

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ФАКУЛЬТЕТ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ ТА
ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
Кафедра «Процеси та обладнання хімічних
і нафтопереробних виробництв»

Кваліфікаційна робота бакалавра
зі спеціальності 133 «Галузеве машинобудування»
ОП «Комп'ютерний інжиніринг обладнання хімічних
виробництв»

**Тема роботи : Ректифікаційна установка для отримання
безводного етилового спирту. Розробити регенераційну
колону**

Виконав:

студент групи ХМдн-54чк Горбань І.О.

прізвище та ініціали

Залікова книжка № _____

Захищений з оцінкою:

Керівник:

ст.викл Корнієнко В.М.

посада, прізвище та ініціали

підпис

СУМИ

2020

СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет технічних систем та енергоефективних технологій

Кафедра «Процеси та обладнання хімічних і нафтопереробних виробництв»

Спеціальність 133 «Галузеве машинобудування» (Комп'ютерний інжиніринг обладнання хімічних виробництв)

Курс 5 Група ХМдн-54чк Семестр 2

ЗАВДАННЯ до кваліфікаційної роботи бакалавра

Студенту

Горбаню Ігорю Олександровичу

1 Тема роботи :Ректифікаційна установка для отримання безводного етилового спирту. Розробити регенераційну колону

2 Вихідні дані: _____

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

- 1) _____
- 2) _____
- 3) _____
- 4) _____

4 Рекомендована література

5 Етапи виконання кваліфікаційної роботи бакалавра:

Етапи і розділи проектування	Т И Ж Н І						
	1-й, 2-й	3-й, 4-й, 5-й, 6-й	7-й, 8-й, 9-й	10-й, 11-й, 12-й, 13-й	14-й		
1 Вступ	XX						
2 Технологічна частина		XXXX					
3 Розрахункова частина			XXX				
4 Розроблення креслень				XXXX			
5 Оформлення записки							X
6 Захист роботи							X

Дата видачі завдання _____ 20__ р.

Керівник

підпис

_____ ()

посада, прізвище та ініціали

ЗМІСТ

Вступ.....	4
1. Технологічна частина	
1.1 Опис технологічної схеми виробництва.....	6
1.2 Теоретичні основи процесу.....	9
1.3 Опис об'єкту розроблення та вибір основних конструктивних матеріалів.....	14
2. Технологічні розрахунки процесу і апарата	
2.1. Матеріальний та тепловий баланси.....	18
2.2. Технологічні розрахунки.....	24
2.3. Конструктивні розрахунки апарата.....	26
2.4. Гідравлічний опір апарата.....	32
2.5 Вибір допоміжного обладнання.....	33
3. Розрахунки апарата на міцність та герметичність	
3.1. Визначення товщини стінки апарата і кришки.....	37
3.2. Розрахунки на міцність, стійкість та герметичність.....	41
3.3. Розрахунок опори апарата.....	52
4. Монтаж та ремонт апарата	
4.1 Монтаж розробленого апарата.....	56
4.2 Ремонт апарата.....	58
5. Охорона праці.....	65
Висновок.....	75
Список літератури.....	76
Додаток А - Перевірочний розрахунок на ПЕОМ	
Додаток Б - Специфікації	

					ПОХНВ.Р.00.00.00 ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата				
Розроб.		Горбань			Ректифікаційна установка у виробництві безводного етилового спирту	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		КОРНІЄНКО					3	76
Н. контр.		КОРНІЄНКО				СумДУ, гр. ХМдн-54чк		
Затв.		СКЛАДІНСЬКИЙ						

Вступ

Розвиток харчової промисловості потребує дальшої інтенсифікації технологічних процесів з метою зменшення витрат палива, електроенергії на їх виконання, витрат металів та інших конструкційних матеріалів на виготовлення машин та апаратів.

Світова економіка приділяє велику увагу на використання в якості сировини для органічного синтезу та джерела енергії поновлювальних видів сировини, до яких відносять етиловий спирт. У цьому напрямі одне з перших місць займають Сполучені Штати, Бразилія, країни Західної Європи, а також інші країни, які відчують нестачу нафтопродуктів.

Україна як індустріальна держава потребує великої кількості технічного спирту, який використовується в різних галузях народного господарства. Загалом, близько 160 виробництв використовують технічний спирт як первинну сировину. Крім того, технічний етанол може бути використаний як моторне паливо – і в чистому виді, і у вигляді високооктанової добавки до бензину[1].

Для даного випадку більш економічно використовувати технічний спирт, а не високо очищений харчовий. Це пов'язано з тим, що сировиною для технічного спирту може бути більш дешеве дефектне зерно, меляса, технічні культури – топінамбур, сорго, тапіока тощо, а також побічні спиртовмісні відходи брагоректифікації. Значно знижує собівартість технічного спирту те, що в багатьох випадках до нього не висувається жорстких вимог щодо вмісту органічних домішок і води.

З початку 70-х років ХХ століття безперервно зростала ціна на нафту.

Причина цього – обмежені запаси нафти на Землі і монополія на поставки нафти тими країнами, в яких вона видобувається. Паралельно із зростанням цін на нафту та скороченням її запасів велися пошуки альтернативних джерел енергії і, в першу чергу, в тих країнах, де було або дуже велике споживання енергії (це країни з розвиненою промисловістю і транспортом), або в країнах, які не мають

					ПОХНВ.Р.00.00.00.ПЗ	Арк.
						4
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

нафтових джерел і достатньо коштів для купівлі необхідної кількості нафтопродуктів.

Одним з альтернативних джерел енергії є етанол. Додавання етанолу до бензину збільшує октанове число останнього. Встановлено, що кожні 3% етанолу, який додається, збільшують октанове число бензину на 1...1,5 одиниці[1].

Досвід останніх десятиліть показує, що основну частину етилового спирту у світі використовують на технічні потреби.

На технологічній базі Лохвицького спиртокомбінату впроваджується технологічна схема виробництва високооктанової добавки (ВКД) методом адсорбції до низькооктанового автомобільного бензину, що дозволить збільшити об'єм виробництва світлих нафтопродуктів.

Причиною впровадження виробництва ВКД послужили наступні обставини: при потребі в нафті для виробництва нафтопродуктів – 70 млн. тон Україна видобуває 5 млн. тон нафти. Решта забезпечується за рахунок імпорту нафти. Крім того, слід відзначити, що нафтопереробні підприємства України мають недосконале устаткування і як наслідок – низький коефіцієнт глибини переробки нафти. Природний вихід із кризової ситуації – пошук інших видів моторного палива, яким можна було б частково або повністю замінити бензин. Виробництво високооктанової добавки до бензинів на спиртових заводах – це один із шляхів вирішення цієї проблеми.

Крім того, через відсутність збуту етилового спирту, а також обмеження його експортних поставок у спиртовій галузі склалася надзвичайно складна ситуація. Простоюють майже всі спиртові заводи, які виробляють спирт із меляси. Тому доцільно здійснювати реконструкцію частини спиртових заводів з метою організації випуску нових видів продукції, зокрема, високооктанової кисневмісної добавки до бензину[1].

					ПОХНВ.Р.00.00.00.ПЗ	Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

1.1 Опис технологічної схеми виробництва біоетанолу[1]

Початкова (вихідна) водно-спиртова суміш у збірнику 1, яка складається із етанолу, його домішок і води, повинна мати концентрацію етанолу не менше 93% об. (температура порядку 20⁰С). Із збірника 1 вихідна суміш насосом через пластинчасті теплообмінники 2 і 3 і витратомір подається на верхню тарілку регенераційної колони 4, у теплообміннику 2 вихідна суміш нагрівається за рахунок теплоти ВКД, а у теплообміннику 3 догрівається лютерною водою, що відкачується насосом з регенераційної колони 4.

Регенераційна колона призначена для випаровування (переведення у парову фазу) вихідної суміші, а також для виділення регенерації спирту із водно-спиртової суміші. Яка утворюється на стадії десорбції та для видалення із суміші сивушного масла, у разі його надмірної кількості. Колону виготовлено із нержавіючої сталі, в ній 30 багатоковпачкових тарілок і обігрівається вона паром тиском 0,4 МПа через кип'ятильник 5. Використання кип'ятильника дає змогу зменшити розбавлення лютерної води паром, повторно використовувати конденсат та уникнути попадання в колону домішок, які можуть бути у парі.

Лютерна вода із регенераційної колони 4 відкачується насосом через пластинчастий теплообмінник 3, віддаючи теплоту на нагрівання вихідної суміші, що подається у регенераційну колону.

Водно-спиртова пара із регенераційної колони 4 через сепаратор-краплевідокремлювач 6 надходить у пароперегрівач 7. Він служить для перегрівання водно-спиртової пари з метою недопущення її випадкової конденсації в адсорбері і порушення робочого циклу, тому що змочений адсорбент не може поглинути воду із водно-спиртової суміші. Поглинальна здатність випадково змоченого адсорбенту може бути відновлена повним висушуванням і наступною регенерацією. Пароперегрівач обігрівається водною

					ПОХНВ.Р.00.00.00.ПЗ	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

парою тиском 0,6 МПа. Водно-спиртова пара в перегрівачі 7 нагрівається до 118...120 °С. не нижче 117 °С.

Перегріта спиртово-водна пара надходить в один з двох адсорберів, які працюють в циклічному режимі. На схемі показано випадок, коли перегріте водно-спиртова пара надходить у лівий-адсорбер 8 у той час як правий адсорбер 8 працює в циклі регенерації сорбенту. У стадії адсорбції перегріта пара проходить згори вниз крізь шар зернистого сорбенту - при цьому більш дрібні молекули водяної пари заходять всередину пор сорбенту і утримуються там, а більш крупні молекули спирту і його домішок проходять крізь шар сорбенту не поглинаючись.

Звільнена від води (дегідратована) спиртова пара з адсорбера надходить у поверхневий конденсатор 9 і конденсується в ньому, утворюючи готовий продукт у рідкому стані - ВКД. З конденсатора 9 ВКД стікає у збірник 10, з якого насосом через пластинчасті теплообмінники 2 і 11 подається у напірний збірник ВКД 13, над збірником 10 встановлено конденсатор-вловлювач 15 для уловлювання залишків спиртової пари з метою зменшення втрат спирту. У теплообміннику 2 ВКД охолоджується, віддаючи теплоту для нагрівання вихідної суміші, а теплообміннику 11 ВКД доохолоджується артезіанською водою до температури, яка не повинна перевищувати 20°С.

Із напірного збірника ВКД через епруветку надходить у спиртово-вимірювальний апарат, а потім у збірник облікованої ВКД 12, з якого насосом перекачується у сховище.

Конденсат гріючої водяної пари з кип'ятильника 5 і пароперегрівача 7 збирають у збірник конденсату і насосом подають у котельню.

У той же час, коли лівий адсорбер 8 працює у стадії поглинання води із спиртово-водяної пари, у правому адсорбері 8 через систему конденсаторів 16, 17 і 18 підключають до вакуум-насоса 20 і створюють у ньому розрідження. Конденсатори 16 і 17 охолоджують технічною водою, конденсатор 18 - артезіанською. Для більш повного видалення водяної пари адсорбент підігривають, використовуючи для цього частину дегідратованої пари ВКД, яка

					ПОХНВ.Р.00.00.00.ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

після автоматичного переключення відповідної запірної апаратури подається з адсорбера 8 у нижню частину правого адсорбера 8. Абсолютний тиск у адсорбері на стадії десорбції підтримується автоматично на рівні 25...30 кПа, температура водно-спиртової пари на виході і стадії десорбції 55...58°C.

Водно-спиртова пара (суміш пари десорбованої води і пари ВКД) за рахунок створюваного вакуум-насосом 20 розрідження надходить у конденсатори 16 і 17, конденсується і утворює циркуляційний конденсат (рецикл). З конденсатора 17 рецикл витікає у проміжний збірник 19. У цей же збірник через краплевідокремлювач 6 поступає конденсат, який може утворюватись у паропроводах ВКД під адсорберами 8, а також погони з краплевідокремлювача 6 і розчин з пробних холодильників ректифікаційної установки. Збірник 22 служить для усереднення концентрації спирту в рециклі, яка має бути близько до 75% об.

Зі збірника 22 рецикл насосом через пластинчастий теплообмінник 23 подають на шістнадцяту або вісімнадцяту тарілку регенераційної колони 4 для видалення з нього етанолу. Теплоносієм для нагрівання рециклу в теплообміннику 23 служить частина дегідратованої спиртової пари (ВКД), що виходить з лівого адсорбера 8.

У разі необхідності з дванадцятої або чотирнадцятої тарілки ректифікаційної колони 4 відбирають сивушну фракцію і через витратомір направляють її у згущувач 24, де промивають артезіанською водою. У згущувач 24 через відокремлювач повітря насосом подають також воду. Підсивушну воду із згущувача 24 за допомогою насоса змішують з потоком рецикла безпосередньо у трубопроводі і одержану суміш через теплообмінник подають у регенераційну колону 4. Сивушне масло збирається у збірнику.

У кубі регенераційної колони підтримується тиск 140...145 кПа, що відповідає температурі 119 °С, тиск над верхньою тарілкою колони 130...135 кПа і, відповідно, температура 94 °С. Гріюча пара має тиск 0,4 МПа і температуру 134-135 °С.

					ПОХНВ.Р.00.00.00.ПЗ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Тиск і температура спирто-водяної пари вихідної суміші, що подається на гідратацію регулюється автоматично.

1.2 Теоретичні основи процесу

Перегонкою називають процес розділення суміші, з двох або більшої кількості летких компонентів. Розділення перегонкою яка складається ґрунтується на різниці в леткості і температурі кипіння окремих компонентів, які входять в склад суміші. При кипінні суміші більш леткий компонент переходить в парову фазу в відносно більшій кількості, ніж менш леткий, що збагачує пару легколетким компонентом. При конденсації цієї пари отримують рідину, яка відрізняється за складом відносно вихідної і містить більшу кількість легколеткого компонента. В суміші, що залишається при частковому випарюванні, збільшується кількість важколетких компонентів[3].

При багатократній перегонці суміш таким чином може бути розділена на більш-менш чисті складові.

На харчових виробництвах застосовують два способи розділення сумішей – просту перегонку і ректифікацію.

Проста перегонка (дистиляція) являє собою процес однократного часткового випарювання рідкої суміші і конденсації утвореної пари. Цей спосіб використовують коли не потрібно повного розділення суміші і коли легкість компонентів суміші значно відрізняється. Просту перегонку використовують у виробництві коньяка, олії і ефірних масел.

Ректифікація являє собою процес багатократної перегонки при протитечній взаємодії пари, що утворюється при перегонці, з рідиною, яку отримують при конденсації пари. Здійснюють ректифікацію в колонних апаратах. Ректифікація забезпечує більш повне розділення суміші, отримують більш чисті кінцеві продукти з мінімальним вмістом домішок.

					ПОХНВ.Р.00.00.00.ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Ректифікація широко використовується в спиртовому і лікєро-горілчаному виробництвах, в виноробстві, в виробництві ефірних масел.

Однокубова установка періодичної дії з двома перегонними кубами і однією колоною використовується у виробництві етилового спирту з виноградних вичавок.

Для розділення складних сумішей ректифікацією використовують багатоклонні установки. Так, для розділення трикомпонентної суміші потрібна двоколонна установка. В виробництві етилового спирту для виділення чотирьох основних фракцій використовується триколонна установка. При ректифікації складних сумішей в певних зонах колон встановлюється максимальна концентрація окремого компонента або групи компонентів. Визначивши зону накопичення домішок і відбираючи їх з цієї зони, можна значно зменшити кількість колон[3].

Окрім розглянутих способів перегонки і ректифікації для розділення азеотропних, близько-киплячих нестійких органічних сумішей використовують азеотропну і екстрактивну ректифікацію, молекулярну дистиляцію.

Застосування ВКД в сумішних бензинах в кількості 5-10% дозволяє без внесення змін у конструкцію двигунів внутрішнього згорання досягти поліпшення екологічних показників їх роботи.

Впроваджувана технологія передбачає виробництво 60% ВКД і 40% ректифікованого спирту, фізико-хімічні і органолептичні показники якого відповідають вимогам ДСТУ 3099-95. Перевага даної технології полягає в тому, що вона відзначається гнучкістю виробництва, дозволяє варіювати об'ємами виробництва ВКД, підвищуючи при потребі його випуск до 100%.

Очікувані ринки збуту ВКД – нафтопереробні заводи України, Білорусії, Росії та інших країн. Найбільш доцільним є застосування ВКД як добавки до низькооктанового автомобільного бензину з метою підвищення його октанового числа, що знизить токсичність вихлопних газів.

