

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: «Установка розділення суміші «спирт-вода». Розрахувати та підібрати нормалізований дефлегматор спиртової колони продуктивністю 400 кг/годину»

Виконав студент

Приходько С.І.

Залікова книжка:

№ _____

Захищений з оцінкою:

Керівник роботи

Банишевський В.В.

III Сум ДУ 2023

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ШОСТКИНСЬКИЙ ІНСТИТУТ
СУМСЬКОГО ДЕРЖАВНОГО УНІВЕРСИТЕТУ

Спеціальність: Галузеве машинобудування

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Зав. Кафедрою

«__» _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ НА БАКАЛАВРСЬКУ РОБОТУ

Студенту: Приходько С.І.

група ХМзт-91ш курс IV

1. **Тема роботи:** «Установка розділення суміші «спирт-вода». Розрахувати та підібрати нормалізований дефлегматор спиртової колони продуктивністю 400 кг/годину»
2. **Вихідні дані:** Продуктивність 400 кг/год, температура конденсації парів 40°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 2xA1.
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, Ленингр. отдние, 1984. - 301 с., ил.
5. Контрольні терміни виконання: _____ травень _____

Етап і розділи роботи	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 _____ 2023 р

7. Термін захисту роботи _____ Червень _____ 2023р.

Керівник роботи _____ Банишевський В.В. _____

Реферат

Пояснювальна записка: 54 с, 1 рисунок, 3 таблиці, 14 літературних джерел. Графічні матеріали: складальне креслення апарата, технологічна схема, креслення складальних одиниць листів 4 формату А1.

Тема: Установка розділення суміші «спирт-вода». Розрахувати та підібрати нормалізований дефлегматор спиртової колони продуктивністю 400 кг/годину.

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.

Зроблені конструктивні розрахунки товщин стінок апарату, розрахунки фланцевого з'єднання та опори, які підтверджують надійність апарату. Описаний монтаж та ремонт апарата 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 Гідравлічні розрахунки	20
2.5 Вибір допоміжного обладнання.....	21
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.....	40
4.1 Опис монтажу апарата	40
4.2 Опис ремонтних робіт апарата	41
5 Охорона праці.....	46
5.1 Аналіз потенційних небезпек, які виникають на виробництві	46
Висновки.....	53
Література.....	54

					6.133.23.02.00.00.00 ПЗ			
Зм.	Ар-	№ докум	Підпис	Дата				
Розроб.		Приходько			<i>Кожихотрубчастий дефлегматор спиртової колони Пояснювальна записка</i>	Літ	Аркуш	Аркушів
Перев.		Баннишевський				4	54	
Н. Контр.					ІІІ Сум ДУ гр. ХМзт-91Ш			
Затверд.								

Вступ

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 слабо 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.

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

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).

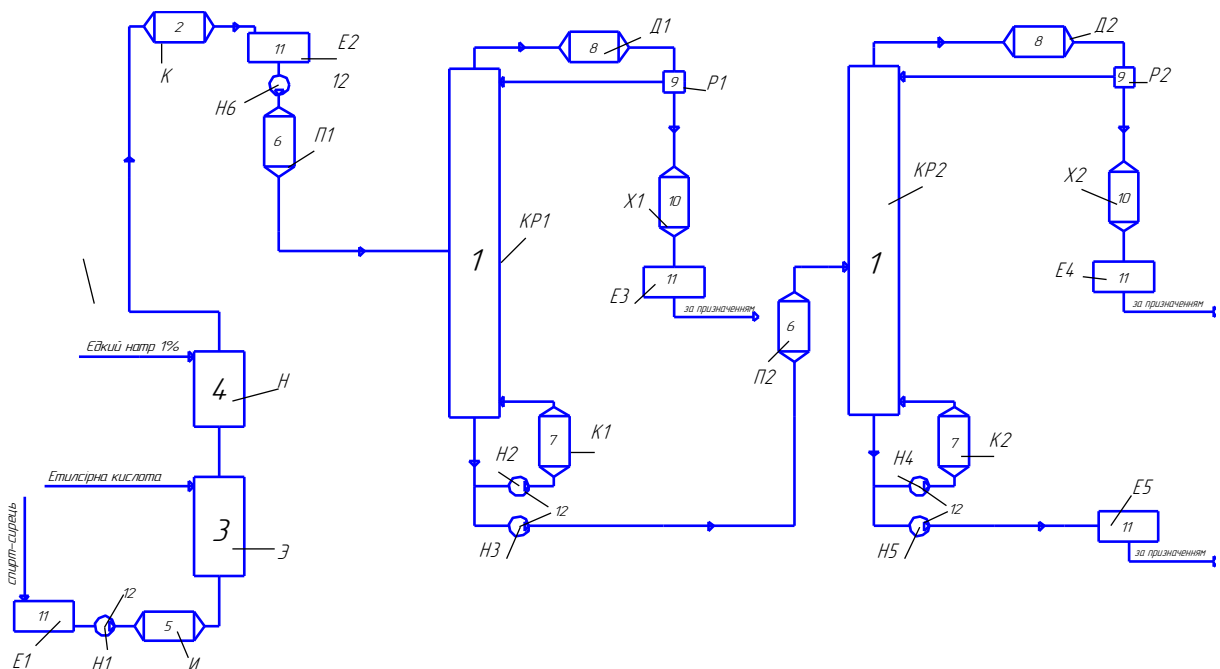


Рисунок 1.1 – Технологічна схема виробництва технічного ефіру

1-колона ректифікаційна, 2-конденсатор, 3-ефіризатор, 4-нейтралізатор, 5-випарювач, 6-підігрівач, 7-кип'ятильник, 8-дефлегматор, 9-розділювач, 10-холодильник, 11-ємність, 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

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

6.133.23.02.00.00.00 ПЗ

Арк.

