

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. Розробити кожухо-
трубний конденсатор етанолу

Виконала:
студентка групи ХМз-53-7с
Зайцева Тетяна Миколаївна

підпис

Залікова книжка

№ _____

Кваліфікаційна робота бакалавра
захищена на засіданні ЕК

з оцінкою _____

" ____ " _____ 20 ____ р.

Підпис голови
(заступника голови) комісії

Керівник:

канд. техн. наук, ст. викл.

Острога Руслан Олексійович

підпис, дата

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 3 Група ХМз-53-7с Семестр 6

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА

Студентка Зайцева Тетяна Миколаївна

1 Тема проекту: Ректифікаційна установка. Розробити кожухотрубний конденсатор етанолу

2 Вихідні дані: Розробити горизонтальний кожухотрубний теплообмінник для конденсації парів етанолу, які проходять по міжтрубному простору під тиском 0,2 МПа у кількості 8000 кг/год. У якості холодного теплоносія використовується вода технічна з початковою температурою 20°C.

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

1. Технологічна схема ректифікаційної установки – 0,5 арк.
2. Складальне креслення апарату – 1,5 арк.
3. Складальні креслення вузлів – 1,0 арк.

4 Рекомендована література: 1. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи бакалавра / укладачі: Р. О. Острога, М. С. Скиданенко, Я. Е. Михайловський, А. В. Іванія. – Суми : СумДУ, 2019. – 32 с.; 2. Машины и аппараты химических производств. Примеры и задачи / Под общ. ред. В. Н. Соколова. – Л. : Машиностроение, 1982. – 384 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

жовтень 2019 р.

Керівник

підпис

ст. викл. Острога Р.О.

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 48 с., 9 рис., 4 табл., 1 додаток, 18 джерел.

Графічні матеріали: технологічна схема ректифікаційної установки, складальне креслення апарата, складальні креслення вузлів – усього 3 аркуші формату А1.

Тема кваліфікаційної роботи бакалавра «Ректифікаційна установка. Розробити кожухотрубний конденсатор етанолу».

Наведено теоретичні основи та особливості процесу теплообміну у виробництві етанолу, виконані технологічні розрахунки апарата, визначені його габаритні розміри, гідравлічний опір, обґрунтований вибір матеріалу для виготовлення апарата, розраховане і вибране допоміжне обладнання. Розрахунками на міцність і герметичність показана надійність роботи спроектованого апарата.

Ключові слова: УСТАНОВКА, АПАРАТ, КОЖУХОТРУБНИЙ КОНДЕНСАТОР, ЕТАНОЛ, РОЗРАХУНОК, МОНТАЖ, РЕМОНТ, НОРМАТИВНІ ВИМОГИ.

Зміст

	С.
Вступ	5
1 Технологічна частина	6
1.1 Опис технологічної схеми ректифікаційної установки	6
1.2 Теоретичні основи процесу	7
1.3 Опис об'єкта розроблення та вибір основних конструктивних матеріалів	12
2 Технологічні розрахунки процесу і апарата	17
2.1 Технологічні розрахунки	17
2.2 Конструктивні розрахунки	22
2.3 Гідравлічний опір апарата	23
2.4 Вибір допоміжного обладнання	24
3 Розрахунки апарата на міцність та герметичність	27
3.1 Визначення товщини стінки апарата, кришки	27
3.2 Розрахунок опори апарата	29
4 Монтаж та ремонт апарата	31
4.1 Монтаж розробленого апарата	31
4.2 Ремонт апарата	34
5 Охорона праці	39
Список літератури	47
Додаток – Специфікації	

					ПОХНВ.Т.00.00.00 ПЗ		
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Зайцева			Лім.	Лист	Листів
Перевір.		Острога				4	48
Реценз.					СумДУ, ХМз-53-7с		
Н. Контр.							
Затверд.		Складінський					
Теплообмінник кожухотрубний							
Пояснювальна записка							

Вступ

У хімічній промисловості широко поширені теплові процеси нагрівання та охолодження рідин, газів і конденсація пари перед її подачею у реактори того чи іншого типу і ректифікаційні колони. Теплові процеси здійснюються в спеціальних апаратах – теплообмінниках [1].

Теплообмінними апаратами називаються прилади для передачі тепла від одних середовищ (гарячих теплоносіїв) до інших (холодних теплоносіїв). Теплообмінні апарати застосовуються для нагрівання і охолодження речовин у різних агрегатних станах, випаровування рідин і конденсації пари, перегонки і сублимації, абсорбції та адсорбції, розплавлення твердих тіл і кристалізації, відведення і підведення тепла при проведенні екзо- та ендотермічних реакцій тощо [2].

На підприємствах хімічної та нафтопереробної промисловості теплообмінники складають близько 30–40 % від усього обладнання, в харчовій промисловості – 15–20 %, а в холодильних установках їх частка досягає 70–80 % [3].

Кожухотрубні теплообмінники вважаються найпоширенішим видом серед існуючих на даний час. Уперше подібні пристрої були розроблені на початку ХХ століття. Їх поява була обумовлена тим, що тепловим станціям потрібні були теплообмінники з високими показниками теплообміну і можливістю функціонувати при високому тиску. Надалі таке обладнання почали застосовувати при конструюванні випарників та нагрівачів і в нафтогазовій промисловості [4].

Відповідно до свого призначення кожухотрубні теплообмінні апарати бувають підігрівачами, холодильниками, випарниками, конденсаторами, дистиляторами, сублиматорами тощо.

Кваліфікаційну роботу бакалавра виконано у відповідності до методичних вказівок [5] з дотриманням усіх нормативних вимог.

					ПОХНВ.Т.00.00.00 ПЗ	Лист
						5
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

1 Технологічна частина

1.1 Опис технологічної схеми ректифікаційної установки

Технологічна схема безперервно діючої ректифікаційної установки представлена на рис. 1.1.

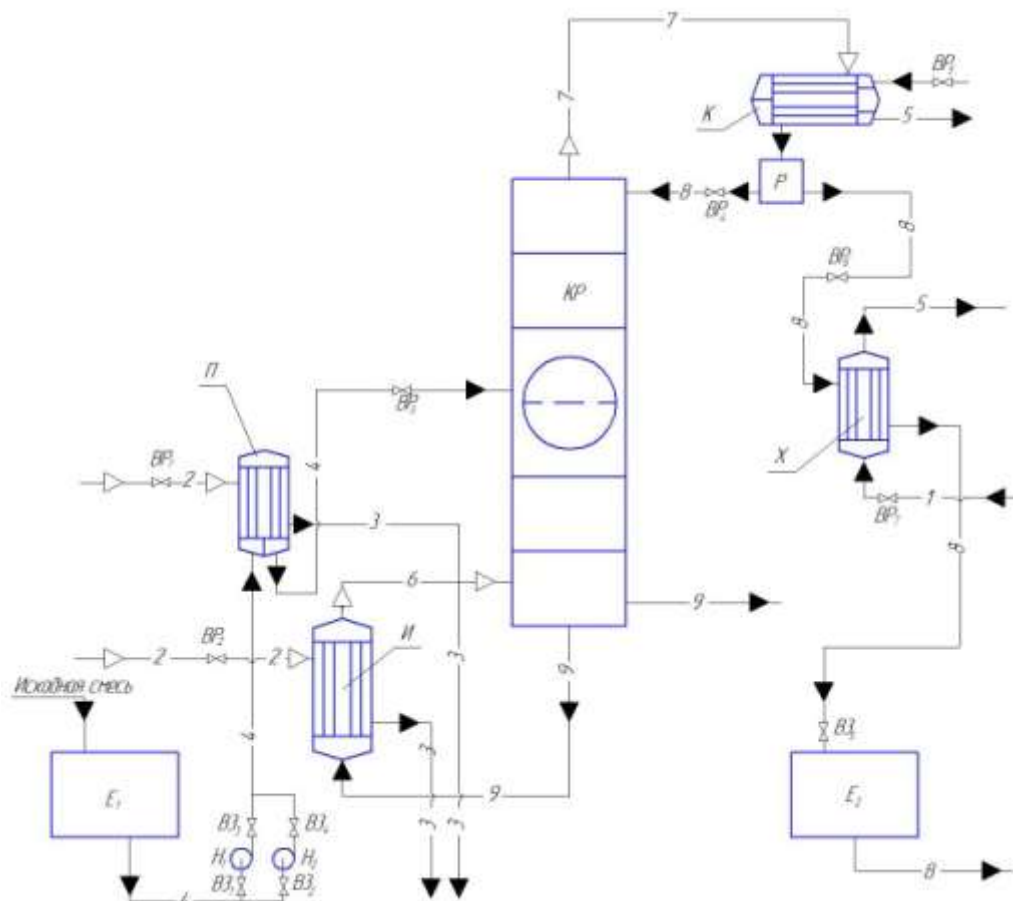


Рисунок 1.1 – Ректифікаційна установка у виробництві етанолу

Дана ректифікаційна установки працює наступним чином. Вихідна двокомпонентна суміш із ємності E_1 за допомогою насосів H_1 і H_2 подається у підігрівач Π , де нагрівається до температури кипіння за рахунок тепла гріючої пари, яка конденсується у міжтрубному просторі підігрівача. Нагріта до стану кипіння суміш надходить на тарілку живлення ректифікаційної колони. На тарілці живлення склад рідини відповідає складу вихідної суміші. У результаті протитечійної паро-рідинної взаємодії відбувається розділення суміші на два окермих компоненти – висококоплячий (ВКК) і

					ПОХНВ.Т.00.00.00 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		6

низькокиплячий (НКК). Відтак із нижньої частини колони відводиться кубовий залишок, який охолоджується і відкачується споживачеві. Частина кубового залишку відбирається з нижньої частини колони і надходить у вертикальний випарник И, у якому за рахунок тепла насиченої водяної пари, що подається у міжтрубний простір, відбувається кипіння кубової рідини і утворення пари ВКК. Останній повертається в колону, під нижню її тарілку, у якості парового зрошення.

Таким чином, у нижній частині ректифікаційної колони відбувається процес вичерпання ВКК.

У верхній частині колони відбувається процес зміцнення пари НКК за рахунок багатоступеневого контактування їх на тарілках зі стікаючою зверху вниз флегмою. У відповідності до завдання на кваліфікаційну роботу, низькокиплячим компонентом є етиловий спирт (етанол).

Пара етанолу, яка відводиться через верхній штуцер колони, надходить у кожухотрубний конденсатор К, де і конденсується в його міжтрубному просторі за рахунок відведення тепла холодному теплоносію (воді технічній), який циркулює по трубах. Частина отриманого конденсату відбирається і у вигляді флегми повертається в колону на її зрошення. Друга частина – дистиллят – додатково охолоджується в холодильнику Х і направляється у збірник Е₂ у якості готового продукту з високим вмістом НКК (етанолу).

1.2 Теоретичні основи процесу

Теоретичні основи процесу теплообміну, які представлені у данному підрозділі, виконано на підставі аналізу літературних джерел [1–4].

Теплообмінниками називають апарати, що призначені для передачі тепла від одних речовин до інших.

Теплообмінники **за способом передачі тепла** поділяють на поверхневі, де відсутній безпосередній контакт теплоносіїв, а передача тепла відбувається через тверду стінку, і змішувальні де теплоносії контактують безпосередньо.

					ПОХНВ.Т.00.00.00 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		7

Поверхневі теплообмінники, у свою чергу, поділяються на рекуперативні і регенеративні, у залежності від одночасного або почергового контакту теплоносіїв з розділяючою їх стінкою.

