучків від апарату та їх ремонт і виготовлення а також їх установка; 3) випробування випарників

Зменшення трудомісткості під час робіт з монтажу й демонтажу з'єднань в апараті досягається за допомогою пневматичних і гідравлічних гайковертів. Скорочення складності що викликає досить великі трудозатрати на опускання й підіймання доволі важкої кришки забезпечується за рахунок виготовлення поворотних кронштейнів для апарату, що дозволяють після розхитування відводити у бік кришку й розподільну голівку.

Найменш складним методом що для витягування трубного пучка з апарату – це метод за допомогою лебідок та домкратів. Екстрактори – більш прогресивні пристрої для добування трубного пучка. Вони представляють пристрої, що закріплюються на фланці випарника з використанням домкрата чи лебідки проводять виштовхування трубного пучоа. Пучок, рухається разом із візком, до якого кріпиться його передня частина.

Зазвичай екстрактор виконує роль пристрою для захоплення трубного пучка разом із вантажопідйомним механізмом. Витягуємий трубний пучок з випарника, підтримується в горизонтальному положенні за допомогою автомобільного крана і за допомогою таля і пересувної монорейки чи візка. Схема витягування трубного пучка за допомогою тракторної лебідки й автомобільного крана наведена на рис. 4.2.

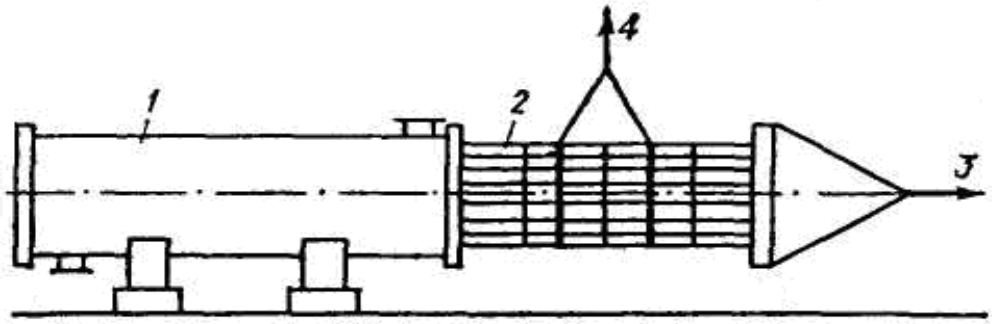

Рисунок. 4.2 — Добування трубного пучка за допомогою лебідки й автомобільного крана:

1 – корпус теплообмінника; *2* – трубний пучок; *3* – строп до лебідки;

4 – строп до автомобільного крана

5. Охорона праці

Нещасні випадки, пов'язані з виробництвом. Порядок їх розслідування , спеціальне розслідування.

Нещасних випадки розслідують відповідно до нормативно-правових документів, що б мають обов'язково гарантувати справедливе та своєчасне розслідування кожного нещасного випадку та обов'язковий належний соціальний захист для жертв нещасних випадків на виробництві. Також відомо, що розслідування нещасних випадків на виробництві розглядають як доволі ефективний профілактичний метод що виконує функцію їх запобігання.

Діючі документи стосоно питань з розслідування нещасних випадків розроблені на основі ідеології про абсолютну безпеку виробничого середовища, що прогнозує, що при дотриманні норм та правил в належному стані можна досягти абсолютної безпеки на виробництві. Під час розслідування нещасних випадків, головну увагу, відповідно до діючої документації, приділяють зазвичай визначенню норми чи правила, що було порушено на виробництві. В актах за формою Н−1 (пункт 7) і Н−5 (пункт 4) вказують про виявлені порушення. На підставі цих порушень комісія з розслідування обов'язково має запропонувати заходи щодо усунення причин нещасного випадку на виробництві. Нещасний випадок не є одномоментною статичною небезпечною подією. Тому усунення виявлених безпосередніх порушень не завжди в майбутньому гарантує безпеку на робочому місці, а зазвичай навпаки, призводить до розвитку інакших нещасних випадків по причині послаблення уваги до безпеки на цьому чи іншому робочому місці. Зазвичай це стається в наслідок начебто вжитих заходів, що мали б запобігти нещасним випадкам.