6

закінчення 6 - 8 місяців безперервної роботи відпрацьована кислота вважається вже непридатною і видаляється із системи.

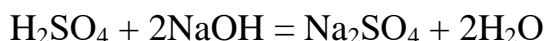
Спирт подається в реакційну суміш через барботер (дірчасту трубу), що проходить крізь товщу етилсерної кислоти. Для правильного перебігу процесу етилсерна кислота нагрівається до температури 120 - 125 °С. Необхідна температура суміші підтримується за рахунок обігріву апарату глухою парою через змійовик, 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.

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

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.

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 – дистилляту, 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 сконденсованого 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

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

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:

- 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.

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

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 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, кожугоспмієникові, 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

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

патрубок. По трубах зі швидкістю 0,8÷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.

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 проектного 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

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

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 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, %	$E \cdot 10^5$ 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, %	$E \cdot 10^5$ 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 – ВСтЗпсЗ ГОСТ 380 – 71, що поставляється за групою В (поставляється 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.

2 Технологічні розрахунки процесу та апарату

2.1 Матеріальний та тепловий баланси

Секундна витрата парів спирту

$$G_1 = \frac{400}{3600} = 0,1 \text{ кг/с.}$$

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

$$t_{ср1} = \frac{t_{кг} + t_{нг}}{2} = \frac{40 + 50}{2} = 45 \text{ }^\circ\text{C}$$

за додатком XIII [1]

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

Кількість теплоти, витрачена на охолодження парів спирту

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

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

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

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°C , тоді кінцева температура охолоджуючої води

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

Середня температура води, що охолоджує

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

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

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

Витрата охолодної води з урахуванням 3% втрат тепла

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

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

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

Зобразимо температурну схему процесу взаємодій теплоносіїв

$$\begin{array}{ccc} 49 & \rightarrow & 45 \\ 30 & \leftarrow & 6 \\ \hline \Delta t_M = 15\text{K} & & \Delta t_6 = 39\text{K} \end{array}$$

Середня різниця температур:

$$\Delta t_{cp} = \frac{\Delta t_6 - \Delta t_M}{\ln \frac{\Delta t_6}{\Delta t_M}} \quad (2.5)$$

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

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	$f_{Tp} = 0,023 \text{ м}^2,$
площа перетину міжтрубного простору	$f_{MTP} = 0,03 \text{ м}^2.$
Уточнене значення швидкості руху води у трубах	

					6.133.23.02.00.00.00 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

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

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

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 приймемо на 15 °С вище [3] середньої температури води, тобто.

$$t_{\text{ст}} = t_{\text{ср2}} + 10 = 18 + 15 = 28 \text{ } ^\circ\text{С.}$$

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

$$\text{Pr}_{\text{ст}} = 5,8.$$

Значення критерію Nu для води

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

					6.133.23.02.00.00.00 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]

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

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

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

Тоді

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

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

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

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

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. II.4 [4] вибираємо конденсатор з поверхнею теплообміну, що має параметри:

діаметр кожуха	$D = 500 \text{ мм};$
кількість ходів	$Z = 2;$
загальна кількість труб	$n_{\text{T}} = 82;$
довжина труб	$l_{\text{T}} = 6,0 \text{ м};$
поверхня теплообміну	$F = 30 \text{ м}^2;$
площа перерізу одного ходу	$f_{\text{Тр}} = 0,014 \text{ м}^2;$
площа перетину міжтрубного простору	$f_{\text{мтр}} = 0,019 \text{ м}^2.$
Уточнене значення швидкості руху води у трубах	

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

Тоді

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

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

отже,

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

Значення коефіцієнта ε_1 за табл. 4.3 [2] щодо

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

Тоді

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

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.

					6.133.23.02.00.00.00 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

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

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

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

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

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

Загальна втрата тиску для охолодної води

$$\Delta p = \Delta p_{\text{т}} + \Delta p_{\text{м}} = 184 + 88 = 272 \text{Па.}$$

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

2.5 Вибір допоміжного обладнання

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

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 6°C; 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 90°. Прийемо швидкість води у всмоктувальному та нагнітальному трубопроводах однаковою, 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;

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,0004}{3,14 \cdot 1}} = 0,026.$$

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 стінок 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

$$\lambda = 0,0305$$

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

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

- вхід в 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 заслонка $\varepsilon = 0,9$;
- 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;

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

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

Корисна потужність насосу

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

де V – витрати води, м³/с;

$$N_{\text{п}} = \frac{992 \cdot 9,81 \cdot 14,2 \cdot 0,00059}{1000} = 1,0 \text{ кВт.}$$

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. насосу; $\eta_{\text{п}}$ – 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 ефіру $t_{\text{нт}} = 45^{\circ}\text{C}$.

