

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ШОСТКИНСЬКИЙ ІНСТИТУТ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Кафедра: Хімічної технології високомолекулярних сполук

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВР
зі спеціальності 6.133: Галузеве машинобудування

Тема роботи: Виробництво піроксилінового пороху. Дефлегматор спиртової колони виробництва технічного етеру потужністю по спирту 2000 кг/добу.

Виконав студент

Лушницький М.В.

Залікова книжка:

№ _____

Захищений з оцінкою:

Керівник проекту

Банишевський В.В.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ШОСТКИНСЬКИЙ ІНСТИТУТ
СУМСЬКОГО ДЕРЖАВНОГО УНІВЕРСИТЕТУ

Спеціальність: Галузеве машинобудування

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Зав. Кафедрою

«__» _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВР

Студенту: Лушницький М.В.

група ХМ-81ш курс IV

1. **Тема роботи:** «Виробництво піроксилінового порошу. Дефлегматор спиртової колони виробництва технічного етеру потужністю по спирту 2000 кг/добу.»
2. **Вихідні дані:** Продуктивність 2000 кг/добу по спирту, температура кипіння спирту 77°C, теплоносій для охолодження – вода.
3. Перелік обов'язкового графічного матеріалу (листи А1)
 - 3.1 Загальний вигляд 1xA1;
 - 3.2 Технологічна схема 1xA1;
 - 3.3 Складальні креслення 1,5xA1.
4. Література та матеріали, які рекомендуються: Расчет и конструирование машин и аппаратов химических производств: Примеры и задачи: Учеб. пособие для студентов / М.Ф. Михайлев, Н.П. Третьяков, А.И. Мильченко, В.В. Зобнин; Под общ. ред. М.Ф. Михайлева. Л.: Машиностроение, Ленинградские, 1984. - 301 с., ил.
5. Контрольні терміни виконання: травень

Етап і розділи комплексного курсового проекту	Т И Ж Д Е Н Ь					
	1, 2	3, 4, 5, 6	7, 8, 9	10, 11, 12, 13	14	15
1 Опис схеми, апарата	х х					
2 Технологічна частина		х х х х				
3 Розрахунки на міцність, герметичність та стійкість			х х х			
4 Розробка креслень				х х х х		
5 Оформлення записки					х	
6 Захист проекту						х

6. Дата видачі завдання Березень 2022 р

7. Термін захисту курсової роботи Червень 2022р.

Керівник комплексної курсової роботи Банишевський В.В.

Реферат

Пояснювальна записка: 57 с, 2 рисунки, 2 таблиці, 14 літературних джерел. Графічні матеріали: складальне креслення апарата, технологічна схема, креслення складальних одиниць листів 3,5 формату А1.

Тема: Виробництво піроксилінового пороху. Дефлегматор спиртової колони виробництва технічного етеру потужністю по спирту 2000 кг/добу.

Розроблена технологічна схема виробництва. Описані теоретичні основи процесу. Описаний принцип дії та конструкція апарату. Вибраний та обґрунтований матеріал апарату.

Проведені технологічні розрахунки апарату це розрахунки матеріального та теплового балансів, конструктивні розрахунки, визначений опір апарату, вибране та розраховане допоміжне обладнання.

Зроблені конструктивні розрахунки товщин стінок апарату, розрахунки фланцевого з'єднання та опори, які підтверджують надійність апарату.

Описаний монтаж і ремонт апарату та охорона праці.

Ключові слова: АПАРАТ, КОРПУС, ДЕФЛЕГМАТОР, СПИРТ.

Зміст

Вступ.....	5
1 Технологічна частина.....	6
1.1 Опис технологічної схеми	6
1.2 Теоретичні основи процесу	9
1.3 Опис конструкції апарата та вибір конструктивних матеріалів	10
1.3.1 Опис конструкції апарата	10
1.3.2 Вибір конструкційних матеріалів	11
2 Технологічні розрахунки процесу та апарату	13
2.1 Матеріальний та тепловий баланси	13
2.2 Технологічні розрахунки	14
2.3 Конструктивні розрахунки	15
2.4 Гідрравлічні розрахунки	20
2.5 Вибір допоміжного обладнання	20
3 Розрахунок апарата на міцність та герметичність	26
3.1 Розрахунок товщини стінки корпусу апарата	26
3.2 Розрахунок товщини кришки апарата	27
3.3 Розрахунок товщини трубної решітки	27
3.4 Розрахунок фланцевого з'єднання.....	29
3.5 Розрахунок та вибір опори	38
4 Монтаж та ремонт апарата	41
4.1 Монтаж апарата	41
4.2 Ремонт апарата	43
5 Охорона праці	48
5.1 Вимоги до обладнання з урахуванням техніки безпеки	49
5.2 Небезпечні та шкідливі виробничі фактори	50
5.3 Виробнича санітарія	50
5.3.1 Мікроклімат	50
5.3.2 Освітлення.....	51
5.3.3 Шум та вібрація	53
5.3.4 Електробезпека	54
5.3.5 Пожежна безпека	54
5.3.6 Охорона навколишнього природного середовища	55
Висновки.....	56
Література.....	57

					<i>6.133.22.02.00.00.00 ПЗ</i>					
<i>Зм.</i>	<i>Ар-</i>	<i>№ докум</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>						
<i>Розроб.</i>		<i>Лушницький</i>			<i>Виробництво піроксилінового пороху</i>			<i>Літ</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перев.</i>		<i>Банішевський</i>						4		
<i>Н. Контр.</i>					<i>Пояснювальна записка</i>			<i>ШІ Сум ДУ</i>		
<i>Затвер-</i>								<i>гр. ХМ-81Ш</i>		

Вступ

Піроксиліновим порохом називається порох на основі нітратів целюлози, пластифікованих (розчинних) спирто-ефірним розчинником, з добавками.

При виробництві пороху застосовують спирто-ефірну суміш як технологічний компонент для перекладу піроксиліну зі склоподібного стану в пластичний, що дозволяє виготовляти ущільнені порохові елементи бажаної форми. Після отримання порохових елементів спирто-ефірна суміш з них видаляється.

Після чого потрібно провести розділові процеси, тобто розділення суміші за допомогою ректифікації. Для проведення ректифікації застосовується безліч обладнання як нагрівального (теплообмінник) так і конденсуючого (дефлегматор).

Конденсація пари завжди пов'язана з одночасним і спільним протіканням процесів тепло-і масообміну. При цьому маса конденсату, що утворюється, визначає кількість переданої речовини, а теплота пароутворення – кількість переданої теплоти одиницею маси сконденсованої речовини.

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

Перший вид конденсації є найбільшим інтересом, так як він переважно має місце в теплообмінних апаратах. Другий вид конденсації при деяких умовах може супроводжувати конденсації на поверхнях, що охолоджуються, з утворенням туману в ядрі парового потоку.

За характером утворення рідкої фази на твердій поверхні охолодження розрізняють три види конденсації пари: плівкову, краплинну і змішану. Плівкова конденсація має місце на поверхнях, що добре змочуються конденсатом даної речовини, а також на слабко змочуваних поверхнях при інтенсивній конденсації. При плівковій конденсації рідина відразу ж розтікається по всій поверхні і утворює суцільну плівку, яка під дією сил тяжіння і тертя з боку пари, що рухається, безперервно стікає з поверхні і весь час поповнюється новими порціями конденсату. Умови змочування поверхні рідиною визначаються співвідношенням сил поверхневого натягу на краях краплі.

					6.133.22.02.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

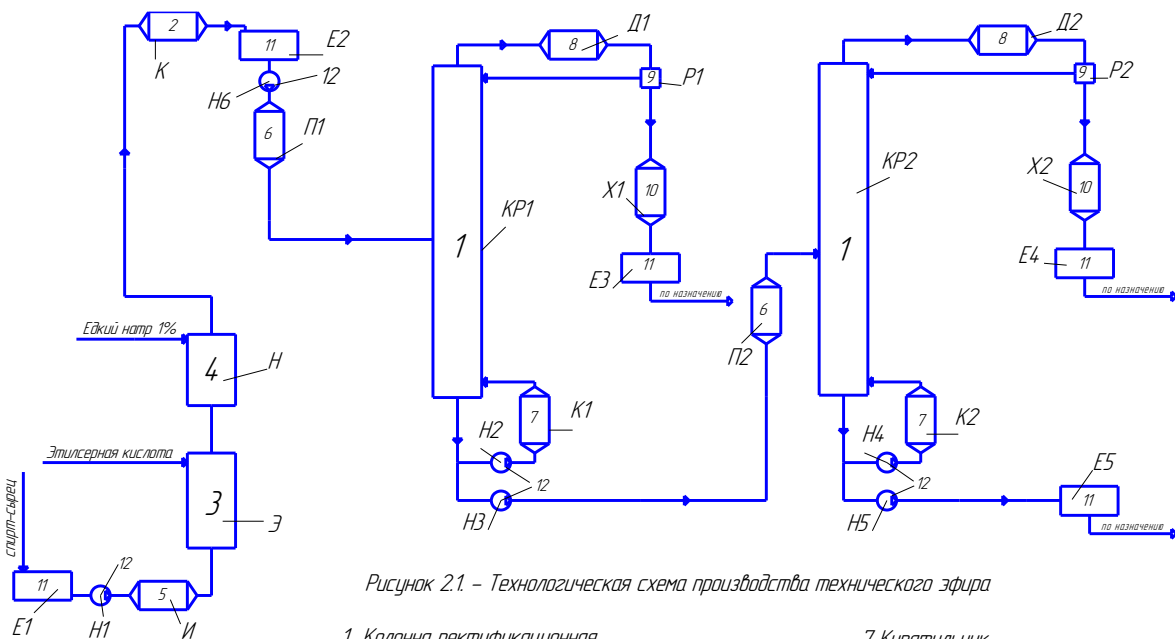
1 Технологічна частина

1.1 Опис технологічної схеми

Виробництво з отримання технічного ефіру по сірчанокиислому методу розподіляється на дві фази:

- 1) отримання та нейтралізація ефіру;
- 2) очищення сирого ефіру від домішок шляхом ректифікації.

Принципова схема технологічного процесу виробництва технічного ефіру має такий вигляд (рисунок 1.1).



- 1 Колонна ректификационная
- 2 Конденсатор
- 3 Эфиризатор
- 4 Нейтрализатор
- 5 Испаритель
- 6 Подогреватель

- 7 Кипятильник
- 8 Дефлегматор
- 9 Распределитель
- 10 Холодильник
- 11 Емкость
- 12 Насос

Вихідний продукт - спирт сирець при виробництві технічного ефіру насосом подається зі сховища спирту в ємність E1, з якої спирт надходить у випарник спирту I, де нагрівається до температури 60 - 70 ° C за рахунок тепла фузельної води ректифікаційної спиртової колони і потім вводиться в основний реакційний апарат ефірного виробництва – ефіри-затор Э, залізна циліндрична посудина, що є викладеною свинцем, заповнена на дві третини об'єму робочою сумішшю – етилсерною кислотою.

У міру багаторазового використання в ефірі реакційна здатність етилсерної кислоти знижується і продуктивність апарату падає. Після закінчення 6 - 8 місяців безперервної роботи відпрацьована кислота вважається вже непридатною і видаляється із системи.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

6.133.22.02.00.00.00 ПЗ

Арк.

6

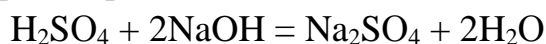
Спирт подається в реакційну суміш через барботер (дірчасту трубу), що проходить крізь товщу етилсерної кислоти. Для правильного перебігу процесу етилсерна кислота нагрівається до температури 120 - 125 °С. Необхідна температура суміші підтримується за рахунок обігріву апарату глухою парою через змійовик, встановлений всередині ефірі. Етилсерна кислота діє на молекулу спирту і при цьому утворюється етиловий ефір і регенерується сірчана кислота:



Таким чином, теоретично сірчана кислота не витрачається. Практично вона розбавляється водою і частково відновлюється до сірчистої кислоти. Крім цього, частина сірчаної кислоти у вигляді дрібних крапель захоплюється парами сирого ефіру в нейтралізатор Н, де під дією їдкого натру переходить у бісульфіт по реакції:



і сірчаноокислий натрій по реакції



Ті, що утворюються в процесі взаємодії спирту і етилсерної кислоти пари сирого ефіру надходять з ефіризатора по трубі в нейтралізатор, в якому вони барботують через слабкий розчин лугу. При цьому відбувається нейтралізація кислих домішок (сірчаного газу, сірчаної кислоти) сирого ефіру.

