

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 технічного етеру. Кожухотрубчастий дефлегматор етерної колони продуктивністю по етеру 25 т/добу.

Виконав студент

Лаврененко К.С.

Залікова книжка:

№ _____

Захищений з оцінкою:

Керівник проекту

Романько С.М.

ШІ Сум ДУ 2022

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ШОСТКИНСЬКИЙ ІНСТИТУТ
СУМСЬКОГО ДЕРЖАВНОГО УНІВЕРСИТЕТУ

Спеціальність: Галузеве машинобудування

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Зав. Кафедрою

«__» _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВР

Студенту: Лаврененко К.С.

група ХМзт-81ш курс IV

1. **Тема курсової роботи:** «Виробництво технічного етеру. Кожухотрубчастий дефлегматор етерної колони продуктивністю по етеру 25 т/добу»
2. **Вихідні дані:** Продуктивність 25 т/добу по етеру, температура конденсації парів етера 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 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, Ленингр. отдние, 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 Романько С.М.

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 технічного етеру. Кожухотрубчастий дефлегматор етерної колони продуктивністю по етеру 25 т/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, ЕТЕР.

Вступ

Проблеми отримання етилового етеру і етилового спирту високої якості з вихідної потрійної суміші (етиловий етер - етиловий спирт - вода) вимагають до себе великої уваги, так як неправильне і неякісне дотримання технологічних процесів не дозволяє отримати компоненти необхідного ступеня очищення.

З усього технологічного ланцюжка слід виділити ректифікацію, де від якості виконання технологічного процесу і правильно підбраного апаратного оформлення залежать кінцеві властивості готового продукту. Причому технологічна схема прийнята типовою для поділу потрійних сумішей, де кількість колон в установці має бути на одиницю меншою за кількість компонентів у вихідній суміші. Такий вибір обумовлений практикою експлуатації даного виробництва, відмінність ж полягає в деяких конструктивних особливостях задіяних апаратів.

Ректифікація – масообмінний процес, який здійснюється здебільшого у проточних колонних апаратах з контактними елементами (насадки, тарілки), аналогічними у процесах абсорбції. Тому методи підходу до розрахунку та проектування ректифікаційних та абсорбційних установок мають багато спільного. Тим не менш ряд особливостей процесу ректифікації (різне співвідношення навантажень по рідкості і пари в нижній і верхній частинах колони; змінний за висотою коефіцієнт розподілу, спільне перебіг процесів масо-і теплоперенесення) ускладнює його розрахунок.

Вибір конструкції колони і контактних елементів залежить від багатьох факторів і визначається в основному економічною доцільністю, вартістю процесу ректифікації і вимогами, що пред'являються до готового продукту.

Протягом тривалого часу конструкції ректифікаційних установок з виробництва етилового спирту та етилового етеру модернізувалися і практика експлуатації показала, що при виробництві етилового етеру та спирту переважно поширення отримали колонні апарати з ситчастими та ковпачковими тарілками.

Раціональний вибір типу контактних пристроїв для конкретного випадку пов'язаний із певними труднощами. При виборі слід керуватися такими вихідними даними:

- характером кривої рівноваги фаз;
- фізичними характеристиками системи, що розділяється;
- продуктивністю проекрованої установки;
- рівнем витрат та вартістю енергії;
- необхідним ступенем чистоти кінцевих продуктів та їх якістю;

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

- вартістю виготовлення та монтажу установок з тими чи іншими контактними вузлами.

Врахувати всі ці різноманітні чинники та визначити їхню кількість досить складно. До теперішнього часу при розробці ректифікаційних установок з отримання етилового етеру і спирту орієнтуються на досвід промисловості і обмежуються небагатьма типами тарілкових конструкцій. Сюди відносяться: одноковпачкові тарілки, тарілки подвійного кип'ятіння, багатоковпачкові тарілки та ситчасті тарілки зі зливальними пристроями.

Дефлегматор є необхідною частиною ректифікаційної установки. Основне його призначення полягає у постачанні колони флегмою. Якщо колона не живиться флегмою, то пари в ній конденсуються лише за рахунок втрати тепла в навколишній простір. Флегма, що утворюється таким шляхом, називається «дикою». Якщо припустити, що втрата тепла колони дорівнює нулю, то така колона працює без флегми. У такому випадку на тарілках колони немає рідкої фази і, отже, апарат працює як куб, без зміцнюючої колони. Наявність на тарілках флегми створює можливість багаторазового контакту пари та рідини, що містить низькокиплячий компонент. Це створює процес складної ректифікації. Разом з цим основним завданням дефлегматор також зміцнює пари, що надходять до нього з колони. Це зміцнення відбувається за рахунок:

1. утворення при конденсації складної парової суміші конденсату, збагаченого висококиплячим компонентом;

2. контакту в дефлегматорі між стікаючим конденсатом і парою. У цьому випадку на зміцнюючий ефект впливає конструкція дефлегматора.

Розрізняють два випадки дефлегмації:

- одноразова дефлегмація, при цьому водно-спиртові пари, що поступають в охолоджуваний простір, миттєво конденсуються. Тут рідка фаза, що випадає, відразу виводиться з контакту з несконденсованою парою, що залишилася;

- Поступова дефлегмація, при цьому процес конденсації відбувається поступово. Конденсат, що утворюється, не видаляється, а знаходиться в контакті з парою.

Поступова дефлегмація ефективніша щодо парів спирту.

При конструюванні дефлегматорів, якщо ми хочемо збільшити їх зміцнюючий ефект, потрібно прагнути до того, щоб створити більш сприятливі умови саме для поступової дефлегмації. Для цього необхідно подовжити шлях проходження пари в дефлегматоре і зменшити різницю температур між охолодною рідиною і парами, що конденсуються.

