

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ ТА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Кафедра "Процеси та обладнання хімічних
і нафтопереробних виробництв"

ЗАТВЕРДЖУЮ
Зав. кафедри

підпис, дата

Кваліфікаційна робота бакалавра
зі спеціальності 133 "Галузеве машинобудування"
освітня програма "Комп'ютерний інжиніринг
обладнання хімічних виробництв"

Тема роботи: Брагоректифікаційна установка у виробництві етилового спирту. Розробити бражну колону з направляючими контактними пристроями ситчастих тарілок.

Виконав:
студент групи ХМдн-64-чк
Ніколаєв Станіслав Сергійович

Підпис

Залікова книжка
№ _____

Кваліфікаційна робота бакалавра
захищена на засіданні ЕК

Керівник:
ст.викладач

з оцінкою _____

Корнієнко Віктор Миколайович

" ____ " _____ 20 ____ р.

підпис, дата

Підпис голови
(заступника голови) комісії

СУМИ 2020

СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ ТА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
Кафедра процесів та обладнання хімічних і нафтопереробних виробництв

Спеціальність 133 "Галузеве машинобудування"
Освітня програма "Комп'ютерний інжиніринг обладнання хімічних
виробництв"

Курс 3 Група ХМдн-64-чк Семестр

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА

Студент Ніколаєв Станіслав Сергійович

1 Тема проекту: Брагоректифікаційна установка у виробництві етилового спирту. Розробити бражну колону з направляючими контактними приспоями ситчастих тарілок.

2 Вихідні дані: Розробити бражну колону з направляючими контактними приспоями ситчастих тарілок. Продуктивність 4500 дал /добу. Вміст ЛЛК (% мас.): у початковій суміші –11; на верхній тарілці–49,46.

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

- | | |
|--|------------|
| 1. <u>Технологічна схема ректифікаційної установки</u> | – 1, 0арк. |
| 2. <u>Складальне креслення апарату</u> | – 1,0 арк. |
| 3. <u>Складальні креслення вузлів</u> | – 1,0 арк. |

4 Рекомендована література: 1. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи бакалавра / укладачі: Р. О. Острога, М. С. Скиданенко, Я. Е. Михайловський, А. В. Іванія. – Суми : СумДУ, 2019. – 32 с.; 2.Малежик І.Ф. Процеи і апарати харчових виробництв. Курсове проектування/ І.Ф.Малежик. –К. :НУХТ,2012. –544с.

5 Етапи виконання кваліфікаційної роботи:

Етапи та розділи проектування	ТИЖНІ				
	1	2,3	4,5	6,7	8
1 Вступна частина	x				
2 Технологічна частина		xx			
3 Проектно-конструкторська частина			xx		
4 Розробка креслень				xx	
5 Оформлення записки					x
6 Захист роботи					x

6 Дата видачі завдання

жовтень 2019 р.

Керівник

ст. викл. Корнієнко В.М.

підпис

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 конструкційних матеріалів.....	14
2 Технологічні розрахунки процесу і апарата	
2.1 Матеріальний та тепловий баланси.....	19
2.2 Технологічні розрахунки.....	26
2.3 Конструктивні розрахунки апарата.....	29
2.4 Гідравлічний опір апарата.....	35
2.5 Вибір допоміжного обладнання.....	37
3 Розрахунки апарата на міцність та герметичність	
3.1 Розрахунок товщини стінки апарата, кришки.....	42
3.2 Розрахунок фланцевого з'єднання.....	45
3.3. Розрахунок опори апарата.....	57
4 Монтаж та ремонт апарата	
4.1 Монтаж розробленого апарата.....	60
4.2 Ремонт апарата.....	65
5 Охорона праці.....	69
Висновки.....	77
Список літератури.....	78
Додаток - Специфікації	

					ПОХНВ.Р.00.00.00 ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата	Ректифікаційна установка у виробництві етилового спирту. Розробити дражну колону.		
Розроб.		Ніколаєв					
Перевір.		Корнієнко					
Н. контр.		Корнієнко					
Затв.		Складінський					
					Літ.	Арк.	Аркушів
						3	78
					СумДУ, гр. ХМдн-64чк		

ВСТУП

При входженні України в СОТ, та у зв'язку з будівництвом в країнах СНД великої кількості спиртових підприємств, вітчизняна спиртова галузь опинилася в умовах жорсткої конкуренції як на внутрішньому, так і на зовнішньому ринках, що поставило під загрозу існування більшості спиртових заводів в Україні.[1]