Отримана потрійна суміш (етиловий ефір - етиловий спирт - вода), що конденсується в конденсаторі К, надходить у ємність Е2, звідки насосом Н6 подається в ефірну колону ректифікації КР1 через підігрівач П1, де нагрівається до температури 50 -70 °С.

Стекаючи вниз по насадці в колоні, рідина взаємодіє з парами етилового ефіру, що піднімаються вгору, що утворюються при кипінні кубової рідини в кип'ятильнику К1 колони. Початковий склад пари приблизно дорівнює складу кубового залишку x_w , т.е. збіднений легколетучим компонентом. Для більш повного збагачення верхню частину колони зрошують відповідно до заданого флегмового числа рідкістю (флегмою) складу x_p , яка виходить у дефлегматорі Д1 шляхом конденсації пари, що виходить із колони. Частина конденсату через розподільник Р1 виводиться з дефлегматора Д1 у вигляді готового продукту поділу – дистилляту, який охолоджується в холодильнику Х1 і спрямовується в проміжну ємність Е3.

Режим роботи ефірної колони має такі параметри. Ефірна колона працює без додаткового підігріву, температурний режим її підтримується шляхом введення в кубову частину парів кубової рідини, яка підігрівається в кип'ятильнику К1 до температури 60 - 85 ° С, і охолодження верхньої частини за рахунок повернення в колону сконденсованого ефіру.

					6.133.22.02.00.00.00 ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Дефлегматор ефірної колони Д1 працює на оборотній воді, яка охолоджується на градирні і подається насосами.

Охолодження ефіру в холодильнику Х1 проводиться артезіанською водою. Надлишковий тиск оборотної води на центральному трубопроводі повинен бути не менше 0,08 МПа а артезіанської або захищеної води не менше 0,05 МПа.

Подача парів ефіру в нижню ланку ефірної колони і води дефлегматор регулюються так, щоб підтримувалися наступні параметри:

- температура в кубовій частині колони, °С – 60 - 85;
- температура в середній частині колони, °С – 50 - 70;
- температура у верхній частині колони, °С – 34 - 45;
- температура ефіру у приймальній ємності, °С – 15 - 25.
- рівень рідини кубової частини колони не менше 2/3 мірного стела;

З кубової частини колони насосом Н3 безперервно виводиться кубова рідина (етиловий спирт – вода), яка через підігрівач П2 подається на тарілку живлення спиртової колони ректифікації КР2.

Рідина, стікаючи вниз по колоні, взаємодіє з парами етилового спирту, що піднімається вгору, що утворюється при кипінні кубової рідини в кип'ятильнику К2. Початковий склад пари приблизно дорівнює складу кубового залишку xW , тобто. збіднений легколетучим компонентом. Для більш повного збагачення верхню частину колони зрошують відповідно до заданого флегмового числа рідиною (флегмою) складу xP , яка виходить в дефлегматоре Д2 шляхом конденсації парів етанолу, що виходять із колони. Частина конденсату через розподільник Р2 виводиться з дефлегматора Д2 у вигляді готового продукту поділу – дистилату, який охолоджується в холодильнику Х2 і спрямовується в проміжну ємність Е4. Кубовий залишок (вода) насосом Н5 перекачується в ємність Е5.

Режим роботи спиртової колони КР2 має такі параметри. Температурний режим спиртової колони підтримується шляхом підігріву кубової рідини у кип'ятильнику К2. Охолодження верхньої частини колони відбувається за рахунок повернення конденсованого етанолу. Дефлегматор Д2 спиртової колони працює на оборотній воді, охолодженій на градирні.

Охолодження етанолу у холодильнику Х2 відбувається артезіанською або оборотною водою. Надлишковий тиск оборотної води на центральному трубопроводі має бути не менше 0,08 МПа, а тиск артезіанської води не менше 0,05 МПа.

При роботі спиртової колони повинні підтримуватись наступні параметри:

					6.133.22.02.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

- температура в кубовій частині колони, °С – 100 – 110;
- температура у верхній частині колони, °С – 70 – 85;
- температура в середній частині колони, °С – 85 – 95;
- температура спирту у приймальній ємності, °С – 15 – 25.

1.2 Теоретичні основи процесу [8]

Якщо пара стикається зі стінкою, температура якої нижче температури насичення, то вона конденсується на стінці і осідає на ній у вигляді рідини. Розрізняють три види конденсації пари на твердій поверхні.

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

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

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

При краплинній конденсації можна отримати високі коефіцієнти тепловіддачі. Наприклад, коефіцієнти тепловіддачі при плівковій конденсації водяної пари атмосферного тиску мають порядок $(7\div 12) \cdot 10^3$ Вт/(м²·К), а при краплинній конденсації - $(4\div 10) \cdot 10^4$ Вт/(м²·К).

Стійкий характер краплинна конденсація має лише в апаратах, поверхня охолодження яких не змочується конденсатом завдяки фізичним властивостям рідкої фази, наприклад у конденсаторах ртутної пари, а також при періодичному введенні в пару ефективних гідрофобізаторів.

Практично в сучасних конденсаторах завжди відбувається плівкова конденсація пари.

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

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

Надалі на поверхні плівки починають виникати хвилі, що призводять до деякого зменшення товщини плівки конденсату. На поверхні конденсату встановлюється температура, практично рівна температурі насичення $t_{нас}$.

Зміст газів, що не конденсуються, в парі різко знижує тепловіддачу. Так, вміст у водяній парі 1% повітря зменшує коефіцієнт тепловіддачі на 60%, а

					6.133.22.02.00.00.00 ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

вміст 3% повітря – на 80%. Нагромаджуючись біля поверхні плівки конденсату, що стікає по трубі, ці гази створюють захисний шар, що перешкоджає доступу пари до поверхні теплообміну.

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

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

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

Загальний вигляд критеріальної залежності визначення коефіцієнта тепловіддачі при конденсації має вигляд:

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

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

1.3 Опис конструкції апарата та вибір конструктивних матеріалів

1.3.1 Опис конструкції апарата [7]

До конденсаторів пред'являються ті ж вимоги, що і до інших видів теплообмінників: висока інтенсивність теплопередачі, мала витрата металу та ін.

Залежно від конструктивних особливостей розрізняють кожухо-трубні, кожугоспмійникові, вертикально-відрубні та ін.

Найбільшого поширення набули кожухотрубні конденсатори.

Пара підводиться у верхню частину конденсатора в міжтрубний простір, де він конденсується і заповнює конденсатор на висоту $0,5 \div 0,6$ діаметра корпусу. Конденсат видаляється з конденсатора знизу через патрубок. По трубах зі швидкістю $0,8 \div 1,5$ м/с циркулює охолодне середовище.

Достоїнствами кожухотрубних конденсаторів є простота і компактність конструкції, значна інтенсивність теплопередачі, можливість пристрою закритої системи циркуляції охолоджуючого середовища.

					6.133.22.02.00.00.00 ПЗ	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

Завданням конструктивного розрахунку конденсатора є визначення основних розмірів.

Як і в будь-якому іншому типі теплообмінника в конденсаторі здійснюється передача теплоти від більш нагрітого теплоносія до менш нагрітого. Причому передача тепла від гарячого теплоносія до холодного здійснюється через поверхню, що розділяє теплообмін.

Корпус апарата виконаний у вигляді циліндричної обичайки з листового матеріалу, причому внутрішній діаметр корпусу приймається у відповідності зі стандартним значенням ряду чисел. Товщина стінки корпусу визначається з розрахунку на міцність.

Кінці трубок закріплюють у ґратах. Трубні ґрати є диск, в якому висвердлені отвори під трубки і служить разом з трубками для поділу трубного і міжтрубного простору. Розміщення отворів у ґратах та його крок регламентуються нормативними документами. Кріплення труб у трубних ґратах має бути міцним, герметичним і забезпечувати легку заміну труб.

Розподільні камери та кришки призначені для розподілу потоку робочого середовища теплообмінними трубами. Для створення необхідного числа ходів розподільної камери встановлюють перегородки.

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

1.3.2 Вибір конструкційних матеріалів [6]

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

Так як в апараті здійснюється технологічний процес із застосуванням речовини, що володіє малоагресивними властивостями, то для забезпечення умов роботи холодильної установки, прийнята сталь Ст20, що відрізняється хорошими механічними і технологічними характеристиками. Сталь добре деформується в гарячому і холодному стані і легко зварюється, що полегшує виготовлення корпусних деталей методом згинання і забезпечує високу якість

					6.133.22.02.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

зварювальних швів. Хімічний склад та механічні властивості представлені в таблиці 1.1

Таблиця 1.1 - Хімічний склад та механічні властивості сталі 20

C, %	Mn, %	Si, %	Cr, %	Ni, %	Cu, %	As, %	S, %	P, %	E·10 ⁵ МПа	σ _T МПа	σ _B МПа	δ %
0,23- 0,3	0,5- 0,8	0,05- 0,19	0,3	0,5	0,3	0,08	0,05	0,04	2,0	280	400	23

Матеріал зовнішньої оснастки, арматури, кріпильних елементів і т. д., що не мають контакту з переробленим середовищем, приймаємо конструкційну сталь 10. Вибір на користь цієї сталі, заснований на її порівняно низькій вартості, хорошій оброблюваності і досить високими фізико-механічними властивостями. Хімічний склад і механічні властивості стали представлені в таблиці 1.2

Таблиця 1.2 - Хімічний склад та механічні властивості сталі 20

C, %	Mn, %	Si, %	Cr, %	Ni, %	Cu, %	As, %	S, %	P, %	E·10 ⁵ МПа	σ _T МПа	σ _B МПа	δ %
0,07- 0,14	0,35- 0,65	0,17- 0,37	0,15	0,25	0,3	0,08	0,04	0,04	2,0	210	340	31

Для виготовлення пристроїв, необхідних для забезпечення зручності обслуговування і зовнішнього огляду апарату, вибираємо прокат з листової та профільної сталі звичайної якості – ВСтЗпс3 ГОСТ 380 – 71, що поставляється за групою В (постачається за механічними властивостями та хімічним складом). На користь вибору цієї сталі приймається її низька вартість, хороша оброблюваність та відмінна зварюваність.

Для захисту зовнішніх поверхонь апарату від впливу навколишнього середовища використовуємо пентафталеве покриття – Емаль АЛ жаростійка, яка наноситься розпиленням по ґрунту для жаростійких та атмосферостійких покриттів. Це покриття стійке при тривалому впливі температури до 150°C.

					6.133.22.02.00.00.00 ПЗ				Арк.
									12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

2 Технологічні розрахунки процесу та апарату

2.1 Матеріальний та тепловий баланси

Секундна витрата парів спирту

$$G_1 = \frac{2000}{8 \cdot 3600} = 0,1 \text{ кг/с.}$$

Температура конденсації парів спирту при $P_k=1,25$ ата по рис. XV [2]

$$t_{кг} = 40 \text{ }^\circ\text{C}$$

Теплота конденсації спирту при $t_{кг} = 40 \text{ }^\circ\text{C}$ за додатком VII [1]

$$r_1 = 347 \text{ кДж/кг.}$$

Кількість теплоти, що виділяється при конденсації пари

$$Q_k = G_1 \cdot r_1 \quad (2.1)$$

$$Q_k = 0,1 \cdot 347 = 35 \text{ кВт.}$$

Теплоємність парів етанолу при середній температурі парів

$$t_{сп1} = \frac{t_{кг} + t_{нг}}{2} = \frac{40 + 50}{2} = 45 \text{ }^\circ\text{C}$$

за додатком XIII [1]

$$c_1 = 3,8 \text{ кДж/(кг} \cdot \text{K).}$$

Кількість теплоти, витрачена на охолодження парів спирту

$$Q_{ох} = G_1 \cdot c_1 (t_{нг} - t_{кг}) \quad (2.2)$$

$$Q_{ох} = 0,1 \cdot 3,8 (45 - 40) = 2,0 \text{ кВт}$$

					6.133.22.02.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

Теплове навантаження конденсатора

$$Q = Q_k + Q_{ox} = 35 + 2,0 = 37 \text{ кВт}$$

Так як теплота, витрачена на охолодження парів етанолу в порівнянні з тепловим навантаженням апарату, становить 2,3%, то при розрахунку теплової зони охолодження конденсатора можна не враховувати. Допустима похибка в технічних розрахунках дорівнює 3%.