					ПОХНВ.Р.00.00.00.ПЗ	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Соціальний ефект від впровадження технології виробництва ВКД до бензинів полягає в зменшенні вмісту шкідливих речовин, що викидаються в атмосферу з вихлопними газами і покращенні екологічних умов навколишнього середовища[1].

При традиційному веденні процесу брагоректифікації, щоб очистити етиловий спирт необхідно вилучити головні і кінцеві домішки з нього з найменшою кількістю етанолу в концентрованому вигляді, тим самим забезпечити найбільший вихід ректифікованого спирту. Звичайно відбирають до 5 % ефіро-альдегідної фракції, 0,3-0,5% сивушного спирту. Вихід ректифікованого спирту при переробці меляси складає біля 95 %. При цьому незначна частка домішок-ефірів, альдегідів та вищих спиртів залишається в ректифікованому спирті.

Запропонована даним проектом удосконалення технологія відрізняється від традиційної тим, що замість 95 % ректифікованого спирту, 3-5 % ефіро-альдегідної фракції і 0,2-0,3 % кінцевих домішок при брагоректифікації буде відбиратися 60 % етанолу з вищевказаними домішками на виробництво ВКД і 40 % етанолу – на виробництво спирту ректифікованого підвищеної якості, фізико-хімічні і органолептичні показники якого близькі до показників зернового спирту “Екстра”.

Відібрані 60 % етанолу з домішками ефірів, альдегідів та вищих спиртів направляються на концентраційну колону, яка оснащена дефлегматором, конденсатором, спиртовловлювачем і кип’ятильником. Концентрована водно-спиртова суміш через збірник вихідної суміші разом з домішками направляється на регенераційну колону для одержання водно-спиртової пари. Водно-спиртова пара через перегрівач зневоднюється на адсорберах. Операція зневоднення пари здійснюється епізодичним способом: шляхом чергування фаза десорбції і адсорбції. Зневоднений спирт одержують під час фази адсорбції. Після адсорбера готовий продукт – високооктанова кисневмісна добавка – після охолодження через спирто-вимірювальні снаряди направляють до спиртосховища[1].

					ПОХНВ.Р.00.00.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

Колонні апарати в залежності від способу контакту фаз розділяють на тарілчаті, насадкові та плівкові[3].

Найбільш розповсюджені на харчових підприємствах ректифікаційні тарілчаті колонні апарати.

Тарілчатий колонний апарат складається з вертикального корпусу циліндричної форми, сферичної кришки і днища. Корпус колони може бути виготовлений зварним або з окремих царг, якщо тиск в апараті не перевищує 1,6 МПа. В спиртовому виробництві найчастіше використовують колони в царговому виконанні. Діаметр колон складає 400 – 4000 мм. Всередині корпусу змонтовані тарілки. Висота колони залежить від кількості тарілок і відстані між ними. При перегонці рідини, що не піниться, мінімальна відстань рекомендується в межах 170-200 мм. З ростом діаметру колони відстань між тарілками збільшується.

На корпусі ректифікаційної колони розміщені штуцери: вводу сировини, пари, флегми і виводу пари, кубового залишка. При закритому обігріванні колона в нижній частині додатково оснащена штуцерами для виводу пари з випарника і вводу циркулюючої кубової рідини в випарник. Окрім цього колона обладнана штуцерами для вимірювання тиску і температури по висоті колони, відбору проб і ін.

Колони періодичної дії мають куби великої ємності, яка достатня для завантаження необхідної кількості продукту. В колонах безперервної дії кубом є нижня частина колони висотою 1-1,5 м.

Місце вводу сировини в колону визначає склад вихідної суміші, який повинен відповідати складу рідини на певній тарілці по висоті колони. Тобто місце вводу сировини і виводу проміжних фракцій визначає їх відповідний склад. Відповідно повинні бути розміщені штуцери в колоні.

Ректифікаційна колона для одержання спирту-сирця. Вона складається з двох частин. Верхня концентраційна частина оснащена 9-ма багатоконтактними тарілками, а нижня виснажна частина – 18-ма одноконтактними тарілками.

					ПОХНВ.Р.00.00.00.ПЗ	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Ковпачкові контактні пристрої мають широкий інтервал стійкої роботи, відносно високий коефіцієнт корисної дії ($\eta_{\text{ккд}} = 0,5-0,7$), але мають великий гідравлічний опір, і придатні для переробки чистої рідини. Недоліком їх є також значна металоємність і складність виготовлення.

Багатоковпачковими тарілками оснащені колони брагоректифікаційних установок: епюраційні, спиртові, сивушні, кінцевої очистки. Використовують їх також в концентраційній частині брагоперегонних установок для спирту-сирця. В сучасних установках епюраційні колони мають 39-40 багаковпачкових тарілок, а спиртові 71-74.

Бражні колони брагоректифікаційної установки і виснажна частина колони брагоперегонної установки оснащені одноковпачковими тарілками. Вони придатні для перегонки бражки і інших рідин що містять суспендовані тверді частинки.

Одноковпачкова тарілка, схема якої показана на, працює аналогічно багатоковпачковій. Краї ковпака, що мають гладку або зубчасту нижню кромку, занурені і рідину, яка знаходиться у кільцевому жолобі. Пара виходить з під ковпака і барботує через рідину. Тарілка оснащена переливними трубками, які виступають над тарілкою і утворюють на ній шар рідини певної висоти, що створює гідравлічний затвор. Одноковпачкові тарілки добре працюють в колонах малого діаметру. Зі збільшенням діаметру ефективність їх роботи зменшується.

Ситчаста тарілка є одним з найпростіших тарілчастих контактних пристроїв.

В теперішній час клапанними тарілками оснащують бражні і епюраційні колони[3].

					ПОХНВ.Р.00.00.00.ПЗ	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.3 Опис об'єкта розробки та вибір основних конструктивних матеріалів

Регенераційна колона по виробництву ВКД, що проектується, являє собою вертикальний циліндричний апарат колонного типу, в середині якого встановлені контактні масообмінні пристрої – багатоконтактні тарілки[3].

Корпус колони складається із окремих царг, які з'єднані між собою фланцями. Таке виконання забезпечує можливість монтажу апарату в приміщенні.

Корпус регенераційної колони оснащений технологічними штуцерами, люками – лазами, а також патрубками, гільзами і бобишками для контрольно-вимірювальних приладів і засобів автоматизації.

Апарат встановлюють на циліндричну опору.

Концентраційна колона живиться спиртовою рідиною (епюратором), частково звільнених від головних продуктів.

Її технологічне призначення заключається в наступному:

- 1) у виділенні з епюрату залишків головних продуктів і зниження їх концентрації;
- 2) в отриманні цільового продукту – ВКД;
- 3) у виділенні і концентруванні залишкових продуктів сивушного масла;
- 4) у виділенні кубового залишку – лютерної води.

Таким чином, процес в концентраційній колоні дуже складний.

Поступаюча в концентраційну колону спиртова рідина має складну будову. Вона містить невелику кількість ефірів і альдегідів, кислоти, воду, сивушне масло (близько 0,3...0,35% по відношенню до спирту, що виробляється) .

Регенераційна колона призначена для випаровування (переведення у парову фазу) вихідної суміші, а також для виділення регенерації спирту із водно-спиртової суміші. Яка утворюється на стадії десорбції та для видалення із суміші сивушного масла, у разі його надмірної кількості.

					ПОХНВ.Р.00.00.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

Колону виготовлено із нержавіючої сталі, в ній 30 багатоковпачкових тарілок і обігрівається вона паром тиском 0,4 МПа через кип'ятильник. Використання кип'ятильника дає змогу зменшити розбавлення лютерної води паром, повторно використовувати конденсат та уникнути попадання в колону домішок, які можуть бути у парі.

Лютерна вода із регенераційної колони відкачується насосом через пластинчастий теплообмінник, віддаючи теплоту на нагрівання вихідної суміші, що подається у регенераційну колону.

Водно-спиртова пара із регенераційної колони через сепаратор-краплевідокремлювач надходить у пароперегрівач. Він служить для перегрівання водно-спиртової пари з метою недопущення її випадкової конденсації в адсорбері і порушення робочого циклу, тому що змочений адсорбент не може поглинути воду із водно-спиртової суміші. Поглинальна здатність випадково змоченого адсорбенту може бути відновлена повним висушуванням і наступною регенерацією. Пароперегрівач обігрівається водяною паром тиском 0,6 МПа. Водно-спиртова пара в перегрівачі нагрівається до 118...120 °С. не нижче 117 °С.

Перегріта спиртово-водна пара надходить в один з двох адсорберів, які працюють в циклічному режимі. На схемі показано випадок, коли перегріте водно-спиртова пара надходить у лівий-адсорбер 8 у той час як правий адсорбер 8 працює в циклі регенерації сорбенту. У стадії адсорбції перегріта пара проходить згори вниз крізь шар зернистого сорбенту - при цьому більш дрібні молекули водяної пари заходять всередину пор сорбенту і утримуються там, а більш крупні молекули спирту і його домішок проходять крізь шар сорбенту не поглинаючись.

Звільнена від води (дегідратована) спиртова пара з адсорбера надходить у поверхневий конденсатор і конденсується в ньому, утворюючи готовий продукт у рідкому стані - ВКД.

Конденсат гріючої водяної пари з кип'ятильника і пароперегрівача збирають у збірник конденсату і насосом подають у котельню.

					ПОХНВ.Р.00.00.00.ПЗ	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У той же час, коли лівий адсорбер працює у стадії поглинання води із спиртово-водяної пари, у правому адсорбері через систему конденсаторів підключають до вакуум-насоса і створюють у ньому розрідження.

Абсолютний тиск у адсорбері на стадії десорбції підтримується автоматично на рівні 25...30 кПа, температура водно-спиртової пари на виході і стадії десорбції 55...58°C.

Водно-спиртова пара (суміш пари десорбованої води і пари ВКД) за рахунок створюваного вакуум-насосом розрідження надходить у конденсатори, конденсується і утворює циркуляційний конденсат (рецикл).

Зі збірника рецикл насосом подають на шістнадцяту або вісімнадцяту тарілку регенераційної колони для видалення з нього етанолу.

У разі необхідності з дванадцятої або чотирнадцятої тарілки регенераційної колони відбирають сивушну фракцію і промивають артезіанською водою. Підсивушну воду змішують з потоком рецикла безпосередньо у трубопроводі і одержану суміш через теплообмінник подають у регенераційну колону. Сивушне масло збирається у збірнику.

У кубі регенераційної колони підтримується тиск 140...145 кПа, що відповідає температурі 119 °С, тиск над верхньою тарілкою колони 130...135 кПа і, відповідно, температура 94 °С. Гріюча пара має тиск 0,4 МПа і температуру 134-135 °С.

Тиск і температура спирто-водяної пари вихідної суміші, що подається на гідратацію регулюється автоматично. Вибір конструкційних матеріалів

При виборі конструкційного матеріалу основним критерієм є його хімічна і корозійна стійкість в заданому середовищі. В переважній більшості випадків вибирають матеріал абсолютно або достатньо стійкий в середовищі при її робочих і розрахункових параметрах і до розрахункової товщини добавляють на корозію відповідні прибавки в залежності від терміну роботи апарата. Разом з тим слід враховувати і інші види корозії (міжкристалічну, точечну, корозійне розтріскування), до яких схильні деякі матеріали в агресивних середовищах.

					ПОХНВ.Р.00.00.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

Другим критерієм при виборі матеріалів є розрахункова температура стінок апарата, а також, якщо ця температура є допустимою для апаратів, які встановлюються на відкритих площадках або в неопалювальному приміщенні, необхідно враховувати абсолютну мінімальну зимню температуру зовнішнього повітря (для географічного району встановлення апарата), при якій апарат може знаходитися під тиском або вакуумом.

Таким чином, вибір матеріалів повинен проводитися із його корозійної стійкості в заданому середовищі і робочих умов (тиск; температури стінки - розрахункової і мінімально можливої від'ємної; механічного зносу робочих органів). До всього вищесказаного необхідно додати важливий вплив техніко-економічного фактора. Виходячи з цього при всіх рівнозначних факторах, які впливають на вибір конструкційного матеріалу, перевагу необхідно надати найбільш дешевому і доступному, так як ігнорування останнім тягне за собою збільшення вартості апарату.

Харчова промисловість виносить жорсткі вимоги до органолептичних якостей продукції і виключає попадання продуктів корозії в кінцевий продукт. Тому всі частини, які знаходяться в безпосередньому контакті з водно-спиртовими розчинами і парами, повинні бути виготовленні із високолегованої харчової сталі 12Х18Н10Т. А інші, по можливості, із сталі звичайної якості Ст3.

В якості матеріалу для прокладки слід використовувати параніт[3].

					ПОХНВ.Р.00.00.00.ПЗ	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2 ТЕХНОЛОГІЧНІ РОЗРАХУНКИ ПРОЦЕСУ І АПАРАТА

2.1 Матеріальний та тепловий баланси процесу

Норми параметрів технологічного режиму

Таблиця 2.1 – Норми параметрів технологічного режиму виробництва біоетанолу до бензинів методом адсорбції.

№ п/п.	Найменування параметра, розмірність.	Величини параметра.
1	Продуктивність, кг/добу	48000,0
2	Параметри бражної колони	
2.1	Тиск, кПа	
2.1.1	- в кубі колони	115-125
2.1.2	- над верхньою тарілкою	103-107
2.2	Температура, °С	
2.2.1	- в кубі колони	104-105
2.2.2	- на тарілці живлення	95-96
2.2.3	- над верхньою тарілкою	94-95
3	Параметри концентраційної колони	
3.1	Тиск, кПа	
3.1.1	- в кубі колони	102-103
3.1.2	- над верхньою тарілкою	98-100
3.2	Температура, °С	
3.2.1	- в кубі колони	92-93
3.2.2	- на 8-й тарілці	89-90
3.2.3	- над верхньою тарілкою	78-80
4	Параметри адсорбера	

4.1	Тиск пари, кПа	180-185
4.1.1	- перед адсорбером	160-165
4.1.2	- після адсорбера	
4.2	Розрідження, кПа	13-20
4.2.1	- в системі	20-25
4.2.2	- в конденсаторах рециклу	
4.3	Температура, °С	115-135
4.3.1	- вверху адсорбера	115-135
4.3.2	- в низу адсорбера	110-125
4.3.3	- на виході із адсорберів	
4.4	Температура води після конденсаторів, °С	20-30
4.4.1	- рециклу	20-25
4.4.2	- біоетанол	

Таблиця 2.2 – Параметри циклів

Назва параметру	Адсорбер №1	Адсорбер №2
Постановка під вакуум, кПа	30	30
Відкриття клапану постановки під вакуум, %	40	40
Постановка під тиск, кПа	130	130
Відкриття клапану десорбції, %	22-24	24-26
Відкриття клапану постановки під тиск, %	70-75	70-75
Тривалість десорбції, хв.	3.5	3.5
Тривалість врівноваження, сек.	2	2

Адсорбери працюють в циклічному режимі за наступними параметрами:

Таблиця 2.3 – Параметри роботи адсорберів

Назва етапу	Тривалість, сек.
Постановка під вакуум	80
Десорбція	210
Постановка під тиск	90
Всього	380

Враховуючи те, що потужність заводу складає 48000,0 кг біоетанолу (умовного спирту) на добу визначаємо кількість спиртово-водяної суміші, що поступає в регенераційну колону

$$G_c = 48000 / (100 \cdot 24 \cdot 3600) = 0,56 \text{ кг/с} \quad (2.1)$$

Складаємо рівняння матеріального балансу

$$G_c + G_p + W_1 + W_2 = G_{cn} + G_{\phi} + G_l \quad (2.2)$$

В ректифікаційну колону входить:

$G_c = 0,56 \text{ кг/с}$ -спирто-водяна суміш,

G_p - рецикл із адсорберів,

W_1 -вода після вакуум-насосу,

W_2 - підсивушна вода.

Визначаємо кількість рециклу із адсорберів, при їх витраті на 100 дал умовного спирту 591,8 кг

$$G_p = (48000 \cdot 591,8 / 800) / (100 \cdot 24 \cdot 3600) = 0,411 \text{ кг/с.} \quad (2.3)$$

Кількість води після вакуум-насоса, при їх витраті $0,1 \text{ м}^3/100$ дал, становить

$$W_1 = (480000/800 \cdot 0,1 \cdot 1000)/(100 \cdot 24 \cdot 3600) = 0,069 \text{ кг/с} \quad (2.4)$$

де $\rho_B = 1000 \text{ кг/м}^3$ - густина води.