Теплообмінні апарати поверхневого типу додатково класифікуються за призначенням (підігрівачі, холодильники, конденсатори тощо); за взаємним напрямком руху теплоносіїв (прямотечійні, протитечійні, змішана течія); за матеріалом поверхні теплообміну; за числом ходів і т. ін.

Рекуперативний теплообмінник – це теплообмінник, в якому гарячий і холодний теплоносії рухаються в різних каналах, а через стінку між ними відбувається теплообмін. При незмінних умовах параметри теплоносіїв на вході і в будь-якому з перетинів каналу залишаються незмінними, незалежними від часу, тобто процес теплопередачі має стаціонарний характер. Тому рекуперативні теплообмінники називають також стаціонарними. Вони можуть працювати як в періодичному, так і в безперервному режимах.

Залежно від напрямку руху теплоносіїв рекуперативні теплообмінники можуть бути прямотечійні – при паралельному русі в одному напрямку; протитечійні – при паралельному зустрічному русі; а також перехресні – при взаємно перпендикулярному русі двох взаємодіючих середовищ.

Найбільш поширеними у промисловості рекуперативні теплообмінники:

- кожухотрубні теплообмінники;
- елементні (секційні) теплообмінники;
- двотрубні теплообмінники типу «труба у трубі»;
- кручені теплообмінники;
- заглибні теплообмінники;
- зрошувальні теплообмінники;
- ребристі теплообмінники;
- спіральні теплообмінники;

					ПОХНВ.Т.00.00.00 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		8

- пластинчасті теплообмінники;
- пластинчато-ребристі теплообмінники;
- графітові теплообмінники.

У регенеративних поверхневих теплообмінниках теплоносії (гарячий і холодний) контактують із твердою стінкою по черзі. Теплота накопичується в стінці при контакті з гарячим теплоносієм і віддається при контакті з холодним. Регенератори є апаратами періодичної дії.

В одному випадку потік необхідно нагрівати, в другому – охолоджувати, в третьому – випарувати, в четвертому – сконденсувати, в п'ятому – утилізувати невикористане тепло. І скрізь потрібні теплообмінники різних розмірів та конструкцій. Зрозуміло, не тільки в хімії, але і в нафтохімії і нафтогазопереробці, в тепловій та атомній енергетиці, в металургії, харчовій промисловості. І хоча в теплообмінниках не відбувається перетворення речовин, ці апарати на кожному виробництві відносять до основних – до тих, що становлять фундамент технології.

Конструкція теплообмінників повинна відрізнятися простотою, зручністю монтажу і ремонту. У ряді випадків конструкція теплообмінника повинна забезпечувати, як найменше забруднення поверхні теплообміну та вільний доступ для огляду й очищення.

Кожухотрубні теплообмінники

Ці теплообмінники відносяться до числа найбільш часто вживаних поверхневих теплообмінників. Це обумовлено, перш за все, надійністю конструкції, великим набором варіантів виконання для різних умов експлуатації, зокрема:

- однофазні потоки, кипіння і конденсація по гарячій та холодній сторонам теплообмінника, з вертикальним або горизонтальним виконанням;
- діапазон тиску: від вакууму до високих значень;
- у широких межах змінюються перепади тиску по обидва боки внаслідок великої різноманітності варіантів;

					ПОХНВ.Т.00.00.00 ПЗ	<i>Лист</i>
						9
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

- задоволення вимог по термічним напруженням без істотного підвищення вартості апарату;
- розміри: від малих до гранично великих;
- можливість застосування різних матеріалів відповідно до вимог вартості, корозії, температурного режиму, тиску тощо;
- використання розвинених поверхонь теплообміну як всередині труб, так і зовні, різних інтенсифікаторів, оребрення і т. ін.;
- можливість вилучення пучка труб для очищення та ремонту.

Середовища, зазвичай, направляють протитечією один до одного. При цьому середовище, що нагрівається, спрямовують знизу вгору, а середовище, що віддає тепло – у протилежному напрямку. Такий напрям руху кожного середовища збігається з напрямком, в якому прагне рухатися дане середовище під впливом зміни його щільності при нагріванні або охолодженні.

Крім того, при зазначених напрямках руху середовищ досягається більш рівномірний розподіл швидкостей і ідентичні умови теплообміну за площею поперечного перерізу апарату. В іншому випадку, наприклад при подачі холодного середовища, яке нагрівається, зверху теплообмінника, більш нагріта частина рідини, як більш легка, може накопичуватися у верхній частині апарату, утворюючи «застійні» зони.

Горизонтальні теплообмінники виготовляються зазвичай багатоходовими і працюють при великих швидкостях. Це робиться задля того, щоб звести до мінімуму розшарування рідин внаслідок різниці температур і густин, а також усунути утворення застійних зон.

Якщо середня різниця температур труб і кожуха в теплообмінниках жорсткої конструкції (з нерухомими, привареними до корпусу трубними решітками) стає значною (50°C і вище), труби і кожух подовжуються неоднаково. Це викликає значні напруги в трубних решітках, може порушити щільність з'єднання труб з решітками, призвести до руйнування зварних швів. Тому при різницях температур труб і кожуха, більших за 50°C, або при

					ПОХНВ.Т.00.00.00 ПЗ	<i>Лист</i>
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		10

значній довжині труб застосовують кожухотрубні теплообмінники нежорсткої конструкції, яка допускає деяке переміщення труб відносно кожуха апарату.

Розрахунок кожухотрубного теплообмінника, як і любого іншого теплообмінного апарату, включає визначення необхідної поверхні теплопередачі, вибір типу апарату і нормалізованого варіанта конструкції, які відповідають заданим технологічним умовам оптимальним чином.

Необхідну поверхню теплопередачі визначають із основного рівняння теплопередачі:

$$F = \frac{Q}{\Delta t_{cp} \cdot K},$$

де F – поверхня теплопередачі, м²;

Δt_{cp} – середня температура процесу;

K – коефіцієнт теплопередачі, Вт/(м²·К);

Q – теплове навантаження, Вт.

Коефіцієнт теплопередачі для плоскої стінки або при великому радіусі її кривизни ($d_B / d_H > 0,5$) складе:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_{CT}}{\lambda_{CT}} + \frac{1}{\alpha_2}},$$

де α_1 і α_2 – коефіцієнти тепловіддачі теплоносіїв, Вт/(м²·К);

δ_{CT} – товщина стінки теплопередавальної поверхні, м;

λ_{CT} – коефіцієнт теплопровідності матеріалу стінки, Вт/(м·К).

Середня різниця температур при прямотоці або протитоці теплоносіїв дорівнює:

$$\Delta t_{CP} = \frac{\Delta t_B - \Delta t_M}{\ln \frac{\Delta t_B}{\Delta t_M}},$$

де Δt_B і Δt_M – різниці температур (великої й малої) теплоносіїв на кінцях теплообмінника.

					ПОХНВ.Т.00.00.00 ПЗ	Лист
						11
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Теплове навантаження апарату, відповідно до заданих технологічних умов, знаходять по одному із наступних рівнянь:

– якщо агрегатний стан теплоносіїв не змінюється

$$Q = G \cdot c \cdot (t_1 - t_2);$$

– при конденсації насичених парів без охолодження конденсату

$$Q = G \cdot r;$$

– при конденсації насичених парів з охолодженням конденсату

$$Q = G \cdot (I_1 - c_2 \cdot t_2),$$

де I_1 – ентальпія перегрітої пари.

1.3 Опис об'єкта розроблення та вибір основних конструктивних матеріалів

Кожухотрубний теплообмінник включає в себе кілька елементів конструкції: кожух (корпус), розподільна і спрямовуюча камери, внутрішня система трубок, трубні решітки; перегородки і ущільнення.

До корпусу приварюються два патрубки. Один із них відповідає за підведення робочого середовища, а інший – за його відведення. У торці кожуха приварюють спеціальні фланці.

Крім цього, до складу такого теплообмінника входять трубні решітки, між якими приварюються труби, оснащені дистанційними штифтами. Така конструкція утворює трубну систему рекуператора і дозволяє пристрою бути багатходовим.

Конструкцію та принцип роботи типового теплообмінного обладнання розглянуто у відповідності з [6, 7]. Конструктивна схема проектованого кожухотрубного конденсатора показана на рис. 1.2.

Проектований апарат відноситься до теплообмінних апаратів, в якому тепло від гарячого теплоносія до холодного передається через розділяючу перегородку (у нашому випадку через тонку стінку металевої труби).

					ПОХНВ.Т.00.00.00 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		12

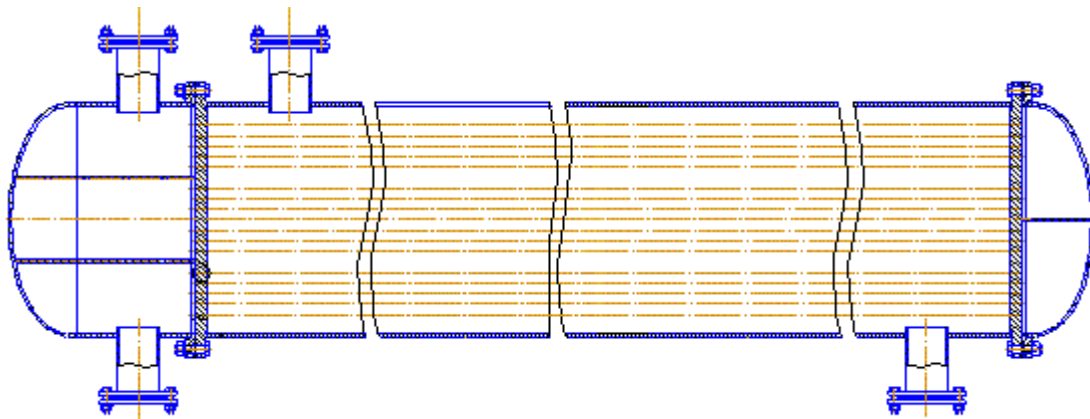


Рисунок 1.2 – Схема чотирьоходового кожухотрубного конденсатора

Даний конденсатор являє собою кожухотрубний теплообмінний апарат, в якому пари етанолу в кількості 8000 кг/год. під абсолютним тиском 0,2 МПа (у відповідності до завдання на проектування) надходять через верхній штуцер в міжтрубний простір, де конденсуються на поверхні пучка труб. Конденсат, що утворився, виводяться з апарату через нижній штуцер, і прямує споживачеві або на технологічні потреби.

У трубний простір апарату безперервно подається вода технічна – відбувається її нагрів, тим самим відбирається тепло у етанолу. При необхідності відведену воду можна використовувати для опалення приміщень або інших потреб.

Вибір конструктивних матеріалів для виготовлення апарату проводився на підставі [8–10]. У хімічній технології застосовуються теплообмінники, виготовлені з найрізноманітніших металів (вуглецевих і легованих сталей, міді, титану, танталу тощо), а також з неметалічних матеріалів, наприклад, графіту, тефлону і т. ін. Вибір матеріалу диктується в основному його корозійною стійкістю і теплопровідністю, причому конструкція теплообмінного апарату істотно залежить від властивостей вибраного матеріалу.

Також слід враховувати:

- механічні властивості матеріалу – межа міцності, відносне подовження, твердість і т. п. ;

					ПОХНВ.Т.00.00.00 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		13

- технологічність у виготовленні (зокрема, зварюваність);
- хімічну стійкість проти роз'їдання;
- теплопровідність.