Об'ємна витрата ефіру

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

де ρ - щільність ефіру при температурі конденсації, кг/м³;

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

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

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

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

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

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

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

Температурна схема процесу охолодження етанолу при протитоці теплоносіїв:

$$\begin{array}{ccc} 45 & \rightarrow & 15 \\ & & \\ 20 & \leftarrow & 5 \\ \hline \Delta t_6 = 25\text{К} & & \Delta t_M = 10\text{К} \end{array}$$

Середня різниця температур при $\frac{t_6}{t_M} > 2$:

$$\Delta t_{\text{cp}} = \frac{\Delta t_6 - \Delta t_M}{\ln \frac{\Delta t_6}{\Delta t_M}} \quad (2.23)$$

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

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

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

Орієнтовне значення поверхні теплообміну

$$F_{\text{op}} = \frac{Q}{K_{\text{op}} \cdot \Delta t_{\text{cp}}};$$

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

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

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

діаметр кожуха	$D = 273 \text{ мм}$
число 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 прийому ефіру. Прийmemo, що обсяг ємності має забезпечити роботу установки ректифікації, тобто.

$$V_{\text{тр}} = 8 \cdot 3600 \text{ V}$$

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

$$V_{\text{тр}} = 8 \cdot 3600 \cdot 0,25 \cdot 10^{-3} = 4,9 \text{ м}^3.$$

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:

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

Згідно ГОСТ 9931-79 «Типы и основные размеры емкостных сосудов и аппаратов» приймаємо горизонтальний резервуар, що має номінальний обсяг $V_{\text{р}} = 6,3 \text{ м}^3$, внутрішній діаметр $D = 1800 \text{ мм}$, довжину циліндричного корпусу $L = 1880 \text{ мм}$.

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

3 Розрахунок апарата на міцність та герметичність

3.1 Розрахунок товщини стінки корпусу апарата

Прийmemo коефіцієнт міцності зварних швів $\varphi = 0,9$ (ручне дугове електрозварювання), напруга для сталі 12Х18Н10Т 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 $p = 0,1$ МПа.

Для листового матеріалу допустима напруга

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

Розрахункова товщина стінки кожуха

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

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

Пробний тиск при гідравлічних випробуваннях при допустимій напрузі

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

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

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

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

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 приймаємо 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

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

Приймаємо $s_{кр} = 4,0$ 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;
- діаметр труб $d = 25 \times 2$ мм;

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

- кількість труб

$n_T = 82$.

Мінімальний крок між трубками

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

Коефіцієнт ослаблення решітки отворами

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

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)]

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

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

Для ґрат типу I [(4, с.80)]

$$K = 0,47;$$

отже

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

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

Висота ґрат зовні (4, IV.29)

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

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: $h = 28 \text{ мм}$ і $h_1 = 20 \text{ мм}$.

3.4 Розрахунок фланцевого з'єднання

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

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

де $s = 4 \text{ мм}$ – товщина обічайки апарату.

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

приймаємо $s_0 = 6 \text{ мм}$.

Перевіряємо виконання умови

$$s_0 - s \leq 5$$

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

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

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

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

де $d_6 = 20$ мм – діаметр болтів при $D_{вн} = 500$ 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]).

$$D_6 = 0,5 + 2 \cdot (2 \cdot 0,006 + 0,02 + 0,006) = 0,576 \text{ м,}$$

приймаємо $D_6 = 0,58$ м. (см. с.263 [6]).

По [6] с.264 зовнішній діаметр фланця

$$D_\phi \geq D_6 + a ,$$

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]

$$D_\pi \geq D_6 - e ,$$

де $e = 30$ мм [6, табл.13,27];

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

Середній діаметр прокладки [6]

$$D_{ср.\pi} \geq D_\pi - b_\pi ,$$

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

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

Еквівалентна ширина прокладки

$$b_e = b = 15 \text{ мм;}$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

з урахуванням товщини трубної решітки приймаємо $l_{\text{б}} = 85$ мм.