Прийmemo температурний перепад теплоносіїв на гарячому кінці апарату 15 °С, тоді кінцева температура охолоджуючої води

$$t_{кх} = t_{нг} - 30 = 45 - 15 = 30 \text{ }^{\circ}\text{C}.$$

Середня температура води, що охолоджує

$$t_{cp2} = \frac{t_{нг} + t_{кх}}{2} = \frac{6 + 30}{2} = 18^{\circ}\text{C}$$

2.2 Технологічні розрахунки

Фізичні параметри води за цієї температури (додатки I, II, III, IV) [1] :

щільність	$\rho_2 = 998 \text{ кг/м}^3$;
в'язкість	$\mu_2 = 1,0 \cdot 10^{-3} \text{ Па}\cdot\text{с}$;
теплоємність	$c_2 = 4,19 \text{ кДж/(кг}\cdot\text{К)}$;
теплопровідність	$\lambda_2 = 0,597 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$.

З рівняння теплового балансу

$$Q = Q_k + Q_{ox} = Q_{нагр} + Q_{нот} \quad (2.3)$$

Витрата охолодної води з урахуванням 3% втрат тепла

$$G_2 = \frac{Q}{1,05 \cdot c_2 (t_{кх} - t_{нг})} \quad (2.4)$$

$$G_2 = \frac{37}{1,03 \cdot 4,19 \cdot (30 - 6)} = 0,4 \text{ кг/с}.$$

					6.133.22.02.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

Зобразимо температурну схему процесу взаємодій теплоносіїв

$$\begin{array}{ccc} 49 & \rightarrow & 45 \\ 30 & \leftarrow & 6 \\ \hline \Delta t_m = 15\text{K} & & \Delta t_{\delta} = 39\text{K} \end{array}$$

Середня різниця температур:

$$\Delta t_{cp} = \frac{\Delta t_{\delta} - \Delta t_m}{\ln \frac{\Delta t_{\delta}}{\Delta t_m}} \quad (2.5)$$

$$\Delta t_{cp} = \frac{39 - 15}{\ln \frac{39}{15}} = 9,2\text{K};$$

Необхідна площа теплообміну

$$F = \frac{Q}{K \cdot \Delta t_{cp}} \quad (2.6)$$

де $K = 150 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ – орієнтовне значення коефіцієнта тепловіддачі [2].

$$F = \frac{37 \cdot 10^3}{150 \cdot 9,2} = 27 \text{ м}^2$$

2.3 Конструктивні розрахунки

За табл. 5.10 [7] попередньо приймаємо кожухотрубний конденсатор, що має параметри:

діаметр кожуха	$D = 500 \text{ мм};$
число ходів	$Z = 2;$
загальне число труб	$n_T = 66;$
довжина труб	$l_T = 6,0 \text{ м};$
поверхня теплообміну	$F = 32 \text{ м}^2;$
площа перерізу одного ходу	$f_{тр} = 0,023 \text{ м}^2,$
площа перетину міжтрубного простору	$f_{мтр} = 0,03 \text{ м}^2.$
Уточнене значення швидкості руху води у трубах	

					6.133.22.02.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

$$\omega_2 = \frac{G_2}{\rho_2 \cdot f_{\text{тр}}} \quad (2.7)$$

$$\omega_2 = \frac{0,4}{998 \cdot 0,023} = 0,026 \text{ м/с.}$$

Значення критерію Re для води

$$\text{Re}_2 = \frac{\omega_2 \cdot d_B \cdot \rho_2}{\mu_2} \quad (2.8)$$

$$\text{Re}_2 = \frac{0,026 \cdot 0,021 \cdot 998}{1,0 \cdot 10^{-3}} = 545 < \text{Re} = 2300$$

режим руху ламінарний.

Значення критерію Pr для води

$$\text{Pr}_2 = \frac{c_2 \cdot \mu_2}{\lambda_2} \quad (2.9)$$

$$\text{Pr}_2 = \frac{4,19 \cdot 10^3 \cdot 1,0 \cdot 10^{-3}}{0,597} = 7,0$$

Орієнтовно температуру стінки прийmemo на 15 °С вище [3] середньої температури води, тобто.

$$t_{\text{ст}} = t_{\text{сп2}} + 10 = 18 + 15 = 28 \text{ } ^\circ\text{C.}$$

Тоді значення критерію Pr при температурі стінки на рисунку XIII [2]

$$\text{Pr}_{\text{ст}} = 5,8.$$

Значення критерію Nu для води

$$\text{Nu} = 1,55 \cdot \varepsilon_1 \left(\text{Re} \frac{d}{L} \right)^{1/3} \left(\frac{\text{Pr}}{\text{Pr}_{\text{ст}}} \right)^{0,14} \quad (2.10)$$

					6.133.22.02.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

$$Nu = 1,55 \cdot 1 \cdot \left(545 \cdot \frac{0,021}{3,0} \right)^{1/3} \left(\frac{7,0}{5,8} \right)^{0,14} = 6,3$$

Коефіцієнт тепловіддачі для води

$$\alpha_2 = \frac{Nu_2 \cdot \lambda_2}{d_{BH}} \quad (2.11)$$

$$\alpha_2 = \frac{6,3 \cdot 0,597}{0,021} = 180 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$$

Параметри спирту при температурі конденсації (1, додатки I, II, III, IV):

щільність	$\rho_1 = 689 \text{ кг/м}^3$;
в'язкість	$\mu_1 = 0,199 \cdot 10^{-3} \text{ Па} \cdot \text{с}$;
теплоємність	$C_1 = 2,41 \text{ кДж/(кг} \cdot \text{К)}$;
теплопровідність	$\lambda_1 = 0,136 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$;
теплота конденсації	$r_1 = 347 \text{ кДж/кг}$.

Коефіцієнт тепловіддачі при конденсації парів спирту [7]

$$\alpha_1 = 0,728 \cdot \varepsilon^4 \sqrt{\frac{\lambda_1^3 \cdot \rho_1^2 \cdot \tau_1 \cdot q}{\mu_1 \cdot \Delta t \cdot d_H}} \quad (2.12)$$

де $\varepsilon = 0,7$ [7, с. 34]; Δt – різницю температур між температурою конденсації та стінкою

$$\Delta t = t_{кр} - t_{ст} = 45 - 28 = 17 \text{ }^\circ\text{C}.$$

Тоді

$$\alpha_1 = 0,728 \cdot 0,7^4 \sqrt{\frac{0,136^3 \cdot 689^2 \cdot 347 \cdot 10^3 \cdot 9,81}{0,199 \cdot 10^{-3} \cdot 17 \cdot 0,025}} = 1675 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}.$$

Термічний опір стінок апарату [3] для труб із вуглецевої сталі

					6.133.22.02.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

$$\frac{\delta_{\text{ст}}}{\lambda_{\text{ст}}} = \frac{0,002}{46} = 0,43 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}.$$

Сумарний термічний опір забруднень [3]

$$\tau = 2 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт},$$

Тоді коефіцієнт теплопередачі

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{1}{\alpha_2} + \frac{\delta_{\text{ст}}}{\lambda_{\text{ст}}} + \tau} \quad (2.13)$$

$$K = \frac{1}{\frac{1}{1675} + \frac{1}{180} + \frac{\delta_{\text{ст}}}{\lambda_{\text{ст}}} + \tau} = \frac{1}{\frac{1}{1675} + \frac{1}{180} + 0,43 \cdot 10^{-4} + 2 \cdot 10^{-4}} = 156 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}).$$

Потрібна поверхня теплообміну конденсатора

$$F = \frac{Q}{K \cdot \Delta t_{\text{cp}}} = \frac{37 \cdot 10^3}{156 \cdot 9,2} = 27 \text{ м}^2.$$

За табл. П.4 [4] вибираємо конденсатор з поверхнею теплообміну, що має параметри:

діаметр кожуха	D = 500 мм;
кількість ходів	Z = 2;
загальна кількість труб	n _т = 82;
довжина труб	l _т = 6,0 м;
поверхня теплообміну	F = 30 м ² ;
площа перерізу одного ходу	f _{тр} = 0,014 м ² ;
площа перетину міжтрубного простору	f _{мтр} = 0,019 м ² .
Уточнене значення швидкості руху води у трубах	

$$\omega_2 = \frac{0,59}{998 \cdot 0,014} = 0,042 \text{ м}/\text{с}.$$

					6.133.22.02.00.00.00 ПЗ	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Тоді

$$Re = \frac{\omega_2 \cdot d_v \cdot \rho_2}{\mu_2} = \frac{0,042 \cdot 0,021 \cdot 998}{1,0 \cdot 10^{-3}} = 880 \text{ – режим руху ламінарний,}$$

отже,

$$Nu_2 = 1,55 \cdot \varepsilon_1 \cdot \left(Re \cdot \frac{d}{L} \right)^{\frac{1}{3}} \cdot \left(\frac{Pr}{Pr_{ст}} \right)^{0,14}.$$

Значення коефіцієнта ε_1 за табл. 4.3 [2] щодо

$$\frac{L}{d} > 50 \quad \varepsilon_1 = 1$$

Тоді

$$Nu_2 = 1,55 \cdot 1 \cdot \left(880 \cdot \frac{0,021}{6} \right)^{\frac{1}{3}} \cdot \left(\frac{7,0}{5,8} \right)^{0,14} = 7,1$$

Коефіцієнт тепловіддачі для води

$$\alpha_2 = \frac{Nu_2 \cdot \lambda_2}{d_{вн}} = \frac{7,1 \cdot 0,597}{0,021} = 202 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К.}$$

Коефіцієнт теплопередачі

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{1}{\alpha_2} + \frac{\delta_{ст}}{\lambda_{ст}} + \tau} = \frac{1}{\frac{1}{1675} + \frac{1}{202} + 0,43 \cdot 10^{-4} + 2 \cdot 10^{-4}} = 178 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К.}$$

Поверхня теплообміну конденсатора

$$F = \frac{Q}{K \cdot \Delta t_{cp}} = \frac{37 \cdot 10^3}{178 \cdot 9,2} = 23 \text{ м}^2.$$

що збігається з прийнятим раніше значенням поверхні теплообміну.

					6.133.22.02.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

2.4 Гідравлічні розрахунки

Коефіцієнт тертя для охолодної води при перехідному режимі руху

$$\lambda = \frac{64}{\text{Re}} \quad (2.14)$$

$$\lambda = \frac{64}{880} = 0,073$$

Втрата тиску по довжині труб теплообмінника

$$\Delta p_{\tau} = \lambda \cdot \frac{L}{d_{\text{BH}}} \cdot \frac{\omega^2 \cdot \rho}{2} \quad (2.15)$$

$$\Delta p_{\tau} = 0,073 \cdot \frac{6}{0,021} \cdot \frac{0,042^2 \cdot 998}{2} = 184 \text{ Па.}$$

Коефіцієнт місцевих опорів для трубного простору [(2, с.26)]:

- вхідна або вихідна камера, $\zeta = 1,5$;
- вхід у труби або вихід із них, $\zeta = 1,0$.

Втрати тиску на місцевих опорах

$$\Delta p_{\text{M}} = \sum \zeta \cdot \frac{\omega^2 \cdot \rho}{2} \quad (2.16)$$

$$\Delta p_{\text{M}} = (2 \cdot 1,5 + 2 \cdot 1) \cdot \frac{0,042^2 \cdot 998}{2} = 88 \text{ Па.}$$

Загальна втрата тиску для охолодної води

$$\Delta p = \Delta p_{\tau} + \Delta p_{\text{M}} = 184 + 88 = 272 \text{ Па.}$$

2.5 Вибір допоміжного обладнання

Виконаємо розрахунок відцентрового насоса для подачі води, що охолоджує, в конденсатор.

					6.133.22.02.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

Витрати води

$$V = \frac{G}{\rho}$$

$$V = \frac{0,4}{998} = 0,4 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}.$$

у конденсаторі під надлишковим тиском 0,1 МПа. Температура води 6⁰С; геометрична висота підйому 2 м. Довжина трубопроводу на лінії всмоктування 3 м, на лінії нагнітання 10 м. На лінії всмоктування встановлено один вентиль, на лінії нагнітання – один вентиль і дросельна заслінка, є також два коліна під кутом 90⁰. Прийmemo швидкість води у всмоктувальному та нагнітальному трубопроводах однакової, що дорівнює 1 м/с. Тоді діаметр трубопроводу

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot V}{\pi \cdot \omega}}, \quad (2.17)$$

де ω - швидкість води, м/с;

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,0004}{3,14 \cdot 0,8}} = 0,026.$$

Приймаємо трубопровід із сталі марки 08Х18Н10Т, діаметром 30×2 мм. Визначаємо величину критерію Re

$$Re = \frac{\omega \cdot d \cdot \rho}{\mu} = \frac{1 \cdot 0,026 \cdot 998}{1,0 \cdot 10^{-3}} = 25948,$$

режим руху турбулентний.