Кількість під сивушної води, при її витраті 742 кг/100 дал спирту, становить

$$W_2 = (48000 \cdot 742/800)/(100 \cdot 24 \cdot 3600) = 0,515 \text{ кг/с.} \quad (2.5)$$

Надходження продуктів в колону складає:

$$0,56 + 0,401 + 0,069 + 0,515 = 1,555$$

З регенераційної колони на пароперегрівач поступає спиртово-водяна пара, підсивушна вода, виходить- лютерна вода та конденсат гріючої пари (G_k).

Кількість пари, що поступає на перегрівач визначаємо з умови її витрати $1315,4 \text{ кг/100}$ дал, тоді

$$G_{\bar{N}\bar{I}} = (48000 \cdot 1315,4/800)/(100 \cdot 24 \cdot 3600) = 0,91 \text{ кг/с.} \quad (2.6)$$

Кількість пари сивушної фракції, при її витраті $136,1 \text{ кг/100}$ дал спирту, становить

$$G_{\bar{N}\bar{O}} = (48000 \cdot 136,1/800)/(100 \cdot 24 \cdot 3600) = 0,094 \text{ кг/с.} \quad (2.7)$$

Згідно рівняння матеріального балансу (2.2)

$$G_{\text{СП}} + G_{\text{СФ}} + G_{\text{Л}} = 0,91 + 0,094 + G_{\text{Л}} = 1,555 \text{ кг/с.}$$

					ПОХНВ.Р.00.00.00.ПЗ	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Звідки кількість лютера складає

$$G_d = 1,555 - 0,91 - 0,094 = 0,551 \text{ кг/с}$$

Теплові баланси

Надходження тепла із спирто-водяною сумішшю

$$Q_4 = G_c \cdot C_c \cdot t_c = 0,56 \cdot 3,0 \cdot 90 = 151,2 \text{ кВт}, \quad (2.8)$$

де $C_c = 3,0 \text{ кДж/(кг} \cdot \text{К)}$ - питома теплоємність спирто-водяної суміші при температурі 90°C ;

$t_c = 90^\circ \text{C}$ - температура спирто-водяної суміші.

Надходження тепла з рециклом із адсорбера

$$Q_5 = G_p \cdot C_p \cdot t_p = 0,441 \cdot 3,4 \cdot 80 = 111,7 \text{ кВт}, \quad (2.9)$$

де $C_p = 3,4 \text{ кДж/(кг} \cdot \text{К)}$ - питома теплоємність рециклу.

Надходження тепла з водою після вакуум-насосу

$$Q_6 = W_1 \cdot C_B \cdot t_B = 0,069 \cdot 4,19 \cdot 90 = 26 \text{ кВт}. \quad (2.10)$$

Надходження тепла з підсивушною водою

$$Q_7 = W_2 \cdot C_{BC} \cdot t_{BC} = 0,515 \cdot 4,3 \cdot 90 = 199,3 \text{ кВт}, \quad (2.11)$$

де $C_{BC} = 4,3 \text{ кДж/(кг} \cdot \text{К)}$ - питома теплоємність підсивушної води.

Надходження тепла з гріючою парою

					ПОХНВ.Р.00.00.00.ПЗ	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Q_8 = G_{II} \cdot i' = 2747G_{II}, \quad (2.12)$$

$i' = 2747$ кДж/кг-ентальпія гріючої пари при $P = 0,4$ МПа.

Витрата тепла з парою на перегрівач

$$Q_9 = G_{СП} \cdot i'' = 0,91 \cdot 1320 = 1201,2 \text{ кВт}, \quad (2.13)$$

де $i'' = 1320$ кДж/кг-ентальпія спиртової пари, що поступає на перегрівач.

Витрата тепла з парою сивушної фракції визначається по формулі

$$Q_{10} = G_{СФ} \cdot i_{СФ}'' = 0,094 \cdot 2309 = 217 \text{ кВт}, \quad (2.14)$$

де $i_{СФ}'' = 2309$ кДж/кг-ентальпія пари сивушної фракції.

Витрата тепла з лютерною водою

$$Q_{11} = G_{Л} \cdot C_{Л} \cdot t_{Л} = 0,551 \cdot 4,19 \cdot 119 = 274,7 \text{ кВт}, \quad (2.15)$$

де $t_{Л} = 119^{\circ}\text{C}$ -температура лютерної води на виході з регенераційної колони.

Витрата тепла з конденсатом гріючої пари

$$Q_{12} = G_{II} \cdot C_{II} \cdot t_{II} = G_{II} \cdot 4,19 \cdot 133,6 = 560G_{II}, \quad (2.16)$$

де $t_{II} = 133,6^{\circ}\text{C}$ -температура гріючої пари при $P = 0,4$ МПа.

Рівняння теплового балансу регенераційної колони має вигляд

$$Q_4 + Q_5 + Q_6 + Q_7 + Q_8 = Q_9 + Q_{10} + Q_{11} + Q_{12} \quad (2.17)$$

$$151,2 + 111,7 + 26 + 199,3 + 2747G_{II} = 1201,2 + 217 + 274,7 + 560G_{II}$$

					ПОХНВ.Р.00.00.00.ПЗ	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Звідки витрати пари становитимуть

$$G_I = (1204,7)/(2747 - 560) = 0,551 \text{ кг/с.} \quad (2.18)$$

2.2 Технологічний розрахунок

На верхній тарілці колони вміст спирту в суміші складає $93\%_{\text{об}} = 89,63 \text{ мас} = 77,8\%_{\text{мол}}$. В нижню частину колони водно-спиртові пари поступають з вмістом спирту $X_m = 38\%_{\text{мас}} = 19,34\%_{\text{моль}}$. Приймаємо флегмове число $\mathcal{G} = 4$,

тоді рівняння робочої лінії регенераційної колони має вигляд (рис.2.1):

При розрахунку числа тарілок ректифікаційної колони виходять з умови, що в цю колону водно-спиртова суміш з бражної колони поступає в паровій фазі, а отриманий лютер насосом повертається на верхню тарілку бражної колони.

Для побудови робочої лінії використовуємо формулу

$$y = (\mathcal{G}/(\mathcal{G} + 1) \cdot X) + (X_0/(\mathcal{G} + 1)) \quad (2.19)$$

$$y = (4/(4 + 1) \cdot X) + (85,94/(4 + 1))$$

$$y = 0.8X + 17,9 \quad (2.20)$$

Згідно рівняння робочої лінії верхньої частини концентраційної колони будуюмо графіки, визначаємо теоретичне число тарілок для верхньої частини колони $Z_g = 15$.

При цьому

$$B = X_0/(\mathcal{G} + 1) = 85,94/(4 + 1) = 17,9\%_{\text{мол}} \quad (2.21)$$

					ПОХНВ.Р.00.00.00.ПЗ	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

При ККД багатоконвпачкової тарілки $\eta = 0,5$, число реальних тарілок складе

$$Z = 15/0,5 = 30$$

Приймаємо число тарілок в регенераційній колоні 30 шт із відстанню між тарілками $h = 250\text{мм}$.

Тип тарілок – багатоконвпачкові.

По формулі Кіршбаума визначаємо швидкість пари в колоні

$$w_n = \frac{A}{\rho_n^m} = \frac{1,02}{0,926^{0,52}} = 1,06 \frac{\text{м}}{\text{с}} \quad (2.22)$$

Приймаємо $w_n = 1,1\text{м/с}$.

де А і m- коефіцієнти, що залежать від відстані між тарілками

Для $h=250\text{мм}$ приймаємо $A=1,02$ і $m=0,52$.

Об'єм парів, що піднімається по колоні визначаємо по формулі

$$V_{II}' = (G_{II} / \rho_{II}) = (6583,75 / 0,926) = 7109,88 \frac{\text{м}^3}{\text{год}} = 1,98 \text{м}^3 / \text{с} \quad (2.23)$$

де G_{II} - витрати парової фази з рівняння матеріального балансу з урахуванням флегми, кг/год. $G_{II}=6583,75$ кг/год,

$\rho_{II} = 0,926\text{кг/м}^3$ - густина водно-спиртових парів в колоні (при середній міцності парів 62% мас).

					ПОХНВ.Р.00.00.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

2.3 Конструктивні розрахунки

Діаметр ректифікаційної колони визначаємо по формулі

$$D = \sqrt{V_{II}' / (0,785 \cdot W_{II})} = \sqrt{1,98 / (0,785 \cdot 1,1)} = 1,5 м \quad (2.24)$$

Приймаємо стандартний діаметр колони $D = 1500 мм$.

Висоту від верхньої тарілки до кришки колони обчислюємо за формулою

$$h_1 = 1,5 \cdot h = 1,5 \cdot 250 = 850 мм \quad (2.25)$$

Відстань від днища колони до нижньої тарілки

$$h_2 = (0,75...1)D = (0,75...1) \cdot 1500 = (1125...1500) мм \quad (2.26)$$

Приймаємо 1200 мм.

Висота кришки колони

$$h_3 = (0,3...0,4)D = (0,3...0,4) \cdot 1500 = (450...600) мм \quad (2.27)$$

Приймаємо $h_3 = 500 мм$.

Приймаємо висоту опори колони $h_4 = 2600 мм$.

Загальна висота регенераційної колони

$$H = (Z_{заг} - 1) \cdot h + h_1 + h_2 + h_3 = (30 - 1) \cdot 250 + 850 + 1200 + 500 + 2600 = 12400 мм \quad (2.28)$$

Приймаємо $H = 12555 мм$.

					ПОХНВ.Р.00.00.00.ПЗ	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Загальна площа поперечного перерізу горловини складає 12% від площі поперечного перерізу колони, тобто

$$f = (\pi D^2 / 4) \cdot 0,12 = (3,14 \cdot 1,5^2 / 4) \cdot 0,12 = 0,21 \text{ м}^2 \quad (2.29)$$

Приймаємо діаметр горловини ковпачка рівною $d_2 = 57 \text{ мм}$, тоді площа поперечного однієї горловини

$$f = (\pi d_2^2 / 4) = (3,14 \cdot 0,057^2 / 4) = 2,56 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2 \quad (2.30)$$

Тоді число ковпачків на одній тарілці складе

$$Z_\kappa = f / f_1 = 0,21 / 2,56 \cdot 10^{-3} = 82 \text{ шт} \quad (2.31)$$

Визначимо висоту між верхньою кришкою горловини і ковпачком із співвідношення

$$\pi d_2^2 / 4 = \pi d_2 h_1 \quad (2.32)$$

Звідки

$$h_1 = \pi d_2^2 / (\pi d_2 \cdot 4) = 15 \text{ мм}$$

Величину внутрішнього діаметра ковпачка визначимо з рівняння

$$\pi d_2^2 / 4 = \pi d_B^2 / 4 - \pi (d_2 - 2\delta_1)^2 / 4 \quad (2.33)$$

Приймаємо $\delta_1 = 1,5 \text{ мм}$ і отримуємо $d_B = 80 \text{ мм}$.

					ПОХНВ.Р.00.00.00.ПЗ	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Приймаємо $\delta_1 = 2\text{мм}$ і визначаємо

$$d_3 = 80 + 2 \cdot 2 = 84\text{мм}$$

Периметр ковпачка дорівнює

$$P = \pi d_3 = 3,14 \cdot 84 = 263\text{мм} \quad (2.34)$$

Висоту прорізів приймаємо 20мм. Ширина прорізу складає 3мм.

Площа однієї прорізі $3 \cdot 20 = 60\text{мм}^2$

Загальна площа прорізів на ковпачку

$$\pi d_2^2 / 4 = 3,14 \cdot 57^2 / 4 = 2550\text{мм}^2 \quad (2.35)$$

Число прорізів дорівнює $2550/60=42$

Висота розташування прорізей над рівнем тарілки становить:

$$h_4 = 3\delta_1 = 3 \cdot 1,5 = 4,5\text{мм} \quad (2.36)$$

Ковпачки розміщені в шахматному порядку по тарілці. Відстань між осями ковпачків приймаємо 112мм. Тоді відстань між ковпачками дорівнює 24 мм, центральний кут для країв зливної перегородки дорівнює 90° .

Визначаємо висоту рідини над зливною перегородкою з формули

$$V_1' = 1,81 \cdot \Delta h^{3/2}, \quad (2.37)$$

де $V_1' = 1,98/962 = 0,002\text{м}^3/\text{с}$ - пропускна можливість стакану(прийнято з матеріального балансу регенераційної колони).

					ПОХНВ.Р.00.00.00.ПЗ	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$l = 1,4\text{ м}$ - периметр зливу (визначений по будові тарілок в масштабі та куту $\alpha = 90^\circ$).

Δh - висота рідини над зливною перегородкою

Тоді

$$\Delta h = \sqrt[3]{(V_1' / (1,8 \cdot 1,4)^2)} = \sqrt[3]{(0,002 / (1,8 \cdot 1,05)^2)} = 0,010\text{ м} = 10\text{ мм} \quad (2.38)$$

Відповідно прийнятому раніше, глибина барботажу складе

$$h_6 = 30 + 9 = 39\text{ мм}$$

Приймаємо, що прорізі ковпачків відкриті на $2/3$ їх висоти, тоді загальна висота барботажа на тарілці

$$\Delta h + 1/3h + 39 = 9 + 1/3 \cdot 20 + 39 = 57\text{ мм} \quad (2.39)$$

Приймаємо 60 мм.

Висота зливної перегородки

$$h_3 = 60 - 10 = 50\text{ мм}$$

Для стікання флегми з тарілок на тарілку встановлюємо зливні стакани. Виступ над площиною тарілки встановлюємо 5 мм. При швидкості руху в стакані 0,1 м/с, його діаметр складе

$$d_c = \sqrt{V_1' / (0,785 \cdot W_2)} = \sqrt{0,002 / (0,785 \cdot 0,1)} = 0,14\text{ м} \quad (2.40)$$

Приймаємо для кращого зливу два стакана діаметром 115 мм.

					ПОХНВ.Р.00.00.00.ПЗ	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Відстань хвоста стакана від поверхні тарілки приймаємо 30мм.

Висоту горловини приймаємо на 5мм більше висоти зливної перегородки,
тобто

$$h_2 = 55 + 5 = 55\text{мм}$$

Загальна висота ковпачка складе

$$h_2 + h_1 + \delta_2 = 55 + 15 + 2 = 72\text{мм}$$

Діаметри патрубків визначаються по формулі

$$d_{II} = 1,13\sqrt{G/(\rho v)} = 1,13\sqrt{V'/v}, \text{ м} \quad (2.41)$$

де G_1 - масова витрата продукту в патрубку, кг/с

V' - об'ємна витрата продукту, м³/с

ρ - густина продукту, кг/м³

v - швидкість руху продукту в патрубку

Діаметр патрубка для відведення водно-спиртових парів на відокремлював,
при $v_1 = 20\text{м/с}$ та $\rho_{II} = 0,926\text{кг/м}^3$

$$D_1 = 1,13\sqrt{(2,2/(0,926 \cdot 25))} = 0,3\text{м}$$

Приймаємо $d_1 = 300\text{мм}$.

Діаметр патрубка для відведення водно-спиртових парів на перегрівачі

$$d_{III} = 1,13\sqrt{G_1/(\rho v)}, \text{ м} \quad (2.42)$$

					ПОХНВ.Р.00.00.00.ПЗ	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де $G_1=2012,25$ кг/год= $0,56$ кг/с - з матеріального балансу;

$$d_{П1} = 1,13\sqrt{0,56/(0,926 \cdot 25)} = 0,155\text{м}.$$

Приймаємо $d_1 = 160\text{мм}$.

Діаметр патрубк для підводу парів з бражної колони, при умові:

$$d_{П2} = 1,13\sqrt{G_2/(\rho v)}, \text{ м} \quad (2.43)$$

де $G_2=5482,7$ кг/год= $1,52$ кг/с – з матеріального балансу колони;

$\rho_n = 0,7\text{кг/м}^3$ - густина цих парів.

$$d_{П2} = 1,13\sqrt{1,52/(0,7 \cdot 25)} = 0,295\text{м}$$

Приймаємо $d_{n2} = 300\text{мм}$.

Визначаємо діаметр патрубк для повернення лютера в бражну колону при умові, що кількість лютеру з матеріального балансу складає

$G_d = 3399,3\text{кг/год} = 0,94\text{кг/с}$, а швидкість його руху в патрубках $v = 1,0\text{м/с}$.

$$d_{П3} = 1,13\sqrt{0,94/(1000 \cdot 1,0)} = 0,0347\text{м}$$

Приймаємо $d_{n3} = 50\text{мм}$.