					6.133.22.07.00.00.00 ПЗ	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 Технологічна частина

1.1 Опис технологічної схеми

Виробництво з одержання технічного етеру по сірчанокиислому методу розподіляється на дві фази:

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

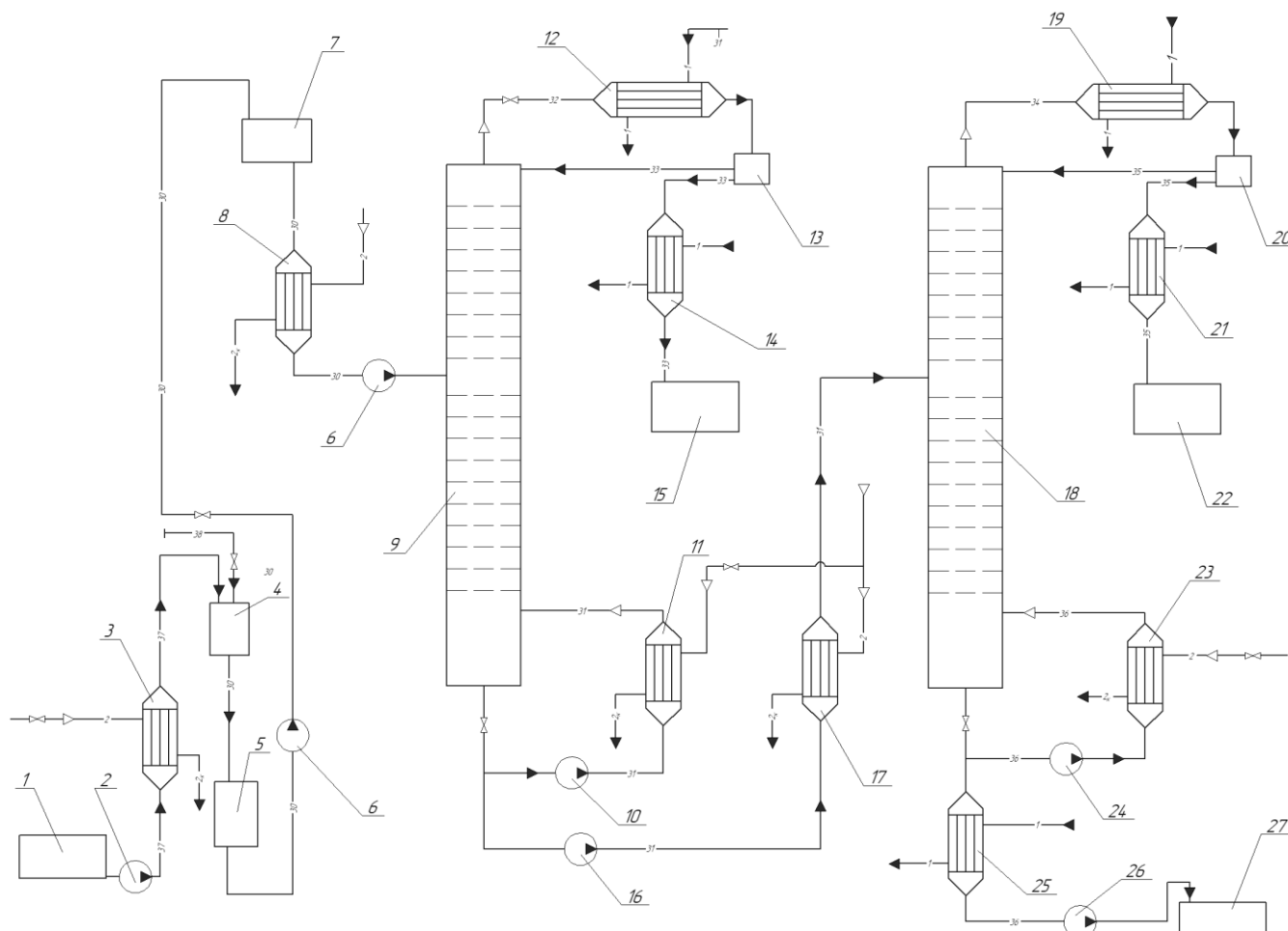


Рисунок 1 Технологічна схема виробництва технічного етеру

1-ємність, 2-насос, 3-підігрівач, 4-етеризатор, 5-нейтралізатор, 6-насос, 7-ємність, 8-підігрівач, 9-колона ректифікаційна, 10-насос, 11-кип'ятильник, 12-дефлегматор, 13-розподільник, 14-холодильник, 15-ємність, 16-насос, 17-підігрівач, 18-колона ректифікаційна, 19-дефлегматор, 20-розподільник, 21-холодильник, 22-ємність, 23-кип'ятильник, 24-насос, 25-холодильник, 26-насос, 27-ємність

Вихідний продукт - спирт сирець при виробництві технічного етеру насосом 2 подається зі сховища спирту в залізний напірний бак 1, з якого спирт надходить у трубчастий теплообмінник-підігрівач спирту 3, де нагрівається до температури 60 - 70°С за рахунок ректифікаційної тепла води спиртової

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

колони і потім вводиться в основний реакційний апарат етерного виробництва - етеризатор 4, що являє собою викладений свинцем залізний циліндричний посудину, заповнений на дві третини об'єму робочою сумішшю - етилсерною кислотою.