За концепцією допустимого ризику, що була створена наприкінці XX ст. а також прийшла на зміну ідеології про абсолютну безпеку: "Будь яке виробниче середовище має потенційні небезпеками, вони маєть можливості розвиватися як у просторі, так і в часі та за певних обставин що дає змогу їм реалізуватися

до нещасних випадків.” Тому це призвело до необхідності зміниі підходів до розслідування нещасних випадків, щоб забезпечити його досить вагому роль у під час їх запобігання.

Ризико-орієнтований підхід є перспективним у вирішенні цього питання, суть якого полягає в тому, що вивченні логічної схеми розвитку нещасного випадку як сукупності послідовних, паралельних (одночасних) чи послідовно-паралельних небезпечних подій, що за випадкового збігу обставин можуть призвести до нещасний випадок (рис. 5.1).

У нашій країні упродовж років (2009– 2013) згідно зі статистичними даними про виробничий травматизм головними чинниками, що спричиняють нещасні випадки, можна об’єднати у три групи:

організаційні чинники (60– 70 % від усіх нещасних випадків);

технічні чинники (13–18 %);

психофізіологічні чинники (6–9 %).

Кожні групи утворюють підгрупи. Наприклад, серед організаційних чинників можна вирізнити чинники, що спричинені неправильним управлінням персоналом, а також технологічними процесами на підприємстві чи виробничим середовищем. Прикладом технічних чинників є ті, що пов’язані з незадовільним станом будівель, технологічного обладнання чи транспортних засобів. Психофізіологічні чинники – це ті чинники, що зумовлені психофізіологічними особливостями працівників та їхнім способом життя. Ці чинники є характерними для будь-якого підприємства, організації чи установи. У кожній із підгруп можна назвати деяку кількість конкретних чинників, і насправді таких чинників є чимало.

Рис. 5.1. Схема розвитку нещасних випадків на виробництві

Ці чинники можуть викликати виникнення за певних обставин однієї чи декількох небезпечних подій типу А–Є. Розвиток їх, своєю чергою, може спричинити досить часто нещасний випадок. Шлях для такого розвитку є досить складним і зазвичай є непередбачуваним, тому на рис. 5.1 зображено зв'язок чинників із небезпечними подіями, що відображено за допомогою логічних операторів "І" чи "АБО". "І" як логічний оператор відповідає тому, що розвитку нещасного випадку, через який наступна небезпечна подія має трапитися лише з умови що водночас діятимуть усі наявні чинники, тобто і перший, і другий, і третій і так далі. "АБО" як логічний оператор говорить про те, що наступна небезпечна подія має відбудетися з умови наявності хоча б одного з чинників – або першого, або другого, або третього і так далі. Частіше

всього розвиток нещасний випадок відбувається за змішаною схемою, що охоплює зазвичай випадковий збіг небезпечних чинників як за логічним оператором "І", так і за логічним оператором "АБО".

Розвитку нещасного випадку особливий тим, що кожна послідуюча небезпечна подія та нещасний випадок доволі пов’язані із психофізіологічними чинниками. Вище наведені статистичні дані відносно виробничого травматизму показують лише на прямі чинники, що спричинили нещасний випадок на підприємстві, але насправді проводячи глибокий аналіз того як розвивається нещасний випадок то ми засвідчуємо, що роль психофізіологічних чинників, або ж людського чинника, є зазвичай визначальною у розвитку нещасних випадків та їхньому запобіганні.

Усунення людського чинника є одним із дієвих заходів за для запобігання нещасним випадкам шляхом формування відповідальності як у керівників виробництва, так і у працівників за їх власні дії під час їхньої професійної діяльності. Останнім часом вчені доволі наголошують про пониження відповідальності осіб за власні наслідки своїх дій та визначають, що однією з причин цього є поширення інформаційних мобільних технологій. Уявити конкурентоспроможну трудову діяльність в наші часи без використання засобів сучасних інформаційних мобільних технологій неможливо. Тому досить важливий вклад у вирішення цього питання мають внести заклади освіти, що формуючи елементи культури безпеки життєдіяльності як у повсякденному житті, так і у професійній діяльності та підвищуючи відповідальності особи за власні дії.