					ПОХНВ.Р.00.00.00.ПЗ	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.4 Гідравлічний опір апарата

Загальний опір тарілки складається

$$\Delta p = \Delta p_c + \Delta p_p, \quad (2.44)$$

де Δp_c - опір сухої тарілки, Па;

Δp_p - опір рідини на тарілці, Па.

$$\Delta p = \sum \xi \cdot \omega_T^2 \cdot \gamma_n / 2, \quad (2.45)$$

де $\sum \xi$ - сума коефіцієнтів місцевих опорів, для ковпачкових тарілок приймаємо 6,

ω_T - середня швидкість руху в ковпачкові, м/с. Приймаємо 7,6 м/с

γ_n - середня густина пари в колоні, $\gamma_n = 1,27 \text{ кг/м}^3$

$$\Delta p_c = 6 \cdot (7,6)^2 \cdot 1,27 / 2 = 220,07 \text{ Па}$$

Опір рідини на тарілці визначаємо за формулою

$$\Delta p_p = \gamma_p \cdot h \cdot g, \text{ Па} \quad (2.46)$$

де γ_p - густина рідинної фази, $\gamma_p = 819 \text{ кг/м}^3$;

h - глибина барботажа, $h \approx 0,055 \text{ м}$.

$$\Delta p_p = 819 \cdot 0,055 \cdot 9,81 = 441,89 \text{ Па}$$

					ПОХНВ.Р.00.00.00.ПЗ	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Тоді

$$\Delta p = 220,07 + 441,89 = 661,96 \text{ Па}$$

Загальний гідравлічний опір колони складає

$$\Delta p_n = n \cdot \Delta p = 30 \cdot 661,96 = 198588 \text{ Па} \quad (2.47)$$

2.5 Вибір допоміжного обладнання

Теплове навантаження на конденсатори рециклу

$$V_{\text{рец}} = \frac{Q_{\text{рец}}}{C_B(t_k - t_H)} = \frac{659800}{4,19(30-20)} = 15478 \text{ кг} \quad (2.48)$$

Витрати тепла на підігрів рециклу:

$$Q_{\text{рец}} = (P_{\text{рец}} + V_B + V_C) \cdot C \cdot (t_k - t_H) = (523,7 + 100 + 742) \cdot 4,2 \cdot (90 - 30) = 344,2 \text{ МДж} \quad (2.49)$$

Теплове навантаження на конденсатори біоетанолу

$$Q_{\text{ВКД}} = \text{ВКД} \cdot (i'' - i') - Q_{\text{рец}} = 791,7 \cdot (1129 - 210) - 344200 = 383,3 \text{ МДж} \quad (2.50)$$

Витрати води на конденсатор біоетанолу

$$V_{\text{ВКД}} = \frac{Q_{\text{ВКД}}}{C_B(t_k - t_H)} = \frac{383300}{4,19 \cdot (30-20)} = 9150 \text{ кг} \quad (2.51)$$

					ПОХНВ.Р.00.00.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

Витрати артезіанської води на холодильник біоетанолу

$$B_{\text{хол}} = \frac{ВКД \cdot (i' - c_B \cdot t)}{c_B \cdot (t_k - t_B)} = \frac{791,7 \cdot (210 - 2,7 \cdot 20)}{4,19 \cdot (35 - 15)} = 1474 \text{ кг} \quad (2.52)$$

Виходячи з параметрів роботи адсорберів, тимчасові максимальні витрати продуктів значно більші від розрахованих середніх. Так, витрата обезводненого продукту під час постановки адсорбера під тиск складає

$$D'_{\text{тиск}} = D \cdot \frac{380}{90} = 241,3 \cdot \frac{380}{90} = 1019 \text{ кг} \quad (2.53)$$

Максимальна загрузка конденсатора рециклу при постановці під вакуум

$$D'_{\text{рец}} = (D_{\text{тиск}} + B_{\text{адс}}) \cdot \frac{380}{80} = (241,3 + 128) \cdot \frac{380}{80} = 1754 \text{ кг} \quad (2.54)$$

Витрата обезводнюючого продукту під час десорбції

$$D_{\text{дес}} = D_{\text{дес}} \cdot \frac{380}{210} = 154,4 \cdot \frac{380}{210} = 279,4 \text{ кг} \quad (2.55)$$

Максимально можлива загрузка конденсатора ВКД дорівнює кількості обезводненого продукту після адсорбера, тобто 1187,4 кг.

Відповідно будуть мати місце тимчасові максимальні теплові загрузки на теплообмінники:

- конденсатор біоетанолу

$$Q'_{\text{ВКД}} = 1187,4 \cdot (1129 - 210) = 1091,2 \text{ МДж} \quad (2.56)$$

- конденсатор рециклу

					ПОХНВ.Р.00.00.00.ПЗ	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Q'_{рец} = D_{рец} \cdot (i''_{рец} - i'_{рец}) = 1754 \cdot (1439 - 179) = 2210 \text{ МДж} \quad (2.57)$$

Діаметр адсорбера визначаємо при умові, що густина газової фази за робочих умов $t = 135^\circ \text{C}$; $P = 185 \text{ кПа}$.

$$\rho_r = M T_0 P / (22,4 T P_0) = 27,08 \cdot 273 \cdot 121 / (22,4 \cdot 288 \cdot 101) = 1,37 \text{ кг/м}^3 \quad (2.58)$$

Граничну швидкість газової фази $w_{пр}$, відповідну точці інверсії фаз, тобто переходу від плівкового гідродинамічного режиму до поглинання знайдемо з рівняння

$$\lg \left[\frac{w_{пр}^2 \rho_z}{g d_s \varepsilon^2 \rho_E} \cdot \left(\frac{\mu_E}{\mu_s} \right)^{0,16} \right] = A - B \left(\frac{L_{cp}}{G_{cp}} \right)^{0,25} \cdot \left(\frac{\rho_z}{\rho_E} \right)^{0,125} \quad (2.59)$$

де μ_E і μ_B - в'язкість спиртової пари при 15°C і води при 20°C ;

у нашому випадку

$$(\mu_E / \mu_B)^{0,16} = (1,14/1,0)^{0,16} = 1,02$$

A і B – коефіцієнти, залежні типу насадки, для синтетичного цеоліту типу 3А

$$A = -0,073; \quad B = 1,75 \quad [2, \text{с. 65}]$$

$d_e = 0,003 \text{ м}$ - еквівалентний діаметр кульки цеоліту.

$\varepsilon = 0,740 \text{ м}^3/\text{м}^3$ - вільний об'єм насадки.

Тоді

$$\lg[w_{пр}^2 1,37 / (9,8 \cdot 0,015 \cdot 0,740^2 \cdot 1000) 1,02] = -0,073 - 1,75(0,403/1,245)^{0,25}(1,37/1000)^{0,125}$$

					ПОХНВ.Р.00.00.00.ПЗ	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

(2.9) Звідки $w_{пр} = 3,6$ м/с

Робоча швидкість газової фази

$$w_{г} = w_{пр}n = 3.6 \cdot 0.9 = 3.24 \text{ м/с}, \quad (2.60)$$

де $n = 0,9$ - для турбулентного режиму роботи адсорбера [2с. 65].

Тоді діаметр колони адсорбера становитиме

$$d_{к} = \sqrt{G_{ср} / (0.785 \cdot w_{г} \cdot \rho_{г})} = [1,245 / (0,785 \cdot 1,37 \cdot 3,24)]^{0,5} = 1,39 \text{ м}. \quad (2.61)$$

Приймаємо стандартний діаметр 1,5 м, тоді дійсне значення робочої швидкості газової фази

$$w_{г} = G_{ср} / (0,785 d_{к}^2 \rho_{г}) = 1,245 / (0,785 \cdot 1,5^2 \cdot 1,37) = 3,22 \text{ м/с} \quad (2.62)$$

Умова $w_{г}/w_{пр} = 3,22/3,6 = 0,89 < 1$ виконується.

					ПОХНВ.Р.00.00.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

3 РОЗРАХУНКИ АПАРАТА НА МІЦНІСТЬ ТА ГЕТЕТИЧНІСТЬ

3.1 Розрахунок товщини апарата, кришки

Приймаємо розрахункові параметри, згідно до вимог експлуатації. За розрахункову температуру приймаємо максимально можливу температуру куба в робочому стані спиртової колони: $t = 107^{\circ}C$.

Розрахунковий тиск приймаємо рівним максимально можливому при нормальному протіканні технологічного процесу без врахування гідростатичного, так як тиск стовпця рідини не перевищує 5% від робочого (гідро випробування проводять в горизонтальному положенні).

$$p = 0,10 \text{ МПа} - \text{збитковий.}$$

Прибавка на корозію в даному випадку дорівнює нулю, тому що використовується харчова нержавіюча сталь 12Х18Н10Т: $c=0$.

Коефіцієнт міцності зварних швів $\varphi = 0,9$ - для стикової з двохстороннім проваром, яка виконана автоматичним і напівавтоматичним зварюванням при контролі швів довжині до 50%.

Допустиме напруження до матеріалу (сталь 12Х18Н10Т) циліндричної стінки царг колони і електричного днища (кришки) при $20^{\circ}C$ і розрахункової температури відповідно:

$$[\sigma]_{20} = 184 \text{ МПа};$$

$$[\sigma] = 174 \text{ МПа.}$$

Розрахункове значення межі текучості для сталі 12Х18Н10Т:

$$\sigma_{m20} = 276 \text{ МПа.}$$

Допустиме напруження в умовах гідравлічних випробувань (гідро випробування проводяться в горизонтальному положенні) визначається по формулі

					ПОХНВ.Р.00.00.00.ПЗ	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$[\sigma]_u = \sigma_{m20} / 1,1 = 276 / 1,1 = 251 \text{ МПа} \quad (3.1)$$

Пробний тиск при гідровипробуванні

$$p_u = \max \left\{ \begin{array}{l} 1,5 p [\sigma]_{20} / [\sigma] \\ 0,2 \end{array} \right\}. \quad (3.2)$$

$$p_u = \max \left\{ \begin{array}{l} 1,5 \cdot 0,10 \cdot 184 \cdot / 174 = 0,16 \text{ МПа} \\ 0,2 \text{ МПа} \end{array} \right\} = 0,2 \text{ МПа}.$$

Розрахункова (номінальна) товщина стінки обичайки визначається по формулі

$$s_p = \max \left\{ \begin{array}{l} pD / (2\varphi[\sigma] - p) \\ p_u D / (2\varphi[\sigma]_u - p_u) \end{array} \right\}, \quad (3.3)$$

$$s_p = \max \left\{ \begin{array}{l} 0,10 \cdot 1500 / (2 \cdot 0,9 \cdot 174 - 0,10) = 0,47 \text{ мм} \\ 0,20 \cdot 1500 / (2 \cdot 0,9 \cdot 251 - 0,20) = 0,664 \text{ мм} \end{array} \right\} = 0,664 \text{ мм},$$

де D- внутрішній діаметр обичайки царги колони, мм.

Виконувальна товщина листа для обичайки корпусу колони

$$s \geq s_p + c = 0,664 + 0 = 0,664 \text{ мм}.$$

Остаточна приймаємо товщину циліндричної обичайки з врахуванням стійкості при виготовленні рівну: $s=7$ мм.

Перевіряємо умову виконання формул безмоментної теорії:

$$(s-c)/D \leq 0,1 ;$$

					ПОХНВ.Р.00.00.00.ПЗ	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$(7-0)/1500=0,0017<0,1$$

що менше 0,1 – умова виконання формул виконана.

Допустимий внутрішній тиск для обичайки корпуса колони при виконуючій товщині $s=7$ мм визначається по формулі:

-в робочих умовах

$$[p] = 2[\sigma]\varphi(s-c)/(D+(s-c)) = 2 \cdot 174 \cdot 0,9 \cdot (7-0)/(1500+(7-0)) = 1,45 \text{ МПа}; \quad (3.4)$$

-в умовах гідравлічних випробувань

$$[p]_u = 2[\sigma]_u \varphi(s-c)/(D+(s-c)) = 2 \cdot 251 \cdot 0,9 \cdot (7-0)/(1500+(7-0)) = 2,09 \text{ МПа}; \quad (3.5)$$

що вище відповідних тисків в робочих умовах і при гідро випробуванні.

Знаходимо товщину еліптичного днища (кришки) колони.

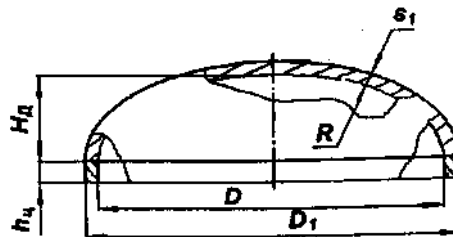


Рис. 3.1 Схема еліптичного днища

Приймаємо еліптичне днище з висотою:

$H=0,25D$, для якого розрахунковий параметр $R=D=1100$ мм.

Розрахунковий параметр еліптичного днища визначається по формулі

$$s_{1p} = \max \left\{ \begin{array}{l} pR/(2\varphi[\sigma]-0,5p) \\ p_u R/(2\varphi[\sigma]_u - 0,5p_u) \end{array} \right\}, \quad (3.6)$$

					ПОХНВ.Р.00.00.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

$$s_{1p} = \max \left\{ \begin{array}{l} 0,10 \cdot 1500 / (2 \cdot 0,9 \cdot 174 - 0,5 \cdot 0,10) = 0,47 \text{ мм} \\ 0,2 \cdot 1500 / (2 \cdot 0,9 \cdot 251 - 0,5 \cdot 0,2) = 0,66 \text{ мм} \end{array} \right\} = 0,66 \text{ мм},$$

Виконувальна товщина листа для днища по формулі

$$s \geq 0,66 + 0 = 0,66 \text{ мм}.$$

Остаточно приймаємо товщину еліптичного днища рівною: $s_1 = 7 \text{ мм}$.

Визначаємо допустимий тиск для еліптичного днища в робочих умовах і в умовах гідро випробувань відповідно

$$[p]_l = 2[\sigma] \varphi (s_1 - c) / (R + 0,5(s_1 - c)) = 2 \cdot 174 \cdot 0,9 \cdot (7 - 0) / (1500 + 0,5 \cdot (7 - 0)) = 1,46 \text{ МПа}; \quad (3.7)$$

$$[p]_{lu} = 2[\sigma]_{lu} \varphi (s_1 - c) / (R + 0,5(s_1 - c)) = 2 \cdot 251 \cdot 0,9 \cdot (7 - 0) / (1500 + 0,5 \cdot (7 - 0)) = 2,1 \text{ МПа}. \quad (3.8)$$

Перевіряємо умову виконання формул:

$$0,002 \leq (s_1 - c) / D \leq 0,10;$$

$$0,2 \leq H / D \leq 0,5;$$

$$0,002 < [(s_1 - c) / D = (7 - 0) / 1500 = 0,0046] < 0,10 - \text{умова виконана};$$

$$0,2 < [H / D = 0,25 \cdot 1500 / 1500 = 0,25] < 0,5 - \text{умова виконана}.$$

					ПОХНВ.Р.00.00.00.ПЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.2 Розрахунок фланцевого з'єднання

Фланець для сферичної кришки кип'ятильника діаметром $d_2=1,5\text{м}$ з товщиною стінки циліндричної обечайки 5 мм (ст. 70), що навантажений внутрішнім надлишковим тиском $P_2=0,32\text{ МПа}$. Температура середовища в апараті $t_2=122\text{ }^\circ\text{C}$.

Згідно з табл. I (к.13) для заданих умов підходять фланець сталевий приварний з виступом або западиною за ГОСТ 12828-67.

Товщина циліндричної втулки фланця:

$$S_{02} = 1,35 \cdot S_2 = 1,35 \cdot 0,005 = 0,068\text{ м}, \quad (3.9):$$

приймаємо $S_{02}=0,007\text{ м}$;

де $S_2=0,005\text{ м}$ – товщина стінки обечайки.

Приймаємо діаметр болтів $d_{62}=20\text{мм}$ (к. 13, табл. 9).