Приймаємо абсолютну шорсткість стін труб, $e = 0,2$ мм [2], ступінь шорсткості

$$\frac{d}{e} = \frac{26}{0,2} = 130.$$

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

$$\lambda = 0,0305$$

					6.133.22.02.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

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

для всмоктувальної лінії

- вхід у трубу $\varepsilon = 0,5$;

- вентиль для $d = 0,013$ мм $\varepsilon = 6,7$.

$$\Sigma\varepsilon_{\text{вс}} = 0,5 + 6,7 = 7,2;$$

для нагнітальної лінії

- вихід із труби $\varepsilon = 1,0$;

- нормальний вентиль $\varepsilon = 6,7$;

- дросельна заслінка $\varepsilon = 0,9$;

- коліно під кутом 90° $\varepsilon = 1,6$.

Отже,

$$\Sigma\varepsilon_{\text{н}} = 1 + 6,7 + 0,9 + 2 \cdot 1,6 = 11,8.$$

Визначаємо втрати напору:

у всмоктувальній лінії

$$h_{\text{вс}} = \left(0,0305 \cdot \frac{3}{0,026} + 11,8 \right) \cdot \frac{1^2}{2 \cdot 9,81} = 0,78 \text{ м.}$$

нагнітальної лінії

$$h_{\text{н}} = \left(0,0305 \cdot \frac{10}{0,026} + 11,8 \right) \cdot \frac{1^2}{2 \cdot 9,81} = 1,2 \text{ м.}$$

Загальні втрати напору

$$h_{\text{п}} = 0,78 + 1,2 = 1,98 \text{ м.}$$

Визначаємо повний напір [2]

$$H = \frac{\Delta p}{\rho \cdot g} + H_{\text{г}} + h_{\text{п}} \quad (2.18)$$

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

					6.133.22.02.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

$$H = \frac{0,1 \cdot 10^6}{998 \cdot 9,81} + 2 + 1,98 = 14,2 \text{ м.}$$

Корисна потужність насосу

$$N_{\text{п}} = \frac{\rho \cdot g \cdot H \cdot V}{1000} \quad (2.19)$$

де V – витрати води, м³/с;

$$N_{\text{п}} = \frac{992 \cdot 9,81 \cdot 14,2 \cdot 0,0004}{1000} = 1,0 \text{ кВт.}$$

Потужність на валу двигуна

$$N_{\text{дв}} = \frac{N_{\text{п}}}{\eta_{\text{н}} \cdot \eta_{\text{п}}} \quad (2.20)$$

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

$$N_{\text{дв}} = \frac{1,0}{0,7 \cdot 1,0} = 1,42 \text{ кВт.}$$

Установча потужність двигуна з урахуванням пускових моментів

$$N_{\text{уст}} = \frac{1,2 \cdot N_{\text{дв}}}{\eta_{\text{дв}}} = \frac{1,2 \cdot 1,42}{0,85} = 2,0 \text{ кВт.}$$

Встановлюємо при $V = 3,02$ м³/год відцентровий насос марки X 8/18 з наступною характеристикою: продуктивність 8 м³/год, напір 18 м.

Далі зробимо вибір кожухотрубного холодильника дистилату за спрощеною схемою.

Вихідні дані з виконаних вище розрахунків: масова продуктивність $G = 0,1$ кг/с, температура конденсату парів спирту $t_{\text{нт}} = 45^\circ\text{C}$.

Об'ємна витрата спирту

$$V = \frac{G}{\rho}, \quad (2.21)$$

					6.133.22.02.00.00.00 ПЗ	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де ρ - щільність спирту при температурі конденсації, кг/м^3 ;

$$V = \frac{0,1}{689} = 0,25 \cdot 10^{-3} \text{ м/с.}$$

Кінцева температура охолодженого спирту $t_{\text{кг}} = 15^\circ\text{C}$. Тоді теплове навантаження холодильника

$$Q = G \cdot c(t_{\text{нг}} - t_{\text{кг}}), \quad (2.22)$$

де $c = 2,41 \text{ кДж/кг}\cdot\text{K}$ – теплоємність спирту;

$$Q = 0,1 \cdot 2,41 (45 - 15) = 12 \text{ кВт.}$$

Параметри охолоджувальної води в апараті: на вході $t_{\text{нх}} = 5^\circ\text{C}$,
на виході $t_{\text{кх}} = 20^\circ\text{C}$.

Температурна схема процесу охолодження етанолу при протитечії теплоносіїв:

$$\begin{array}{ccc} 45 & \rightarrow & 15 \\ 20 & \leftarrow & 5 \\ \hline \Delta t_{\text{б}} = 25\text{K} & & \Delta t_{\text{м}} = 10\text{K} \end{array}$$

Середня різниця температур при $\frac{t_{\text{б}}}{t_{\text{м}}} > 2$:

$$\Delta t_{\text{cp}} = \frac{\Delta t_{\text{б}} - \Delta t_{\text{м}}}{\ln \frac{\Delta t_{\text{б}}}{\Delta t_{\text{м}}}} \quad (2.23)$$

$$\Delta t_{\text{cp}} = \frac{25 - 10}{\ln \frac{25}{10}} = 16,4 \text{ K.}$$

З таблиці (3.48) приймемо орієнтовне значення коефіцієнта тепловіддачі від органічної рідини до води:

$$K_{\text{op}} = 150 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{K.}$$

Орієнтовне значення поверхні теплообміну

					6.133.22.02.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

$$F_{\text{оп}} = \frac{Q}{K_{\text{оп}} \cdot \Delta t_{\text{ср}}};$$

$$F_{\text{оп}} = \frac{12 \cdot 10^3}{150 \cdot 16,4} = 4,9 \text{ м}^2.$$

За таблицю П.3[4] приймаємо стандартний теплообмінник, що має наступні параметри:

діаметр кожуха	$D = 273 \text{ мм}$
кількість ходів	$Z = 1$
число труб	$n_{\text{т}} = 37$
діаметр труб	$d = 25 \times 2 \text{ мм}$
довжина труб	$L = 2,0 \text{ м}$
площа теплообміну	$F = 6,0 \text{ м}^2$

Потім здійснимо вибір ємності для прийому спирту. Прийmemo, що обсяг ємності має забезпечити роботу установки ректифікації, тобто.

$$V_{\text{тр}} = 8 \cdot 3600 V$$

де V – об'ємна витрата спирту, $\text{м}^3/\text{с}$;

$$V_{\text{тр}} = 8 \cdot 3600 \cdot 0,3 \cdot 10^{-3} = 4,9 \text{ м}^3.$$

Необхідний обсяг резервуару

$$V_{\text{р}} = \frac{V_{\text{тр}}}{\varphi}; \quad (2.24)$$

де $\varphi = 0,7 \div 0,85$ коефіцієнт заповнення при спокійному стані рідини:

$$V_{\text{р}} = \frac{4,9}{0,8} = 6,2 \text{ м}^3$$

З ГОСТ 9931-79 «Типи та основні розміри ємнісних судин та апаратів» приймаємо гори-зонтальний резервуар, що має номінальний обсяг $V_{\text{р}} = 6,3 \text{ м}^3$, внутрішній діаметр $D = 1600 \text{ мм}$, довжину циліндричного корпусу $L = 2000 \text{ мм}$.

					6.133.22.02.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

3 Розрахунок апарата на міцність та герметичність

3.1 Розрахунок товщини стінки корпусу апарата

Прийmemo коефіцієнт міцності зварних швів $\phi = 0,9$ (ручне дугове електрозварювання), напруга для сталі 12X18H10T при $t = 40^\circ\text{C}$ [6]

$$\sigma = 134 \text{ МПа.}$$

Надлишковий тиск спирту в міжтрубному просторі

$$p = 0,25 \text{ ата} = 0,025 \text{ МПа,}$$

приймаємо розрахунковий тиск із нормального ряду тисків $p = 0,1 \text{ МПа}$.
Для листового матеріалу допустима напруга

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

Розрахункова товщина стінки кожуха

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

$$s_p = \frac{0,1 \cdot 500}{2 \cdot 0,9 \cdot 134 - 0,1} = 0,2 \text{ мм.}$$

Пробний тиск при гідравлічних випробуваннях при допустимій напрузі

$$[\sigma]_n = \frac{\sigma_T}{1,1} = \frac{210}{1,1} = 191 \text{ МПа,}$$

$$p_n = 1,25 \cdot p \cdot \frac{[\sigma]_n}{[\sigma]} \quad (3.2)$$

$$p_n = 1,25 \cdot 0,1 \cdot \frac{191}{134} = 0,22 \text{ МПа.}$$

					6.133.22.02.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

У цьому випадку розрахункова товщина стінки кожуха

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

$$s_p = \frac{0,22 \cdot 500}{2 \cdot 0,9 \cdot 191 - 0,22} = 0,3 \text{ мм.}$$

Прийmemo збільшення до розрахункової товщини за весь термін служби апарату (10 років) $c = 10 \cdot 0,1 = 1,0$ мм, тоді виконавча товщина стінки кожуха

$$s = s_p + c = 0,3 + 1,0 = 1,3 \text{ мм.}$$

Зі запасом приймаемо стандартне значення товщини стінки кожуха $s = 4,0$ мм. [6]

3.2 Розрахунок товщини кришки апарата

Розрахункова товщина стінки кришки під час проведення гідравлічних випробувань

$$s_p = \frac{p_n \cdot D}{2 \cdot \varphi \cdot [\sigma]_n - 0,5 \cdot p_n} \quad (3.4)$$

$$s_p = \frac{0,22 \cdot 500}{2 \cdot 0,9 \cdot 191 - 0,5 \cdot 0,22} = 0,3 \text{ мм.}$$

Виконавча товщина кришки

$$s_{кр} = s_p + c = 0,3 + 1,0 = 1,3 \text{ мм.}$$

Прийmemo $s_{кр} = 4,0$ мм.

3.3 Розрахунок товщини трубної решітки

Вихідні дані для розрахунку:

- внутрішній діаметр $D = 500$ мм;
- розрахунковий тиск у трубному просторі $p_T = 0,16$ МПа;
- розрахунковий тиск у міжтрубному просторі $p_{MT} = 0,1$ МПа;
- допустима напруга при згині для сталі 08X18H10T $[\sigma_n] = 146$ МПа;

					6.133.22.02.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

- діаметр труб
- кількість труб

$$d = 25 \times 2 \text{ мм};$$

$$n_T = 82.$$

Мінімальний крок між трубками

$$t = 1,3 \cdot d = 1,3 \cdot 25 = 32,5 \text{ мм.}$$

Коефіцієнт ослаблення решітки отворами

$$\varphi_o = \frac{D_{\pi} - z \cdot d_n}{D_{\pi}}, \quad (3.5)$$

де D_{π} – середній діаметр ущільнюючої прокладки, м; z – число труб на діаметрі решітки, що визначається за формулою [4]

$$z = 2 \cdot \sqrt{\frac{n_T - 1}{3} + 0,25} \quad (3.6)$$

$$z = 2 \cdot \sqrt{\frac{82 - 1}{3} + 0,25} = 5.$$

Тоді

$$\varphi_o = \frac{0,55 - 5 \cdot 0,025}{0,55} = 0,77.$$

Товщина трубної решітки [(4, IV.27)]

$$h = K \cdot D_{\pi} \cdot \sqrt{\frac{\rho_T}{\varphi_o \cdot [\sigma_n]}} + c, \quad (3.7)$$

де K – коефіцієнт, що залежить від типу решітки; c – збільшення на корозію.

Для ґрат типу I [(4, с.80)]

$$K = 0,47;$$

					6.133.22.02.00.00.00 ПЗ	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

отже

$$h = 0,47 \cdot 0,55 \cdot \sqrt{\frac{0,16 \cdot 10^6}{0,77 \cdot 146 \cdot 10^6}} + 0,001 = 0,011 \text{ м.}$$

Висота ґрат зовні (4, IV.29)

$$h_1 = K_1 \cdot D_{\text{п}} \cdot \sqrt{\frac{\rho_{\text{т}}}{[\sigma_{\text{н}}]}} + c, \quad (3.8)$$

де $K_1 = 0,28$ – коефіцієнт для ґрат типу I.

$$h_1 = 0,28 \cdot 0,55 \cdot \sqrt{\frac{0,16 \cdot 10^6}{146 \cdot 10^6}} + 0,001 = 0,005 \text{ м.}$$

Приймаємо стандартні значення товщини ґрат: $h = 28$ мм і $h_1 = 20$ мм.