Наприклад, механічні властивості матеріалів, з яких виготовлена працююча апаратура, істотно змінюються при низьких і високих температурах. Гарна зварюваність металів також є одним із необхідних умов їх застосування, оскільки при сучасній технології хімічного апаратобудування основний спосіб виконання нероз'ємних з'єднань – це зварювання.

Головною ж вимогою до матеріалів хімічних апаратів, у більшості випадків, є їх корозійна стійкість, оскільки вона визначає довговічність хімічного обладнання.

У нашому випадку вибір конструкційного матеріалу робимо виходячи з низької вартості і недефіцитності матеріалу, який може забезпечити ефективну технологію виготовлення виробу.

Для виготовлення корпусу, фланців, розподільних камер, а також деталей, що працюють під тиском раціонально використовувати сталь 09Г2С ГОСТ 19282-89 (замінники: сталь 09Г2, сталь 09Г2ДТ, сталь 09Г2Т, сталь 10Г2С).

Вид поставки (сортамент): фасонний прокат (квадрат г/катаний ГОСТ 2591-88, коло г/катане ГОСТ 2590-2006), листовий прокат (лист товстий г/катаний ГОСТ 19903-90, лист тонкий х/катаний ГОСТ 19904-90, смуга ГОСТ 103-2006), профільний прокат (швелер г/катаний ГОСТ 8240-97, балка двотаврова г/катана ГОСТ 8239-89).

Основні фізико-механічні властивості сталі 09Г2С приведені в табл. 1.1.

Для виготовлення теплообмінних труб, штуцерів, кріпильних деталей (болти, шпильки, гайки), панелей, підстав, кронштейнів, кутників, ребер жорсткості використовуємо сталь 20 ГОСТ 1050-88 (замінники: сталь 15, сталь 25).

					ПОХНВ.Т.00.00.00 ПЗ	<i>Лист</i>
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		14

Таблиця 1.1 – Фізико-механічні властивості сталі 09Г2С

Показник	Значення
Модуль пружності E, МПа	200000
Модуль зсуву G, МПа	77000
Щільність ρ , кг/м ³	7850
Межа міцності σ_B , МПа	не менше 360
Межа текучості σ_T , МПа	не менше 180
Відносне звуження ψ , %	56
Відносне подовження δ , %	25
Твердість по Брінеллю, НВ	115
Зварюваність	без обмежень

Вид поставки (сортамент): фасонний прокат (шестигранник калібрований ГОСТ 8560-88, квадрат г/катаний ГОСТ 2591-2006, коло г/катане ГОСТ 2590-2006, коло каліброване, х/катане ГОСТ 7417-75), листовий прокат (лист товстий г/катаний ГОСТ 19903-90, лист тонкий х/катаний ГОСТ 19904-90).

Основні фізико-механічні властивості сталі 20 приведені в табл. 1.2.

Таблиця 1.2 – Фізико-механічні властивості сталі 20

Показник	Значення
Модуль пружності E, МПа	200000
Модуль зсуву G, МПа	74000
Щільність ρ , кг/м ³	7850
Межа міцності σ_B , МПа	не менше 420
Межа текучості σ_T , МПа	не менше 250
Відносне звуження ψ , %	40
Відносне подовження δ , %	16
Твердість по Брінеллю, НВ	156
Зварюваність	без обмежень (крім хіміко-термічно оброблених деталей)

Для виготовлення неметалевих прокладок для ущільнення роз'ємів фланцевих з'єднань апарату використовуємо пароніт. Це листовий прокладочний матеріал, виготовлений пресуванням асбокаучукової маси, що складається із азбесту, каучуку і порошкових інгредієнтів.

Застосовується для ущільнення з'єднань, що працюють у середовищах: води і пара з тиском 5 МН/м² і температурою +450°C; нафти і нафтових продуктів при температурах 200–400 °С і тиску 7–4 МН/м² відповідно; рідкого і газоподібного кисню, етилового спирту тощо. Для підвищення механічних властивостей пароніта у деяких випадках його армують металевою сіткою (феррон).

					ПОХНВ.Т.00.00.00 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		16

2 Технологічні розрахунки процесу і апарата

2.1 Технологічні розрахунки

Технологічний розрахунок починається з визначення основних теплофізичних властивостей теплоносіїв, а саме: щільності, динамічної в'язкості, теплоємності і теплопровідності [6, 7].

Середня рушійна сила процесу залежить від початкових і кінцевих температур кожного теплоносія, а також від схеми взаємного руху теплоносіїв. Розрахункова площа теплообміну визначається з основного рівняння теплопередачі. Розрахункове число труб в одному ході знаходиться з рівняння об'ємної витрати потоку в трубному просторі. Фактичні швидкості холодного теплоносія в трубах і гарячого теплоносія в міжтрубному просторі визначаються за формулами [6].

Режим течії в трубах і міжтрубному просторі визначається за значеннями критеріїв Рейнольдса. Визначаються також й інші критерії подібності (Прандтля, Нуссельта).

Використовувана методика для виконання технологічного розрахунку теплообмінного апарату наведена у [6, 7]. Результатом завершення технологічного розрахунку є визначення необхідної поверхні теплопередачі.

Вихідні дані до технологічного розрахунку апарату (кількість і технологічні параметри потоків, що надходять в теплообмінний апарат і йдуть з нього (згідно рис. 2)), вказані у завданні кваліфікаційної роботи.

Згідно вихідних даних, що вказані у завданні до кваліфікаційної роботи, етанол надходить в апарат при температурі конденсації. Температура конденсації етанолу при тиску 0,2 МПа становить 88°C [11]. Тому теплове навантаження проектуваного конденсатора буде дорівнювати:

$$Q = Q_{\text{конд}} = G_{\text{п}} r_{\text{х}}, \quad (1)$$

де $G_{\text{п}}$ – масова витрата етанолу, кг/с;

$r_{\text{х}}$ – питома теплота конденсації етанолу при $p_{\text{к}} = 0,2$ МПа, кДж/кг [11].

					ПОХНВ.Т.00.00.00 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		17

$$Q = \left(\frac{8000}{3600} \right) \cdot 840 = 1867 \text{ кВт}.$$

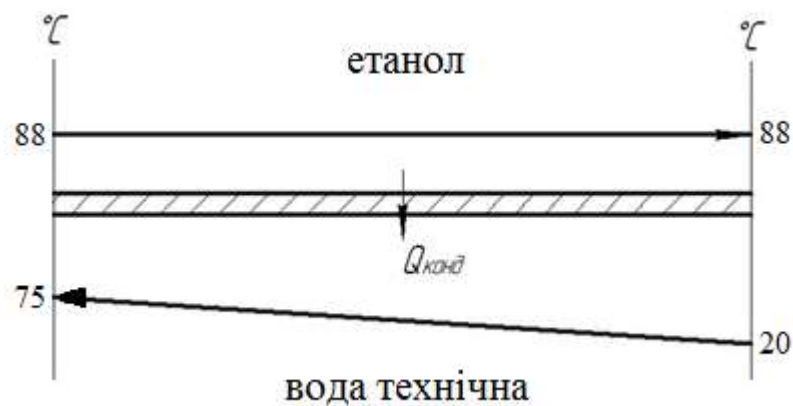


Рисунок 2.1 – Схема процесу конденсації етанолу

Середня різниця температур $\Delta t_{ср}$, °C:

$$\Delta t_{ср} = \frac{\Delta t_{\delta} - \Delta t_{м}}{2,31g \left(\frac{\Delta t_{\delta}}{\Delta t_{м}} \right)}, \quad (2)$$

де Δt_{δ} і $\Delta t_{м}$ – більша і менша різниці температур, °C.

$$\Delta t_{м} = 88 - 75 = 13 \text{ }^{\circ}\text{C};$$

$$\Delta t_{\delta} = 88 - 20 = 68 \text{ }^{\circ}\text{C}.$$

Кінцева температура холодного теплоносія (вода технічна) приймається відповідно до рекомендацій [6] нижче температури гарячого теплоносія на 5–15 °C. Приймаємо 13 °C.

$$\Delta t_{ср} = \frac{68 - 13}{2,31g \left(\frac{68}{13} \right)} = 33,3 \text{ }^{\circ}\text{C},$$

Витрату охолоджуючої води знаходимо з рівняння теплового балансу (оскільки температури теплоносіїв близькі до температури навколишнього середовища, втратами тепла можна знехтувати):

$$G_{в} = \frac{Q}{c_{в} \cdot (t_{кв} - t_{нв})}, \quad (3)$$

де $c_{в}$ – теплоємність води при усередненій температурі, кДж/(кг·К) [11].

					ПОХНВ.Т.00.00.00 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		18

$$G_B = \frac{1867}{4,2 \cdot (75 - 20)} = 8,1 \text{ кг/с.}$$

Орієнтовно необхідна поверхня теплообміну складе:

$$F_B = \frac{Q}{K_{op} \cdot \Delta t_{сер}}, \quad (4)$$

де K_{op} – орієнтовне значення коефіцієнта теплопередачі для конденсаторів (приймається в діапазоні 300÷800 Вт/(м²·К) згідно рекомендацій [6]).

$$F_B = \frac{1867 \cdot 10^3}{600 \cdot 33,3} = 93,4 \text{ м}^2.$$

Попередньо вибираємо стандартизований кожухотрубний теплообмінник з такими параметрами:

- діаметр кожуха $D = 800$ мм;
- теплообмінні труби $\varnothing 25 \times 2,5$ мм, довжиною $l = 3,0$ м;
- число ходів по трубах $z = 4$;
- загальна кількість труб 404 шт.;
- поверхня теплообміну $F = 95$ м²;
- площа перерізу одного ходу по трубах $s_{тр} = 0,011$ м².

Швидкість води технічної у трубах теплообмінника:

$$w_B = \frac{G_B}{\rho_B \cdot s_{тр}}, \quad (5)$$

де ρ_B – щільність води при усередненій температурі, кг/м³ [11].

$$w_B = \frac{G_B}{\rho_B \cdot s_{тр}} = \frac{8,1}{992 \cdot 0,011} = 0,74 \text{ м/с.}$$

Критерій Рейнольдса для теплоносія у трубах:

$$Re_B = \frac{w_B \cdot (d - 2s) \cdot \rho_B}{\mu_B}, \quad (6)$$

де d і s – діаметр і товщина стінки теплообмінних труб відповідно, м;

μ_B – динамічний коефіцієнт в'язкості води при усередненій

					ПОХНВ.Т.00.00.00 ПЗ	Лист
						19
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

температурі, Па·с [12].

$$Re_B = \frac{0,74 \cdot (25 - 2 \cdot 2,5) \cdot 10^{-3} \cdot 992}{0,6 \cdot 10^{-3}} = 24470$$

Критерій Прандтля для теплоносія у трубах:

$$Pr_B = \frac{c_g \cdot \mu_g}{\lambda_g}, \quad (7)$$

де λ_B – коефіцієнт теплопровідності води при усередненій температурі, Вт/(м·К) [11].

$$Pr_B = \frac{4,2 \cdot 10^3 \cdot 0,6 \cdot 10^{-3}}{0,65} = 3,88$$

Оскільки $Re > 10000$ – режим розвинений турбулентний. Тепловіддача при цьому режимі в прямих трубах і каналах описується критеріальним рівнянням [6]:

$$Nu_B = 0,021 \cdot \varepsilon_1 Re_B^{0,8} Pr_B^{0,43} \left(\frac{\mu_2}{\mu_{ст2}} \right)^{0,25} \quad (8)$$

де Nu_B – критерій Нуссельта, що характеризує інтенсивність переходу теплоти на кордоні стінка-потік холодного теплоносія;