Діаметр болтового кола

$$D_{62} \geq D_2 + 2 \cdot (S_{02} + d_{62} + 0,006) = 1,5 + 2 \cdot (0,007 + 0,020 + 0,006) = 1,666\text{ м}, \quad (3.10)$$

приймаємо $D_{62}=1590\text{мм}$;

де – $D_2=d_2=1,6\text{ м}$ – внутрішній діаметр фланця

$$D_{\phi 2} = D_{62} + a_2 = 1590 + 40 = 1630\text{ мм}, \quad (3.11)$$

де – $a_2=40\text{мм}$ – за табл. 10 (к. 13)

Зовнішній діаметр прокладки (3.42)

$$D_2 = D_{b2} - l_2 = 1590 - 30 = 1550\text{ мм}, \quad (3.12)$$

					ПОХНВ.Р.00.00.00.ПЗ	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де $l_2 = 30$ мм - за табл.. 10 (к. 13):

$$D_{сп2} = D_{п2} - v_2 = 1550 - 20 = 1530 \text{ мм}$$

де $v_2=20$ мм – ширина прокладки (згідно табл.. 2 к. 13)

Ефективна ширина прокладки [к. 13, ст. 34] (для плоских прокладок при $v > 0,015$ м)

$$v_{e2} = 0,06 \cdot \sqrt{v_2} = 0,06 \cdot \sqrt{0,025} = 0,0095 \text{ м.} \quad (3.13)$$

Згідно з табл. 3 (к. 13) як матеріал прокладки приймаємо пароніт. Її розрахункові параметри: $m_2=25$ мм; $q_2=20$ МПа; $[q]_2=130$ МПа; $E_{n2}=2000$ МПа.

Орієнтовна кількість болтів (3.45)

$$Z_{62} = \pi \cdot D_{62}/t_{62} = 3,14 \cdot 1,53/(4,6 \cdot 0,02) = 57,7 \text{ шт,}$$

приймаємо $Z_{62}=60$ шт;

де $t_{62}=4,6 \cdot d_{62}$ – шаг болтів (по табл. 16, к. 13)

На підставі результатів розрахунку виберемо стандартний фланець. Його параметри (к. 7, табл.. 48, 50): зовнішній діаметр $D_{ф2}=1,63$ м; діаметр болтового кола $D_{62}=1,59$ м; зовнішній діаметр прокладки $D_{n2}=1,55$ м; товщина диска фланця $h_{ф2}=0,055$ м. Кількість болтів $Z_{62}=60$ шт. Згідно з табл.. 14 (к. 13) вибираємо матеріал фланців – сталь 12X18Н10Т за ГОСТ 7350-77 група А

Матеріал для шпильок – сталь 45X14НВ2М (табл.. 15, к. 13).

Перевірочний розрахунок (к. 13, ст.. 62-64).

Розрахунок допоміжних величин

Відношення більшої товщини втулки до меншої: $\beta_2=1$.

Середній діаметр прокладки

					ПОХНВ.Р.00.00.00.ПЗ	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$D_{сп2} = D_{п2} - b_2 = 1,55 - 0,02 = 1,53 \text{ м.} \quad (3.14)$$

Ефективна ширина прокладки (3.100):

$$\text{при } b_2 > 0,015 \text{ м } b_{e2} = 0,06 \cdot \sqrt{b_2} = 0,06 \cdot \sqrt{0,025} = 0,0095 \text{ м.}$$

Конструкційний коефіцієнт для фланців (3.46):

$$K_{ф2} = D_{ф2}/D_2 = 1,63/1,5 = 1,08. \quad (3.15)$$

Конструктивні коефіцієнти для фланців:

$$\lambda_{ф21} = h_{ф21}/\sqrt{D_2 \cdot S_{02}} = 0,055/\sqrt{1,5 \cdot 0,007} = 0,52; \quad (3.16)$$

$$\lambda_{ф22} = h_{ф22}/\sqrt{D_2 \cdot S_{02}} = 0,053/\sqrt{1,5 \cdot 0,007} = 0,5, \quad (3.17)$$

де - $h_{ф21}=h_{ф22}=0,055$ м – товщина диска фланця;

$$h_{ф22} = h_{ф2} - t_2 = 0,055 - 0,002 = 0,053 \text{ м – товщина диска}$$

відповідного фланця,

де $t_2=0,002$ м – товщина прокладки.

Поправочні коефіцієнти для фланців :

$$\psi_{1ф2} = 1,28 \cdot \lg K_{ф2} = 1,28 \cdot \lg 1,08 = 0,043; \quad (3.18)$$

$$\psi_{2ф2} = (K_{ф2} + 1)/(K_{ф2} - 1) = (1,08 + 1)/(1,08 - 1) = 26. \quad (3.19)$$

Поправочний коефіцієнт для перерізу S_{02} (див. рис. 10, к. 13):

$$\psi_{32} = 1 \text{ для плоских приварних фланців (3.51 – 3.52):}$$

Геометричні параметри фланців

					ПОХНВ.Р.00.00.00.ПЗ	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$j_{\phi 21} = h_{\phi 21} / S_{02} = 0,055 / 0,007 = 7,86;$$

$$j_{\phi 22} = h_{\phi 22} / S_{02} = 0,053 / 0,007 = 7,57.$$

Безрозмірний параметр фланців

$$T_{\phi 2} = \frac{K_{\phi 2}^2 \cdot (1 + 8,55 \cdot \lg K_{\phi 2}) - 1}{(1,05 + 1,945 \cdot K_{\phi 2}^2) \cdot (K_{\phi 2} - 1)} = \frac{1,08^2 \cdot (1 + 8,55 \cdot \lg 1,08) - 1}{(1,05 + 1,945 \cdot 1,08^2) \cdot (1,08 - 1)} = 1,88. \quad (3.20)$$

Безрозмірні параметри фланців

$$\omega_{\phi 21} = [1 + 0,9 \cdot \lambda_{\phi 21} \cdot (1 + \psi_{1\phi 2} \cdot j_{\phi 21}^2)]^{-1} = [1 + 0,9 \cdot 0,52 \cdot (1 + 0,043 \cdot 7,86^2)]^{-1} = 0,37; \quad (3.21)$$

$$\omega_{\phi 22} = [1 + 0,9 \cdot \lambda_{\phi 22} \cdot (1 + \psi_{1\phi 2} \cdot j_{\phi 22}^2)]^{-1} = [1 + 0,9 \cdot 0,5 \cdot (1 + 0,043 \cdot 7,57^2)]^{-1} = 0,39; \quad (3.22)$$

Кутова піддатливість фланців

$$Y_{\phi 12} = \frac{[1 - \omega_{\phi 21} \cdot (1 + 0,9 \cdot \lambda_{\phi 21}) \cdot \psi_{2\phi 2}]}{h_{\phi 21}^3 \cdot E_{\phi 21}} = \frac{[1 - 0,37 \cdot (1 + 0,9 \cdot 0,52)] \cdot 26}{0,055^3 \cdot 1,99 \cdot 10^5} = 0,36 \text{ (МН} \cdot \text{м)}^{-1}; \quad (3.23)$$

$$Y_{\phi 22} = \frac{[1 - \omega_{\phi 22} \cdot (1 + 0,9 \cdot \lambda_{\phi 22}) \cdot \psi_{2\phi 2}]}{h_{\phi 22}^3 \cdot E_{\phi 22}} = \frac{[1 - 0,39 \cdot (1 + 0,9 \cdot 0,5)] \cdot 26}{0,055^3 \cdot 1,99 \cdot 10^5} = 0,38 \text{ (МН} \cdot \text{м)}^{-1}. \quad (3.24)$$

де – $E_{\phi 21} = E_{\phi 22} = 1,99 \cdot 10^5$ МПа – модуль пружності матеріалу фланців при $t_{\phi 2} = 122$ °С.

Розрахункова довжина болтів фланцевого з'єднання

					ПОХНВ.Р.00.00.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

$$l_{62} = h_{\phi 21} + h_{\phi 22} + h_2 + 0,28 + d_{62} = 0,055 + 0,053 + 0,002 + 0,28 + 0,020 = 0,116 \text{ м}, \quad (3.25)$$

де - $h_2=0,002$ м – товщина прокладки.

Лінійна піддатливість прокладки (3.59)

$$y_{п2} = \frac{h_2}{\pi \cdot D_{сп2} \cdot B_2 \cdot E_{п2}} = \frac{0,002}{3,14 \cdot 1,63 \cdot 0,02 \cdot 200} = 9,77 \cdot 10^{-5} \text{ м/МН}. \quad (3.26)$$

Площа поперечного перерізу болта (3.60)

$$f_{62} = 0,785 \cdot d_{02}^2 = 0,785 \cdot (17,3 \cdot 10^{-3})^2 = 2,35 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2 \quad (3.27)$$

де – $d_{02}=1,73 \cdot 10^{-3}$ м – внутрішній діаметр болта.

Лінійна піддатливість болтів

$$y_{62} = \frac{l_{62}}{E_{62} \cdot f_{62} \cdot Z_{62}} = \frac{0,116}{2 \cdot 10^5 \cdot 2,35 \cdot 10^{-4} \cdot 60} = 4 \cdot 10^{-5} \text{ м/МН}, \quad (3.28)$$

де - $E_{62}=2 \cdot 10^5$ МПа – модуль пружності матеріала шпильок

при $t_{62}=0,97 \cdot t_{\phi 2}=0,97 \cdot 122=118$ °С

Параметр жорсткості фланцевого з'єднання

$$A_{\phi 2} = [y_{п2} + y_{62} + 0,25 \cdot (y_{\phi 12} + y_{\phi 22}) \cdot (D_{62} - D_{сп2})^2]^{-1} = [9,77 \cdot 10^{-5} + 4 \cdot 10^{-4} + 0,25 \cdot (0,36 + 0,38) \cdot (1,69 - 1,63)^2]^{-1} = 1244 \text{ МН/м} \quad (3.29)$$

Параметри жорсткості фланців

					ПОХНВ.Р.00.00.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

$$\begin{aligned}
 B_{\phi 12} &= Y_{\phi 12}(D_{62} - D_2 - S_{02}) = 0,36 \cdot (1,69 - 1,6 - 0,007) = \\
 &= 29,8 \cdot 10^{-3} \text{ МН}^{-1}
 \end{aligned}
 \tag{3.30}$$

$$\begin{aligned}
 B_{\phi 22} &= Y_{\phi 22} \cdot (D_{62} - D_2 - S_{02}) = 0,38 \cdot (1,69 - 1,6 - 0,007) = \\
 &31,5 \cdot 10^{-3} \text{ МН}^{-1}
 \end{aligned}
 \tag{3.31}$$

Безрозмірний коефіцієнт фланцевого з'єднання

$$\gamma_2 = A_{\phi 2} \cdot Y_{62} = 1244 \cdot 4 \cdot 10^{-5} = 0,05
 \tag{3.32}$$

Безрозмірний коефіцієнт жорсткості фланцевого з'єднання

$$\begin{aligned}
 \alpha_{\phi 2} &= A_{\phi 2} \cdot [Y_{62} + 0,25 \cdot (B_{\phi 12} + B_{\phi 22}) \cdot (D_{62} - D_{cn2})] = \\
 &= 1244[4 \cdot 10^{-5} + 0,25 \cdot (29,8 \cdot 10^{-3} + 31,5 \cdot 10^{-3}) \cdot (1,69 - 1,63)] = 1,2
 \end{aligned}
 \tag{3.33}$$

Розрахунок болтів фланцевого з'єднання

Рівнодіюча внутрішнього тиску

$$Q_{g2} = 0,785 \cdot D_{cn2}^2 \cdot P_2 = 0,785 \cdot 1,53 \cdot 0,32 = 0,67 \text{ МН}
 \tag{3.34}$$

Реакція прокладки в робочих умовах

$$\begin{aligned}
 R_{n2} &= 2 \cdot \pi \cdot D_{cn2}^2 \cdot b_{e2} \cdot m_2 \cdot P_2 = 2 \cdot 3,14 \cdot 1,63 \cdot 0,0095 \cdot 2,5 \cdot 0,32 = \\
 &= 0,078 \text{ МН}
 \end{aligned}
 \tag{3.35}$$

Зусилля, що виникає від температурної деформації фланцевого з'єднання

$Q_{\text{тф}2}$

					ПОХНВ.Р.00.00.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

$$\begin{aligned} & \gamma_2 \cdot Z_{62} \cdot f_{62} \cdot E_{62} \cdot (\alpha_{\phi 2}^t \cdot t_{\phi 2} - \alpha_{62}^t \cdot t_{62}) = \\ & = 0,05 \cdot 60 \cdot 2,35 \cdot 10^{-4} \cdot 2 \cdot 10^{-5} \cdot (1,7 \cdot 10^{-5} \cdot 122 - 1,7 \cdot 10^{-5} \cdot 118) = \\ & = 9,6 \cdot 10^{-3} > 0, \end{aligned} \quad (3.36)$$

тоді $Q_{\phi 2} = 9,6 \cdot 10^{-3}$;

де

$$\alpha_{\phi 2}^t = (\alpha_{\phi 21}^t + \alpha_{\phi 22}^t)/2 = (1,7 \cdot 10^{-5} + 1,7 \cdot 10^{-5})/2 = 1,7 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1} \quad (3.37)$$

де $\alpha_{\phi 21}^t = \alpha_{\phi 22}^t = 1,7 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ - по табл.. 4 (к. 13).

Монтажне болтове навантаження фланцевого з'єднання за різних умов розрахунку:

$$P'_{621} = \pi \cdot b_{e2} \cdot q_2 = 1,63 \cdot 0,0095 \cdot 20 = 0,972 \text{ МПа} \quad (3.38)$$

$$\begin{aligned} P''_{621} &= \alpha_{\phi 2} \cdot (Q_{g2} + P_2) + R_{n2} + \frac{4 \cdot M_2}{D_{сп2}} = 1,2 \cdot (0,67 + 0,32) + 0,078 + 0 = \\ &= 1,266 \text{ МПа}; \end{aligned} \quad (3.39)$$

де $\frac{4 \cdot M_2}{D_{сп2}}$ – загальне додаткове навантаження на болти фланцевого з'єднання (приймаємо рівним нулю).

$$P'''_{621} = 0,4 \cdot [\sigma_{62}]^{20} \cdot Z_{61} \cdot f_{62} = 160 \cdot 20 \cdot 2,35 \cdot 10^{-4} = 0,3 \text{ МПа}$$

де $[\sigma_{62}]^{20} = 160 \text{ МПа}$ – допустиме навантаження для матеріалу шпильок при $t=20^\circ\text{C}$ (табл.. 7, к. 13).

Розрахункове навантаження (при $P_2 \leq 0,6 \text{ МПа}$):

					ПОХНВ.Р.00.00.00.ПЗ	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$P_{621} = \max\{P'_{621}; P''_{621}; P'''_{621}\} = \max\{0,972; 1,266; 0,3\} = 1,266 \text{ МПа}$$

Умова міцності прокладки:

$$P_{621}/(\pi \cdot D_{cn2}^2 \cdot b_{e2}) \leq [q]_2; \quad (3.40)$$

$$1,226/(3,14 \cdot 1,53 \cdot 0,025) = 10 < 130 \text{ МПа} - \text{умова міцності виконується}$$

Болтове навантаження за робочих умов :

$$P_{622} = P_{621} + (1 - \alpha_{\phi 2}) \cdot (Q_{g2} \pm P_2) + Q_{t\phi 2} + \frac{4 \cdot M_2}{D_{cn2}} = 1,226 + (1 - 1,2) \cdot (0,67 + 0,32) + 9,6 \cdot 10^{-3} + 0 = 1,04 \text{ МПа} \quad (3.41)$$

Так як $Q_{t\phi 2} > 0$ то перевірку на додаткову умову не проводимо, бо

$$[\sigma_{62}]^t \cdot Z_{62} \cdot f_{62} - \gamma_2 \cdot Z_{62} \cdot f_{62} \cdot E_{62} \cdot (\alpha_{\phi 2}^t \cdot t_{\phi 2} - \alpha_{62}^t \cdot t_{62}) > P_{622} \quad (3.42)$$

Розрахункове навантаження на болти (3.76)

$$P_{6\phi 2} = \max\{P_{621}; P_{622}\} = \max\{1,226; 1,04\} = 1,226 \text{ МПа}$$

Напруження розтягування в болтах за умов монтажу

$$\sigma_{62}^{20} = \frac{P_{621}}{Z_{62} \cdot f_{62}} = \frac{1,226}{60 \cdot 2,35 \cdot 10^{-4}} = 87 \text{ МПа} \quad (3.43)$$

Напруження розтягування в болтах за робочих умов

$$\sigma_{62}^t = \frac{P_{622}}{Z_{62} \cdot f_{62}} = \frac{1,04}{60 \cdot 2,35 \cdot 10^{-4}} = 74 \text{ МПа} \quad (3.44)$$

					ПОХНВ.Р.00.00.00.ПЗ	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Скручуючий момент, що виникає від розтягування гайок:

$$M_{\text{скр2}} = f_{21} \cdot \frac{P_{\phi 2}}{Z_{\phi 2}} \cdot d_{\phi 2} = 0,1 \cdot \frac{1,226}{60} \cdot 0,02 = 4,1 \cdot 10^{-5} \text{ МН} \cdot \text{м}, \quad (3.45)$$

де $f_{21} = 0,1$ – коефіцієнт тертя.