3.4 Розрахунок фланцевого з'єднання

Фланцеве з'єднання кришки та корпусу апарату при $D_{\text{вн}} = 500$ мм і $p = 0,22$ МПа Фланцеве з'єднання кришки та корпусу апарату при [6]

$$s_0 \leq 1,35 \cdot s,$$

де $s = 4$ мм – товщина обічайки апарату.

$$s_0 = 1,35 \cdot 4 = 5,4 \text{ мм,}$$

приймаємо $s_0 = 6$ мм.

Перевіряємо виконання умови

$$s_0 - s \leq 5$$

$$6 - 4 = 2 \leq 5 \text{ – умови виконуються.}$$

Визначимо діаметр болтового кола. З [6] с.263

					6.133.22.02.00.00.00 ПЗ	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$D_{\sigma} = D_{\text{вн}} + 2 \cdot (2 \cdot s_0 + d_{\sigma} + u), \quad (3.9)$$

де $d_{\sigma} = 20$ мм – діаметр болтів при $D_{\text{вн}} = 500$ мм і $p = 0,22$ МПа (табл. 1.40 [6]); $u = 6$ мм – нормативний зазор між гайкою та втулкою ($u = 4 \div 6$, табл.9 [8]).

$$D_{\sigma} = 0,5 + 2 \cdot (2 \cdot 0,006 + 0,02 + 0,006) = 0,576 \text{ м},$$

приймаємо $D_{\sigma} = 0,58$ м. (см. с.263 [6]).

По [6] с.264 зовнішній діаметр фланця

$$D_{\phi} \geq D_{\sigma} + a,$$

де $a = 30$ мм (табл.13.27 [6])

$$D_{\phi} = 0,58 + 0,03 = 0,61 \text{ м},$$

приймаємо $D_{\phi} = 0,61$ м [6, с.264].

Зовнішній діаметр прокладки визначається за формулою [6]

$$D_{\pi} \geq D_{\sigma} - e,$$

де $e = 30$ мм [6, табл.13,27];

$$D_{\pi} = 0,58 - 0,03 = 0,55.$$

Середній діаметр прокладки [6]

$$D_{\text{ср.п}} \geq D_{\pi} - b_{\pi},$$

де $b_{\pi} = 15$ мм – ширина прокладки [6, табл.1.42];

$$D_{\text{ср.п}} = 0,55 - 0,015 = 0,535 \text{ м}.$$

Еквівалентна ширина прокладки

$$b_e = b = 15 \text{ мм};$$

					6.133.22.02.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

Застосовуємо матеріал прокладки - Пароніт за ГОСТ 481-80 товщиною 2 мм.

Кількість болтів, необхідне забезпечення герметичності з'єднання, визначається за формулою [6]

$$Z_{\text{б}} = \frac{\pi \cdot D_{\text{б}}}{t_{\text{б}}}, \quad (3.10)$$

де $t_{\text{б}}$ – крок болтів, $t_{\text{б}} = (4,2 \div 5) \cdot d_{\text{б}} = 4,5 \cdot 20 = 90$ мм [6, табл.13.20]

$$Z_{\text{б}} = \frac{3,14 \cdot 0,58}{0,09} = 16,7.$$

Приймаємо найближче більше кратне чотири значення $Z_{\text{б}} = 20$ мм.
Висота фланця визначається за формулою

$$h = \lambda \cdot \sqrt{D_{\text{вп}} \cdot s_{\text{е}}}, \quad (3.11)$$

де $\lambda = 0,38$ – коефіцієнт [6, рис.13.14]; $s_{\text{е}}$ – еквівалентна товщина втулки фланця

$$s_{\text{е}} = \alpha \cdot s_0,$$

де $\alpha = 1,0$ – для плоского приварного фланця

$$s_{\text{е}} = 1,0 \cdot 4 = 4 \text{ мм};$$

$$h = 0,38 \cdot \sqrt{0,58 \cdot 0,004} = 0,017 \text{ м},$$

приймаємо $h = 28$ мм.

Розрахункова довжина болта між опорними поверхнями головки болта та гайки

$$l_{\text{б}} = l_{\text{б0}} + 0,28 \cdot d_{\text{б}};$$

$$l_{\text{б0}} = 2 \cdot (h_{\text{сп}} + s_{\text{п}});$$

$$l_{\text{б0}} = 2 \cdot (28 + 2) = 60 \text{ мм};$$

$$l_{\text{б}} = 60 + 0,28 \cdot 20 = 65,6 \text{ мм};$$

					6.133.22.02.00.00.00 ПЗ	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

з урахуванням товщини трубної решітки приймаємо $l_6 = 85$ мм.

Навантаження, що діє на фланцеве з'єднання

$$Q_d = \frac{p_R \cdot \pi \cdot D_{\text{ср.п}}^2}{4}, \quad (3.12)$$

де $p_R = 0,22$ МПа – внутрішній тиск в апараті; $D_{\text{ср.п}} = 1,27$ м – середній діаметр прокладки

$$Q_d = \frac{0,16 \cdot 3,14 \cdot 0,535^2}{4} = 0,024 \text{ МН.}$$

Реакція прокладання за робочих умов [6]

$$R_n = \pi \cdot D_{\text{ср}} \cdot b_e \cdot m \cdot p_R, \quad (3.13)$$

де $m = 2,5$ – коефіцієнт, що залежить від матеріалу прокладки (табл.13.28 [8]);

$$R_n = 3,14 \cdot 0,535 \cdot 0,015 \cdot 0,025 \cdot 0,16 = 0,82 \cdot 10^{-4} \text{ МН.}$$

Зусилля, що виникає від температурних деформацій

$$Q_t = \gamma \cdot Z_6 \cdot f_6 \cdot E_6 \cdot (\alpha_{\text{ср}} \cdot t_{\text{ср}} - \alpha_6 \cdot t_6), \quad (3.14)$$

де $\alpha_{\text{ср}} = 12,5 \cdot 10^{-6} \text{ 1/}^\circ\text{C}$ – коефіцієнт лінійного розширення матеріалу фланця; $\alpha_6 = 12,5 \cdot 10^{-6} \text{ 1/}^\circ\text{C}$ – коефіцієнт лінійного розширення матеріалу болтів; $t_6 = 0,96 \cdot t_p = 0,96 \cdot 84 = 81^\circ\text{C}$ – розрахункова температура неізолюваних болтів; γ – безрозмірний коефіцієнт; Z_6 – кількість болтів; $f_6 = 1,1 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$ – розрахункова площа поперечного перерізу болта за зовнішнім діаметром; $E_6 = 1,91 \cdot 10^5 \text{ МПа}$ – модуль поздовжньої пружності сталі 20к при $t_6 = 81^\circ\text{C}$.

$$\gamma = A \cdot Y_6, \quad (3.15)$$

де Y_6 – лінійна податливість болта.

					6.133.22.02.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

$$Y_{\delta} = \frac{l_{\delta}}{E_{\delta} \cdot f_{\delta} \cdot Z_{\delta}} \quad (3.16)$$

$$Y_{\delta} = \frac{0,09}{1,91 \cdot 10^5 \cdot 1,1 \cdot 10^{-4} \cdot 20} = 21,4 \cdot 10^{-5} \text{ м/МН};$$

$$A = [Y_{\pi} + Y_{\delta} + 0,25 \cdot (Y_{\phi 1} + Y_{\phi 2}) \cdot (D_{\delta} - D_{\text{ср.п}})]^{-1}, \quad (3.17)$$

де Y_{π} – лінійна податливість прокладання; $Y_{\text{ср}} = Y_{\phi 1} = Y_{\phi 2}$ – кутова податливість фланця;

$$Y_{\pi} = \frac{s_{\pi}}{\pi \cdot D_{\text{ср.п}} \cdot b_{\pi} \cdot E_{\pi}} \quad (3.18)$$

$$Y_{\pi} = \frac{0,002}{3,14 \cdot 0,535 \cdot 0,015 \cdot 2000} = 48,8 \cdot 10^{-6} \text{ м/МН};$$

$$Y_{\text{ср}} = \frac{[1 - \omega \cdot (1 + 0,9 \cdot \lambda)] \cdot \psi_2}{h^3 \cdot E}, \quad (3.19)$$

де ω – безрозмірний параметр; ψ_2 – коефіцієнт, що визначається по рис.13.17 [6].

$$\omega = [1 + 0,9 \cdot \lambda \cdot (1 + \psi_1 \cdot j^2)]^{-1}, \quad (3.20)$$

де ψ_1, j – коефіцієнти

$$\psi_1 = 1,28 \cdot \lg K;$$

$K = \frac{D_{\text{ср}}}{D_{\text{вп}}}$ – для плоских фланців;

$$K = \frac{0,535}{0,5} = 1,1;$$

$$\psi_1 = 1,28 \cdot \lg 1,1 = +0,045,$$

					6.133.22.02.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

$$\psi_2 = \frac{k+1}{k-1} = \frac{1,1+1}{1,1-1} = 21;$$

$$j = \frac{h}{s_e} = \frac{0,028}{0,004} = 7. \quad (\text{с.226 [2]})$$

Тоді

$$\omega = [1 + 0,9 \cdot 0,38 \cdot (1 + 0,045 \cdot 7^2)]^{-1} = 0,48;$$

$$Y_\phi = \frac{[1 - 0,48 \cdot (1 + 0,9 \cdot 0,38)] \cdot 21}{0,028^3 \cdot 1,9 \cdot 10^5} = 1,8 \cdot 10^{-5} \text{ м/МН};$$

$$A = [48,8 \cdot 10^{-6} + 21,4 \cdot 10^{-5} + 0,25 \cdot 3,6 \cdot 10^{-5} \cdot (0,58 - 0,535)^2]^{-1} = 479,5 \text{ МН/м};$$

отже

$$\gamma = 479,5 \cdot 21,4 \cdot 10^{-5} = 0,103;$$

зусилля, що виникає від температурних деформацій

$$Q_t = 0,103 \cdot 20 \cdot 1,1 \cdot 10^{-4} \cdot 1,91 \cdot 10^5 \cdot (12,5 \cdot 10^{-6} \cdot 81 - 12,5 \cdot 10^{-6} \cdot 80) = 0,00054 \text{ МН}.$$

Визначимо коефіцієнт жорсткості фланцевого з'єднання

$$k_{ж} = \frac{Y_{\bar{6}} + 0,5Y_{cp} (D_{\bar{6}} - D - s_o) \cdot (D_{\bar{6}} - D_{cp.п})}{Y_{п} + Y_{\bar{6}} + Y_{\phi} (D_{\bar{6}} - D_{cp.п})^2} \quad (3.21)$$

$$k_{ж} = \frac{21,4 \cdot 10^{-5} + 0,5 \cdot 1,8 \cdot 10^{-5} \cdot (0,58 - 0,5 - 0,006) \cdot (0,58 - 0,435)}{48,8 \cdot 10^{-6} + 21,4 \cdot 10^{-5} + 1,8 \cdot 10^{-5} \cdot (0,58 - 0,535)^2} = 0,82.$$

Визначимо болтове навантаження. Умови монтажу [6]

$$p_{б1} = \max \left\{ \begin{array}{l} k_{ж} \cdot Q_d + R_n \\ 0,5 \cdot \pi \cdot D_{cp.п} \cdot b_{п} \cdot p_{пр} \end{array} \right\}, \quad (3.22)$$

					6.133.22.02.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

де $p_{пр}$ – пробний тиск стиснення прокладки, для пароніту табл. 4 [6]
 $p_{пр} = 20 \text{ МПа}$.

$$p_{\delta 1} = \max \left\{ \begin{array}{l} 0,82 \cdot 0,024 + 0,82 \cdot 10^{-4} \\ 0,5 \cdot 3,14 \cdot 0,535 \cdot 0,015 \cdot 20 \end{array} \right\} = \max \left\{ \begin{array}{l} 0,02 \\ 0,204 \end{array} \right\} = 0,204 \text{ МН.}$$

За робочих умов [6]

$$p_{\delta 2} = p_{\delta 1} + (1 - k_{ж}) \cdot Q_{д} + Q_{т} \quad (3.23)$$

$$p_{\delta 2} = 0,204 + (1 - 0,82) \cdot 0,024 + 0,00054 = 0,209 \text{ МН.}$$

Перевірка міцності та герметичності з'єднання
 умова міцності болтів [6]

$$\frac{P_{\delta 1}}{Z_{\delta} \cdot f_{\delta}} \leq [\sigma_{\delta}]^{20}, \quad (3.24)$$

$$\frac{P_{\delta 2}}{Z_{\delta} \cdot f_{\delta}} \leq [\sigma_{\delta}]^t, \quad (3.25)$$