ε_1 – поправочний коефіцієнт, що враховує вплив на коефіцієнт тепловіддачі відношення довжини труби до його діаметру;

$(\mu_2/\mu_{ст2})^{0,25}$ – множник, що враховує напрямок теплового потоку (відповідно до рекомендацій [6] при проектуванні теплообмінників в розрахунку коефіцієнтів тепловіддачі для рідин, що нагріваються, можна приймати $(\mu_2/\mu_{ст2})^{0,25}=1$, допускаючи невелику похибку в сторону зменшення коефіцієнта тепловіддачі, тобто в сторону запасу).

$$Nu_B = 0,021 \cdot 1 \cdot 24470^{0,8} \cdot 3,88^{0,43} \cdot 1 = 122$$

Коефіцієнт тепловіддачі від стінки потоку холодного теплоносія [6]:

$$\alpha_2 = \frac{Nu_B \cdot \lambda_B}{d - 2s}; \quad (9)$$

					ПОХНВ.Т.00.00.00 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		20

$$\alpha_2 = \frac{122 \cdot 0,65}{(25 - 2 \cdot 2,5) \cdot 10^{-3}} = 3965 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}).$$

Коефіцієнт тепловіддачі від потоку етанолу, що конденсується у міжтрубному просторі теплообмінника [6]:

$$\alpha_1 = 0,728 \cdot \varepsilon \cdot \varepsilon_t \cdot \sqrt[4]{\frac{\lambda_x^3 \rho_x^2 r_x' g}{\mu_x \Delta t d}} \quad (10)$$

де ε – коефіцієнт, що залежить від розташування труб в пучку та розрахункового числа труб у кожному вертикальному ряді;

ε_t – поправний коефіцієнт, що враховує залежність фізичних властивостей конденсату від температури;

λ_x – коефіцієнт теплопровідності конденсату, Вт/(м·К);

ρ_x – густина конденсату, кг/м³;

r_x' – сума теплоти конденсації і перегріву етанолу, Дж/кг. Оскільки етанол надходить в апарат при температурі конденсації, $r_x' = 840$ Дж/кг;

g – прискорення вільного падіння, м/с²;

μ_x – динамічний коефіцієнт в'язкості конденсату, Па·с;

Δt – різниця температур конденсату і поверхні стінки, К.

$$\alpha_1 = 0,728 \cdot 0,85 \cdot 1 \cdot \sqrt[4]{\frac{0,16^3 \cdot 740^2 \cdot 840 \cdot 9,81}{45,9 \cdot 10^{-6} \cdot 5 \cdot 25 \cdot 10^{-3}}} = 829 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}).$$

Коефіцієнт теплопередачі від потоку гарячого теплоносія (етанолу), який конденсується, через розділяючу стінку потоку холодного теплоносія (воді технічній):

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{s}{\lambda_{ст}} + \frac{1}{\alpha_2}}, \quad (11)$$

де $\lambda_{ст}$ – коефіцієнт теплопровідності матеріалу труб, Вт/(м·К).

$$K = \frac{1}{\frac{1}{829} + \frac{2,5 \cdot 10^{-3}}{46,5} + \frac{1}{3965}} = 661 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}),$$

					ПОХНВ.Т.00.00.00 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		21

2.2 Конструктивні розрахунки

Необхідна (фактична) поверхня теплообміну становить:

$$F_{\phi} = \frac{Q}{K \cdot \Delta t_{\text{сер}}}; \quad (12)$$

$$F_{\phi} = \frac{1867 \cdot 10^3}{661 \cdot 33,3} = 84,8 \text{ м}^2.$$

Остаточно приймаємо кожухотрубний конденсатор з такими характеристиками:

- діаметр кожуха $D = 800$ мм;
- теплообмінні труби $\varnothing 25 \times 2,5$ мм, довжиною $l = 3,0$ м;
- число ходів по трубах $z = 4$;
- загальна кількість труб 404 шт.;
- поверхня теплообміну $F = 95 \text{ м}^2$;
- площа перерізу одного ходу по трубах $s_{\text{тр}} = 0,011 \text{ м}^2$.

У такому разі коефіцієнт запасу поверхні теплообміну буде становити:

$$\chi = \left(1 - \frac{F_{\phi}}{F}\right) \cdot 100\%; \quad (13)$$

$$\chi = \left(1 - \frac{84,8}{95}\right) \cdot 100\% = 10,74\%$$

Отриманий запас поверхні знаходиться в межах допустимих значень, а саме 10–15 %.

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

$$d = \sqrt{\frac{4V}{\pi w}} = \sqrt{\frac{4G}{\pi \rho w}}, \quad (14)$$

де V і G – об'ємна і масова витрати рідини (пари) відповідно, $\text{м}^3/\text{с}$ і $\text{кг}/\text{с}$;

ρ – густина потоку середовища, $\text{кг}/\text{м}^3$;

w – швидкість витікання середовища, $\text{м}/\text{с}$.

					ПОХНВ.Т.00.00.00 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		22

Рекомендовані швидкості руху теплоносіїв [7]:

– для рідин 0,1–0,5 м/с при самопливі та 0,5–2,5 м/с в напірних трубопроводах;

– для пари і газів 5–15 м/с.

Діаметр штуцера для входу парів етанолу:

$$d_n = \sqrt{\frac{4 \cdot 8000 / 3600}{3,14 \cdot 3,5 \cdot 10}} = 0,285 \text{ м.}$$

Діаметр штуцера для виходу конденсату етанолу:

$$d_k = \sqrt{\frac{4 \cdot 8000 / 3600}{3,14 \cdot 738 \cdot 1,5}} = 0,05 \text{ м.}$$

Діаметр штуцера для входу води технічної:

$$d_{ex} = \sqrt{\frac{4 \cdot 8,1}{3,14 \cdot 998 \cdot 2}} = 0,072 \text{ м.}$$

Діаметр штуцера для виходу води технічної:

$$d_{eux} = \sqrt{\frac{4 \cdot 8,1}{3,14 \cdot 978 \cdot 2}} = 0,073 \text{ м.}$$

Приймаємо в проектуваному апараті наступні штуцера:

- для входу парів етанолу $D_y=300$ мм ($p_y=0,2$ МПа);
- для виходу конденсату етанолу $D_y=50$ мм ($p_y=0,2$ МПа);
- для входу води технічної $D_y=80$ мм ($p_y=0,2$ МПа);
- для виходу води технічної $D_y=80$ мм ($p_y=0,2$ МПа).

2.3 Гідрравлічний опір апарата

Розрахунок гідрравлічного опору теплообмінника виконано у відповідності до методики [10].

Повний гідрравлічний опір теплообмінника:

$$\Delta P = \Delta P_{mp} + \Delta P_m = \left(\lambda \frac{L}{d - 2s} + \sum \xi_m \right) \frac{w_g^2 \rho_g}{2} \quad (15)$$

де λ – коефіцієнт гідрравлічного тертя;

					ПОХНВ.Т.00.00.00 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		23

ξ_M – коефіцієнт місцевого опору.

Для ізотермічного турбулентного потоку в гідравлічно шорстких трубах:

$$\lambda = 0,11 \left(\frac{\Delta}{d - 2s} + \frac{68}{\text{Re}_B} \right)^{0,25} \quad (16)$$

де Δ – абсолютна шорсткість поверхні труби (для сталевих нових труб $\Delta=0,06-0,1$ мм, для сталевих труб, що були в експлуатації, з незначною корозією $\Delta=0,1-0,2$ мм), мм.

$$\lambda = 0,11 \left(\frac{0,1}{(25 - 2 \cdot 2,5) \cdot 10^{-3}} + \frac{68}{24470} \right)^{0,25} = 0,165$$

Сума коефіцієнтів місцевих опорів в апараті:

$$\sum \xi_m = 2\xi_1 + 2\xi_2 + \xi_3(z-1) \quad (17)$$

де ξ_i – коефіцієнти місцевих опорів (вхідна і вихідна камери $\xi_1=1,5$, вхід в труби і вихід з них $\xi_2=1$, поворот на 180° між ходами $\xi_3=2,5$).

$$\sum \xi_m = 2 \cdot 1,5 + 2 \cdot 1 + 2,5 \cdot (4 - 1) = 12,5$$

$$\Delta P = \left(0,165 \frac{3,0}{(25 - 2 \cdot 2,5) \cdot 10^{-3}} + 12,5 \right) \cdot \frac{0,74^2 \cdot 990}{2} = 10097 \text{ Па} \approx 10,1 \text{ кПа.}$$

2.4 Вибір допоміжного обладнання

Розрахунок і вибір холодильника X (див. схему на рис. 1.1).

Відповідно до технологічної схеми, частина сконденсованого етанолу у вигляді флегми повертається в колону, а друга його частина надходить у холодильник для охолодження.

Холодильник призначений для додаткового охолодження етанолу до 25°C .

Зважаючи на вищезазначене, теплове навантаження холодильника:

$$Q_x = G_x \cdot c_x \cdot (t_1 - t_2), \quad (18)$$

де c_x – питома теплоємність етанолу, $c_x = 2,46$ кДж/(кг·К) [11].

					ПОХНВ.Т.00.00.00 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		24

У розрахунках приймаємо, що 2/3 дистилляту повертається в ректифікаційну колону для зрошення її верхньої частини. Із цього випливає, що на охолодження в холодильник надходить $1/3 \cdot 8000 = 2667$ кг/год.

$$Q_x = \frac{2667}{3600} \cdot 2,46 \cdot (88 - 25) = 115 \text{ кВт.}$$

Розрахункова поверхня теплопередачі холодильника:

$$F_p = \frac{Q_x}{K \cdot \Delta t}, \quad (19)$$

де K – орієнтовне значення коефіцієнта теплопередачі холодильників, Вт/(м²·К) [6];

Δt – різниця між температурами конденсації етанолу (88°C) і охолоджуючої води із градирні (7°C).

$$F_p = \frac{115 \cdot 10^3}{60 \cdot (88 - 7)} = 23,7 \text{ м}^2.$$

Вибираємо стандартизований кожухотрубний холодильник з такими характеристиками: поверхня теплообміну $F = 31,0$ м², внутрішній діаметр кожуха $D = 400$ мм, довжина труб $L = 4000$ мм, сортамент труб $\text{Ø}25 \times 2$ мм, число ходів по трубах 2.

Розрахунок і вибір збірника рідкого етанолу E_2 (див. схему на рис. 1.1). Ємність для зберігання рідкого етанолу розраховуємо виходячи з 6–8 годинного резерву робочого часу і з урахуванням коефіцієнта заповнення $\psi = 0,8 \dots 0,85$. Приймаємо $\psi = 0,82$.