Дотичне напруження в болтах:

$$\tau_{\phi 2} = \frac{M_{\text{скр2}}}{0,2 \cdot d_{\phi 2}^3} = \frac{4,1 \cdot 10^{-5}}{0,2 \cdot 0,017^3} = 41,7 \text{ МПа}, \quad (3.46)$$

Еквівалентні напруження в болтах

$$\sigma_{\phi e 2}^{20} = \sqrt{(\sigma_{\phi 2}^{20})^2 + 3 \cdot \tau_{\phi 2}^2} = \sqrt{87^2 + 3 \cdot 41,7^2} = 113 \text{ МПа}; \quad (3.47)$$

$$\sigma_{\phi e 2}^t = \sqrt{(\sigma_{\phi 2}^t)^2 + 3 \cdot \tau_{\phi 2}^2} = \sqrt{74^2 + 3 \cdot 41,7^2} = 103 \text{ МПа} \quad (3.48)$$

Умова міцності болтів:

$$\sigma_{\phi e 2}^{20} \leq [\sigma_{\phi 2}]^{20}: 113 < 160;$$

$$\sigma_{\phi e 2}^t \leq [\sigma_{\phi 2}]^t : 103 < 147 \text{ – умова виконується};$$

де $[\sigma_{\phi 2}]^t = 147 \text{ МПа}$ – допустиме напруження для матеріалу шпильок при $t_{\phi 2} = 118 \text{ }^\circ\text{C}$ (к. 13, табл. 10).

Розрахунковий згинаючий момент у діаметральному перерізі фланця

$$M_{01\phi 2} = 0,5 \cdot P_{\phi 21} \cdot (D_{\phi 2} - D_{\text{сп2}}) = 0,5 \cdot 1,226 \cdot (1,69 - 1,63) = 0,037 \text{ МПа} \quad (3.49)$$

$$M_{01\phi 2} = 0,5 \cdot [P_{\phi 21} \cdot (D_{\phi 2} - D_{\text{сп2}}) + Q_{g 2} \cdot (D_{\phi 2} - D_2 - S_{02})] \cdot \frac{[\sigma_{\phi 2}]^{20}}{[\sigma_{\phi 2}]^t} =$$

					ПОХНВ.Р.00.00.00.ПЗ	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$0,5 \cdot [1,04 \cdot (1,69 - 1,63) + 0,67 \cdot (1,63 - 1,6 - 0,007)] \cdot \frac{110}{103} =$$

$$= 0,042 \text{ МПа} \quad (3.50)$$

$$\text{де } \frac{[\sigma_{\phi 2}]^{20}}{[\sigma_{\phi 2}]^t} = \max \left\{ \frac{[\sigma_{\phi 12}]^{20}}{[\sigma_{\phi 12}]^t}; \frac{[\sigma_{\phi 22}]^{20}}{[\sigma_{\phi 22}]^t} \right\} = \frac{110}{103};$$

де $[\sigma_{\phi 12}]^{20} = [\sigma_{\phi 22}]^{20} = 110 \text{ МПа}$ - допустиме напруження для матеріалу фланців при $t=20 \text{ }^\circ\text{C}$.

$[\sigma_{\phi 12}]^t = [\sigma_{\phi 22}]^t = 133 \text{ МПа}$ - допустиме напруження для матеріалу фланців при $t=122 \text{ }^\circ\text{C}$.

Розрахунковий згинаючий момент у діаметральному перерізі фланця:

$$M_{o\phi 2} = \max\{M_{o1\phi 2}; M_{o2\phi 2}\} = \max\{0,037; 0,042\} = 0,042 \text{ МН} \cdot \text{м.}$$

Максимальні напруження в перерізі S_0 фланців від дії вигинаючого моменту $M_{o\phi 2}$

$$\sigma_{o\phi 12} = \psi_{32} \cdot \frac{T_{\phi 2} \cdot M_{o\phi 2} \cdot \omega_{\phi 21}}{D_2' \cdot (S_{02} - C_2)^2} = 1 \cdot \frac{1,88 \cdot 0,037 \cdot 0,42}{1,6 \cdot (0,007 - 0,001)^2} = 507 \text{ МПа} \quad (3.51)$$

$$\sigma_{o\phi 22} = \psi_{32} \cdot \frac{T_{\phi 2} \cdot M_{o\phi 2} \cdot \omega_{\phi 22}}{D_2' \cdot (S_{02} - C_2)^2} = 1 \cdot \frac{1,88 \cdot 0,016 \cdot 0,42}{1,6 \cdot (0,007 - 0,001)^2} = 535 \text{ МПа} \quad (3.52)$$

де при $D_2 = 1,6 > 20 \cdot S_{02} = 20 \cdot 0,007 = 0,14 \text{ м}$:

$$D_1' = D_1 = 1,6 \text{ м}$$

Максимальні кінцеві напруження в дисках фланців від дії згинаючого моменту $M_{o\phi 2}$:

					ПОХНВ.Р.00.00.00.ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\sigma_{\text{кф}21} = \frac{M_{0\phi 2} \cdot [1 - \omega_{\phi 21} \cdot (1 + 0,9 \cdot \lambda_{\phi 21})] \cdot \psi_{2\phi 2}}{D_1 \cdot h_{\phi 21}^2} = \frac{0,042 \cdot [1 - 0,37 \cdot (1 + 0,9 \cdot 0,52)] \cdot 26}{1,6 \cdot 0,055^2} =$$

$$= 103 \text{ МПа} \quad (3.53)$$

$$\sigma_{\text{кф}22} = \frac{M_{0\phi 2} \cdot [1 - \omega_{\phi 22} \cdot (1 + 0,9 \cdot \lambda_{\phi 22})] \cdot \psi_{2\phi 2}}{D_2 \cdot h_{\phi 22}^2} = \frac{0,042 \cdot [1 - 0,39 \cdot (1 + 0,9 \cdot 0,5)] \cdot 26}{1,6 \cdot 0,053^2} =$$

$$= 106 \text{ МПа} \quad (3.54)$$

Кінцеве та меридіальне напруження у циліндричній втулці фланця від дії внутрішнього тиску P_2 :

$$\sigma_{\text{хф}12} = \sigma_{\text{хф}22} = \frac{P_2 \cdot D_2}{2 \cdot (S_{02} - C_2)} = \frac{0,32 \cdot 1,6}{2 \cdot (0,007 - 0,001)} = 43 \text{ МПа}; \quad (3.55)$$

$$\sigma_{\text{уф}12} = \sigma_{\text{уф}22} = \frac{P_2 \cdot D_2}{4 \cdot (S_{02} - C_2)} = \frac{0,32 \cdot 1,6}{4 \cdot (0,007 - 0,001)} = 21,5 \text{ МПа}; \quad (3.56)$$

Еквівалентні напруження в перерізі циліндричної втулки фланців:

$$\sigma_{\text{еф}12} = \sqrt{(\sigma_{\text{оф}12} + \sigma_{\text{уф}12})^2 + \sigma_{\text{хф}12}^2 - (\sigma_{\text{оф}12} + \sigma_{\text{уф}12}) \cdot \sigma_{\text{хф}12}} =$$

$$= \sqrt{(507 + 21,5)^2 + 43^2 - (507 + 21,5) \cdot 43} = 508 \text{ МПа}; \quad (3.57)$$

$$\sigma_{\text{еф}22} = \sqrt{(\sigma_{\text{оф}22} + \sigma_{\text{уф}22})^2 + \sigma_{\text{хф}22}^2 - (\sigma_{\text{оф}22} + \sigma_{\text{уф}22}) \cdot \sigma_{\text{хф}22}} =$$

$$= \sqrt{(535 + 21,5)^2 + 43^2 - (535 + 21,5) \cdot 43} = 536 \text{ МПа}; \quad (3.58)$$

Умова міцності

$$\sigma_{\text{еф}12} \leq [\sigma_{\phi 12}^{S_{02}}] \cdot \varphi_2 : 508 \leq 597 \cdot 0,9 = 537 \text{ МПа} \quad (3.59)$$

					ПОХНВ.Р.00.00.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

$$\sigma_{e\phi 22} \leq [\sigma_{\phi 22}^{S_{02}}] \cdot \varphi_2 : 536 \leq 597 \cdot 0,9 = 537 \text{ МПа} - \text{ умова виконується};$$

де $[\sigma_{\phi 12}^{S_{02}}] = [\sigma_{\phi 22}^{S_{02}}] = 0,003 \cdot E_{\phi 21}^t = 0,003 \cdot 1,99 \cdot 10^5 = 597 \text{ МПа}$ - допустиме напруження матеріалу фланця у перерізі S_{02} .

Умови герметичності (при $D_2 \leq 2 \text{ м}$ $[\theta] = 0,013 \text{ рад}$

$$\sigma_{к\phi 21} \cdot D_2 / (E_{\phi 21}^t \cdot h_{\phi 21}) \leq [\theta]; \quad (3.60)$$

$$91 \cdot 1,6 / (1,9 \cdot 10^5 \cdot 0,52) = 0,00016 \leq 0,013 \text{ рад};$$

$$\sigma_{к\phi 22} \cdot D_2 / (E_{\phi 22}^t \cdot h_{\phi 22}) \leq [\theta]; \quad (3.61)$$

$$93 \cdot 1,6 / (1,9 \cdot 10^5 \cdot 0,5) = 0,00016 \leq 0,013 \text{ рад}; - \text{ умова виконується}$$

3.3 Розрахунок опори апарата

Вертикальні апарати встановлюють на стійках: при відношенні $H/D > 5$ ($\frac{12400}{1500} = 8,26$) апарати встановлюють на так звані бічні опри (циліндричні або конічні). Висота циліндричної опори повинна бути не менше 600 мм.

Підбір опори здійснюємо при мінімальному, максимальному навантаженні на опори.

Мінімальне приведенне навантаження – сила від ваги пусого апарату

$$Q_{min} = (M_k + M_T) \cdot g \quad (3.62)$$

де M_k – маса колони, кг;

M_T – маса тарілок, кг.

					ПОХНВ.Р.00.00.00.ПЗ	Арк.
						52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$M_k = (V_{\text{ц}} + 2V_{\text{д}}) \cdot \rho \quad (3.63)$$

де ρ – густина матеріалу колони;

$V_{\text{ц}}$ – об'єм циліндричної частина колони;

$V_{\text{д}}$ – об'єм днища/кришки.

$$V_{\text{ц}} = S_{\text{ц}} H_{\text{ц}} \quad (3.64)$$

де $S_{\text{ц}}$ – площа поперечного перерізу обичайки;

$H_{\text{ц}}$ – висота циліндричної частини.

$$S_{\text{ц}} = \frac{\pi \cdot H_{\text{ц}} (D \cdot 2 \cdot S)}{4} - \frac{\pi \cdot D^2}{4} \quad (3.64)$$

$$S_{\text{ц}} = 0,785 \cdot 12,4 [(1,5 + 0,007 \cdot 2)^2 - 1,5^2] = 0,41 \text{ м}^3$$

$$V_{\text{д}} = \pi \left[(H_g + S_1)^2 \left(R + S_1 - \frac{H_g + S_1}{3} \right) - H_g^2 \left(R - \frac{H_g}{3} \right) \right] \quad (3.65)$$

$$V_{\text{д}} = 3,14 \left[(0,3 + 0,008)^2 \left(1,5 + 0,008 - \frac{0,3 + 0,008}{3} \right) - 0,3^2 \left(1,5 - \frac{0,3}{3} \right) \right] = 0,0271 \text{ м}^3$$

$$M_k = (0,41 + 2 \cdot 0,0271) \cdot 7850 = 3643,97 \text{ кг}$$

$$M_T = m_T \cdot n \quad (3.66)$$

де m_T - маса тарілки, $m_T = 68,6$ кг

$$M_T = 30 \cdot 68,6 = 2058 \text{ кг}$$

					ПОХНВ.Р.00.00.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

$$Q_{min} = (3643,97 + 2058) \cdot 9,81 = 55936,3 \text{ Н}$$

$$Q_{min} = 0,056 \text{ МН}$$

Максимальне приведенне навантаження – з врахуванням ваги рідини

$$M_p = V_p \cdot \rho_p \quad (3.67)$$

$$V_p = 0,785D^2 \cdot H_{ц} + \pi H_{д}^2 \left(R - \frac{H_{д}}{3} \right) \quad (3.68)$$

$$V_p = 0,785 \cdot 1,5^2 \cdot 12,4 + 3,14 \cdot 0,3^2 \left(1,5 - \frac{0,3}{3} \right) = 22,3 \text{ м}^3$$

$$M_p = 22,3 \cdot 1000 = 22300 \text{ кг}$$

$$Q_{max} = (Q_{min} + M_p) \cdot g \quad (3.69)$$

$$Q_{max} = (55936,3 + 22300) \cdot 9,81 = 767498,1 \text{ Н}$$

Тоді по даним таблиць для Q_{min} до 0,111 МН і Q_{max} до 1,47 МН вибираємо циліндричну опору.

Перевіримо міцність зварного з'єднання в місцях з'єднання корпусу з обичайною опори

$$\sigma = \frac{Q_{max}}{\pi D a_1} \leq \varphi \cdot \min\{[\sigma]_0; [\sigma]_к\} \quad (3.70)$$

де a_1 – розрахункова товщина зварного шва; $a_1=7$ мм;

$[\sigma]_0, [\sigma]_к$ - допустиме навантаження для матеріалу опори і колони;

					ПОХНВ.Р.00.00.00.ПЗ	Арк.
						54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

φ - коефіцієнт міцності зварного шва;

$[\sigma]_o = 136$ МПа для сталі В. Ст. 3, см³

$[\sigma]_к = 155$ МПа для сталі 12Х18Н10Т.

$\varphi = 0,7$

$$\sigma = \frac{767498,1}{3,14 \cdot 1,5 \cdot 0,007} = 23,3 \text{ МПа} \leq 0,7 \cdot 136 = 95,2 \text{ МПа}$$

Умова міцності виконується.

					ПОХНВ.Р.00.00.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

4 МОНТАЖ ТА РЕМОНТ АПАРАТА

4.1 Монтаж розробленого апарата [10]

Умови збереження обладнання – 4 (Ж 2) ДСТ 15150. Допускається збереження в умовах 7-9 ДСТ 15150, забезпечений захист законсервованого виробу від прямого влучення опадів і сонячної радіації. У випадку порушення заводської консервації при транспортуванні чи зберіганні остання повинна бути відновлена на місці збереження відповідно до вимог ДСТ 9.014.

Перевіряємо комплектність і цілісність обладнання, яке поступило на завод. Всі операції по переміщенню устаткування на складах і в монтажній зоні, а також підйом і установку в проектне положення при монтажі слід робити так, щоб була забезпечена повна його збереженість.

Монтаж апарата необхідно робити відповідно до вимог СНіП 3.05-84 та відповідно до проекту виробництва монтажних робіт, а також «Правил пристрою і безпечної експлуатації ємностей, що працюють під тиском», техніки безпеки, охорони праці протипожежної безпеки, санітарної гігієни.

Установка апарата повинна забезпечувати можливість його огляду, ремонту й очищення, а також виключати небезпеку його перекидання. Для зручності обслуговування повинні бути оснащені площадки і сходи; для огляду можуть застосовуватися інші пристрої і пристосування, що не повинні порушувати міцність і стійкість апарата.

Фундамент під колону повинен розташовуватися на першому поверсі будівлі. Фундамент виготовляють з бутового бутону. По висоті колона може також підтримуватися у міжповерхових перекриттях металевими поясами. При проектуванні місця розташування колони, слід передбачити, щоб було не менше $2,5D$. Де D - діаметр колони. Також слід звернути особливу увагу на те, щоб фундамент був виготовлений точно за рівнем і колона мала рівномірну опору по

					ПОХНВ.Р.00.00.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

всій площині основи. Якщо колона має виносну поверхню теплообміну, то висота фундаменту повинна бути близько 2 м.