У міру багаторазового використання в етеризаторі реакційна здатність етилсерної кислоти знижується і продуктивність апарату падає. Через 6-8 місяців безперервної роботи відпрацьована кислота вважається вже непридатною і видаляється з 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, що надходить під тиском 3 атм свинцевий змійовик, встановлений всередині етеризатора. Пари сирого етеру, що утворюються в процесі взаємодії спирту і етилсерної кислоти, поступають з етеризатора по трубі в нейтралізатор 5, в якому вони барботують через слабкий розчин лугу.

При цьому відбувається нейтралізація кислих домішок (сірчаного газу, сірчаної кислоти) сирого етеру.

Отримана потрібна суміш (етилловий етер - етиловий спирт - вода) надходить для поділу на тарілку живлення етерної колони ректифікації 9, де склад рідини дорівнює складу вихідної суміші.

Стікаючи вниз по колоні, рідина взаємодіє з парою етилового етеру, що піднімається вгору, що утворюється при кипінні кубової рідини в кип'ятильнику колони. Початковий склад пари приблизно дорівнює складу кубового залишку X_w , тобто. збіднений легколетучим компонентом. Для більш повного збагачення верхню частину колони зрошують відповідно до заданого флегмового числа рідиною (флегмою) складу X_p , яка виходить в дефлегматоре 12 шляхом конденсації пари, що виходить з колони. Частина конденсату через розподільник 13 виводиться з дефлегматора у вигляді готового продукту поділу - дистилату, який охолоджується в теплообміннику 14 і прямує в проміжну ємність.

Режим роботи етерної колони має такі параметри. Етерна колона працює без додаткового підігріву, температурний режим її підтримується шляхом введення в кубову частину парів етеру з температурою 60-85 °С і охолодження верхньої частини за рахунок повернення в колону сконденсованого етеру.

Дефлегматор етерної колони працює на оборотній воді, що охолоджується на градирні та подається насосами.

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

Охолодження етеру в холодильнику 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 етеру в нижню ланку етерної 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;

З кубової частини колони 9 насосом безперервно виводиться кубова рідина (етиловий спирт - вода), яка через підігрівач 17 подається на тарілку живлення спиртової колони ректифікації 12. Пари етилового спирту конденсуються в дефлегматоре 19 і через розподільник 20 розподіляється між і холодильником 21, в якому охолоджуються і направляються у приймальну ємність 22.

Режим роботи спиртової колони має такі параметри. Температурний режим спиртової колони підтримується введенням пари в кубову частину колони. Охолодження верхньої частини колони відбувається рахунок повернення сконцентрованого етанолу. Дефлегматор колони працює на оборотній воді, охолодженій на градирні.

Охолодження етанолу в холодильнику 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.

1.2 Теоретичні основи процесу [8]

Якщо пара стикається зі стінкою, температура якої нижче за температуру 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 поверхнею 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 отримувати 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).

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

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

Практично в сучасних конденсаторах завжди відбувається плівкова конденсація пари.

Теплота, що виділяє при конденсації пари, повинна пройти до стінки через плівку конденсату. Якщо рух рідкої плівки ламінарний, перехід теплоти здійснюється виключно шляхом теплопровідності. Вирішальним чинником у разі є товщина плівки конденсату.

При плівковій конденсації на вертикальній поверхні у верхній частині плівки, коли її товщина l , відповідно, швидкість течії 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, що практично дорівнює температурі насичення $t_{нас}$.

Зміст газів, що не конденсуються, в парі різко знижує тепло-віддачу. Так, вміст у водяній парі 1% повітря зменшує коефіцієнт тепловіддачі на 60%, а вміст 3% повітря - на 80%. Збираючись 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 і тертя.:

$$Ga = Re^2 / Fr = gl / v^2,$$

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

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

$$Nu = f(Ga, Pr, K).$$

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; $\Delta t = t_{нас} - t_{ст}$.

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

1.3 Опис конструкції апарата та вибір конструктивних матеріалів

1.3.1 Опис конструкції апарата [7]

До конденсаторів пред'являються ті самі вимоги, що й до інших видів теплообмінників: висока інтенсивність теплопередачі, мінімальна витрата металу та ін.

Залежно від конструктивних особливостей розрізняють кожухо-трубні, кожухозмійовикові, 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 0,5-0,6 діаметра корпусу. Конденсат видаляється з конденсатора знизу через патрубок. По трубах зі швидкістю 0,8-1,5 м/с циркулює охолоджувальне середовище.

Перевагами кожухотрубних конденсаторів є простота та компактність конструкції, значна інтенсивність теплопередачі, можливість влаштування закритої системи циркуляції охолодного середовища.

Матеріал кожуха, звичайний для конденсаторів, зварена з листової сталі обічайка. Труби вибрані сталевими, які завальцьовані у трубні ґрати.

Завданням конструктивного розрахунку конденсатора є визначення його 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 розділяючу поверхню теплообміну.

Корпус апарата виконаний у вигляді циліндричної обічайки з листового матеріалу, причому внутрішній діаметр корпусу приймається відповідно до стандартного значення ряду чисел. Товщина стінки корпусу визначається з розрахунку на міцність.

Кінці трубок закріплюють у ґратах. Трубні ґрати це 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 по теплообмінних трубах. Для створення необхідного числа ходів розподільної камери встановлюють перегородки.