Розрахунковий об'єм ємності:

$$V_{\text{ср}} = \frac{G \cdot \tau}{\psi \cdot \rho}, \quad (20)$$

де G – загальна витрата конденсата, $G = 2667$ кг/год.;

τ – резерв робочого часу, $\tau = 7$ год.;

ρ – густина етанолу при температурі 25°C, $\rho = 780$ кг/м³.

$$V_{\text{ср}} = \frac{2667 \cdot 7}{0,82 \cdot 780} = 29,2 \text{ м}^3.$$

					ПОХНВ.Т.00.00.00 ПЗ	Лист
						25
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Задаємося діаметром ємності $D = 2,8$ м, тоді її висота буде дорівнювати:

$$H = \frac{V_{\text{єр}}}{0,785 \cdot D^2}; \quad (21)$$

$$H = \frac{29,2}{0,785 \cdot 2,8^2} = 4,75 \text{ м.}$$

					ПОХНВ.Т.00.00.00 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		26

3 Розрахунки апарата на міцність та герметичність

3.1 Визначення товщини стінки апарата, кришки [13]

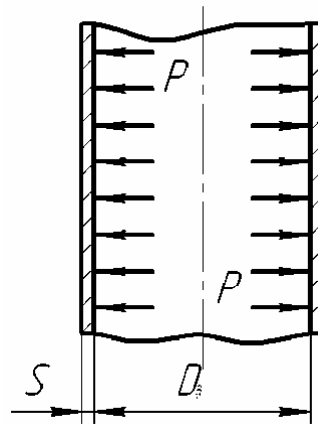


Рисунок 3.1 – Розрахункова схема циліндричної обичайки

Прийmemo коефіцієнт міцності зварних швів $\varphi = 0,9$ (ручне дугове електрозварювання), напруга для сталі 09Г2С при $t = 88\text{ }^\circ\text{C}$:

$$\sigma^* = 172,5 \text{ МПа}$$

Тиск, який створює етанол у міжтрубному просторі:

$$p_p = 0,2 \text{ МПа.}$$

Для листового матеріалу допустима напруга:

– на краю сполучених елементів

$$[\sigma] = \eta \cdot \sigma^* = 1,0 \cdot 172,5 = 172,5 \text{ МПа} \quad (22)$$

– при гідравлічних випробуваннях

$$[\sigma]_{\text{н}} = \frac{\sigma_{T20}}{1,1} = \frac{280}{1,1} = 254,5 \text{ МПа} \quad (23)$$

Допустима напруга для матеріалу 09Г2С при температурі $t=20^\circ\text{C}$:

$$[\sigma]_{20} = 170 \text{ МПа}$$

Пробний тиск при випробуваннях і при допустимій напрузі:

$$p_{\text{н}} = \max \left\{ \frac{1,25 \cdot p_p \cdot \frac{[\sigma]_{20}}{[\sigma]}}{p_p + 0,3} \right\}, \text{ МПа} \quad (24)$$

$$P_{\text{н}} = \max \left\{ \frac{1,25 \cdot 0,2 \cdot 170}{172,5} = 0,25 \right. \\ \left. 0,2 + 0,3 = 0,5 \right\} = 0,5 \text{ МПа.}$$

										Лист
										27
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	ПОХНВ.Т.00.00.00 ПЗ					

Прийmemo надбавку до розрахункової товщини за весь термін служби апарата (10 років) $c = 2,0$ мм.

Розрахункова товщина стінки кожуха при гідравлічних випробуваннях і при допустимій напрузі:

$$s_p = \max \left\{ \begin{array}{l} p_p \cdot D / (2 \cdot \varphi[\sigma] - p_p) \\ p_{II} \cdot D / (2 \cdot \varphi[\sigma]_{II} - p_{II}) \end{array} \right\} \quad (25)$$

$$S_p = \max \left\{ \begin{array}{l} \frac{0,2 \cdot 800}{2 \cdot 0,9 \cdot 172,5 - 0,2} = 0,52 \\ \frac{0,5 \cdot 800}{2 \cdot 0,9 \cdot 254,5 - 0,5} = 0,87 \end{array} \right\} = 0,87 \text{ мм.}$$

Виконавча товщина стінки кожуха:

$$s \geq s_p + c \quad (26)$$

$$S = 0,87 + 2 = 2,87 \text{ мм.}$$

Приймаємо стандартне значення товщини стінки кожуха $S = 4,0$ мм.

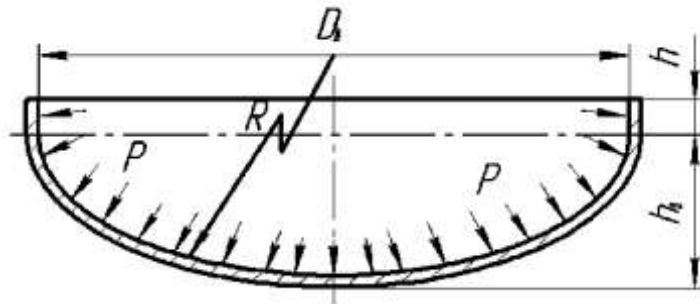


Рисунок 3.2 – Розрахункова схема еліптичного днища

Розрахункова товщина еліптичного днища:

$$S_p^E = \max \left\{ \begin{array}{l} \frac{P_p \cdot D}{2 \cdot \varphi \cdot [\sigma] - 0,5 \cdot P_p} \\ \frac{P_{II} \cdot D}{2 \cdot \varphi \cdot [\sigma]_{II} - 0,5 \cdot P_{II}} \end{array} \right\}, \quad (27)$$

$$S_p^E = \max \left\{ \begin{array}{l} \frac{0,2 \cdot 800}{2 \cdot 0,9 \cdot 172,5 - 0,5 \cdot 0,2} = 0,52 \\ \frac{0,5 \cdot 800}{2 \cdot 0,9 \cdot 254,5 - 0,5 \cdot 0,5} = 0,87 \text{ мм} \end{array} \right\} = 0,87 \text{ мм.}$$

Приймаємо також $S_E = 4,0$ мм.

					ПОХНВ.Т.00.00.00 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		28

3.2 Розрахунок опори апарата [13]

Знаходимо масу обичайки кожуха:

$$m_{\kappa} = \left[\frac{\pi \cdot (D + 2 \cdot S_{\text{ц}})^2}{4} - \frac{\pi \cdot D^2}{4} \right] \cdot H \cdot \rho, \quad (28)$$

де ρ – щільність сталі, $\rho = 7890$ кг/м³.

$$m_{\kappa} = \left[\frac{3,14 \cdot (0,8 + 2 \cdot 0,004)^2}{4} - \frac{3,14 \cdot 0,8^2}{4} \right] \cdot 3 \cdot 7890 = 239 \text{ кг.}$$

Маса еліптичного днища і кришки відповідно:

$$m_E = 1,24 \cdot D^2 \cdot S_E \cdot \rho, \quad (29)$$

$$m_{\text{Едн}} = m_{\text{Екр}} = 1,24 \cdot 0,8^2 \cdot 0,004 \cdot 7890 = 25 \text{ кг.}$$

Маса труб:

$$m_{\text{тр}} = \frac{\pi}{4} \cdot (d_n^2 - d_{\text{вн}}^2) \cdot H \cdot n \cdot \rho, \quad (30)$$

$$m_{\text{тр}} = \frac{3,14}{4} \cdot (0,025^2 - 0,02^2) \cdot 3 \cdot 404 \cdot 7890 = 1689 \text{ кг.}$$

Маса фланця з решіткою:

$$m_{\phi} = \frac{\pi \cdot D_{\phi}^2}{4} \cdot h_{\phi} \cdot \rho, \quad (31)$$

де D_{ϕ} – зовнішній діаметр фланця, м;

h_{ϕ} – висота фланця, м.

$$m_{\phi} = \frac{3,14 \cdot 0,945^2}{4} \cdot 0,09 \cdot 7890 = 498 \text{ кг.}$$

Об'єм міжтрубного простору:

$$V_{\text{мтр}} = f_{\text{мтр}} \cdot H, \quad (32)$$

$$V_{\text{мтр}} = 0,3 \cdot 3 = 0,9 \text{ м}^3.$$

При коефіцієнті заповнення $\varphi=0,5$ маса етанолу в апараті складе:

$$m_x = V_{\text{мтр}} \cdot \rho_x \cdot \varphi, \quad (33)$$

$$m_x = 0,9 \cdot 738 \cdot 0,5 = 332 \text{ кг.}$$

Сила тяжіння апарату в робочому стані:

$$G = g \cdot (m_{\kappa} + m_{\text{Едн}} + m_{\text{Екр}} + m_{\text{тр}} + m_{\phi} + m_x), \quad (34)$$

					ПОХНВ.Т.00.00.00 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		29

$$G = 9,81 \cdot (239 + 25 + 25 + 1689 + 498 + 332) = 27546 \text{ (Н)}.$$

Приймаємо кількість опор $n = 2$ шт.

Навантаження на одну опору буде становити:

$$Q = \frac{G}{n}, \quad (35)$$

$$Q = \frac{27546}{2} = 13773 \text{ (Н)}.$$

Остаточно приймаємо стандартну сідлову опору 160-432-2, яка має допустиме навантаження 160 кН і радіус $R=432$ мм (схема сідлової опори див. рис. 3.3).

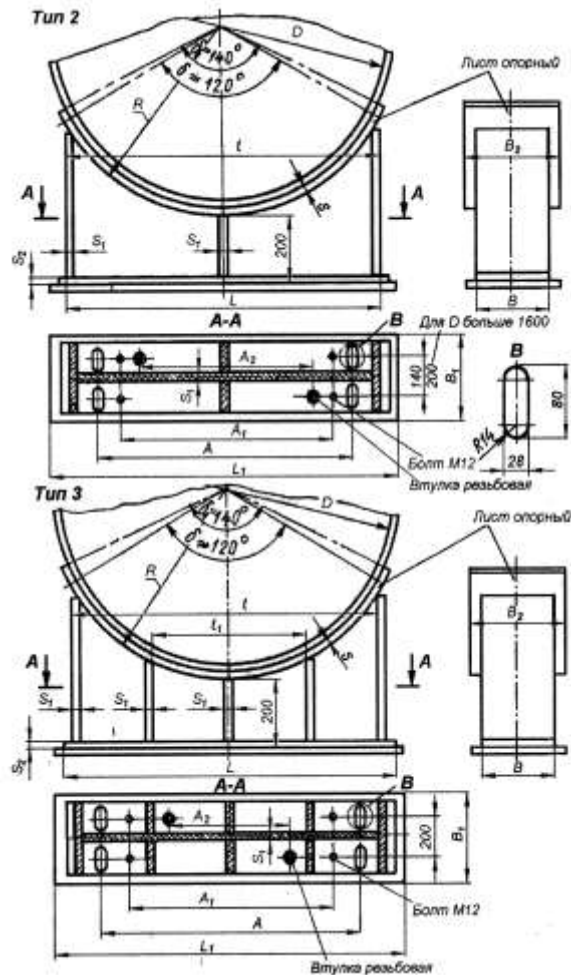


Рисунок 3.3 – Конструктивна схема сідлової опори

4 Монтаж та ремонт апарата

4.1 Монтаж розробленого апарата [14]

Найбільш раціональне розміщення обладнання, будівель, споруд, трубопроводів і комунікацій в просторі проектованого об'єкта досягається компонуванням, яке є відповідальним етапом проектування, що вимагає обліку і оптимізації численних факторів: технічних, економічних, надійності, безпеки тощо.

Під раціональним розміщенням устаткування, будівель і споруд мається на увазі така компоновка об'єкта, в якій при дотриманні вимог діючих норм і правил одночасно забезпечується:

1. Технологічна послідовність процесу виробництва;
2. Мінімально можлива протяжність усіх комунікацій;
3. Мінімально можливі габарити будівель і споруд, розміри виробничих площ і територій об'єкта в цілому;
4. Надійність, безпека та зручність експлуатації об'єкта;
5. Зручність проведення ремонтних робіт на об'єкті;
6. Максимальне блокування будівель і будівельно-монтажна технологічність зведення об'єкта.

Основою для компонування служать: технологічна схема, специфікація технологічного обладнання та технологічні завдання на розробку всіх суміжних частин проекту.