Навантаження, що діє на фланцеве з'єднання

$$Q_{\text{д}} = \frac{p_{\text{R}} \cdot \pi \cdot D_{\text{ср.п}}^2}{4}, \quad (3.12)$$

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

де $p_R = 0,22$ МПа – внутрішній тиск в апараті; $D_{cp,II} = 1,27$ м – середній діаметр прокладки

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

Реакція прокладання за робочих умов [6]

$$R_{II} = \pi \cdot D_{cp} \cdot b_e \cdot m \cdot p_R, \quad (3.13)$$

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

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

Зусилля, що виникає від температурних деформацій

$$Q_t = \gamma \cdot Z_b \cdot f_b \cdot E_b \cdot (\alpha_{cp} \cdot t_{cp} - \alpha_b \cdot t_b), \quad (3.14)$$

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

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

де Y_b – лінійна податливість болта.

$$Y_b = \frac{l_b}{E_b \cdot f_b \cdot Z_b} \quad (3.16)$$

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

$$A = [Y_{II} + Y_b + 0,25 \cdot (Y_{ф1} + Y_{ф2}) \cdot (D_b - D_{cp,II})]^{-1}, \quad (3.17)$$

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

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

$$Y_{\Pi} = \frac{S_{\Pi}}{\pi \cdot D_{\text{cp.}\Pi} \cdot b_{\Pi} \cdot E_{\Pi}} \quad (3.18)$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Тоді

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

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

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

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

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

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

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

Визначимо болтове навантаження. Умови монтажу [6]

$$p_{\phi 1} = \max \left\{ \begin{array}{l} k_{ж} \cdot Q_d + R_n \\ 0,5 \cdot \pi \cdot D_{cp.п} \cdot b_{п} \cdot p_{пр} \end{array} \right\}, \quad (3.22)$$

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

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

За робочих умов [6]

$$p_{\phi 2} = p_{\phi 1} + (1 - k_{ж}) \cdot Q_d + Q_t \quad (3.23)$$

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

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

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

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

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

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

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

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

За формулою 1.141 [6] для прокладки з пароніту

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

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

$$p_{\sigma \text{max}} = \max \{ p_{\sigma 1}; p_{\sigma 2} \} \quad (3.28)$$

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

$$p_{\bar{\sigma}_{\max}} = \max \{0,204; 0,209\} = 0,209 \text{ МН.}$$

$$\frac{p_{\bar{\sigma}_{\max}}}{\pi \cdot D_{\text{ср.н}} \cdot b} = \frac{0,209}{3,14 \cdot 0,535 \cdot 0,015} = 10,2 \text{ МПа} \leq 130 \text{ МПа,}$$

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]

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

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

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]

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

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

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

за формулою 1.144 [6]

$$T_{cp} = \frac{D_{II}^2 \cdot \left(1 + 8,55 \cdot 1g \frac{D_{II}}{D_{ВП}}\right) - D_{ВП}^2}{(1,05 \cdot D_{ВП}^2 + 1,945 \cdot D_{II}^2) \cdot \left(\frac{D_{II}}{D_{ВП}} - 1\right)} \quad (3.33)$$

де $D_{II} = 0,45$ м – зовнішній діаметр прокладки;

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

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

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

Умова міцності

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

$$12 < 542 \text{ – умова міцності виконана.}$$

Окружний тиск у кільці фланця

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

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

Визначаємо кут повороту фланця за формулою 1.150 [1]

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

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

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.

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

Маса кришки та днища [6]

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

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

Маса труб

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

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

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

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

$$V_M = f_{\text{мпр}} \cdot H$$

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

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

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

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

Сила тяжкості апарата у робочому стані

$$G = g \cdot (m_k + 2 \cdot m_{\text{кр}} + m_{\text{тр}} + 2 \cdot m_{\phi} + m_{\sigma}) \quad (3.41)$$

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

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.

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

4 Монтаж та ремонт апарата

4.1 Опис монтажу 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 їхньої маси, розмірів та 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 бути 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 встановлення теплообмінника на фундамент відстань між опорами можна змінювати у невеликих межах. Між корпусом і опорами апарата повинні поміщатися підкладки з листової сталі, що запобігають вм'ятинам на корпусі.

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

Теплообмінники, розміщені в два яруси і більше, доцільно піднімати великими блоками з кількох апаратів після 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 розподільчій 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 та закріплення болтів, що з'єднують опори з постаментом. Положення теплообмінника вивіряють за допомогою рівня або схилу, підкладаючи, якщо це необхідно, під опорні площини сталеві планки.

При горизонтальному розташуванні теплообмінників температурні деформації корпусу між опорами можуть досягати кількох міліметрів, тому одна з опор має бути рухомою. Нерухому опору, що зазвичай встановлюється з боку нерухомої трубною 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 має бути

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

розташований у бік можливого подовження теплообмінника. Поверхні ковзання захищають так, щоб унеможливити затискання.

Теплообмінники, що монтуються, повинні бути опресовані на пробний тиск на заводі-виробнику, тому на монтажному майданчику їх окремо не опресовують, обмежуючись перевіркою загальної системи теплообміну разом з трубопроводною обв'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 і, якщо це потреба, ремонту.

Способи виявлення та усунення дефектів залежать від конструктивного виконання нового або теплообмінника, що був в експлуатації.

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 встановлення горизонтальних апаратів та каркасів (опорних металокопункцій) у проектне положення на фундаменті або іншій підставі має проводитися:

- апаратів, секцій – гідростатичним або брусковим рівнем та контрольною лінійкою;
- осей опорних стійок, каркасів - схилом;
- площин кронштейнів опорних стійок (несуть труби чи секції) від розташування в одній горизонтальній площині – по натягнутої 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 стійок між собою – ± 3 мм;
- Осі опорних стійок від вертикальності - 1 мм на 1 м, але не більше 3 мм;
- площин опорних стояків, що несуть труби або секції, від розташування в одній горизонтальній площині – не менше 2 мм.