де $[\sigma_{\delta}]^{20} = 200 \text{ МПа}$ – для матеріалу болтів при температурі 20°C ;
 $[\sigma_{\delta}] = 134 \text{ МПа}$ – для матеріалу болтів при температурі 84°C .

$$\frac{0,204}{20 \cdot 1,1 \cdot 10^{-4}} \leq 200 = 93 \leq 200 \text{ – умови виконуються;}$$

$$\frac{0,209}{20 \cdot 1,1 \cdot 10^{-4}} \leq 134 = 95 \leq 134 \text{ – умови виконуються.}$$

Визначимо наведений згинальний момент за формулою 1.145 [1]

$$M_0 = \max \left\{ \begin{array}{l} 0,5 \cdot (D_{\delta} - D_{\text{ср.п}}) \cdot p_{\delta 1} \\ 0,5 \cdot (D_{\delta} - D_{\text{ср.п}}) \cdot p_{\delta 2} \end{array} \right\} \quad (3.26)$$

					6.133.22.02.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

$$M_0 = \left\{ \begin{array}{l} 0,5 \cdot (0,58 - 0,535) \cdot 0,204 \\ 0,5 \cdot (0,58 - 0,535) \cdot 0,209 \end{array} \right\} = \max \left\{ \begin{array}{l} 0,0046 \\ 0,0047 \end{array} \right\} = 0,0047 \text{ МН} \cdot \text{м}.$$

За формулою 1.141 [6] для прокладки з пароніту

$$\frac{P_{\text{бmax}}}{\pi \cdot D_{\text{ср.п}} \cdot b} \leq p_{\text{п.р}} \quad (3.27)$$

де $p_{\text{п.р}}$ – допустимий тиск на прокладку за табл. 1.44 [6] $p_{\text{п.р}} = 130 \text{ МПа}$;

$$P_{\text{бmax}} = \max \{ p_{\text{б1}}; p_{\text{б2}} \} \quad (3.28)$$

$$P_{\text{бmax}} = \max \{ 0,204; 0,209 \} = 0,209 \text{ МН}.$$

$$\frac{P_{\text{бmax}}}{\pi \cdot D_{\text{ср.п}} \cdot b} = \frac{0,209}{3,14 \cdot 0,535 \cdot 0,015} = 10,2 \text{ МПа} \leq 130 \text{ МПа},$$

умова міцності виконується.

Для перерізу, обмеженого розміром s_0 перевіряємо умову за формулою 1.147 [6]:

$$\sqrt{(\sigma_0 + \sigma_m)^2 + \sigma_t^2} - (\sigma_0 + \sigma_m) \cdot \sigma_t < \varphi \cdot [\sigma_0], \quad (3.29)$$

де σ_0 – максимальна напруга в перерізі, обмеженому розміром s_0 , визначається за формулою 1.148 [6]; $\varphi = 0,95$ – коефіцієнт міцності зварних швів; $[\sigma_0]$ – допустима напруга для фланця в перерізі s при кількості навантажень з'єднання (складання-розбирання) не більше $2 \cdot 10^3$; σ_t – тангенціальна напруга у втулці від внутрішнього тиску; σ_m – меридіальна напруга у втулці від внутрішнього тиску;

за формулі 1.149 [6]

$$\sigma_m = \frac{p_r \cdot D_{\text{вп}}}{4 \cdot (s_0 - c)} \quad (3.30)$$

					6.133.22.02.00.00.00 ПЗ	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\sigma_m = \frac{0,16 \cdot 0,55}{4 \cdot (0,006 - 0,001)} = 4 \text{ МПа};$$

за формулою 1.149 [6]

$$\sigma_t = \frac{p_p \cdot D_{\text{вп}}}{2 \cdot (s_0 - c)} \quad (3.31)$$

$$\sigma_t = \frac{0,16 \cdot 0,55}{2 \cdot (0,006 - 0,001)} = 8 \text{ МПа};$$

за формулою 1.143 и 1.148 [6]

$$\sigma_0 = \psi_3 \cdot \frac{T_{\text{cp}} \cdot M_0 \cdot v}{D^* \cdot (s_0 - c)^2}, \quad (3.32)$$

де $\psi_3 = 1$ – для плоских приварних фланців; T_{cp} – безрозмірний коефіцієнт;

за формулою 1.144 [6]

$$T_{\text{cp}} = \frac{D_n^2 \cdot \left(1 + 8,55 \cdot \lg \frac{D_n}{D_{\text{вп}}}\right) - D_{\text{вп}}^2}{(1,05 \cdot D_{\text{вп}}^2 + 1,945 \cdot D_n^2) \cdot \left(\frac{D_n}{D_{\text{вп}}} - 1\right)} \quad (3.33)$$

де $D_n = 0,45 \text{ м}$ – зовнішній діаметр прокладки;

$$T_{\text{cp}} = \frac{0,55^2 \cdot \left(1 + 8,55 \cdot \lg \frac{0,55}{0,5}\right) - 0,4^2}{(1,05 \cdot 0,4^2 + 1,945 \cdot 0,55^2) \cdot \left(\frac{0,55}{0,5} - 1\right)} = 0,0083,$$

$$\sigma_0 = \frac{1 \cdot 0,0083 \cdot 0,0047 \cdot 0,48}{0,5 \cdot (0,006 - 0,001)^2} = 2 \text{ МПа};$$

$$[\sigma]_0 = 0,003 \cdot E = 0,003 \cdot 1,9 \cdot 10^5 = 570 \text{ МПа}.$$

Умова міцності

					6.133.22.02.00.00.00 ПЗ	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\sqrt{(2+4)^2 + 8^2 - (2+4) \cdot 8} \leq 0,95 \cdot 570$$

12 < 542 – умова міцності виконана.

Окружний тиск у кільці фланця

$$\sigma_k = \frac{M_0 \cdot [1 - \omega \cdot (1 + 0,9 \cdot \lambda_{cp})] \cdot \psi_2}{(D_{вн} \cdot h_{\psi}^2)} \quad (3.34)$$

$$\sigma_k = \frac{0,0047 \cdot 21 \cdot [1 - 0,58 \cdot (1 + 0,9 \cdot 0,38)]}{0,5 \cdot 0,028^2} = 111 \text{ МПа.}$$

Визначаємо кут повороту фланця за формулою 1.150 [1]

$$\Theta = \frac{\sigma_k \cdot D_{вн}}{E \cdot h_{cp}} \leq [\Theta], \quad (3.35)$$

де $[\Theta] = 0,009$ рад – можливий кут повороту фланця

$$\Theta = \frac{111 \cdot 0,5}{1,9 \cdot 10^5 \cdot 0,028} = 0,008 < 0,009 \text{ рад,}$$

тобто умова герметичності з'єднання виконується.

3.5 Розрахунок та вибір опори

Маса обичайки кожуха

$$m_k = \left[\frac{\pi \cdot (D + 2 \cdot s)^2}{4} - \frac{\pi \cdot D^2}{4} \right] \cdot H \cdot \rho \quad (3.36)$$

де $\rho = 7850 \text{ кг/м}^3$ – щільність сталі.

$$m_k = \left[\frac{3,14 \cdot (0,5 + 2 \cdot 0,004)^2}{4} - \frac{3,14 \cdot 0,4^2}{4} \right] \cdot 6 \cdot 7850 = 220 \text{ кг,}$$

					6.133.22.02.00.00.00 ПЗ	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Маса кришки та днища [6]

$$m_{кр} = 1,24 \cdot D^2 \cdot s_{кр} \cdot \rho \quad (3.37)$$

$$m_{кр} = 1,24 \cdot 0,5^2 \cdot 0,004 \cdot 7850 = 6 \text{ кг.}$$

Маса труб

$$m_{тр} = \frac{\pi}{4} \cdot (d_n^2 - d_{вн}^2) \cdot H \cdot n \cdot \rho \quad (3.38)$$

$$m_{тр} = \frac{3,14}{4} \cdot (0,025^2 - 0,021^2) \cdot 6 \cdot 82 \cdot 7850 = 558 \text{ кг,}$$

Маса фланця з ґратами

$$m_{\phi} = \frac{\pi \cdot D_{\phi}^2}{4} \cdot h_{\phi} \cdot \rho \quad (3.39)$$

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

$$m_{\phi} = \frac{3,14 \cdot 0,61^2}{4} \cdot 0,028 \cdot 7850 = 45 \text{ кг,}$$

Об'єм міжтрубного простору

$$V_M = f_{мтр} \cdot H$$

$$V_M = 0,019 \cdot 6 = 0,114 \text{ м}^3.$$

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

$$m_{\sigma} = V_M \cdot \rho_{\sigma} \cdot \varphi \quad (3.40)$$

$$m_{\sigma} = 0,114 \cdot 731 \cdot 0,7 = 58 \text{ кг.}$$

					6.133.22.02.00.00.00 ПЗ	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Сила тяжкості апарата у робочому стані

$$G = g \cdot (m_k + 2 \cdot m_{кр} + m_{тр} + 2 \cdot m_{ф} + m_{б}) \quad (3.41)$$

$$G = 9,81 \cdot (220 + 2 \cdot 6 + 558 + 2 \cdot 45 + 58) = 9200 \text{ Н} = 9,2 \text{ кН.}$$

Приймаємо кількість опор $n = 2$ шт.

Навантаження на одну опору

$$Q = \frac{G}{n} = \frac{9,2}{2} = 4,6 \text{ кН.}$$

Вибираємо сідлову опору типу 1 з допустимим навантаженням $Q = 16$ кН. Позначення опори: Опора 16-519-1 ОСТ 26-1265-75.

					6.133.22.02.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

4 Монтаж та ремонт апарата

4.1 Монтаж апарата [12]

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

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

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

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

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

Теплообмінники, розміщені в два яруси і більше, доцільно піднімати великими блоками з декількох апаратів після їх взаємної трубопровідної обв'язки, якщо це дозволяють підйомні засоби. Для стикування однотипних теплообмінників та уніфікації їх трубопровідної обв'язки суворо витримують при виготовленні настановні розміри штуцерів на корпусі та на розподільній камері. При підйомі блок обв'язаних теплообмінників укладають у ґратчастий контейнер, за який і виробляють стропування.

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

					6.133.22.02.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

При горизонтальному розташуванні теплообмінників температурні деформації корпусу між опорами можуть досягати декількох міліметрів, тому одна з опор повинна бути рухомою. Нерухоме опору, зазвичай встановлювану з боку нерухомої трубної решітки, закріплюють намертво; гайки болтів рухомої опори, що має овальні вирізи, не затягують на 1-1,5 мм, але фіксують контргайками. Зазор між болтами повинен і овальними вирізами повинен бути розташований у бік можливого подовження теплообмінника. Поверхні ковзання захищають так, щоб унеможливити защемлення.

Монтовані теплообмінники повинні бути опресовані на пробний тиск на заводі-виготовлювачі, тому на монтажному майданчику їх окремо не опресовують, обмежуючись перевіркою загальної системи теплообміну разом з трубопроводною об'язкою після завершення монтажних робіт. У тих випадках, коли відсутня акт заводського випробування або апарат тривалий час зберігався на складі або монтажному майданчику, перед монтажем теплообмінник піддають ревізії та, якщо в цьому є необхідність, ремонту.

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

При вивірці установки горизонтальних теплообмінних апаратів на фундаменті або іншій підставі відхилення від проектних осей та позначок, а також горизонтальності та вертикальності не повинні перевищувати:

- основних осей апарату у плані – ± 20 мм;
- фактичної висотної позначки встановленого апарату – ± 10 мм;
- від горизонтальності та заданого положення (ухилу) – 0,5 мм на 1 м.

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

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

При вивірці установки каркаса (опорної металокопункції) апарата на фундаменті або інших підставах відхилення від проектних розмірів, а також горизонтальності та вертикальності не повинні перевищувати:

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

					6.133.22.02.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

У процесі тривалої роботи теплообмінні апарати піддаються забрудненню та зносу. Поверхня їх покривається накипом, відкладеннями солей, олією тощо. Зі збільшенням відкладень збільшується термічний опір стінки та погіршується теплообмін.