При проектуванні виробництв одним із найважливіших завдань є забезпечення транспортування речовин між окремими апаратами технологічної схеми. Вибір способу транспортування речовин і типу пристроїв залежить від фізико-хімічних властивостей і агрегатного стану середовища, що транспортується, від часу, протягом якого необхідно провести транспортування, від режиму роботи апаратів (періодичний, безперервний), а також від економічної доцільності. Велику роль при виборі

					ПОХНВ.Т.00.00.00 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		31

способу транспортування речовин відіграє забезпечення безпеки виробництва.

Трасування трубопроводів. У структурі з'єднань трубопроводів можна виділити два види з'єднань трубопроводів: просте – зв'язує тільки два апарати; і розгалужене – зв'язує три і більше апаратів, один із яких, як правило, – джерело, а решта – стоки або навпаки.

Слід дотримуватися певних правил трасування трубопроводів, а саме:

- вибір напрямків трасування трубопроводів повинен відповідати вимогам технологічної схеми і умов економічної доцільності;
- траси трубопроводів слід проектувати уздовж проходів всередині контейнерів блоків і доріг;
- у місцях прокладки трубопроводів слід передбачати можливість безперешкодного переміщення засобів пожежогасіння, а також підйомних механізмів і обладнання;
- трубопроводи слід проектувати з ухилом, що забезпечує можливо повне спорожнення їх в технологічну апаратуру або дренажні ємності.

Прийнята в проекті конструкція трубопроводу повинна забезпечувати:

- безпечну та надійну експлуатацію в межах нормативного терміну;
- ведення технологічного процесу відповідно до проектних параметрів;
- виробництво монтажних і ремонтних робіт індустріальним методом із застосуванням засобів механізації;
- захист трубопроводу від корозії, вторинних проявів блискавки і статичної електрики;
- запобігання утворенню крижаних, гідратних і інших пробок в трубопроводі;
- можливість нагляду за технічним станом трубопроводу;
- вибір діаметра трубопроводів повинен проводитися на підставі гідравлічного розрахунку і з урахуванням його продуктивності, а також в'язкості продукту, що транспортується.

Технологія монтажу кожухотрубчастих теплообмінників, зокрема конденсатора, залежить від їх місця і способу установки: вони можуть

					ПОХНВ.Т.00.00.00 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		32

встановлюватися на відкритому майданчику (на нульовій позначці); на постаменті (висотній металокопструкції) або в будівлі; горизонтально або вертикально.

Для горизонтальних теплообмінників, як у нашому випадку, розміщених на відкритому майданчику на нульовій позначці фундаменти виконують у вигляді двох залізобетонних стовпів з анкерними болтами під опори. Під теплообмінники, монтовані на висотних металокопструкціях і в будівлях, спеціальні фундаменти не влаштовують, а кріплять їх до металокопструкцій або балок перекриття будівель.

Горизонтальні теплообмінники при монтажі встановлюють на нерухому і рухому опори. Гайки на болтах не закручують повністю (залишають зазор 1–2 мм), щоб апарат міг вільно переміщуватись в горизонтальній площині. При установці коткових опор перевіряють рівномірність прилягання ковзанок до опорних поверхонь і їх перпендикулярність осі апарату. Горизонтальність апарату перевіряють за рівнем.

У деяких випадках при монтажі проводять контрольне розбирання (ревізію) кожухотрубчастих теплообмінників. При цьому перевіряють наявність прокладок, комплектність знімних деталей, правильність їх взаємного розташування.

Для виявлення дефектів в розвальцьовуванні і обварці трубок трубний пучок спресовують (при знятій розподільній камері і кришці) шляхом подачі води в міжтрубний простір. При цьому також оглядають корпус теплообмінника. Дефекти розвальцьовування або обварки усувають.

Горизонтальне обладнання монтують за допомогою одного або двох (спарених) кранів. Спосіб підйому і вантажопідйомність кранів вибирають в залежності від розміру і маси обладнання, висоти і конфігурації фундаменту або постаменту під обладнання, наявності розташованих поруч будівельних копструкцій та ін.

Горизонтальні апарати особливо великої маси і при підйомі на значну висоту часто монтують за допомогою двох кранів (рис. 4.1).

					ПОХНВ.Т.00.00.00 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		33

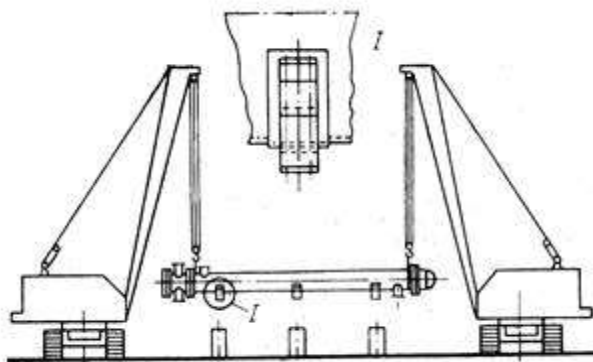


Рисунок 4.1 – Схема монтажу горизонтального теплообмінника за допомогою двох кранів

Монтаж починають з підйому апарату з вихідного горизонтального положення без відриву апарату від землі. На рис. 7 показані найбільш сприятливі умови роботи кранів при монтажі апаратів. Коли установка одного з кранів із зовнішньої сторони фундаментів неможлива, монтаж апаратів виробляють тільки маневруванням стріли крана. У тих випадках, коли при підйомі апаратів неможливо розташувати крани із зовнішньої сторони фундаментів і проїхати між фундаментами, збільшують виліт стріли кранів або переміщують крани з піднятим апаратом в межах їх вантажної характеристики.

4.2 Ремонт апарата [14]

Теплообмінники з трубною системою мають підвищену надійність, що дозволяє їм функціонувати без збоїв протягом довгих років. Але не варто забувати, що планове технічне обслуговування просто необхідне для профілактики поломок. Циркулюючий теплоносій з часом засмічує тонкі стінки трубок, осідаючи на них і перешкоджаючи вільному потоку. Уникнути передчасного виходу обладнання із ладу і зберегти енергоефективність дозволить регулярне чищення трубок. Завдяки систематичному промиванню можливо довгострокове підтримання робочих параметрів у нормі. Безпосередньо ж ремонт кожухотрубних теплообмінників, у більшості випадків, необхідний лише у разі надмірного зносу обладнання.

					ПОХНВ.Т.00.00.00 ПЗ	Лист
						34
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Найбільш поширеними дефектами поламаних теплообмінників є:

1) Виривання трубок з трубних дощок. Дана проблема зазвичай виникає через нерівномірне розширення трубок та корпусу. Варіанти вирішення:

- зачистка місця розриву і обварки трубки заново;
- висвердлювання трубки і установка нової трубки;
- зачистка і заварювання (заглушка) трубки.



Рисунок 4.2 – Кожухотрубний теплообмінник з вирваними трубками

Якщо встановлюються заглушки на дефектні трубки, необхідно враховувати, що опір даної траси зростає, а також трохи погіршується теплообмін. Зазвичай теплообмінники розраховують таким чином, щоб без сильного впливу на технологічний процес можна було загнушити до 10 % трубок. У кожному разі це питання треба вивчати окремо.

2) Наскрізна корозія трубок. Дана проблема зазвичай виникає або через тривалість використання теплообмінника і безпосередній корозії, або при невірно підбраному матеріалі трубчатки. Варіанти вирішення:

- висвердлювання трубки і установка нової трубки;
- зачистка і заварювання (заглушка) трубки.



Рисунок 4.3 – Кожухотрубний теплообмінник з корозією трубок

Також, як і в описаному вище випадку, при встановленні заглушок необхідно дотримати вимоги з урахуванням збільшеного опору. Із огляду на причини виникнення наскрізної корозії, можна припустити, що з великою ймовірністю, найближчим часом можуть почати виходити з ладу такі трубки.

Нерідко при виникненні наскрізної корозії найбільш ефективним шляхом є просто заміна трубного пучка (виготовлення нового трубного пучка). Це особливо актуально, якщо повторний дефект виник швидко після першої поломки.

3) Наскрізна корозія корпусу або камер. Дана проблема, також як і наскрізна корозія трубок, зазвичай виникає або через тривалість використання теплообмінника і безпосередній корозії, або при невірно підбраному матеріалі трубок. Варіанти вирішення:

- підварювання або установка заплатки;
- виготовлення нової камери (корпусу).

4) Засмічення по трубках або по міжтрубному просторі. Ця проблема може виникнути в тому випадку, якщо один з теплоносіїв НЕ фільтрується належним чином, або якщо відбувається поява природного нагару (при роботі з вихлопними газами).

Варіанти вирішення:

- механічне очищення;
- хімічне очищення.

У тому випадку, якщо засмічення відбувається через відсутність належної фільтрації середовищ, рекомендується установка необхідних фільтрів. У тому випадку, якщо відбувається поява нагару, швидше за все, це обумовлено технологічними моментами. У такому випадку треба визначати, коли відбувається чергове засмічення теплообмінника (вимірювання температури або протитиску) і чистити його.

Подібні роботи слід проводити на місці експлуатації. У разі необхідності фахівці повинні виїхати на місце і провести цю роботу, але в більшості випадків ці операції виробляє експлуатаційний персонал.

5) Покриття вапном (накипом) або іншими відкладеннями міжтрубного простору або самих трубок. Ця проблема може виникнути в тому випадку, якщо один з теплоносіїв є рідина (вода) з невідповідним для даного процесу хімічним складом (наприклад, надмірно мінералізована). Варіанти вирішення: очистка за допомогою спеціальних хімічних засобів.

У разі появи великого шару мінеральних відкладень (накипу) хімічне очищення може бути неефективним. У такому випадку трубний пучок не підлягатиме ремонту і буде необхідно виготовити новий трубний пучок.

Дефектні штуцера і трубні решітки при досягненні максимальних величин зносу і прогину замінюються.

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

За допомогою кольорової дефектоскопії визначають протяжність і положення кінців тріщин, виявлених в корпусі. Ці кінці до заварки засвердлюють свердлами діаметром 3–4 мм. Некрізні тріщини глибиною не більше 0,4 товщини стінки розправляються під заварку односторонньою вирубкою на максимальну глибину тріщини зі зняттям крайок під кутом 50–60°. При тріщині понад 100 мм зварювання проводять оберненоступеневим

					ПОХНВ.Т.00.00.00 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		37

методом. Наскрізні і нескрізні тріщини глибиною більше 0,4 товщини стінки обробляють на всю товщину вирубкою зубилом або газорізкою. При появі гніздових тріщин пошкоджені місця вирізають і закривають латками без гострих кутів. Латки вваривать в рівень з основним металом. Площа латки не повинна перевищувати площі листа апарату.

Надійність ліквідації поверхневих дефектів контролюють магнітною або ультразвуковою дефектоскопією. Допускається глибина пошкодження в межах 10–20 % товщини стінки в залежності від розмірів ушкодження.

Усі поверхні ущільнювачів слід контролювати магнітною або ультразвуковою дефектоскопією на відсутність тріщин. Після ремонту конденсатора його піддають гідравлічним або пневматичним випробуванням.

					ПОХНВ.Т.00.00.00 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		38

5 Охорона праці

Відповідальність власника за невиконання нормативних вимог охорони праці [15–18]

Кодекс законів про працю України та Закон України «Про охорону праці» встановлюють ряд вимог щодо забезпечення безпечних та сприятливих умов праці. Згідно вищезазначеного законодавства дані вимоги мають виконуватися у повному обсязі, а з метою захисту працівників, за порушення умов охорони праці було встановлено відповідальність.