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

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

1.3.2 Вибір конструкційних матеріалів [6]

Вибір конструкційного матеріалу, який визначається умовою експлуатації проектованого 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 з застосуванням матеріалу з підвищеною вимогою до його якості, то для забезпечення умов роботи апарату прийнята корозійностійка сталь аустенітного класу 12X18H10T, що відрізняється стійкістю майже до всіх зовнішніх впливів середовища. Сталь добре деформується в гарячому і холодному стані і легко зварюється, що полегшує виготовлення корпусних деталей методом згинання і забезпечує високу якість зварювальних швів. До недоліків цієї сталі слід віднести те, що через велику в'язкість вона гірше піддається механічній обробці. Проте, враховуючи, що механічна обробка конструктивних елементів апарату здійснюється тільки за місцем стику зварюваних елементів конструкції, цей фактор не має істотного впливу в цілому на вартість виготовлення апарату.

Матеріал зовнішньої оснастки, арматури, кріпильних елементів і т. д., що не мають контакту з переробленим середовищем, приймаємо конструкційну сталь 20. Вибір на користь цієї сталі, заснований на її порівняно низькій вартості, хорошій оброблюваності і досить високими фізико-механічними властивостями.

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

2 Технологічні розрахунки процесу та апарату

2.1 Матеріальний та тепловий баланси

Секундна витрата парів етеру

$$G_1 = \frac{25000}{24 \cdot 3600} = 0,3 \text{ кг/с.}$$

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

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

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

$$r_1 = 347 \text{ кДж/кг.}$$

Кількість теплоти, що виділяється при конденсації пари

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

$$Q_k = 0,3 \cdot 347 = 104 \text{ кВт.}$$

Теплоємність парів етанолу при середній температурі парів

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

за додатком XIII [1]

$$c_1 = 2,41 \text{ кДж/(кг} \cdot \text{К).}$$

Кількість теплоти, витрачена на охолодження парів етеру

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

$$Q_{\text{ох}} = 0,3 \cdot 2,41 (45 - 40) = 2,0 \text{ кВт}$$

Теплове навантаження конденсатора

$$Q = Q_k + Q_{\text{ох}} = 104 + 2,0 = 106 \text{ кВт}$$

Так як теплота, витрачена на охолодження парів етанолу в порівнянні з тепловим навантаженням апарату, становить 2,3%, то при розрахунку тепло-

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

ву зону 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

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

Середня температура води, що охолоджує

$$t_{\text{ср2}} = \frac{t_{\text{нх}} + t_{\text{кх}}}{2} = \frac{6 + 30}{2} = 18 \text{ } ^\circ\text{C}$$

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

$$Q = Q_{\text{к}} + Q_{\text{ох}} = Q_{\text{нагр}} + Q_{\text{нот}} \quad (2.3)$$

Витрата охолодної води з урахуванням 3% втрат тепла

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

$$G_2 = \frac{106}{1,03 \cdot 4,19 \cdot (30 - 6)} = 0,59 \text{ кг/с}.$$

Зобразимо температурну схему процесу взаємодій теплоносіїв

49	→	45	
30	←	6	
	—		—
$\Delta t_{\text{м}} = 15\text{К}$			$\Delta t_{\text{б}} = 39\text{К}$

Середня різниця температур:

$$\Delta t_{\text{ср}} = \frac{\Delta t_{\text{б}} - \Delta t_{\text{м}}}{\ln \frac{\Delta t_{\text{б}}}{\Delta t_{\text{м}}}} \quad (2.5)$$

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

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

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].

$$F = \frac{106 \cdot 10^3}{150 \cdot 9,2} = 44,2 \text{ м}^2$$

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	$F = 62 \text{ м}^2;$
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	

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

$$\omega_2 = \frac{0,59}{998 \cdot 0,023} = 0,026 \text{ м/с.}$$

Значення критерію Re для води

$$Re_2 = \frac{\omega_2 \cdot d_v \cdot \rho_2}{\mu_2} \quad (2.8)$$

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

$$Re_2 = \frac{0,026 \cdot 0,021 \cdot 998}{1,0 \cdot 10^{-3}} = 545 < Re = 2300$$

режим руху ламінарний.

Значення критерію Pr для води

$$Pr_2 = \frac{c_2 \cdot \mu_2}{\lambda_2} \quad (2.9)$$

$$Pr_2 = \frac{4,19 \cdot 10^3 \cdot 1,0 \cdot 10^{-3}}{0,597} = 7,0$$

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

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

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

$$Pr_{ст} = 5,8.$$

Значення критерію Nu для води

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

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

Коефіцієнт тепловіддачі для води

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

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

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

Параметри етеру 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 етеру [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

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

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

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

Сумарний термічний опір забруднень [3]

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

Тоді коефіцієнт теплопередачі

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

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

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{1}{\alpha_2} + \frac{\delta_{ст}}{\lambda_{ст}} + \tau} = \frac{1}{\frac{1}{1675} + \frac{1}{180} + 0,43 \cdot 10^{-4} + 2 \cdot 10^{-4}} = 156 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}).$$

Потрібна поверхня теплообміну конденсатора

$$F = \frac{Q}{K \cdot \Delta t_{cp}} = \frac{106 \cdot 10^3}{156 \cdot 9,2} = 40,1 \text{ м}^2.$$

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

діаметр кожуха	$D = 500 \text{ мм};$
кількість ходів	$Z = 2;$
загальна кількість труб	$n_T = 82;$
довжина труб	$l_T = 6,0 \text{ м};$
поверхня теплообміну	$F = 38 \text{ м}^2;$
площа перерізу одного ходу	$f_{Tp} = 0,014 \text{ м}^2;$
площа перетину міжтрубного простору	$f_{mTp} = 0,019 \text{ м}^2.$
Уточнене значення швидкості руху води у трубах	

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

Тоді

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

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

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

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

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

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

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

$$F = \frac{Q}{K \cdot \Delta t_{cp}} = \frac{106 \cdot 10^3}{178 \cdot 9,2} = 37,2 \text{ м}^2.$$

що збігається з прийнятим раніше значенням поверхні теплообміну.