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

4.2 Опис ремонтних робіт апарата [13]

Зношування теплообмінного апарату виражається в наступному:

- зменшення товщеної 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 трубних гратах;

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

- прогин трубних решіток та деформація трубок;
- заклинювання плаваючих головок та пошкодження їх струбцин;
- порушення гідро- та 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 потрібні в процесі ремонту;
- складається акт здавання у ремонт.

Далі виконуються такі роботи:

- зняття кришок апарату, люків, демонтаж обв'язки та арматури;
- виявлення дефектів вальцювання та зварювання, а також цілісності трубок гідравлічним та пневматичним випробуваннями на робочий тиск;
- часткова зміна або відключення дефектних трубок, кріплення труб вальцюванням або зварюванням;
- ремонт футерування та антикорозійних покриттів деталей з частковою заміною;
- ремонт або заміна зносу арматури, трубопроводів, регулювання запобіжних клапанів;
- зміна ущільнень розбірних сполук;
- вилучення трубок, чищення внутрішньої поверхні корпусу апарату та теплообмінних трубок, зачищення отворів у трубних решітках, зачищення кінців трубок;
- заміна частини корпусу, кришок та зношених деталей;
- виготовлення нових трубок;
- монтаж трубного пучка та вальцювання труб у решітці;
- ремонт плаваючих голівок;
- монтаж різьбових з'єднань;
- гідравлічне випробування міжтрубною та трубною частин апарату пробним тиском;
- пневматичне випробування апарату.

Найбільш трудомісткими операціями під час ремонту 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 трудовитрат на

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

опускання та підйом важкої кришки забезпечується виготовленням поворотних кронштейнів, які дозволяють після розбвтування відвести убік кришку та розподільну головку.

Очищення трубок від відкладень включає обробку як внутрішніх, так 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 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, гідромеханічний (струменем води високого тиску) та піскоструминний.

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 із сталевого дроту, привареним до прутка.

Гідромеханічне очищення полягає в наступному. Насосом високого тиску по напірних шлангах вода подається в порожнисту штангу, на кінці якої встановлено сопло з кількома отворами. Струмись води виходить із сопла під великим тиском, ріже і відриває відкладення від стінок поверхонь, що очищаються. Перевагою такого методу є можливість очищення внутрішньої та 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) дозволяє видаляти відкладення практично будь-якої складності.

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

До спеціальних методів відноситься ультразвукове очищення. Ультразвукові перетворювачі через посередництво головок з вібраторами, що встановлюються в рідині (воді) всередині 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 усі

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

вони замінюються повністю. Вибір матеріалу трубок здійснюється з урахуванням характеристики середовища, його параметрів та відповідно до чинних норм. Застосування трубок, що були у використанні, допускається, якщо вони втратили внаслідок зносу не більше 30 % початкової ваги.

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

Нові трубки, що вставляються, відрізають по довжині трубного пучка з додатком 8-10 мм довжини. Кінці трубок зачищають до металевого блиску на довжину, що дорівнює товщині решітки з додатком 10 мм на бік. У трубних ґратах всі отвори зачищають від задирок, іржі та бруду. Наявність поздовжніх рисок в отворах трубних ґрат не допускається. Перед установкою трубок отвори в решітці продувають повітрям і протирають насухо. Зазор між зовнішнім 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 обробляється не нижче 7 класу шорсткості. Кінці трубок повинні виступати на 3-5 мм біля зовнішнього торця кожної ґрати та бути відбортованими. Зважаючи на те, що трубки при розвальцювання подовжуються, спочатку розвальцюють всі кінці трубок в одній решітці, а потім в іншій. При цьому вальцюють 4 трубки навхрест, потім усі трубки по периметру і далі інші.

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

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

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

За допомогою кольорової дефектоскопії визначають довжину та положення кінців тріщин, виявлених у корпусі. Ці кінці до заварювання засвердлюються свердлями діаметром 3-4 мм. Некрізні 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. При появі ґніздоподібної тріщини пошкоджені місця вирізуються та закриваються латками, які не повинні мати гострих кутів. Латки вварюються

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

врівень з основним металом. Площа латки має перевищувати одну третю площі аркуша апарата.

При частковій заміні корпусу апарата необхідно виконувати такі вимоги:

- матеріал для виготовлення нових частин корпусу повинен бути за механічними та хімічними властивостями однаковий з матеріалом ремонтного корпусу;

- товщиною листа заміної частини повинна бути не меншою за проектну;

- електроди повинні відповідати матеріалу, що зварюється;

- 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 повинні 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 у міжтрубний простір. Поява води в будь-якій трубці або в місці вальцювання трубки в трубній решітці вказує на дефекти ремонту. У теплообмінниках з плаваючою головкою одна з трубних грат не прикріплена до корпусу. При гідравлічному випробуванні з боку плаваючої головки знімається кришка теплообмінника і на її місце встановлюється сальниковий пристрій, призначений для створення герметичності між корпусом і головкою, що плаває.