Відповідно до ст. 49 Закону України „Про охорону праці" за порушення законодавчих та інших нормативних актів про охорону праці, створення перешкод для діяльності посадових осіб органів державного нагляду за охороною праці і представників професійних спілок винні працівники притягаються до дисциплінарної, адміністративної, матеріальної, кримінальної відповідальності згідно із законодавством [16].

Юрособи, незалежно від форми власності, і фізособи, які використовують найману працю, за невиконання вимог, передбачених ч. 3 і 4 ст. 19 Закону про охорону праці, притягуються до відповідальності у вигляді штрафу (ст. 43 Закону про охорону праці).

Які вимоги висувають положення ч. 3 і 4 ст. 19 Закону про охорону праці?

Ідеться про обов'язковий мінімальний розмір витрат на ОП. Так, підприємства, незалежно від форми власності, або фізособи, які відповідно до законодавства використовують найману працю, повинні витратити на ОП не менше 0,5 % від фонду оплати праці за попередній рік. Якщо ми говоримо про бюджетників, то суми таких витрат у них встановлюються в колективному договорі з урахуванням фінансових можливостей.

При цьому витрати на ОП визначаються за правилами податкового та бухгалтерського обліку. Їх розмір встановлюється за період, що дорівнює календарному року (з 1 січня по 31 грудня). Показники фонду оплати праці

					ПОХНВ.Т.00.00.00 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		39

«трудові» перевіряючі зможуть дізнатися із статзвітності, зокрема, з форми № 1-ПВ (квартальна) «Звіт з праці». Показники ж понесених витрат на ОП підприємство може підтвердити первинними документами на оплату відповідних заходів або придбання засобів з ОП.

Не виконали норматив? Штраф за це порушення становить 25 % різниці між розрахунковою мінімальною сумою витрат на ОП у звітному періоді та фактичною сумою таких витрат за той самий період. Проте

максимальний розмір стягнення не може перевищувати 5 % середньомісячного фонду заробітної плати за попередній рік

Крім того, за несплату або несвоєчасну сплату штрафу передбачено нарахування пені з розрахунку 120 % річних облікової ставки НБУ*, що діяла в період такої несплати, за кожен день прострочення. Виходить, якщо за час існування заборгованості облікова ставка НБУ зміниться, розрахунок пені необхідно буде робити частинами. При цьому потрібно виділити кількість днів, коли діяла кожна з облікових ставок НБУ.

Звернемо увагу: Законом про охорону праці встановлено тільки мінімальну межу витрат на ОП. Її конкретний розмір за погодженням із трудовим колективом (в особі профспілки або іншого представника) необхідно закріпити в колективному договорі. Якщо ж договір не укладено - передбачити в положенні про ОП.

Не зайвим буде й застереження про те, що визначена таким чином сума спрямовується на фінансування заходів з ОП, що здійснюються протягом календарного року, згідно з Переліком № 994. За бажанням можна також конкретизувати періодичність виділення коштів для фінансування заходів з ОП (оптимальний варіант - щомісячно) або інший порядок їх виділення (наприклад, з ініціативи профспілки).

Варто відмітити штрафи, передбачені ст. 265 КЗпП. Зокрема, за порушення інших вимог трудового законодавства, крім передбачених абзацами другим - сьомим ч. 2 ст. 265 КЗпП. А саме: штраф у розмірі 1 мінімальної заробітної плати.

					ПОХНВ.Т.00.00.00 ПЗ	Лист
						40
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Крім штрафів, до адміністративно-господарських санкцій також можна віднести заборони або обмеження:

- 1) експлуатації підприємств, окремих виробництв, цехів, діляниць, робочих місць, будівель, споруд, приміщень;
- 2) випуску та експлуатації машин, механізмів, устаткування, транспортних та інших засобів праці;
- 3) виконання певних робіт;
- 4) застосування нових небезпечних речовин;
- 5) реалізації продукції.

Перелічені вище санкції можуть запроваджуватися за результатами перевірки Держпраці і діяти до їх скасування. Підставою для припинення заборон є результати перевірки з приводу усунення госпсуб'єктом виявлених раніше порушень.

Крім того, згідно зі ст. 21 Закону про охорону праці порушення вимог нормативно-правових актів з ОП може потягнути за собою анулювання виданих раніше дозволів (Держпраці видає дозволи на виконання робіт підвищеної небезпеки та на експлуатацію (застосування) машин, механізмів, устаткування підвищеної небезпеки згідно з Порядком, затвердженим постановою КМУ від 26.10.2011 р. № 1107).

Далі поговоримо про санкції, що застосовуються до фізичних осіб, винних у порушенні правил ОП.

Посадові особи та інші працівники підприємств, а також фізособи-підприємці можуть притягуватися до адміністративної відповідальності згідно з КУпАП. Які адмінштрафи загрожують за порушення у сфері ОП, можна дізнатися з табл. 5.1.

Штрафи, передбачені ч. 5 (крім порушень санітарних норм) і ч. 6 ст. 41, ст. 93, 94 і 1884 КУпАП, застосовують органи Держпраці. Від їх імені розглядати справи про адмінправопорушення у сфері ОП і накладати стягнення уповноважені (ст. 231 КУпАП):

					ПОХНВ.Т.00.00.00 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		41

Таблиця 5.1 – Адмінштрафи за порушення вимог законодавства з ОП

№ з/п	Вид порушення	Особи, які притягуються до відповідальності	Санкція за порушення	Нормативний акт
1	Порушення строків проведення атестації робочих місць за умовами праці та порядку її проведення	Посадові особи підприємств, установ, організацій та громадяни — суб'єкти підприємницької діяльності	Штраф у розмірі від 30 до 100 неоподатковуваних мінімумів доходів громадян (далі — нмдг) (від 510 до 1700 грн.)	Ч. 1 ст. 41 КУпАП
2	Повторне вчинення порушення, зазначеного в п. 1 цієї таблиці, особою, яка протягом року притягувалася до адміністративної відповідальності за ті самі дії	Посадові особи підприємств, установ, організацій та громадяни — суб'єкти підприємницької діяльності	Штраф у розмірі від 100 до 300 нмдг (від 1700 до 5100 грн.)	Ч. 2 ст. 41 КУпАП
3	Порушення вимог законодавчих та інших нормативних актів про ОП	Працівники	Штраф у розмірі від 4 до 10 нмдг (від 68 до 170 грн.)	Ч. 5 ст. 41 КУпАП
		Посадові особи підприємств, установ, організацій та громадяни — суб'єкти підприємницької діяльності	Штраф у розмірі від 20 до 40 нмдг (від 340 до 680 грн.)	
4	Порушення встановленого порядку повідомлення (надання інформації) Держпраці* про нещасний випадок на виробництві	Посадові особи підприємств, установ, організацій і фізичні особи, які використовують найману працю	Штраф у розмірі від 20 до 50 нмдг (від 340 до 850 грн.)	Ч. 6 ст. 41 КУпАП
<i>*таке повідомлення здійснюється через територіальні органи Держпраці.</i>				
5	Порушення вимог законодавчих та інших нормативних актів з безпечного ведення робіт у галузях промисловості та на об'єктах, підконтрольних Держпраці	Працівники	Штраф у розмірі від 4 до 10 нмдг (від 68 до 170 грн.)	Ст. 93 КУпАП
		Посадові особи підприємств, установ, організацій	Штраф у розмірі від 20 до 40 нмдг (від 340 до 680 грн.)	
6	Порушення вимог законодавчих та інших нормативних актів про зберігання, використання та облік вибухових матеріалів у галузях промисловості та на об'єктах, підконтрольних Держпраці	Працівники	Штраф у розмірі від 4 до 10 нмдг (від 68 до 170 грн.)	Ст. 94 КУпАП
		Посадові особи підприємств, установ, організацій	Штраф у розмірі від 30 до 100 нмдг (від 510 до 1700 грн.)	
7	Невиконання законних вимог посадових осіб Держпраці про усунення порушень законодавства про ОП або створення перешкод для діяльності цього органу	Працівники	Штраф у розмірі від 6 до 10 нмдг (від 102 до 170 грн.)	Ст. 188⁴ КУпАП
		Посадові особи	Штраф у розмірі від 30 до 100 нмдг (від 510 до 1700 грн.)	
8	Несвоєчасне інформування Фонду соціального страхування України про нещасні випадки, що сталися на виробництві, та профзахворювання, зміни технології робіт або виду діяльності	Посадові особи підприємств, установ та організацій, а також фізичні особи, які використовують найману працю	Штраф у розмірі від 8 до 15 нмдг (від 136 до 255 грн.)	Ч. 1 ст. 165⁴ КУпАП
9	Повторне вчинення особою, яка протягом року притягувалася до адміністративної відповідальності, будь-якого з порушень, зазначених у п. 8 цієї таблиці		Штраф у розмірі від 10 до 20 нмдг (від 170 до 340 грн.)	Ч. 2 ст. 165⁴ КУпАП

1) за адміністративні правопорушення, передбачені ч. 5 (крім порушень санітарних норм) і ч. 6 ст. 41, ст. 93 КУпАП:

— державні інспектори — штраф до 25 нмдг (до 425 грн.);

— головні державні інспектори, начальники інспекцій Держпраці та їх заступники — штраф до 30 нмдг (до 510 грн.);

					ПОХНВ. Т.00.00.00 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		42

— начальники управлінь і відділів Держпраці та їх заступники — штраф до 40 нмдг (до 680 грн.);

— керівник Держпраці та його заступники — штраф до 50 нмдг (до 850 грн.);

2) за адміністративні правопорушення, передбачені ст. 94 і 1884 КУпАП:

— державні інспектори — штраф до 35 нмдг (до 595 грн.);

— головні державні інспектори, начальники інспекцій Держпраці та їх заступники — штраф до 55 нмдг (до 935 грн.);

— начальники управлінь і відділів Держпраці та їх заступники — штраф до 65 нмдг (до 1105 грн.);

— керівник Держпраці та його заступники — штраф до 100 нмдг (до 1700 грн.).

Із порушеннями санітарних норм у межах ч. 5 ст. 41 КУпАП усе не так просто. Раніше це була сфера впливу СЕС. Однак система «наглядачів» за санітарним законодавством на сьогодні реформується. СЕС знаходиться у процесі ліквідації, а КУпАП під останні зміни не модернізували. Тому притягнути порушника до відповідальності за ч. 5 ст. 41 КУпАП достатньо проблематично.

Якщо ми говоримо про правопорушення, передбачені ч. 1 і 2 ст. 41 КУпАП, то право складати адмінпротоколи щодо них належить Держпраці та посадовим особам, уповноваженим виконками сільських, селищних або міськрад. А от розглядають подібні справи районні, районні в місті, міські або міськрайонні суди.

Згідно зі ст. 24410 КУпАП штрафи за порушення, передбачені ст. 1654 цього Кодексу, накладають органи Фонду соціального страхування України. Від його імені розглядати справи про адмінправопорушення і накладати санкції мають право керівник виконавчої дирекції Фонду, його заступники, керівники робочих органів виконавчої дирекції Фонду та їх заступники.

					ПОХНВ.Т.00.00.00 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		43

Нагадаємо, що згідно зі ст. 38 КУпАП за загальним правилом строк давності для притягнення до адміністративної відповідальності становить 2 місяці з дня виявлення порушення контролюючим органом, якщо порушення є триваючим, а якщо порушення на момент його виявлення вже припинилося — 2 місяці з дня вчинення.