2.4 Гідравлічні розрахунки

Коефіцієнт тертя для охолодної води при перехідному режимі руху

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

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

Втрата тиску по довжині труб теплообмінника

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

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

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

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

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

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

Загальна втрата тиску для охолодної води

$$\Delta p = \Delta p_T + \Delta p_M = 184 + 88 = 272 \text{ Па.}$$

2.5 Вибір допоміжного обладнання

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

Витрати води

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

$$V = \frac{0,59}{998} = 0,59 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с.}$$

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

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

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

де ω - швидкість води, м/с;

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,00059}{3,14 \cdot 1}} = 0,026.$$

Приймаємо трубопровід із сталі марки 08X18H10T, 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

$$\lambda = 0,0305$$

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

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

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

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;

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

Корисна потужність насоса

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

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

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

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

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 $V = 3,02 \text{ м}^3/\text{год}$ відцентровий насос марки X 8/18 з наступною характеристикою: продуктивність $8 \text{ м}^3/\text{год}$, напір 18 м.

Далі зробимо вибір кожухотрубного холодильника дистилляту за спрощеною схемою.

Вихідні дані з виконаних вище розрахунків: масова продуктивність $G = 0,3 \text{ кг/с}$, температура конденсату парів етеру $t_{\text{нт}} = 45^\circ\text{C}$.

Об'ємна витрата етеру

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

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

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

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

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

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

$$Q = 0,3 \cdot 2,41 \cdot (45 - 15) = 12 \text{ кВт.}$$

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 $\frac{t_{\text{б}}}{t_{\text{м}}} > 2$:

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

$$\Delta t_{cp} = \frac{\Delta t_{\delta} - \Delta t_{m}}{\ln \frac{\Delta t_{\delta}}{\Delta t_{m}}} \quad (2.23)$$

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

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

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

Орієнтовне значення поверхні теплообміну

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

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

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

діаметр кожуха	$D = 273 \text{ мм}$
кількість ходів	$Z = 1$
число труб	$n_T = 37$
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 етеру. Прийємо, що обсяг ємності має забезпечити роботу установки ректифікації, тобто.

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

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

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

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

Необхідний обсяг резервуару

$$V_p = \frac{V_{\text{тр}}}{\phi}; \quad (2.24)$$

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

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

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

					6.133.22.07.00.00.00 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 етеру 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

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

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

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

					6.133.22.07.00.00.00 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 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; |
| - кількість труб | $n_T = 82$. |

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

Мінімальний крок між трубками

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

Коефіцієнт ослаблення решітки отворами

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

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

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

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

Тоді

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

Товщина трубної решітки [(4, IV.27)]

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

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

Для ґрат типу I [(4, с.80)]

$$K = 0,47;$$

отже

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

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

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: $h = 28$ мм и $h_1 = 20$ 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

$$D_6 = D_{\text{вн}} + 2 \cdot (2 \cdot s_0 + d_6 + u), \quad (3.9)$$

де $d_6 = 20$ 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]).

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

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

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

По [6] с.264 зовнішній діаметр фланця

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

де $a = 30 \text{ мм (табл.13.27 [6])}$

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

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

Зовнішній діаметр прокладки визначається за формулою [6]

$$D_{\Pi} \geq D_{\delta} - e ,$$

де $e = 30 \text{ мм [6, табл.13,27];}$

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

Середній діаметр прокладки [6]

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

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

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

Еквівалентна ширина прокладки

$$b_e = b = 15 \text{ мм;}$$

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

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

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

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

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

Приймаємо найближче більше кратне чотири значення $Z_{\delta} = 20 \text{ мм.}$

Висота фланця визначається за формулою

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

де $\lambda = 0,38$ – коефіцієнт [6, рис.13.14]; s_e – еквівалентна товщина втулки фланця

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

$$s_e = \alpha \cdot s_0,$$

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

$$s_e = 1,0 \cdot 4 = 4 \text{ мм};$$

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

приймаємо $h = 28 \text{ мм}$.

Розрахункова довжина болта між опорними поверхнями головки болта та гайки

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

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

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

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

з урахуванням товщини трубної решітки приймаємо $l_{\text{б}} = 85 \text{ мм}$.
Навантаження, що діє на фланцеве з'єднання

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

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

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

Реакція прокладання за робочих умов [6]

$$R_{\text{п}} = \pi \cdot D_{\text{cp}} \cdot b_e \cdot m \cdot p_{\text{R}}, \quad (3.13)$$

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

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

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

Зусилля, що виникає від температурних деформацій

$$Q_t = \gamma \cdot Z_{\delta} \cdot f_{\delta} \cdot E_{\delta} \cdot (\alpha_{cp} \cdot t_{cp} - \alpha_{\delta} \cdot t_{\delta}), \quad (3.14)$$

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

$$\gamma = A \cdot Y_{\delta}, \quad (3.15)$$

де Y_{δ} – лінійна податливість болта.