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

5 Охорона праці

5.1 Аналіз потенційних небезпек, які виникають на виробництві [11]

Технологічний процес отримання етилового ефіру повинен відбуватися відповідно до вимог наступних документів.

«Общие правила взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств», затверджених 06.09.88 р. Держтехнаглядом України.

«Правила эксплуатации предприятий...», затверджені наказом Міністерства оборонної промисловості України № 93 ДСП.

«Правила защиты от статического электричества в производствах отрасли», затверджені наказом Міністра від 12.04.93 р.

«Правила устройства предприятий...», затверджені наказом Міністерства машинобудування України №109с від 28.03.95 г.

«Правила пожарной безопасности при эксплуатации предприятий химической промышленности», затверджені Міністерством хімічної промисловості від 25 липня 1979 р. та ін.

Усі виробничі приміщення спирто-ефірного виробництва, складські приміщення для зберігання етилового спирту, етилового ефіру, потрібної суміші «Общесоюзным нормам технологического проектирования» ОНТП 24-86, затверджених Міністерством внутрішніх справ СРСР 27.02.86 р. належать до категорії А, а за «Правилами пристроїв електроустановок» (ПУЕ), затверджених Головтехуправлінням та Держтехнаглядом Міненерго СРСР від 05.10.94 р. – до класу В-1а.

При зверненні етиловий ефір відноситься до класу 3, до підкласу 3.1, спирт етиловий до класу 3. Заходи безпеки та ліквідації наслідків аварій передбачені в аварійній картці № 34.

Допуск сторонніх осіб на територію виробництва та виробничі приміщення дозволяється тільки у супроводі представника адміністрації цеху або наявності шифру у пропуску.

Відомості про вибухо-, пожежонебезпечність, токсичність та електростатичні властивості застосовуваних матеріалів вказані в таблиці 5.1.

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

Таблиця 5.1. Відомості про вибухо-, пожежонебезпечність, токсичність та електростатичні властивості застосовуваних матеріалів

№ п/н	найменування матеріалу	Відомості про вибухо-, пожежонебезпечність	Відомості про електростатичні властивості	Токсичність та характер дії на організм людини	ПДК, мг/м ³	Клас небезпеки по ГОСТ 12.1.007-76
1	2	3	4	5	6	7
1	Спирт етиловий	<p>Легкозаймиста рідина. Категорія та група вибухонебезпечної суміші етилового спирту з повітрям 11А-Т2 (ГОСТ 12.1.011-78).</p> <p>Температурні межі займання насиченої пари спирту в повітрі: нижній - 11 °С; верхній – 41 °С.</p> <p>Область займання 3,6-19% (за обсягом), температура спалаху 13 °С. Температура самозаймання 404 °С.</p>	<p>Мінімальна енергія запалювання (0,2-0,246) мДж, питомий об'ємний електричний опір 0,88·10⁷ Ом·м, гранично-допустимий поверхневий потенціал 1,36-1,55 кВ, по чутливості до розрядів статичної електрики відноситься до 2 класу.</p>	<p>Наркотик, що викликає спочатку збудження, а потім параліч нервової системи. При тривалому хронічному впливі великих доз може викликати важкі органічні захворювання нервової системи, травного тракту, серцево-судинної системи і т.д.</p>	1000	4

Продовження таблиці 5.1

1	2	3	4	5	6	7
2	Ефір етиловий	<p>Легкозаймиста рідина. Температура спалаху - 41 ° С, температура самозаймання парів ефіру в повітрі 164 ° С, межі самозаймання парів ефіру в повітрі:</p> <p>нижній – 1,7%; верхній – 49%, температурні межі займання ефіру у повітрі: нижній – -45 °С; верхній – 13 °С. Нижня об'ємна частка вибуховості 1,25%. Мінімальна вибухонебезпечна масова частка кисню при розведенні ефіроповітряних сумішей азоту 10,7%, вуглекислим газом – 13%, гелієм – 10%. Максимальна швидкість горіння пароповітряної суміші 0,498 м/с</p>	<p>Максимальна енергія запалювання 0,19 мДж, питомий об'ємний електричний опір більше 1010 Ом · м, діелектричне проникність - 4,22, по чутливості до електричного розряду відноситься до високочутливих речовин (2 група).</p>	<p>Наркотик, що діє злегка подразливо на дихальні шляхи. При гострих отруєннях можливі бронхіти і запалення легень, роздратування нирок і тяжкі нервові захворювання, у виняткових випадках смерть. Рідкий ефір при дії на шкіру викликає пок-рознення. В організм можливе проникнення ефіру через шкіру, але головним чином у вигляді парів через легкі, при цьому близько 90% адсорбованого ефіру видихається.</p>	300	4

Продовження таблиці 5.1

1	2	3	4	5	6	7
3	Фракція головна	Легкозаймиста рідина. Температура спалаху 18 °С, температура самозаймання 400 °С, концентраційні межі поширення полум'я: нижній – 79 г/м ³ ; верхній – 387 г/м ³ .		Пари можуть викликати подразнення очей і слизової оболонки дихальних шляхів, в рідкому стані може викликати подразнення шкіри.	1000 (спирт етиловий)	4

Перелік технологічних операцій із зазначенням їх категорійності та небезпеки під час виготовлення ефіру наведено у таблиці.