Перед початком монтажу всі частини колони і допоміжне обладнання повинно пройти гідравлічне випробування тиском на 1,25атм. Від робочого.

Монтаж починається з того, що проводиться огляд тарілок, фланців, прокладок і місць стикування царг. Встановивши нижню царгу, її вирівнюють і закріплюють. Якщо потрібно, то підливають цементний розчин.

Перед установкою наступних царг також перевіряють кріплення тарілок, при цьому необхідно впевнитись у тому, що борти царг рівні і непошкоджені під час транспортування. При виявленні пошкоджень їх потрібно усунути, вирівнявши і спрямувавши борт, причому стальним молотком користуватися не можна. Якщо прокладка, яка розташовується між царгами, складається з окремих частин (при великому діаметрі колони), по місцю їх стиків роблять скоси, довжина яких повинна бути не менше трьох товщин прокладки.

При складанні колони необхідно слідкувати за тим, щоб при суміщенні царг отвори в тарілках зайняли правильне положення. Необхідно слідкувати з тим, щоб ущільнювальна прокладка знаходилась у правильному положенні (її заздалегідь прив'язують до фланців шпагатом), а анкерні болти (стояки) установлюють, не допускаючи їх переносу або зміщення. Не допускається підгонка і натягування, яка призводить до виникнення додаткових напружень і конструкції апарата, а також установка пошкоджених прокладок.

Перед затягуванням шпильок (болтів), фланцевих з'єднань повинно здійснюватися рівномірно в 3-4 прийоми. Через 2 години після затягування шпильок повинна бути зроблена їхня додаткова підтяжка. Підтяжка шпильок (болтів) під час роботи апарата не допускається.

Перед пуском апарата необхідно перевірити: наявність дозволу органів Держнаглядохоронпраці на введення в експлуатацію; якість болтів і фланцевих з'єднань і кріплення фундаментних болтів; стан апарата, правильність і надійність з'єднання технологічних трубопроводів, готовність до роботи КВП; відсутність

					ПОХНВ.Р.00.00.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

тимчасових заглушок на робочих ділянках трубопроводів; наявність роботи регулюючої запірної і запобіжної арматури, зв'язаної з апаратом за технологічною схемою.

Установка, технічний огляд, періодичність огляду, зміст і обслуговування апарата повинне виконуватися відповідно до «Правил пристрою і безпечної експлуатації ємностей, що працюють під тиском »

Швидкість підйому тиску в апараті повинна бути не вище 5 кгс/см за хвилину.

Контрольно-вимірювальні пристрої повинні бути встановлені відповідно до технологічної схеми автора установок.

4.2 Ремонт апарата [9]

Адміністрація підприємства-споживача повинна забезпечити утримання ємностей у справному стані, а також забезпечити безпечні умови їхньої роботи шляхом організації обстеження, ремонту і нагляду в повній відповідності з вимогами «Правил пристроїв і безпечної експлуатації ємностей під тиском ».

При монтажі і експлуатації апарата повинні дотримуватися вимоги безпеки за ДСТ 12.2.003 і дійсної інструкції.

На підприємстві-споживачі повинна бути розроблена і затверджена головним інженером інструкція з режиму роботи апарата і його безпечного обслуговування.

При експлуатації обслуговуючий персонал забов'язаний чітко виконувати вимоги дійсної інструкції, інструкції з режиму роботи і безпечному обслуговуванні апарата, а також вчасно перевіряти справність дії арматури, контрольно-вимірювальних приладів і запобіжних пристроїв.

Підприємство-власник апарата повинен робити періодичний огляд апарата в робочому стані та проводити періодичний внутрішній огляд з метою виявлення стану внутрішніх поверхонь і впливу середовища на стінки ємності. У місцях,

					ПОХНВ.Р.00.00.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

недоступних для внутрішнього огляду, повинен проводитися вимір товщини стінок методами, що не руйнують

Результати вимірів повинні заноситись в паспорт апарата.

Перед внутрішнім оглядом апарат повинен бути зупинений, звільнений від робочого середовища, відключений заглушками від усіх трубопроводів, що з'єднують апарат з джерелом тиску чи з іншими апаратами.

Роботи з ремонту корпусу апарата (обичайок, днищ, штуцерів і інших деталей, що працюють під тиском) повинні бути погодженні з підприємством-виготовлювачем апарата і проводитись відповідно до вимог «Правил пристроїв і безпечної експлуатації апаратів, що працюють під тиском» і ОСТ26291-94 «Ємності і апарати сталеві зварені. Загальні технічні умови».

Ремонт апарата і його елементів під час роботи - не допускається.

Обслуговування апарату може бути доручено особам, що досягли 18-річного віку, що пройшли виробниче навчання, атестацію в кваліфікаційній комісії й інструктаж з безпечного обслуговування ємностей і апаратів.

Пуск, зупинку і випробування на герметичність апаратів у зимовий час проводити відповідно до «Регламенту проведення в зимовий час пуску (зупинки) чи іспиту на герметичність ємностей».

Усі несправності і неполадки в роботі апарата повинні усуватися відразу ж після їхнього виявлення. При цьому робота на апараті припиняється.

Апарат повинен бути зупинений у випадках: якщо тиск у ємностях піднявся вище дозволеного і не знижується, навіть після мір прийнятих персоналом; при виявленні несправності запобіжних клапанів; при виявленні в ємності і його елементах, що працюють під тиском, нещільностей, випуклості, розриву прокладок; при несправності манометра і неможливості визначити тиск по іншим приладам; при зниженні рівня рідини нижче допустимого в ємностях з вогневим обігрівом; при виході з ладу всіх показчиків рівня рідини; при несправності запобіжних блокувальних пристроїв; при виникненні пожежі, що безпосередньо загрожує ємності, що знаходиться під тиском; аварійних випадках(при

					ПОХНВ.Р.00.00.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59

відключенні електроенергії, при пиненні подачі стиснутого повітря і т.д. допускається використання будь-яких засобів пожежогашіння.

У процесі експлуатації ректифікаційних установок забороняється:

- працювати, якщо є витоки спирту в сальниках, трубопроводах, фланцевих з'єднаннях та інших елементах установки;
- застосовувати відкритий вогонь, виконувати роботу з нагрітими металевими предметами (паяльниками), з устаткуванням й інструментом, які можуть дати іскру;
- зберігати в ректифікаційному відділенні самозаймисті матеріали;
- підвищувати надлишковий тиск у колонах на над нормативний;
- чистити окремі апарати під час роботи ректифікаційної установки .

Перед ремонтом установок або окремих її елементів треба ретельно стягнути спирт з установки, промити і пропарити водяною парою колони, дефлегматори, конденсатори, холодильники, трубопроводи та ін., ємності, де міститься спирт, залити повністю водою.

Перед зварювальними роботами всередині ректифікаційного відділення необхідно закінчити стягування спирту з установки не менше ніж за 2 години до початку зварювання; повністю видалити спирт з установки, лічильників спирту і спирто-приймального відділення у спиртосховищі; ретельно провітрювати приміщення.

При проведенні зварювальних робіт не дозволяється вносити в приміщення ректифікації балон з киснем.

Для освітлення апаратів всередині при ремонті, чистці й огляді, застосовують лише низьковольтні переносні лампи (12...24 В). Для персонального освітлення при експлуатації установки треба обов'язково користуватись електричним ліхтарем з напругою 2...3,5 В.

При переміщенні спирту і його домішок виникає статична електрика, тому для попередження іскрового розряду необхідно забезпечити заходи із захисту від неї.

					ПОХНВ.Р.00.00.00.ПЗ	Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Усі працівники виробництва повинні знати і суворо дотримуватись правил техніки безпеки й охорони праці, правил технічної експлуатації ректифікаційного обладнання та його герметизації.

На підприємстві-споживачі повинна бути розроблена і затверджена головним інженером інструкція з режиму роботи апарата і його безпечного обслуговування.

При експлуатації обслуговуючий персонал запов'язаний чітко виконувати вимоги дійсної інструкції, інструкції з режиму роботи і безпечному обслуговуванні апарата, а також вчасно перевіряти справність дії арматури, контрольно-вимірювальних приладів і запобіжних пристроїв.

Підприємство-власник апаратів повинно робити періодичний огляд апарата в робочому стані та проводити періодичний внутрішній огляд з метою виявлення стану внутрішніх поверхонь і впливу середовища на стінки ємності.

У місцях, недоступних для внутрішнього огляду, повинен проводитися вимір товщини стінок методами, що не руйнують поверхню апаратів. Результати вимірів повинні заноситись в паспорт апаратів.

Перед внутрішнім оглядом апарати повинні бути зупинені, звільнені від робочого середовища, відключені заглушками від усіх трубопроводів, що з'єднують апарати з джерелом тиску чи з іншими апаратами.

Роботи з ремонту корпусу апаратів (обичайок, днищ, штуцерів і інших деталей, що працюють під тиском) повинні бути погодженні з підприємством-виготовлювачем апаратів і проводитись відповідно до вимог «Правил пристроїв і безпечної експлуатації апаратів, що працюють під тиском» і ОСТ26291-94 «Ємності і апарати сталеві зварені. Загальні технічні умови».

Режим обслуговування – періодичний.

Щотижневе обслуговування включає в себе:

- зовнішній огляд;
- контроль стану зтягуючих болтів фланцевих з'єднань і запірної арматури;

					ПОХНВ.Р.00.00.00.ПЗ	Арк.
						61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Щорічне обслуговування включає в себе:

- очищення від відкладень хімічним і механічним способами(при необхідності);
- контроль стану зтягуючих болтів фланцевих з'єднань і запірної арматури;
- випробування модуля на герметичність.

Поточний ремонт апарата виконується при швидкому збільшенні його гідравлічного опору (більше 1,0 МПа), зниженні теплопередачі більше, ніж на 25% через забруднення внутрішньої поверхні трубок і включає в себе:

- розбирання апарата;
- чищення поверхні трубок від відкладень;
- заміну дефектних трубок і ущільнювачів фланцевих з'єднань;
- випробування установки на герметичність.

Пуск, зупинку і випробування на герметичність апаратів у зимовий час проводити відповідно до «Регламенту проведення в зимовий час пуску (зупинки) чи іспиту на герметичність ємностей».

Усі несправності і неполадки в роботі апаратів повинні усуватися відразу ж після їхнього виявлення. При цьому робота на апаратах припиняється.

Апарат повинен бути зупинений у випадках: якщо тиск у ємностях піднявся вище дозволеного і не знижується, навіть після мір прийнятих персоналом; при виявленні несправності запобіжних клапанів; при виявленні в ємності і його елементах, що працюють під тиском, нещільностей, випуклості, розриву прокладок; при несправності манометра і неможливості визначити тиск по іншим приладам; при зниженні рівня рідини нижче допустимого в ємностях з вогневим обігрівом; при виході з ладу всіх покажчиків рівня рідини; при несправності запобіжних блокувальних пристроїв; при виникненні пожежі, що безпосередньо загрожує ємності, що знаходиться під тиском; аварійних випадках(при відключенні електроенергії, припиненні подачі стиснутого повітря і т.д.

					ПОХНВ.Р.00.00.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

Апарат повинен бути захищеним від статичної електрики відповідно до «Правил захисту від статичної електрики у виробництвах хімічної, нафтохімічної і нафтопереробної промисловості» і правилами ПУЕ-86.

Блискавкозахист і захист від вторинних проявів блискавки повинний здійснюватися відповідно до РД-36.21. 122-87 «Інструкція з пристрою блискавкозахист будинків і споруджень».

Скидання газу з апаратів повинно здійснюватися тільки через трубопроводи виходу газів на факел. Скидання газу через зазор розділових фланців забороняється.

Перед проведенням ремонтних і зварювальних робіт необхідно повністю звільнити установку від спирту та спирто продуктів, промити апарати і трубопроводи водою та пропарити паром. Порядок і послідовність видалення спирту із апарату повинні бути виконані в повній відповідності з вимогами техніки безпеки та технологічним регламентом. Після виведення спирту, промивання водою та пропарки всі збірники повинні бути негайно заповнені водою, контрольні снаряди від'єднанні та промиті.

При виконанні зварювальних робіт у відділенні зневоднення і адсорбції заповнюють інертним газом (азотом чи двоокисом вуглецю).

При виконанні зварювальних робіт в приміщенні необхідно одержати письмовий дозвіл головного інженера та особи, відповідальної за техніку безпеки підприємства на проведення робіт; провести виведення спиртів із обладнання установки і з ємностей спирто приймального відділення та їх промивку не менше ніж за 2 години до початку робіт; повністю провітрити приміщення і добре змити водою підлогу біля місця проведення вогневих робіт; привести в повну готовність всі засоби пожежогасіння; вивести з приміщення людей, які не мають відношення до проведення ремонту з вогневими роботами.

При проведенні вогневих робіт забороняється вносити в приміщення балони з киснем, газом та газові апарати. Вогневі роботи повинні проводитись тільки в присутності головного інженера підприємства або особи, уповноваженої

					ПОХНВ.Р.00.00.00.ПЗ	Арк.
						63
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

особливим розпорядженням головного інженера, з числа інженерно-технічних робітників, що відповідають за експлуатацію установки.

У процесі експлуатації ректифікаційних установок забороняється:

- працювати, якщо є витоки спирту в сальниках, трубопроводах, фланцевих з'єднаннях та інших елементах установки;
- застосовувати відкритий вогонь, виконувати роботу з нагрітими металевими предметами (паяльниками), з устаткуванням й інструментом, які можуть дати іскру;
- зберігати в ректифікаційному відділенні самозаймисті матеріали;
- підвищувати надлишковий тиск у колонах на над нормативний;
- чистити окремі апарати під час роботи ректифікаційної установки .

Перед ремонтом установок або окремих її елементів треба ретельно стягнути спирт з установки, промити і пропарити водяною парою колони, дефлегматори, конденсатори, холодильники, трубопроводи та ін., ємності, де міститься спирт, залити повністю водою.

Перед зварювальними роботами всередині ректифікаційного відділення необхідно закінчити стягування спирту з установки не менше ніж за 2 години до початку зварювання; повністю видалити спирт з установки, лічильників спирту і спирто-приймального відділення у спиртосховищі; ретельно провітрювати приміщення.

При проведенні зварювальних робіт не дозволяється вносити в приміщення ректифікації балон з киснем.

					ПОХНВ.Р.00.00.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

Законодавча база охорони праці України налічує ряд законів, основними з яких є Закон України “Про охорону праці”, “Про пожежну безпеку” та Кодекс законів про працю. Їх доповнюють державні міжгалузеві й галузеві нормативні акти, в тому числі, організація робіт по монтажу та експлуатації брагоректифікаційної та адсорбційної установок повинна відповідати вимогам, які викладено в ДНАОП 0.00-1.07-94. “Правила будови і безпечної експлуатації посудин, що працюють під тиском”, затверджені наказом Держнаглядохоронпраці України 18.10.94 №104 ; ДНАОП 0.00-5.12-74. “Типова інструкція з організації безпечного ведення вогневих робіт на вибухонебезпечних і вибухопожежонебезпечних об’єктах”, затверджена Держгіртехнаглядом СРСР 07.05.74; ДНАОП 1.8.10.-1.11-97

«Правила безпеки для спиртового та лікєро-горілочного виробництва», затверджених Держнаглядохоронпраці України 22.04.1997 р. , наказ № 100.

Аналіз потенційних небезпек та шкідливих факторів під час роботи обладнання

Санітарні умови праці при виробництві високооктанової кисневмісної добавки (ВКД)

Мікроклімат, або метрологічні умови виробничих приміщень, визначаються такими параметрами: температурою повітря в приміщенні, відносною вологістю повітря, рухливістю повітря тощо.

Згідно з ГОСТ 21.1.005-88 ССБТ "Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны" мікрокліматичні умови подані у таблиці 5.1.

					ПОХНВ.Р.00.00.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		65

Таблиця 5.1 Норми мікрокліматичних параметрів в повітрі робочої зони

Найменування професії	Категорія робіт	Холодний період року						Теплий період року					
		Температура, °C		Відносна вологість, %		Швидкість руху, м/с		Температура, °C		Відносна вологість, %		Швидкість руху, м/с	
		оптимальна	допускається	оптимальна	допускається	оптимальна, не більше	допускається, не більше	оптимальна	допускається	оптимальна	допускається	оптимальна, не більше	допускається, не більше
Апаратник перегонки і ректифікації	Па	18-20	17-23	40-60	75	0,2	0,3	21-23	27-30	40-60	75	0,3	0,4

Освітлення в приміщеннях повинно задовольняти вимогам СніП II-4-79 "Нормы проектирования. Естественное и искусственное освещение".