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

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

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

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

$$Y_{\pi} = \frac{s_n}{\pi \cdot D_{cp,\pi} \cdot b_{\pi} \cdot E_{\pi}} \quad (3.18)$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Тоді

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

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

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

отже

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

зусилля, що виникає від температурних деформацій

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

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

Визначимо коефіцієнт жорсткості фланцевого з'єднання

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

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

Визначимо болтове навантаження. Умови монтажу [6]

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

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

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

За робочих умов [6]

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

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

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

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

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

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

де $[\sigma_6]^{20} = 200$ МПа – для матеріалу болтів при температурі 20°C;
 $[\sigma_6] = 134$ 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]

$$M_0 = \max \left\{ \begin{array}{l} 0,5 \cdot (D_6 - D_{\text{ср.п}}) \cdot p_{61} \\ 0,5 \cdot (D_6 - D_{\text{ср.п}}) \cdot p_{62} \end{array} \right\} \quad (3.26)$$

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

За формулою 1.141 [6] для прокладки з пароніту

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

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

$$p_{\text{бmax}} = \max \{ p_{61}; p_{62} \} \quad (3.28)$$

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

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

умова міцності виконується.

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

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

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

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]

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

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

за формулою 1.144 [6]

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

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

де $D_H = 0,45$ м – зовнішній діаметр прокладки;

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

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

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

Умова міцності

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

$12 < 542$ – умова міцності виконана.

Окружний тиск у кільці фланця

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

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

Визначаємо кут повороту фланця за формулою 1.150 [1]

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

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.

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

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]

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

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

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

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

$$V_M = f_{\text{мтр}} \cdot H$$

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

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

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

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

Сила тяжкості апарата у робочому стані

$$G = g \cdot (m_{\text{к}} + 2 \cdot m_{\text{кр}} + m_{\text{тр}} + 2 \cdot m_{\text{ф}} + m_{\text{е}}) \quad (3.41)$$

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

Приймаємо кількість опор $n = 2$ шт.

Навантаження на одну опору

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

Вибираємо сидлову опору типу 1 з допустимим навантаженням $Q = 16 \text{ кН}$. Позначення опори: Опора 16-519-1 ОСТ 26-1265-75.

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

4 Монтаж та ремонт апарата

4.1 Опис компонування обладнання [12]

З метою забезпечення стабільних умов експлуатації обладнання, а також зручності його обслуговування, технологічне та допоміжне обладнання встановлюємо в будівлі. При цьому враховано, що будівля складається із залізобетонних елементів прямокутної форми в плані з використанням уніфікованих типових прольотів та по можливості однакової висоти.

Розміри прольотів, розташування розбивних осей (кроків колон) і висоти будівлі приймаємо за ГОСТ 23838-79 та ГОСТ 24336-80; розміри прольотів та кроки колон одноповерхових будівель – кратними 6 м.

При розміщенні обладнання передбачені проходи, що забезпечують безпечне обслуговування обладнання, рух обслуговуючого персоналу та транспортних пристроїв, а також зручне очищення робочих поверхонь обладнання. Проходи у світлі (між більш виступаючими частинами обладнання, щитів, конструкцій) по фронту обслуговування беруться не менше 1,0 м. По фронту обслуговування насосів ширина проходу у світлі - не менше 1,5 м. Проходи, що служать для періодичного обслуговування обладнання та щитів управління, повинні мати ширину не менше 0,8 м.

В цілому, компонування обладнання здійснено по ходу технологічного процесу з раціональним використанням виробничих площ, максимальним скороченням довжини трубопроводів, дотриманням необхідних умов для зручного та безпечного обслуговування машин та апаратів, їх монтажу та ремонту.

При розміщенні обладнання здійснювалася мета по спрощення виробничого потоку, скорочуючи при цьому кількість передаючих пристроїв і використовуючи, по можливості, гравітаційні сили для переміщення продукту на окремих ділянках технологічного процесу.

Ґрунтуючись на перерахованих вище умовах компонування обладнання передбачається розміщення напірних ємностей, дефлегматорів на естакадах у верхній частині виробничого приміщення, а габаритне та масивне обладнання - на нульовій відмітці.

Для зручності обслуговування технологічного обладнання, огляду та ремонту, за місцем встановлені майданчики та сходи, які не повинні порушувати міцність та стійкість обладнання. Висота обслуговуючих майданчиків не менше 2,0 м.

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

4.2 Монтаж апарата [12]

Кожухотрубчасті теплообмінники складаються з циліндричного кожу-ха 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 нормалю. 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 схилю, підкладаючи, якщо це необхідно, під опорні площини сталеві планки.

При горизонтальному розташуванні теплообмінників температурні деформації корпусу між опорами можуть досягати декількох міліметрів, тому одна з опор повинна бути рухомою. Нерухоме опору, зазвичай встановлюва-

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

ну 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 заземлення.

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 трубопровідною 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 металоконструкцій) 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 металоконструкції) 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 – 1 мм 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.

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.

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

4.3 Ремонт апарата [13]

Знос теплообмінного апарату виявляється у наступному:

- зменшення товщини стінки корпусу, трубних ґрат, 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;
- Зміна ущільнень розбірних з'єднань;
- 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;

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

- 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 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 зі сталевого дроту, привареним до прутка.

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.

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

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. Засмоктування 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 втрапили 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 металевого 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 ризок в отворах трубної решітки 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 обробляються 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 хрест-навхрест, потім всі трубки по периметру і далі.

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

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. Нескрізнi 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. Наскрізнi та ненаскрізнi 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 і хімічними властивостями однаковий з матеріалом ремонтного корпусу;

- Товщиною листа заміної частини повинна бути не менше проектної;

- 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 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;

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

- 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.

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

5 Охорона праці

5.1 Аналіз потенційних небезпек під час роботи [11]

Технологічний процес отримання етилового етеру повинен проводитися 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 р.

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

Усі виробничі приміщення спирто-етерного виробництва, складські приміщення для зберігання етилового спирту, етилового етеру, потрійної суміші «Общесоюзным нормам технологического проектирования» ОНТП 24-86, затверджених Міністерством внутрішніх справ СРСР 27.02.86 р. належать до категорії А, а за «Правилам устройств электроустановок» (ПУЭ), затверджених Головтехуправлінням та Держтехнаглядом Міненерго СРСР від 05.10.94 р. – до класу В-1а.