Таблиця 5.2 Перелік технологічних операцій із зазначенням їх категорії та небезпеки

№ п/н	найменування операції	Категорійність операції
1	2	3
1	Подача етилового спирту в підігрівач	Б
2	Обслуговування напірних баків	Б
3	Обслуговування дефлегматора та холодильника, конденсатора	Б
4	Обслуговування спиртоіспарювача та підігрівача спирту.	Б
5	Обслуговування ефірної та спиртової колон	Б
6	Відбір проб аналізу	Б
7	Перекачування ефіру на склад	Б
8	Перекачування спирту на склад	Б

Усі робочі місця мають бути забезпечені інструкціями з охорони праці, технологічними плануваннями, технологічними схемами та іншою НТД, необхідною для роботи.

У всіх приміщеннях вогне- та вибухонебезпечного виробництва (на робочих місцях, тамбурах, проходах тощо) повинна підтримуватися чистота та порядок. Не допускається накопичення пилу на обладнанні та вентиляційних трубопроводах.

У кожній зміні має проводитися повне ретельне прибирання робочих місць та приміщень.

Речовини, випадково розсипані або пролиті під час роботи на підлогу, робочі майданчики та обладнання повинні бути обережно зібрані та поміщені в тару для відходів та кмітливостей, а місце, на якому знаходилися прокидані чи політі речовини, мають бути ретельно очищені за допомогою піску, тирси.

Для зберігання тари з відходами та кошторисами мають бути відведені спеціальні місця.

Кількість вогне- та вибухонебезпечних продуктів на робочих місцях, у робочих приміщеннях та у складських приміщеннях не повинна перевищувати кількість, передбачену нормами, затвердженими в установленому порядку.

Для кожного виробничого приміщення має бути складений, підписаний начальником цеху та вивішений перелік використовуваного інструменту, необхідного для роботи, із зазначенням його кількості, номер креслення, матеріалу, з якого він виготовлений.

Застосований інструмент повинен відповідати кресленням та зберігатися у спеціально відведених місцях.

Забороняється зберігати у виробничих приміщеннях матеріали та предмети, що не використовуються безпосередньо в даному виробництві, і особливо сторонні горючі матеріали.

Усі роботи у вогне- і вибухонебезпечних приміщеннях повинні проводитися під безпосереднім керівництвом ІТП.

Перед початком роботи повинні бути перевірені справність обладнання, комунікацій, пристроїв, контрольно-вимірювального інструменту, приладів, освітлення, вентиляції, блокуючих пристроїв, засобів пожежогасіння, сигналізації, аварійних та запасних пристроїв для пуску та зупинки обладнання, наявність енергії, пари, води, сировини та матеріалів.

Забороняється вести роботи на несправному та забрудненому обладнанні та з несправними приладами, некондиційними продуктами та матеріалами, невідповідним інструментом, а також при непрацюючій вентиляції, несправній системі пожежогасіння або за відсутності відповідних засобів пожежогасіння, класти одяг, матеріали.

Забороняється носіння прикрас та одягу із синтетичних, вовняних тканин.

Виробниче приміщення, в яких проводяться роботи з вогне- та вибухонебезпечними матеріалами та шляхи руху транспорту та людей повинні бути оснащені знаками безпеки.

Робітникам та майстрам забороняється йти з роботи доти, доки вони не здадуть і не оформлять здачу та прийом зміни з реєстраціями та розписами в журналі. Нормативні завантаження вогне- та вибухонебезпечними речовинами виробничих приміщень, майданчиків, робочих місць, складів повинні бути мінімальними, виходячи з вимог технологічного процесу.

Надруковані розрахунки нормативних завантажень мають бути підписані особами, які проводили та перевіряли розрахунок, начальником цеху, головним технологом, головним інженером, узгоджені з начальником ОТБ та затверджені керівником підприємства.

Затверджені нормативні завантаження із зазначенням маси вогне-вибухонебезпечних продуктів та числа ємностей, ящиків тощо. повинні бути вивішені у вигляді табличок, підписаних начальником цеху, у кожному приміщенні та біля кожного робочого місця, де можуть накопичуватися вогне-вибухонебезпечні матеріали. Де це можливо, нормативні завантаження мають бути написані (продубльовані масляною фарбою на стінах приміщення біля робочих місць).

Усі роботи у спирто-ефірному виробництві повинні проводитися на справному, заземленому устаткуванні, при діючій припливно-витяжній вентиляції, інструментом із кольорового металу.

Не допускати переливу спирту, ефіру, потрійної суміші, кислоти з ємностей, т.к. при цьому створюється вибухонебезпечна концентрація пари в повітрі перевищуючи ГДК.

					6.133.23.02.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

Ємнісна технологічна апаратура з ЛЗР повинна мати пристрій для звільнення перед ремонтом або у разі аварії чи пожежі. Для виключення переливу ЛЗР ємнісна технологічна апаратура забезпечується переливними трубопроводами в аварійну ємність. Аварійна ємність оснащується поплавковими рівнемірами та звуковою сигналізацією верхнього рівня.