Розслідування нещасного випадку та/або гострого професійного захворювання (отруєння) проводиться протягом 15 робочих днів.

Комісія (спеціальна комісія) зобов’язана:

- обстежити місце, де сталися нещасний випадок та/або гостре професійне захворювання (отруєння), аварія,

- вивчити наявні на підприємстві документи та матеріали стосовно нещасного випадку та/або гострого професійного захворювання (отруєння)

- визначити вид події, що призвела до нещасного випадку та/або гострого професійного захворювання (отруєння)

- з'ясувати обставини та причини настання нещасного випадку та/або гострого професійного захворювання (отруєння);

- визначити, пов'язані чи не пов'язані нещасний випадок та/або гостре професійне захворювання (отруєння) з виробництвом;

- скласти акт за формою Н-1 згідно з додатком 11 у кількості, визначеній рішенням комісії (спеціальної комісії); у разі настання групових нещасного випадку та/або гострого професійного захворювання (отруєння) скласти акти за формою Н-1 на кожного потерпілого;

- розглянути та підписати примірники актів за формою Н-1 (тимчасові акти за формою Н-1 у разі їх складення), а у разі незгоди члена комісії (спеціальної комісії) із змістом розділів 5, 6, 7, 8 такого акта — обов'язково підписати ці акти з відміткою про наявність окремої думки, яка викладається членом комісії письмово, в якій він обґрунтовано викладає пропозиції до змісту розділів 5, 6, 7, 8 акта (окрема думка додається до цих актів та є їх невід'ємною частиною);

- передати не пізніше наступного робочого дня після підписання актів за формою Н-1 матеріали розслідування та примірники таких актів керівнику підприємства (установи, організації) або органу, що утворив комісію (спеціальну комісію), для їх розгляду та затвердження;

Рішення щодо визнання нещасного випадку та/або гострого професійного захворювання (отруєння) пов'язаними чи не пов'язаними з виробництвом приймається комісією (спеціальною комісією) шляхом голосування простою більшістю голосів. У разі рівної кількості голосів членів комісії (спеціальної комісії) голос голови комісії (спеціальної комісії) є вирішальним.

Список літератури

1. Плановський А. Н. Процеси і апарати хімічної технології / А. Н. Плановський, В. М. Рамм, С. З. Каган, Хімія, 1968.- 848 с.

2. Павлов К. Ф. Приклади і задачі по курсу процесів і апаратів хімічної технології / К. Ф. Павлов, П. Г. Романків, А. А. Носков, Хімія, 1987.- 576 с.

3. Соколов В. Н. Машини та апарати хімічних виробництв / В. Н. Соколов. Приклади і задачі. Машинобудування, 1982.- 384 с.

4. Дитнерскій Ю. І. Основні процеси і апарати хімічної технології. Посібник з проектування / Ю. І. Дитнерскій. Хімія, 1983.- 272 с.

5. Джон Р. Перрі. Довідник інженера - хіміка / Г. Перрі Джон. Хімія, 1969.- 280 с.

6. Міхальов М. Ф. Розрахунок і конструювання машин і апаратів хімічних виробництв. Приклади і задачі // М. Ф. Міхальов Машинобудування, 1984.- 640 с.

7. Чечель П. С. Процеси і апарати хімічної технології / П. С. Чечель. Вища школа, 1974.-276 с.

8. Лащинський А. А. Конструювання зварних хімічних апаратів, Довідник / А. А. Лащинський. Машинобудування, 1981.- 382 с.

9. Кабінет Міністрів України постанова “Про затвердження Порядку розслідування та обліку нещасних випадків, професійних захворювань та аварій на виробництві”, від 17 квітня 2019 р

10. Яхненко С.М., Литвиненко А.В. Конспект лекцій по курсу: «Монтаж, експлуатація та ремонт хімічного обладнання» 2013 - 135 с.