4.2 Ремонт апарата [13]

Знос теплообмінного апарату виявляється у наступному:

- зменшення товщині стінки корпусу, трубних грат, кришок;
- випучини та вм'ятини на корпусі та кришках;
- нориці, тріщини на корпусі, трубах та фланцях;
- збільшення діаметра отворів для труб у трубній решітці;
- прогин трубних решіток та деформація трубок;
- заклинювання плаваючих головок та пошкодження їх струбцин;
- Порушення гідро-і термоізоляції.

Підготовка до ремонту включає наступні заходи:

- знижується надлишковий тиск в апараті до атмосферного та апарат звільняється від продукту;
- відключається арматура, ставляться заглушки на всіх трубопроводах, що підводять і відводять;
- проводиться продування азотом або водяною парою з подальшим промиванням водою і продуванням повітрям;
- виконується аналіз на наявність отруйних та вибухонебезпечних продуктів;
- Складається план і виходить дозвіл на вогневі роботи, якщо вони необхідні в процесі ремонту;
- складається акт здачі на ремонт.

Далі виконуються такі роботи:

- зняття кришок апарату, люків, демонтаж обв'язки та арматури;
- виявлення дефектів вальцювання та зварювання, а також цілісності труб гідравлічним та пневматичним випробуваннями на робочий тиск;
- часткова зміна або відключення дефектних трубок, кріплення труб вальцюванням або зварюванням;
- ремонт футеровки та антикорозійних покриттів деталей з частковою заміною;
- ремонт або заміна зносу арматури, трубопроводів, регулювання запобіжних клапанів;
- з ущільнень розбірних з'єднань;

					6.133.22.02.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

- вилучення трубок, чищення внутрішньої поверхні корпусу апарату та теплообмінних трубок, зачистка отворів у трубних решітках, зачистка кінців трубок;

- заміна частини корпусу, кришок та зношених деталей;

-Виготовлення нових трубок;

- монтаж трубного пучка та вальцювання труб у решітці;

- Ремонт плаваючих головок;

- монтаж різьбових з'єднань;

- гідравлічне випробування міжтрубної та трубної частин апарату пробним тиском;

- пневматичне випробування апарату.

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

Зниження трудомісткості робіт з демонтажу різьбових з'єднань досягається застосуванням пневматичних та гідравлічних гайковертів. Після розбалчування знімається кришка апарату. Зменшення трудозатрат на опускання і підйом важкої кришки забезпечується виготовленням поворотних кронштейнів, які дозволяють після розбобтування відвести вбік кришку і розподільну головку.

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

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

Абразивні методи очищення – механічні, гідропневматичні, гідромеханічні (струменем води високого тиску) та піскострумний.

Механічна чистка здійснюється за допомогою шомполів, свердлів, щіток, шарошок, різців, бурів з подачею води чи повітря видалення продуктів очищення. Найпростішим пристосуванням є сталевий пруток з йоржом зі сталевого дроту, привареним до прутка.

					6.133.22.02.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

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

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

Піскоструминне очищення дозволяє досягти найповнішого очищення труб, в результаті чого коефіцієнт теплопередачі відновлюється до значень, що відповідають відсутності термічних опорів обумовлених забрудненнями. Сутність піскоструминного очищення полягає в обробці поверхні, що очищається суспензією піску в повітрі або воді, що подається з великою швидкістю. Засмокування піску здійснюється ежекційними установками.

До спеціальних методів відноситься ультразвукове очищення. Ультразвукові перетворювачі через посередництво головок з віброапаратом, що встановлюються в рідині (воді) очищуваного об'єму, дозволяє повністю видалити тверді відкладення, що руйнуються під дією ультразвукових коливань і вимиваються звукопередавальним середовищем.

При ремонті трубного пучка допускається встановлення пробок на 15% трубок у кожному потоці пучка. При виході з ладу понад 15% трубок вони замінюються повністю. Вибір матеріалу трубок здійснюється з урахуванням характеристики середовища, його параметрів і відповідно до чинних норм. Застосування трубок, що були у використанні, допускається, якщо вони втратили внаслідок зносу не більше 30 % первинної ваги.

При заміні завальцованої трубки, що не виступає над решіткою, відрізають ножівкою або спеціальним пристосуванням за трубною решіткою. Трубки, що виступають над трубними ґратами, відрізають головкою з різцем. Що залишилися в гніздах решіток кінці трубок сплющують і вибивають.

Нові трубки, що вставляються, відрізають по довжині трубного пучка з додаванням 8-10 мм довжини. Кінці трубок зачищають до металевому блиску на довжину, рівну товщині ґрат із додаванням 10 мм на бік. У трубній решітці всі отвори зачищають від задирок, іржі та бруду. Наявність поздовжніх рисок в отворах трубної решітки не допускається. Перед установкою трубок отвори в решітці продувають повітрям і протирають насухо. Зазор між зовнішнім

					6.133.22.02.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

діаметром трубки та отвором у решітці повинен бути не більше 1,5 % діаметра трубки.

Кінці трубок кріпляться у трубних решітках розвальцюванням. При цьому отвір під розвальцювання обробляються не нижче 7 класу шорсткості. Кінці трубок повинні виступати на 3-5 мм біля зовнішнього торця кожної грати та бути відбортованими. Зважаючи на те, що трубки при розвальцювання подовжуються, спочатку розвальцювують всі кінці трубок в одній решітці, а потім в іншій. При цьому вальцюють 4 трубки хрест-навхрест, потім всі трубки по периметру і далі.

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

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

Свищі та тріщини усуваються шляхом заварювання або постановкою накладок із попереднім видаленням дефектної ділянки.

За допомогою кольорової дефектоскопії визначають протяжність і положення кінців тріщин, виявлених в корпусі. Ці кінці до заварки засвердлюються свердлами діаметром 3-4 мм. Нескрізні тріщини глибиною трохи більше 0,4 товщини стіни обробляється під заварку односторонньої вирубкою на максимальну глибину тріщини зі зняттям кромки під кутом 50-60°. При тріщині понад 100 мм зварювання ведуть зворотноступінчастим методом. Наскрізні та ненаскрізні тріщини глибиною понад 0,4 товщини стінки обробляють на всю товщину вирубкою зубилом або газорізанням. З появою гніздоподібної тріщини пошкоджені місця вирізуються і закриваються латками, які повинні мати гострих кутів. Заплати вварюються урівень з основним металом. Площа латки не повинна перевищувати одну третю площі аркуша апарату.

При частковій заміні корпусу апарату необхідно виконувати наступні вимоги:

- матеріал для виготовлення нових частин корпусу повинен бути за механічними та хімічними властивостями однакової з матеріалом ремонтного корпусу;
- Товщиною листа заміної частини повинна бути не менше проектної;
- електроди повинні відповідати матеріалу, що зварюється;

					6.133.22.02.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

- замикаючі обичайки повинні бути шириною не менше 400 мм;
- Поздовжні шви в горизонтальних апаратах не повинні бути в нижній частині апарату;
- кромки поверхні обичайки та основного металу на ширині 10 мм мають бути зачищені перед зварюванням до чистого металу;
- поздовжні шви в окремих обичайках циліндричної частини апарату, а також меридіональні або хордові шви днищ, що примикають до обичайок, повинні бути зміщені відносно один одного не менше ніж на 100 мм;
- відстань між поздовжніми швами в окремих обичайках має бути не менше 200 мм;
- при зварюванні стиків необхідно передбачити плавний перехід від одного елемента до іншого.

Опресовування теплообмінників жорсткої конструкції проводиться при знятих кришках. Вода при гідравлічному випробуванні подається до міжтрубного простору. Поява води в будь-якій трубці або місці вальцювання трубки в трубній решітці вказує на дефекти ремонту. У теплообмінниках з плаваючою головкою одна з трубних ґрат не прикріплена до корпусу. При гідравлічному випробуванні з боку плаваючої головки знімається кришка теплообмінника і на її місце встановлюється сальникове пристосування, призначене для створення герметичності між корпусом і плаваючою головкою.

					6.133.22.02.00.00.00 ПЗ	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Охорона праці – система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних та лікувально-профілактичних заходів та засобів, спрямованих на збереження здоров'я та працездатності людини у процесі трудової діяльності.

Усі підприємства повинні дбати про безпеку праці та здоров'я своїх працівників. До обов'язків роботодавця входить розробка комплексних заходів з охорони праці, які гарантували б безпечні та здорові умови праці на робочому місці.

Соціальне значення охорони праці полягає у сприянні зростанню ефективності громадського виробництва шляхом безперервного вдосконалення та поліпшення умов праці, підвищення їх безпеки, зниження виробничого травматизму та профзахворювань. Соціальне значення охорони праці проявляється у збільшенні продуктивності праці, збереження трудових ресурсів.

Збільшення продуктивності праці відбувається в результаті збільшення фон-да робочого часу завдяки скороченню внутрішньозмінних простоїв шляхом ліквідації мікротравм або зниження їх кількості, а також завдяки запобіганню передчасному стомленню шляхом раціоналізації та покращенню умов праці та запровадження оптимальних режимів праці та відпочинку та інших заходів, що сприяють підвищенню ефективності та використання робочого часу.

Зниження трудових ресурсів та підвищення професійної активності працюючих відбувається завдяки покращенню стану здоров'я та подовженню середньої тривалості життя шляхом поліпшення умов праці, що супроводжується високою трудовою активністю та підвищенням виробничого стажу.

Підвищується професійний рівень також завдяки підвищенню кваліфікації.

Основним завданням охорони праці на підприємстві є поліпшень умов праці. При створенні умов, що відповідають нормам безпеки та виробничої санітарії, зникає необхідність у витратах на пільги та компенсацію, підвищується продуктивність праці, яка покращує психологічний клімат у колективі та матеріальне становище підприємства.

					6.133.22.02.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

5.1 Вимоги до обладнання з урахуванням техніки безпеки

Все обладнання повинне відповідати вимогам проектно-конструкторської документації та повинно мати:

- технічний паспорт або технічний опис,
- інструкцію з експлуатації.

На нестандартне обладнання, оснащення, пристосування та інструменти, крім цього, повинні бути креслення.

Все виробниче обладнання має утримуватися у справності, чистоті, порядку і суворо відповідати встановленим їм технічним нормам.

Відповідальність за правильну експлуатацію технологічного обладнання, пристроїв, оснащення несуть начальник і технолог виробництва, майстер зміни і особа, що безпосередньо експлуатує обладнання.

У цеху, відділеннях, на ділянках, що ведуть роботу з пожежо- та вибухонебезпечними матеріалами, все обладнання має повністю відповідати проектам, розробленими спеціальними проектними організаціями або заводами та затвердженими директором заводу.

Ремонт та контроль за станом обладнання повинен здійснюватись у строки, передбачені графіком планово-попереджувального ремонту (ППР).

Все електричне обладнання, комунікації, апарати мають бути заземлені. За справність та надійність заземлення має бути встановлено постійний контроль за службою енергетика цеху.

Забороняється:

- працювати на несправному, незаземленому або забрудненому обладнанні та з несправними приладами, некондиційними або забрудненими матеріалами, невідповідним інструментом, а також при вимкненій або несправній витяжній вентиляції, несправній системі пожежогасіння або за відсутності засобів,
 - проводити ремонт працюючих насосів та трубопроводів,
 - залишати без нагляду працююче обладнання,
 - різко збільшувати або зменшувати частоту обертання відцентрових насосів, щоб уникнути гідравлічних ударів у лініях,
 - пускати в експлуатацію виробниче обладнання без передбачених проектом огорож, контрольно-вимірювальних приладів, блокувань та сигналізації, що забезпечують безпеку його обслуговування.

					6.133.22.02.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

5.2 Небезпечні та шкідливі виробничі фактори

Аналіз небезпечних та шкідливих виробничих факторів, що виникають у технологічному процесі ректифікації, наведено у табл. 5.1 згідно з ГОСТ 12.0.003 -74.

Таблиця 5.1 - Список небезпечних та шкідливих виробничих факторів та їх джерела.