Розгрузка вищезгаданої апаратури за допомогою насосів або іншими способами може проводитися в складські ємності в проміжних та сировинних (товарних) складах, технологічні апарати. При цьому має бути забезпечене повне звільнення трубопроводів.

Після використання аварійної ємності повинна бути звільнена від продукту і, залежно від цього продукту, ємність повинна бути продувана інертним газом або пропарена, а якщо потрібно, промита водою.

Забороняється:

допускати переповнення приймальних видаткових, напірних баків та сховищ ефіром, спиртом, потрійною сумішшю;

стукати інструментом або іншими предметами по кранах, вентилях чи іншій запірній арматурі у разі її заїдання;

працювати у недозволеному спецодязі та без передбачених засобів захисту;

користуватися інструментом із чорного металу, що дає іскру;

зберігати промаслену ганчір'я, папір у приміщеннях відділення;

працювати під час грози при відчинених вікнах та дверях;

використовувати ЛЗР не за прямим призначенням (для миття підлог, прання, чищення одягу та д.р.);

проводити внутрішній огляд ємностей без попередньої їх підготовки та оформлення наряду на роботи з підвищеною небезпекою;

приймати та зберігати їжу на робочих місцях.

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

Висновки

У даній бакалаврській роботі було розроблено:

- опис технологічна схема виробництва;
- описані теоретичні основи процесу;
- описаний принцип дії та конструкція апарату;
- вибраний та обґрунтований матеріал апарату;
- проведені технологічні розрахунки апарату (розрахунки матеріального та теплового балансів, конструктивні розрахунки, визначений опір апарату);
- зроблені конструктивні розрахунки (товщин стінок апарату, розрахунки фланцевого з'єднання та опори), які підтверджують надійність апарату.
- описаний монтаж та ремонт апарата;
- описана охорона праці на виробництві.

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

Література

1. Онищук О. О., Кормош Ж. О. Процеси та апарати хімічних виробництв: курс лекцій. Луцьк : Вежа-Друк, 2020. 155 с.
2. Врагов А.П., Гідромеханічні процеси та обладнання хімічних і нафтохімічних виробництв: Навчальний посібник. – Суми: Видавництво Сумського державного університету, 2001. – 216 с.
3. Дмитренко І. В. Конспект лекцій з дисципліни "Процеси та апарати хімічних виробництв". Ч. 1. Гідромеханічні процеси для здобувачів вищої освіти за спеціальністю 161 – Хімічні технології та інженерія / уклад. І. В. Дмитренко, Л. В. Тимошевська ; Держ. ун-т "Одеська політехніка". – Одеса, 2021. – 87 с.
4. Атаманюк В.М. Конспект лекцій з курсу «Розрахунок і конструювання машин та апаратів хімічних та силікатних виробництв. Розрахунок ємнісних апаратів» / В.М. Атаманюк. – Львів : видво НУ «Львівська політехніка», 2001– 99с.
5. Дубинін А.І. Обладнання для розділення компонентів : навч. посіб. / А.І. Дубинін, Я.М. Ханік, В.М. Атаманюк. – Львів : вид-во НУ «Львівська політехніка», 2005. – 140 с.
6. Коваленко І. В. Процеси та апарати хімічної технології: Метод. посіб. з курсу лекцій, практич. та самост. робіт. — К.: НТУУ «КПІ», 2003. — 160 с.
7. Коваленко І. В., Малиновський В. В., Основні процеси, машини та апарати хімічних виробництв: Підручник /. — К.: Інрес : Воля, 2005. — 264 с.: іл. — Бібліогр.: с. 253—255.
8. ТОВАЖНЯНСЬКИЙ Л. Л. , ШАПОРЕВ В. П. , МОІСЕЄВ В. Ф. та інші Машини та апарати у хімічних, харчових і переробних виробництвах, Харків: Колегіум, 2011, 606 с web.kpi.kharkov.ua/http
9. МОІСЕЄВ В.Ф., МАНОЙЛО Є. В. , МАНОЙЛО Ю.О., ПІТАК І.В. та інші Машини та апарати у хімічних, харчових і переробних виробництвах: Лабораторний практикум, Харків: НТМТ, 2011, 220 с web.kpi.kharkov.ua/http
10. Малишев В., Залюбовський М., Машини та обладнання підприємства. Київ: Університет "Україна", 2020, 120 с
11. Малишев В., Залюбовський М., Панасюк І., Машини зі складним рухом робочих ємкостей. Київ: Університет "Україна", 2018, 228 с
12. Сукач М.К., Будівельні машини і обладнання. Київ: Ліра-К, 2016, 408 с
13. Шевченко О., Марценюк О., Ткачук Н.. Коливання, пульсації і нестационарні режими у сорбційних процесах. Київ: Кондор, 2017, 472 с
14. Рожков А.П. Пожежна безпека: Навчальний посібник. – Київ: Пожінформтехніка, 1999. –256 с.

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