Для запобігання негативних фізіологічних впливів на оператора джерел природного і штучного освітлення при проектуванні необхідно врахувати: раціональне розташування робочого місця відносно вікон проникнення крізь їх природного світла та джерел штучного освітлення, наявність рівномірного розподілу яскравості в колі зору, відсутність прямого світла та інші дискомфортні умови.

У вечірні та нічні години доби використовується штучне освітлення загальне, місцеве та аварійне.

Аварійне освітлення здійснюється від незалежного джерела живлення постійного струму.

Таблиця 5.2 Нормована освітленість на робочих місцях у брагоректифікаційному відділенні.

Найменування професій	Характеристика зорової роботи	Розряд зорової роботи	Освітленість (штучна), лк	
			Загальна освітлюваність	
			При лампах розжарювання	При газорозрядних лампах
Апаратник перегонки і ректифікації	Груба (дуже малої точності)	VI	75	150

Нова освітлювальна установка приймається в експлуатацію комісією склад якої підтверджує головний інженер.

На території заводу мережа загального освітлення увімкнута під напругою 220 В.

Вибираємо загальне освітлення газорозрядними лампами. Потрібно забезпечити освітлення робочого місця у відділенні в 150 люксів.

Тривала дія несприятливих метеорологічних умов на організм людини порушує терморегуляцію, різко погіршує самопочуття, знижує продуктивність праці, призводить до захворювань. У виробничих

приміщеннях передача теплоти здійснюється конвекцією та випромінюваннями.

Основні заходи захисту:

- Теплоізоляція;
- Застосування ізоляції;
- Засоби індивідуального захисту;
- Екранування (від випромінювання).

Згідно з ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ "Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны" температура поверхні обладнання не повинна перевищувати 45 °С, а в приміщеннях з пожежо- і вибухонебезпечним середовищем - 35 °С.

Джерелом теплових випромінювань в відділенні брагоректифікації є: колони, кип'ятильники, колектор пари, дефлегматори, конденсатори, збірники барди та лютерної води.

Вентиляція цеху припливно-витяжна з механічним та природним збуренням. Для локалізації вологи та тепла передбачені місцева вентиляція. Видалення та розподілення повітря передбачена через отвори повітроводів затягнутих металевими сітками.

Вентиляція виробничих приміщень і герметизація обладнання забезпечує в зоні перебування працюючих стан повітряного середовища, який відповідає вимогам санітарних норм.

У виробничих приміщеннях вентиляція припливно-витяжна механічна і природна, та розрахована на виділення надлишків тепла і вологи, а також видалення шкідливих виділень обладнання, механізмів та інше.

Системи витяжної та загально обмінної вентиляції зі штучним збурюванням для приміщень категорії А, а також системи місцевих відсмоктувачів вибухонебезпечних сумішей передбачені з одним резервним вентилятором, якщо у разі зупинки вентилятора не може бути зупинене технологічне устаткування та припинене виділення шкідливих або горючих газів, парів. Аварійну вентиляцію в приміщеннях категорії А та Б виконана зі штучним збуджуванням. Видалення і роздача повітря передбачається через отвори в повітроводах, які затягнуті металевими сітками. Для регулювання кількості повітря в повітроводах встановлені заслінки. Пуск, налагодження, експлуатація та ремонт вентиляційних установок повинні виконуватись відповідно до вимог діючих нормативних актів.

Техніка безпеки при обслуговуванні обладнання

1. Ректифікаційні установки мають розмішуватись в окремому приміщенні

					ПОХНВ.Р.00.00.00.ПЗ	Арк.
						68
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

(апаратне відділення).

2. Робота ректифікаційних установок, якщо є пропуск пари чи рідини у зварних або фланцевих з'єднаннях, люках чи штуцерах, не допускається.

3. На паропроводі, який підводить пару у відділення ректифікації, мусить встановлюватися автоматичні регульовані пристрої, що виключають можливість подання пари в апарати з тиском вище встановленої величини.

4. Усі колони ректифікаційних установок, які працюють при атмосферному тиску, знизу й згори мусять обладнуватися вакуум-переривниками. Установлення запірних пристроїв між установками і вакуум-переривниками не допускається. У ректифікаційних установках, колони які працюють під тиском нижче атмосферного, встановлюються загальний вакуум-переривник на комунікації між барометричним конденсатором і вакуум-насосом.

5. Для уловлювання спиртової пари, яка виходить з повіт ровиків установок, повинні встановлюватися спиртові уловлювачі, а пара, яка не конденсується - виводиться за межі приміщення згідно з вимогами чинних правил

6. Повітровики мусять бути спорядженні вогнеперешкоджувачами. Не допускається скидати рідини, які містять спирт у бродильні установки.

7. Електроустаткування і електроосвітлення у відділенні ректифікації має бути виконано у відповідності до вимог ПУЕ. Корпуси електродвигунів та іншого електроустаткування, спиртоприймачі, мірників, спиртові резервуари та спиртові комунікації мають бути заземлені згідно з вимогами: - при напрузі 380 В і вище змінного струму та 440 В і вище постійного струму - в усіх електроустановках. У разі неможливості виконання заземлення, занулення або, якщо це становить значні труднощі з технологічних причин, допускається обслуговування електроустаткування з ізолюючих площадок; - при номінальній напрузі понад 42 В, але нижче 380 В змінного струму та понад 110 В, але нижче 440 В постійного струму - лише у приміщеннях з підвищеною небезпекою, особливо небезпечних, а також на зовнішніх устаткуваннях.

7. У приміщенні відділення ректифікації мусять застосовуватися ін-

					ПОХНВ.Р.00.00.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		69

струмент, який виключає іскроутворення.

8. У приміщенні відділення ректифікації треба передбачити: а) напірний бак з півгодинним запасом води на випадок припинення подавання її з водопровідної мережі; б) аварійне освітлення; в) телефонний зв'язок; г) пожежогасіння, паро гасіння та первинні протипожежні засоби.

9. Збірники і мірники спирту і спиртопродуктів повинні мати герметичні люки, що зачиняються та сполучаються з атмосферою за допомогою повіт ровиків, спорядженими дихальними клапанами і вогнепере-шкоджувачами. Рекомендується встановлювати перед вогнеперешкоджувачами спиртоуловлювач насадкового типу. Повіт ровики повинні виводитись за межі приміщення згідно з вимогами: місце викидів до атмосфери з систем вентиляції виробничих приміщень слід розміщувати за розрахунком або на відстані від приймальних пристроїв для зовнішнього повітря не менше 10 м по горизонталі або на 6 м по вертикалі при горизонтальній відстані менше 10 м. Крім того викиди з систем місцевих всмоктувачів шкідливих речовин слід розміщувати на висоті не менше 2 м над дахом більш високої частини будівлі, якщо відстань до його виступу менше 10 м. Місце викидів з системи аварійної вентиляції слід розміщувати на висоті не менше 3 м від землі до нижнього краю отвору.

10. У відділенні ректифікації мають бути індивідуальні засоби захисту: шланговий протигаз з виносним шлангом, переносний електросвітильник напругою не вище 12 В у вибухозахищеному виконанні або акумуляторний ліхтар УАС - ЗВ, запобіжний пояс з рятувальною вірьовкою, протигаз фільтруючий з коробкою А-2 комплекту, аптечка з необхідними медикаментами.

11. Чищення та ремонт ректифікаційних установок можуть дозволятися лише після їхньої зупинки, охолодження, промивання водою, відключення трубопроводів за допомогою заглушок, провітрювання приміщення та улашт2

12. Приміщення відділення ректифікації повинно бути обладнано системою автоматичного попередження накопичення вибухонебезпечних

					ПОХНВ.Р.00.00.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		70

концентрацій парів ЛЗР з ввімкненням звукової сигналізації та аварійної вентиляції.

Електробезпека досягається при дотриманні положень основних нормативних документів: ГОСТ 12.1.019-79 ССБТ "Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты", ДНАОП 0.00.-1.21-98 "Правила безопасної експлуатації електроустановок споживачів", ДНАОП 1.1.10-1.01-97 "Правила безопасної експлуатації електроустановок", ВСН 205-

84 " Инструкция по проектированию электроустановок систем автоматизации технологического оборудования" тощо.

Класифікація приміщень за небезпекою ураження людини струмом та умовами виробничого середовища. Виробничі приміщення за ступенем небезпеки ураження людини електричним струмом та залежно від стану виробничого середовища за "Правилами улаштування електроустановок" (ПУЕ) діляться на:

- Приміщення з підвищеною небезпекою;
- Особливо небезпечні приміщення;
- Приміщення без підвищеної небезпеки.

Ректифікаційне відділення відносять до категорії приміщень з підвищеною небезпекою.

Небезпека ураження електричним струмом існує всюди, де використовуються електроустановки, тому приміщення без підвищеної небезпеки не можна назвати безпечними.

Територія, де розміщені зовнішні електроустановки, відноситься до особливо небезпечних.

Щоб уникнути травматизму при експлуатації електричного обладнання, воно все заземляється. Для цього в усіх промислових приміщеннях прокладуть заземлення, до якого приєднують корпус електричного обладнання, розподіляючи пристроїв, пускову аварійну апаратуру, металева основа, на яких встановлено обладнання.

					ПОХНВ.Р.00.00.00.ПЗ	Арк.
						71
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Персонал, обслуговуючий дане обладнання забезпечене інструкціями безпеки. Для заземлення використовують різні заземлювачі: металічні стержні та кутову сталь. спеціальні дроти. Допустимий опір заземлювачів не більше 4,0 Ом.

Пожежна безпека

Присутні пари етилового спирту, які відносяться до їх - групи виробничих процесів за СНиП 2.09.04-87, величина граничнодопустимої концентрації парів етилового спирту в повітрі робочої зони становить - 1000 мг/м³ . Також брагоректифікаційне відділення відносять до А категорії приміщень і класу зони В-Іа по вибухо- та пожежонебезпеці.

Пожежо- та вибухонебезпека на підприємстві регламентується ГОСТ 12.1.004-85. ССБТ "Пожарная безопасность. Общие требования", ГОСТ 12.1.010-76. ССБТ. "Взрывобезопасность. Общие требования та ДНАОП 0.01-1.01-95. "Правила пожежної безпеки в Україні".

Пожежа та вибух може статися при утворенні іскри механічного походження, теплового проявлення електричного струму, розрядів статистичного електроструму.

Для запобігання виникнення небезпеки необхідно проводити інструктаж працюючих, пожежний нагляд.

Всі виробничі, складські і підсобні приміщення, зовнішні установки і будівлі забезпечені первинними засобами пожежогасіння і пожежним інвентарем, які завжди в робочому стані і на видному місці з безперешкодним доступом.

На підприємстві проектом передбачено водопровід протипожежного водопостачання. Витрати води на пожежогасіння приймаються в залежності від водостійкості.

Для виробництва категорії А, І і ІІ степеню вогнестійкості при будівничому об'ємі 200000 м³ витрата води складає: на зовнішнє пожежогасіння 5 л/с; на внутрішнє 15 л/с.

					ПОХНВ.Р.00.00.00.ПЗ	Арк.
						72
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Запас води на пожежогасіння визначається в залежності від СНП II-31-34 за формулою

$$Q=3 \cdot 3600(n_1 + n_2)/1000. \quad (5.1)$$

де n_1 - витрати води на зовнішнє пожежогасіння, л/с;

n_2 - витрати води на зовнішнє пожежогасіння, л/с;

3600 і 1000 - перевідні коефіцієнти годин у секунди та літрів у м³.

$$Q = 3 \cdot 3600 (5 + 15) / 1000 = 216 \text{ м}^3.$$

Об'єм резервуара 220 м³.

Розрахунок теплової ізоляції

Для зменшення тепловиділення та уникнення опіків обслуговуючого персоналу поверхню таких апаратів необхідно теплоізулювати.

Визначаємо коефіцієнт тепловіддачі від зовнішньої неізульованої поверхні апарату до повітря, згідно [5]

$$\alpha_2 = 9,74 + 0,07(t_{CT} - t_B) = 9,74 + 0,07(115 - 20) = 16,39 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}) \quad (5.2)$$

де: t_{cm} - температура стінки;

t_B - температура повітря.

При цьому втрати тепла неізульованою стінкою визначаємо за формулою

$$q_1 = (t_{BH} - t_C) / (1 / \alpha_2) = (115 - 20) / (1 / 16,39) = 1557,05 \text{ Вт}/\text{м}^2. \quad (5.3)$$

При $\eta = 85\%$ втрати ізульованим апаратом складуть

$$q_2 = (1 - \eta_{is}) \cdot q_1 = (1 - 0,85) \cdot 1557,05 = 233,56 \text{ Вт}/\text{м}^2. \quad (5.4)$$

					ПОХНВ.Р.00.00.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		73

Визначимо коефіцієнт теплопровідності $\lambda_{із}$ для совелітової ізоляції при середній температурі ізоляції

$$t_{із} = (t_{BH} + t_H) / 2 = (115 + 36) / 2 = 75,5^{\circ}C. \quad (5.5)$$

За формулою

$$\lambda_{із} = 0,09 + 0,000087 \cdot t = 0,09 + 0,000087 \cdot 75,5 = 0,096 \text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К}). \quad (5.6)$$

Визначаємо необхідна товщину ізоляції за формулою

$$\delta_{із} = \lambda_{із} \cdot (t_{BH} - t_H) / q_2 = 0,096 \cdot (115 - 36) / 179 = 0,034 \text{м} = 34 \text{мм}. \quad (5.7)$$

Перевіримо значення температури повітря t_H

$$t_H = q_2 / \alpha_2 + t_B = 233,56 / 16,39 + 20 = 35^{\circ}C \quad (5.8)$$

Що наближається до заданої температури $36^{\circ}C$.

Визначаємо коефіцієнт тепловіддачі від ізоляції до повітря в приміщенні при теплоізоляції апаратів

$$\alpha_2 = 9,74 + 0,07 \cdot (t_H - t_B) = 9,74 + 0,07(35 - 20) = 10,79 \text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К}). \quad (5.9)$$

В результаті виконаних робіт по теплоізоляції коефіцієнт тепловіддачі значно зменшився ,що зменшає тепловиділення в приміщення цеху.

					ПОХНВ.Р.00.00.00.ПЗ	Арк.
						74
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

В даному проекті розрахована и розроблена регенераційна колона для отримання безводного спирту продуктивністю 48,0 безводного спирт на добу.

Наведені технологічні розрахунки, матеріальний и тепловий баланс, визначені конструктивні розміри апарата, а також наведений вибір допоміжного обладнання, обґрунтований вибір конструктивних матеріалів.

Проведені розрахунки на міцність, жорсткість и герметичність, які підтверджують доцільність прийнятих технічних и конструктивних рішень.

Матеріал, з якого виготовлений апарат, - корозійностійкий, що дозволяє зменшити витрати при експлуатації.

					ПОХНВ.Р.00.00.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		75

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Шиян П.Л., Сосницький В.В., Олійнічук С.Т. Інноваційні технології спиртової промисловості. Теорія і практика: Монографія. – К.: Видавничий дім «Асканія», 2009. – 424 с.
2. Технологія спирту /В.О. Маринченко, В.А. Домарецький, П.Л. Шиян, В.М.Швець, П.С. Циганков, І.Д. Жолнер// Під ред. проф. В.О. Маринчека. – Вінниця: Поділля-2000, 2003. – 496 с.
3. Цыганков П.С. Ректификационные установки спиртовой промышленности, – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984. – 336с.
4. Марценюк О.О.,Мельник Л.М.Процеси і апарати харчових виробництв.-К.,НУХТ,2011.- 407 с.
5. Малезик І.Ф. Процеси і апарати харчових виробництв.Курсове проктування-К.,НУХТ,2012.- 543 с.
6. Лацинский А.А., Толчинский А.Р. Основы конструирования и расчета химической аппаратуры. – Л., «Машиностроение», 1970.- 752 с.
7. Соколов В.А. Основы автоматизация технологических процессов пищевых производств. - М.: Легкая ипищевая промышленность, 1983. - 397
8. Основи охорони праці / М. П. Купчик, М. П. Гандзюк, І. Ф. Степанець та ін.// К.: Основа, 2000. – 416 с.
9. Фарамазов В.Н. Ремонт и монтаж химического и нефтеперерабатывающего оборудования: -М.: Химия, 1985.-246с.
10. Циганков П.С. Монтаж і експлуатація брагоректифікаційних установок.- Київ: Техніка,1970.-

					ПОХНВ.Р.00.00.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		76