Небезпечні виробничі фактори	Джерела виникнення	Норматив	Література
Механічні	Рухливі частини машин та механізмів (насоси)	Безпека експлуатації обладнання	ДСТУ 3273-95
Підвищений рівень шуму	Насоси, вентиляційні установки	L=80дБА	ГОСТ 12.1.003-83
Підвищений рівень вібрації	Електродвигуни, насоси, вентиляційні установки	L=102дБ	ГОСТ 12.1.012-90
Підвищений рівень напруги 220В, 380 В	Електродвигуни насосів, щит управління	U _{ДОГ.} =2.0В I _{ДОГ.} =0.3мА	ГОСТ 12.1.038-82
Несприятливий мікроклімат (підвищена температура матеріалу та поверхні обладнання)	Підігрівачі, випарні апарати, паропроводи, ректифікаційна колона	t = 18-20°С V = 0.3 м/с φ = 40-60%	ГОСТ 12.1.005-88
Хімічна речовина (ефір)	Негерметичні з'єднання трубопроводів	ГДК наведено в таблиці 9.2	ГОСТ 12.1.005-88

Відповідно до санітарних норм проектування промислових підприємств у щитових приміщеннях та прилеглих до них тамбурах та коридорах вміст метанолу не повинен перевищувати 5 мг/м³, що досягається за рахунок загальнообмінної та припливно-витяжної вентиляції згідно з СНиП 2.04-05-91. Крім того, проводиться герметизація обладнання, теплоізоляція теплообмінників.

5.3 Виробнича санітарія

5.3.1 Мікроклімат

Метрологічні умови обрано відповідно до вимог ГОСТ 12.1.005-88 та ДСП 3.36.042-99 з урахуванням категорії робіт з енерговитрат при виконанні відповідних технологічних операцій та періоду року. Вибираємо оптимальні параметри мікроклімату, наведені у табл. 5.2.

					6.133.22.02.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

Таблиця 5.2 - Оптимальні параметри мікроклімату

Категорія робіт	Період року	Температура, °С	Відносна вологість%	Швидкість руху повітря, м/с
Середній тяжкості II а	Холодний	18-20	40-60	0,2
	Теплий	21-23	40-60	0,3

Для забезпечення нормалізації параметрів мікроклімату передбачені наступні заходи: вентиляція та опалення в холодний період року СНіП 2.04-05-91.

5.3.2 Освітлення

Правильно спроектоване та раціонально виконане висвітлення виробничих приміщень надає позитивний психофізіологічний вплив на працюючих, сприяє підвищенню ефективності та безпеки праці, знижує втому та травматизм, зберігає високу працездатність. При освітленні виробничих приміщень використовують:

- природне освітлення, створюване прямими сонячними променями і розсіяним світлом небосхилу і мінливим залежно від географічної широти, пори року та доби, ступеня хмарності та прозорості атмосфери. Природне освітлення є біологічно найбільш цінним видом освітлення, якого максимально пристосований очей людини. У виробничих приміщеннях використовуються такі види природного освітлення: бічне - через світлопрорізи (вікна) у зовнішніх стінах; верхнє - через світлові ліхтарі у перекриттях; комбіноване - через світлові ліхтарі та вікна.

- штучне освітлення, створюване електричними джерелами світла, і поєднане освітлення, у якому недостатнє за нормами природне освітлення доповнюють штучним. Створюється штучними джерелами світла (лампа розжарювання, газорозрядними лампами). Призначення штучного освітлення – створити сприятливі умови видимості, зберегти хороше самопочуття людини і зменшити стомлюваність очей. При штучному освітленні всі предмети виглядають інакше, ніж за денного світла. За призначенням буває: робітником, аварійним, евакуаційним, охоронним, черговим. По пристрої буває: місцевим, загальним, комбінованим. Влаштувати одне місцеве освітлення не можна. Раціональне штучне освітлення має забезпечувати нормальні умови для роботи при допустимому витраті коштів, матеріалів та електроенергії.

Штучне освітлення передбачається у всіх виробничих та побутових приміщеннях для компенсації нестачі природного освітлення та для освітлення приміщень у темний час доби.

Відповідно до норм СНиП II-4-79 при виконанні робіт IV розряду використовується система загального освітлення. Нормована освітленість за IV розрядом (загальне спостереження за ходом виробничого процесу) підрозряда становить 200 лк .

Для освітлення виробничого приміщення застосовуються люмінесцентні лампи, т.к. вони енергетично більш економічні і за спектральними характеристиками максимально близькі до природного і мають найвищу світловіддачу. Вибираємо лампи ЛД-80: потужність 80 Вт, світловий потік 5400 лм, довжина 1,5 м, діаметр 40 мм.

У вибухонебезпечних приміщеннях категорії В-I встановлюються світильники тільки у вибухозахищеному виконанні, вибираємо світильник типу НОГЛ-2 х 80 з відбивачем, у світильнику встановлюється 2 лампи в захисних трубках з оргскла.

Світловий потік лампи у світильнику визначається за формулою:

$$\Phi_{\text{л}} = \frac{E \cdot S \cdot k_3 \cdot Z}{N \cdot n \cdot \eta},$$

звідки визначимо кількість світильників N:

$$N = \frac{E \cdot S \cdot k_3 \cdot Z}{\Phi_{\text{л}} \cdot n \cdot \eta}.$$

де $\Phi_{\text{л}} = 5400$ лм – необхідний світловий потік лампи у світильнику;

E – задана мінімальна освітленість, лк;

S – освітлювана площа, м²;

$k_3 = 1,8$ – коефіцієнт запасу [5, табл. 4-9];

Z - Коефіцієнт нерівномірності освітлення ($Z = 1,1$ для люмінесцентних ламп);

n – кількість ламп у світильнику, шт;

η – коефіцієнт використання світлового потоку

Для визначення коефіцієнта використання η знайдемо індекс приміщення і за формулою:

					6.133.22.02.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

$$i = \frac{A \cdot B}{H(A+B)},$$

де А - Довжина приміщення м; В – його ширина, м; Н – висота підвісу світильника від рівня підлоги приймаємо $h = 2,8$ м.

$$i = \frac{18 \cdot 12}{2,8(18+12)} = 2,5$$

Тоді приймаємо $\eta = 0,65$

Площа освітлення:

$$S = A \cdot B = 18 \cdot 12 = 216 \text{ м}^2.$$

Значить кількість світильників у робочій зоні становитиме:

$$N = \frac{200 \cdot 216 \cdot 1,8 \cdot 1,1}{5400 \cdot 2 \cdot 0,65} = 14 \text{ шт.}$$

Приймаємо 14 світильників. Разом виходить 28 ламп ЛД-80 для забезпечення загального освітлення робочої зони виробничого приміщення.

5.3.3 Шум та вібрація

Основним джерелом шуму в цеху є механічне обладнання:

насоси, компресори. Відповідно до ГОСТ 12.1.003-83 допустимий шумовий рівень у виробничому приміщенні – не більше 80 дБА. Якщо рівень шуму перевищує допустимий, то проводять заходи щодо його нормалізації згідно з ДСН 3.3.6.037-99 :

- покращення рівня експлуатації робочого обладнання;
- використання демпфуючих матеріалів;
- звукоізоляція обладнання кожухами.

Машини та механізми, що застосовуються в даному технологічному процесі викликають певні механічні коливання, які передаються на тіло людини. Гігієнічне нормування вібрації проводять відповідно до ГОСТ 12.1.012-90 [31].

З метою профілактики віброшумів захворювання для працівників з обладнанням, вібує рекомендується спеціальний режим роботи (обмеження часу контакту з віброінструментом, додаткові перерви і т.д.).

					6.133.22.02.00.00.00 ПЗ	Арк.
						53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5.3.4 Електробезпека

Відповідно до ПУЕ - 87 та ГОСТ 12.1.013-78 робоче приміщення за ступенем небезпеки ураження електричним струмом відноситься до приміщень з підвищеною небезпекою. Тому що з одного боку є можливість дотику до металевих конструкцій будівель, що мають з'єднання з землею, технологічних апаратів, а з іншого до металевих корпусів електроустаткування. Согласно НПАОП 40.1 - 1.32 - 01 класс зон 0, 1, 2.

Заходи електробезпеки:

- Контроль та профілактика пошкоджень ізоляції;
- Усунення небезпеки ураження при появі напруги на корпусах, кожухах та інших частинах електрообладнання досягається захисним заземленням, зануленням, захисним відключенням;
- Організація безпечної експлуатації електроустановок.
- Використання обладнання закритого типу.

5.3.5 Пожежна безпека

Згідно з документом НАПБ Б.03.002-2007 робоче приміщення з вибухопожежної та пожежної небезпеки належить до категорії А, а ступінь вогнестійкості будівлі - І згідно з ДБН В.1.1 - 7- 02.

Відповідно до ГОСТ 12.1.004 - 91і НАПБ А.01.001-95 пожежна безпека забезпечується системами запобігання пожежі та протипожежній безпеці, захисту, а також організаційно-технічними заходами.

Заходи системи запобігання пожежі:

- застосування негорючих речовин
- обмеження кількості горючих речовин та їх розміщення;
- протипожежні розриви між будинками;
- періодичне очищення приміщень та території;
- ізоляція горючих речовин.

Передбачено внутрішній та зовнішній водопроводи з пожежними кранами; для повідомлення про пожежу - електрична пожежна сигналізація та телефонний зв'язок.

Для запобігання пожежі використовують первинні засоби пожежогасіння – порошковий вогнегасник ОП-9 – 2 шт., вуглекислий вогнегасник ВВК-5-2 шт., а також ящик з піском, лопату.

					6.133.22.02.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

5.3.6 Охорона навколишнього природного середовища

Останнім часом в Україні надається значна увага охороні навколишнього середовища: розроблено та прийнято до дії Закон України "Про охорону навколишнього природного середовища".

Ректифікація технічного ефіру складний технологічний процес з переходом сировини в різні стани з різними фізикохімічними властивостями. Він пов'язаний з використанням різної складності технологічного обладнання та допоміжних механізмів. У багатьох випадках ці процеси супроводжуються виділенням великої кількості шкідливої пари, газів та інших забруднень.

Значною мірою зменшення забруднення відбувається за рахунок застосування автоматичного контролю та регулювання технологічного процесу. При розробці проекту було передбачено систему замкнутого циклу, у якій попадання шкідливих речовин у навколишнє середовище неможливо.

					6.133.22.02.00.00.00 ПЗ	Арк.
						55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Висновки

У цій роботі було розроблено апарат для охолодження спирту.

У першому розділі технологічна частина – описані технологічний процес та основне обладнання. Наведено технологічні розрахунки, необхідні для проектування промислового об'єкта, зроблений розрахунок апарату на міцність та герметичність.

У розділі охорона праці надано аналіз потенційних небезпек виникаючих у процесі, вимоги до охорони праці та техніки безпеки, а також вимоги підприємства до самого виробництва. Зроблено розрахунок ізоляції апарату.

У розділі будівельно-монтажна частина обґрунтування компонування обладнання, та рекомендації щодо проведення монтажно-ремонтних робіт.

					6.133.22.02.00.00.00 ПЗ	Арк.
						56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Література

1. Касаткин А. Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. М., «Химия», 1973, - 452 с
2. Павлов К. Ф., Романков П. Г, Носков А. А "Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии". Л.: Химия, 1987,- 576 с.
3. Соколов В. Н. "Машины и аппараты химических производств. Примеры и задачи". Л.: Машиностроение, 1982, - 384 с.
4. Дытнерский Ю. И. "Основные процессы и аппараты химической технологии. Пособие по проектированию".- М.: Химия, 1983. - 272 с.
5. "Справочная книга для проектирования электрического освещения". Под ред. Кнорринга Г.М. Л.: "Энергия", 1976, - 384 с.
6. Михалев М. Ф., Третьяков Н.П. "Расчет и конструирование машин и аппаратов химических производств. Примеры и задачи". Л.: Машиностроение, 1984, - 301 с.
7. Лашинский А.А., Толщинский А.Р. "Основы конструирования и расчёта химической аппаратуры. Справочник. ". Л.: Машиностроение, 1970, – 752 с.
8. Плановский А.Н., Николаев П.И. "Процессы и аппараты химической и нефтехимической технологии". М.: Химия, 1972, - 496 с.
9. Голубятников В.А., Шувалов В.В. "Автоматизация производственных процессов в химической промышленности". Москва: Химия, 1985, - 252с.
10. Кошарский Б.Д. "Автоматические приборы, регуляторы и вычислительные системы. Справочное пособие". Л: Машиностроение, 1976, - 488с.
11. Макаров Г.В., Стрельчук Н.А. "Охрана труда в химической промышленности". М.: Химия, 1977, - 568с.
12. Фарамазов С.А. "Ремонт и монтаж оборудования химических и нефтеперерабатывающих заводов. 2-е изд.". М.: Химия, 1980. – 312 с.
13. Ермаков В.И., Шеин В.С. "Ремонт и монтаж химического оборудования." Л.: Химия, 1981. – 368 с.
- 14 Альперт Л.З. "Основы проектирования химических установок. 4-е изд., перераб. и доп.". М.: Высшая школа, 1989. – 304 с

					6.133.22.02.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57