При зверненні етиловий етер 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.

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

Таблиця 5. Відомості про вибухо-, пожежонебезпечність, токсичність та електростатичні властивості застосовуваних матеріалів

№ н/п	найменування матеріалу	Відомості про вибухо-, пожежонебезпечність	Відомості про електростатичні властивості	Токсичність і характер впливу на організм людини	ПДК, мг/м ³	Клас безпеки ГОСТ 12.1.007-76
1	2	3	4	5	6	7
1	Спирт етиловий	Легкозаймиста рідина. Категорія та група вибухонебезпечної суміші етилового спирту з повітрям 11А-Т2 (ГОСТ 12.1.011-78). Температурні межі заpalення насиченої пари спирту в повітрі: нижній - 11 °С; верхній – 41 °С. Область займання 3,6-19% (за обсягом), температура спалаху 13 °С. Температура самозаймання 404 °С.	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, за чутливістю до розрядів статичного електрики відноситься до 2 класу.	Наркотик, що викликає спочатку збудження, а потім параліч нервової системи. При тривалому впливі великих доз може викликати важкі органічні захворювання нервової системи, травного тракту, серцево-судинної системи і т.д.	1000	4
2	Етер етиловий	Легкозаймиста рідина. Температура спалаху - -41 °С, температура самозаймання парів етеру в повітрі 164 °С, межі самозаймання парів етеру в повітрі: нижній – 1,7%; верхній – 49%, температурні межі займання етеру у повітрі: нижній – -45 °С; верхній – 13 °С. Нижня об'ємна частка вибуховості 1,25%. Мінімальна вибухонебезпечна масова частка кисню при розведенні етероповітряних сумішей азоту 10,7%, вуглекислим газом – 13%, гелієм – 10%. Максимальна швидкість горіння пароповітряної суміші 0,498 м/с	Максимальна енергія запалювання 0,19 мДж, питомий об'ємний електричний опір більше 1010 Ом·м, діелектричне проникність - 4,22, за чутливістю до електричного розряду відноситься до високочутливих речовин (2 група).	Наркотик, що діє трохи дратівливо на дихальні шляхи. При гострих отруєннях можливі бронхіти і запалення легенів, подразнення нирок і тяжкі нервові захворювання, у виняткових випадках смерть. Рідкий етер при впливі на шкіру викликає почервоніння. В організм можливе проникнення етеру через шкіру, але головним чином у вигляді пари через легені,	300	4
3	Фракція головна	Легкозаймиста рідина. Температура спалаху 18 °С, температура самозаймання 400 °С, концентраційні межі поширення полум'я: нижній – 79 г/м3; верхній – 387 г/м3.		Пари можуть викликати подразнення очей і слизової оболонки дихальних шляхів, в рідкому стані може викликати подразнення шкіри.	1000 (спирт етиловий)	4

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
------	------	----------	--------	------

6.133.22.07.00.00.00 ПЗ

Арк.

Перелік технологічних операцій із зазначенням їхньої категорійності та безпеки при виготовленні етеру наведено в таблиці.

Таблиця 5.1. Перелік технологічних операцій із зазначенням їхньої категорії і безпеки

№ п/п	Назва операції	Категорійність операції
1	2	3
1	Подача етилового спирту у підігрівач	Б
2	Обслуговування напірних баків	Б
3	Обслуговування дефлегматора та холодильника, конденсатора	Б
4	Обслуговування спиртоіспарителя та підігрівача спирту.	Б
5	Обслуговування етерної та спиртової колон	Б
6	Відбір проб аналізу	Б
7	Перекачування етеру 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- і вибухонебезпечного виробництва (на робочих місцях, тамбурах, проходах тощо) повинна підтримуватися чистота і 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 просипані або політі речовини, повинні бути ретельно очищені за допомогою піску, тирси.

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

Кількість вогне-і 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 повинен бути складений, підписаний начальником цеху та вивішений перелік використовуваного інструменту, необхідного для роботи, із зазначенням його кількості, номер креслення, матеріалу, з якого він виготовлений.

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

Застосований інструмент повинен відповідати кресленням і 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, пара, 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 при відсутності відповідних засобів пожежогасіння, паропроводи, обладнання та комунікації.

Забороняється носіння прикрас та одягу із синтетичних, вовняних тканин.

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

Робітникам і майстрам забороняється йти з роботи доти, поки вони не здадуть і не оформлять задачу 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 повинні бути підписані особами, які проводили і перевіряли розрахунок, начальником цеху, головним технологом, головним інженером, узгоджені з начальником ВТБ 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, в кожному приміщенні і 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).

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

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

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

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 постачається переливними трубопроводами в аварійну ємність. Аварійна ємність оснащується поплавковими рівнемірами та звуковою сигналізацією верхнього рівня.

Випорожнення вищевказаної 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 має бути звільнена від продукту і залежно від цього продукту ємність має бути продута інертним газом або пропарена, а якщо потрібно, промита водою.

Забороняється:

допускати переповнення приймальних видаткових, напірних баків і сховищ етером, спиртом, потрійною сумішшю;

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

працювати у неналежному 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 відкритих 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.

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

5.2 Розрахунок товщини ізоляції апарата

При підрахунку можливих теплових втрат в навколишнє середовище за рахунок випромінювання та конвекції враховуємо, що апарат знаходиться в приміщенні, покритий азбестовою ізоляцією ($\lambda_{\text{из}} = 0,164 \text{ Вт/м} \cdot \text{К}$) і має температуру зовнішньої стінки $t = 35^\circ\text{C}$, а середня температура навколишнього середовища $t_{\text{в}} = 15^\circ\text{C}$.