Проте якщо санкції накладають суди (як у випадку із штрафами на підставі ч. 1 і 2 ст. 41 КУпАП), то строки давності інші. Щодо триваючих правопорушень вони становлять 3 місяці з дня виявлення, а щодо тих, які припинилися на момент виявлення, - 3 місяці з дня вчинення.

Адміністративні штрафи, які ми розглядаємо, необхідно сплатити протягом 15 днів з дня вручення постанови правопорушнику. Якщо він оскаржить цю постанову, то штраф слід сплатити не пізніше ніж через 15 днів з дня повідомлення такої особи про те, що подана нею скарга була залишена без задоволення (ст. 307 КУпАП).

Згідно зі ст. 308 КУпАП у разі несплати правопорушником штрафу в зазначені вище строки відповідна постанова надсилається для примусового виконання органу державної виконавчої служби за місцем проживання порушника, його роботи або місцезнаходженням майна.

Врахуйте: у такому разі з порушника стягується подвійний розмір штрафу.

Постанова про накладення адмінштрафу, яка не була звернена до виконання протягом 3 місяців з дня її винесення, втрачає свою юридичну силу.

І насамкінець розглянемо найбільш суворий вид відповідальності у сфері ОП.

Як уже зазначалося вище, за окремі порушення законодавства у сфері ОП фізичні особи, які допустили їх, можуть бути притягнені до кримінальної відповідальності. Перелічимо основні порушення у сфері ОП, за які передбачено кримінальне покарання, у табл. 5.2.

					ПОХНВ.Т.00.00.00 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		44

Таблиця 5.2 – Кримінальна відповідальність за порушення у сфері ОП

№ з/п	Вид порушення	Санкція за порушення	Нормативний акт
1	Порушення вимог законодавчих та інших нормативно-правових актів про ОП посадовою особою підприємства, установи, організації або громадянином — суб'єктом підприємницької діяльності, якщо це порушення заподіяло шкоду здоров'ю потерпілого	Штраф від 100 до 200 нмдг (від 1700 до 3400 грн.) або виправні роботи на строк до 2 років, або обмеження волі на строк до 2 років	<u>Ч. 1 ст. 271 ККУ</u>
2	Вчинення дій, зазначених у п. 1 цієї таблиці, якщо вони спричинили загибель людей або інші тяжкі наслідки	Виправні роботи на строк до 2 років або обмеження волі на строк до 5 років, або позбавлення волі на строк до 7 років з позбавленням права обіймати певні посади чи займатися певною діяльністю на строк до 2 років або без такого	<u>Ч. 2 ст. 271 ККУ</u>
3	Порушення правил безпеки під час виконання робіт з підвищеною небезпечкою на виробництві або будь-якому підприємстві особою, яка зобов'язана їх дотримуватися, якщо це порушення створило загрозу загибелі людей чи настання інших тяжких наслідків або заподіяло шкоду здоров'ю потерпілого	Штраф від 100 до 200 нмдг (від 1700 до 3400 грн.) або виправні роботи на строк до 2 років, або обмеження волі на строк до 3 років з позбавленням права обіймати певні посади чи займатися певною діяльністю на строк до 3 років або без такого	<u>Ч. 1 ст. 272 ККУ</u>
4	Вчинення дій, зазначених у п. 3 цієї таблиці, якщо вони спричинили загибель людей або інші тяжкі наслідки	Обмеження волі на строк до 5 років або позбавлення волі на строк до 8 років з позбавленням права обіймати певні посади чи займатися певною діяльністю на строк до 3 років	<u>Ч. 2 ст. 272 ККУ</u>
5	Порушення правил безпеки на вибухонебезпечних підприємствах або у вибухонебезпечних цехах особою, яка зобов'язана їх дотримуватися, якщо це порушення створило загрозу загибелі людей чи настання інших тяжких наслідків або заподіяло шкоду здоров'ю потерпілого	Виправні роботи на строк до 2 років або обмеження волі на строк до 3 років, або позбавлення волі на строк до 3 років з позбавленням права обіймати певні посади чи займатися певною діяльністю на строк до 3 років або без такого	<u>Ч. 1 ст. 273 ККУ</u>
6	Вчинення дій, зазначених у п. 5 цієї таблиці, якщо вони спричинили загибель людей або інші тяжкі наслідки	Обмеження волі на строк до 5 років або позбавлення волі на строк від 2 до 10 років з позбавленням права обіймати певні посади або займатися певною діяльністю на строк до 3 років	<u>Ч. 2 ст. 273 ККУ</u>
7	Порушення на виробництві правил ядерної або радіаційної безпеки особою, яка зобов'язана їх дотримуватися, якщо таке порушення створило загрозу загибелі людей чи настання інших тяжких наслідків або заподіяло шкоду здоров'ю потерпілого	Обмеження волі на строк до 4 років або позбавлення волі на той же строк з позбавленням права обіймати певні посади чи займатися певною діяльністю на строк до 3 років	<u>Ч. 1 ст. 274 ККУ</u>
8	Дії, зазначені в п. 7 цієї таблиці, якщо вони призвели до загибелі людей або інших тяжких наслідків	Позбавлення волі на строк від 3 до 12 років з позбавленням права обіймати певні посади або займатися певною діяльністю на строк до 3 років	<u>Ч. 2 ст. 274 ККУ</u>
9	Порушення під час розроблення, конструювання, виготовлення чи зберігання промислової продукції правил, що стосуються безпечного її використання, а також порушення під час проектування чи будівництва правил, що стосуються безпечної експлуатації будівель і споруд, особою, яка зобов'язана дотримуватися цих правил, якщо таке порушення створило загрозу загибелі людей чи настання інших тяжких наслідків або заподіяло шкоду здоров'ю потерпілого	Штраф від 100 до 200 нмдг (від 1700 до 3400 грн.) або виправні роботи на строк до 2 років, або обмеження волі на строк до 3 років з позбавленням права обіймати певні посади чи займатися певною діяльністю на строк до 2 років або без такого	<u>Ч. 1 ст. 275 ККУ</u>
10	Вчинення дій, зазначених у п. 9 цієї таблиці, якщо вони спричинили загибель людей або інші тяжкі наслідки	Виправні роботи на строк до 2 років або обмеження волі на строк до 5 років, або позбавлення волі на строк від 2 до 5 років з позбавленням права обіймати певні посади чи займатися певною діяльністю на строк до 3 років	<u>Ч. 2 ст. 275 ККУ</u>

Відповідно до положень ст. 216 Кримінального процесуального кодексу України досудове розслідування у справах, порушених за зазначеними в табл. 12.2 статтями ККУ, здійснюється слідчими органів Національної поліції [17].

Людський фактор у настанні нещасних випадків теж не потрібно скидати з рахунків. Адже у відповідності до вимог статті 14 Закону України «Про охорону праці» наймані працівники зобов'язані дбати про свою особисту безпеку і здоров'я, а також про безпеку і здоров'я оточуючих людей в процесі виконання будь-яких робіт чи під час перебування на території підприємства. Якщо робітник сам не буде дбати про себе, то всі зусилля в цьому напрямі з боку роботодавця будуть марними. Не поодинокі випадки, коли робітники виконують виробничі завдання в стані алкогольного сп'яніння. При виявленні роботодавцями таких випадків необхідно негайно приймати заходи по відстороненню від роботи працівників, які знаходяться в стані алкогольного сп'яніння, а не чекати коли трапиться лихо.

Займатися профілактикою виробничого травматизму і профзахворювань необхідно щодня. Однак, часто роботодавці звертають увагу на умови праці лише після того, як з їхніми працівниками стається біда, це означає, що не виконується основний принцип державної політики в галузі охорони праці – пріоритету життя і здоров'я працівників, повної відповідальності роботодавця за створення належних, безпечних і здорових умов праці. Забезпечити виконання вимог правил безпеки, нормативних актів з охорони праці та директивних документів можливо лише за умови, коли власник перш за все вболіває за стан виробничої безпеки, і нікому не дозволяє нехтувати ними [18].

					ПОХНВ.Т.00.00.00 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		46

Список литературы

1. Маньковский О. Н. Теплообменная аппаратура химических производств: Инженерные методы расчета / О. Н. Маньковский, А. Р. Толчинский, М. В. Александров. – Ленинград : Химия, 1976. – 368 с.
2. Таубман Е. И. Контактные теплообменники / Е. И. Таубман [и др.]. – Москва : Химия, 1987. – 256 с.
3. Плановский А. Н. Процессы и аппараты химической и нефтяной технологии / А. Н. Плановский, П. И. Николаев. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Химия, 1972. – 494 с.
4. Касаткин А. Г. Основные процессы и аппараты химической технологии / А. Г. Касаткин. – М. : Химия, 1973. – 752 с.
5. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи бакалавра / укладачі: Р. О. Острога, М. С. Скиданенко, Я. Е. Михайловський, А. В. Іванія. – Суми : Сумський державний університет, 2019. – 32 с.
6. Павлов К. Ф. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии : Учебное пособие для вузов / К. Ф. Павлов, П. Г. Романков, А. А. Носков. – 10-е изд., перераб. и доп. – Л. : Химия, 1987. – 576 с.
7. Основные процессы и аппараты химической технологии : Пособие по проектированию / Под ред. Дытнерского Ю. И. – М. : Химия, 1983. – 272 с.
8. Лашинский А. А. Основы конструирования и расчета химической аппаратуры / А. А. Лашинский, А. Р. Толчинский. – Л. : Машиностроение, 1970. – 752 с.
9. Лашинский А. А. Конструирование сварных химических аппаратов : Справочник / А. А. Лашинский. – Л. : Машиностроение, 1981. – 382 с.

					ПОХНВ.Т.00.00.00 ПЗ	Лист
						47
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

10. Марочник сталей и сплавов / В. Г. Сорокин, А. В. Волосникова, С. А. Вяткин [и др.]. – Под общ. ред. Сорокина В. Г. – М. : Машиностроение, 1989. – 640 с.

11. Врагов А. П. Матеріали до розрахунків процесів та обладнання хімічних і газонафтопереробних виробництв: Навчальний посібник / А. П. Врагов, Я. Е. Михайловський, С. І. Якушко. – За ред. А. П. Врагова. – Суми : Вид-во СумДУ, 2008. – 170 с.

12. Машины и аппараты химических производств. Примеры и задачи / Под общ. ред. В. Н. Соколова. – Л. : Машиностроение, 1982. – 384 с.

13. Расчет и конструирование машин и аппаратов химических производств. Примеры и задачи : Учеб. пособие для студентов вузов / М. Ф. Михалев, Н. П. Третьяков, А. И. Мильченко [и др.]. – Под общ. ред. Михалева М. Ф. – Л. : Машиностроение, 1984. – 301 с.

14. Фарамазов С. А. Ремонт и монтаж оборудования химических и нефтеперерабатывающих заводов / С. А. Фарамазов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Химия, 1980. – 312 с.

15. Охрана труда в машиностроении : Учебн. для машиностр. вузов / Под ред. Юдина Е. Я., Белова С. В. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 1983. – 432 с.

16. Відповідальність за порушення законодавства про охорону праці [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.yarlan.com.ua/asklawyer/163-maksim-semenovich>.

17. Відповідальність за порушення законодавства у сфері охорони праці [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://i.factor.ua/ukr/journals/nibu/2017/may/issue-40/article-27421.html>.

18. Безпечні умови праці – це життя та здоров'я працівників [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.fssu.gov.ua/fse/control/khr/uk/publish/printable_article/94366;jsessionid=F992523D5E3BEF0E95ECC6EFFEC68EDF.

					ПОХНВ.Т.00.00.00 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		48