Загальна втрата тепла випромінюванням та конвекцією знаходимо за формулою

$$Q_{\text{пот}} = \alpha \cdot F \cdot (t_{\text{нар}} - t_{\text{в}}) = \alpha \cdot F \cdot \Delta t, \quad (6.1)$$

де α - сумарний коефіцієнт тепловіддачі випромінюванням та конвекцією, $\text{Вт/м}^2 \cdot \text{К}$.

Для об'єктів, розташованих усередині приміщення, при температурі стінки до 150°C

$$\alpha = 9,74 + 0,07 \cdot \Delta t \quad (6.2)$$

Знаходимо коефіцієнт тепловіддачі, теплообмінну поверхню (зовнішню поверхню ізоляції) та втрати тепла у навколишнє середовище:

$$\alpha = 9,74 + 0,07 \cdot (35 - 15) = 11,14 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К};$$

$$F = \pi \cdot D \cdot H + 2 \cdot 0,785 \cdot D^2 \quad (6.3)$$

$$F = 3,14 \cdot 0,4 \cdot 6,0 + 2 \cdot 0,785 \cdot 0,4^2 = 7,79 \text{ м}^2;$$

$$Q_{\text{пот}} = 11,14 \cdot 7,79 \cdot (35 - 15) = 1736 \text{ Вт.}$$

Кількість тепла, що передається теплопровідністю ізоляції:

$$Q_{\text{пот}} = q_L \cdot L = \frac{\lambda_{\text{из}}}{\delta_{\text{из}}} \cdot \pi \cdot d_{\text{из.ср}} \cdot L \cdot (t_{\text{вн}} - t_{\text{нар}}) \quad (6.4)$$

Тут середній діаметр ізоляції залежить від товщини ізоляції.:

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

$$\frac{\delta_{\text{из}}}{d_{\text{из.ср}}} = \frac{\lambda_{\text{из}} \cdot \pi \cdot (t_{\text{вн}} - t_{\text{нар}})}{q_L}, \quad (6.5)$$

де $q_L = \frac{Q_{\text{пот}}}{L}$ – питомі теплові втрати на 1 м довжини циліндричної поверхні, Вт/м.

Умовна довжина поверхні ізоляції, що розраховується.

$$L = \frac{F}{\pi \cdot D} = \frac{7,79}{3,14 \cdot 0,4} = 6,2 \text{ м,}$$

значить

$$q_L = \frac{1736}{6,2} = 280 \text{ Вт/м.}$$

Приймаємо середню температуру стінки апарату

$$t_{\text{вн}} = 50^\circ\text{C}$$

і позначаємо ставлення $\frac{\delta_{\text{из}}}{d_{\text{из.ср}}}$ через A ; знаходимо

$$A = \frac{0,164 \cdot 3,14 \cdot (50 - 35)}{280} = 0,028.$$

При $A = 0,028$ співвідношення

$$\frac{d_{\text{из.нар}}}{d_{\text{из.вн}}} = 1,06$$

Визначаємо товщину ізоляції

$$\delta_{\text{из}} = \frac{d_{\text{из.нар}} - d_{\text{из.вн}}}{2} = \frac{d_{\text{из.вн}}}{2} \cdot \left(\frac{d_{\text{из.нар}}}{d_{\text{из.вн}}} - 1 \right) =$$

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

$$= \frac{0,4}{2} \cdot (1,06 - 1) = 0,012 \text{ м} = 12 \text{ мм.}$$

Якщо знаходити із спрощеного співвідношення (для плоскої стінки):

$$Q_{\text{пот}} = \frac{\lambda_{\text{из}}}{\delta_{\text{из}}} \cdot F \cdot (t_{\text{вн}} - t_{\text{нар}}), \quad (6.6)$$

то

$$\delta_{\text{из}} = \frac{\lambda_{\text{из}} \cdot F \cdot (t_{\text{вн}} - t_{\text{нар}})}{Q_{\text{пот}}} \quad (6.7)$$

$$\delta_{\text{из}} = \frac{0,164 \cdot 7,79 \cdot (50 - 35)}{1736} = 0,011 \text{ м} = 11 \text{ мм.}$$

Перевіряємо температуру внутрішньої поверхні ізоляції

$$\alpha \cdot (t_{\text{нар}} - t_{\text{вн}}) = \frac{\lambda_{\text{из}}}{\delta_{\text{из}}} \cdot (t_{\text{вн}} - t_{\text{нар}}), \quad (6.8)$$

звідси

$$t_{\text{вн}} = t_{\text{нар}} + \frac{\alpha \cdot (t_{\text{нар}} - t_{\text{вн}}) \cdot \delta_{\text{из}}}{\lambda_{\text{из}}} \quad (6.9)$$

$$t_{\text{вн}} = 35 + \frac{11,14 \cdot (35 - 15) \cdot 0,011}{0,164} = 49,9^\circ\text{C.}$$

Розбіжність

$$50 - 49,9 = 0,1^\circ\text{C},$$

це становить

$$\frac{0,1}{50} \cdot 100\% = 0,2\%,$$

що менше допустимої похибки у розрахунках 3%.

Обчислене значення товщини ізоляції забезпечує допустиму величину температури зовнішнього шару ізоляції.

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

Висновки

У цій роботі було розроблено апарат для охолодження етеру.

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.

					6.133.22.07.00.00.00 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. Лацинский 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

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