На виконання поставлених завдань без залучення бюджетного фінансування було розроблено інноваційні енергоощадні технології, використання високоефективних спіральних теплообмінників, пластинчатих та повітряних дефлегматорів, підвищення концентрації сухих речовин зернового сусла до 26...29 % та концентрації спирту в бражці до 13...15 од., повернення частки фільтрату барди на приготування замісу, застосування нових, селекційних рис спиртових дріжджів, рекуперативне використання вторинних теплових потоків у браго ректифікаційних установках із ступеневим перепадом тиску в колових та вакуумних браго ректифікаційних установках (БРУ). Розроблені теоретичні основи використання теплових насосів в системі БРУ.

Пройдені роботи по освоєнню та виробництву нових видів вітчизняного обладнання, БРУ. Високі конструктивні та експлуатаційні характеристики БРУ стали основою для серійного їх виробництва та впровадження, що дало змогу відновити й модернізувати технічну базу 33 спиртових заводів України. Україна стала експортером обладнання для спиртових заводів, поставляючи його до країн СНД. Організація випуску вітчизняного обладнання сприяла прискоренню відновлення технічної бази спиртових заводів, створенню нових робочих місць.

Україна, як індустріальна держава потребує великої кількості технічного етилового спирту. Зараз у країні технічний спирт поки використовується як первинна сировина майже у 160 виробництвах.

Враховуючи те, що потужність спиртових заводів України завантажена лише на третину, одним з головних завдань спиртової галузі є розширення асортименту продукції у відповідності до потреб ринку.

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

Ключовою проблемою при впровадженні великотоннажного виробництва в Україні є утилізація після спиртової барди, кількість якої складає 12...13 л на 1 л біоетанолу. Технологія комплексної переробки після спиртової зернової барди з виробництвом біогазу, та збагачених білком кормів для худоби. [1]

Налагодження виробництва біоетанолу-сирцю та біоетанолу дозволить збільшити завантаженість спиртових заводів і покращення їх конкурентоспроможності, що підвищить енергонезалежність України.

Спиртне виробництво відноситься до масового типу, для якого характерні поточні форми організації технологічного процесу і високий рівень спеціалізації.

Для спиртного виробництва характерні наявність спеціалізованого високоефективного устаткування, комплексна механізація і автоматизація виробничого процесу, коротка тривалість технічного циклу. [1]

В даній кваліфікаційній роботі бакалавра передбачено проектування браго ректифікаційної установки з розробкою бражної колони.

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

1 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

1.1 Опис технологічної схеми виробництва [2]

Для одержання ректифікаційного спирту- сирцю використовується типова брагоперегонна установка безперервної дії.

Зріла бражка багатокомпонентної системи, що складається з води (82-90% мас.), сухих речовин (4-10 % мас.) та етилового спирту із супровідними домішками (5-9% мас.) або (9-11% про.). У бражці завжди втримується невелика кількість диоксида вуглецю. Його зміст у бражці відібраного із бродильного апарата, становить 1-1,5 г/дм³. При подачі бражці до ректифікаційного відділення 35-45% диоксиду вуглецю губиться. Кислотність бражки рН 4,5-5,2. Зміст бражки значно міняється залежно від виду вхідної сировини й технологічних режимів її готування.

Сухі речовини бражки, представлені як зважені частки (дріжджі, дробина), що так і розчиняються у водно-спиртової суміш органічними і неорганічними речовинами (декстрини, несброжені цукру, білки, кислоти, мінеральні речовини та інші).

Зріла бражка відцентровим насосом(поз.1) подається в бражну секцію підігрівника бражки (поз.2), у якому підігрівається до температури 85°C конденсованих теплом водно-спиртових пар.

Підігрівник бражки (поз.2) розташовується горизонтально на поверсі вище бражної колони й полягає із двох секцій - бражної й водяної. Бражна секція призначена для підігрівника бражки водно-спиртовими парами, які піднімаються із бражної колони, а водяна секція для конденсації її водою. Секції підігрівника бражки за конструкцією відносяться до кожухо трубних теплообмінників.

Підігріта бражка з підігрівника бражки (поз.2) направляється в сепаратор бражки (поз.6) для видалення з неї вуглецевого газу, містить водно-спиртові пари.

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

Сепаратор бражки (поз.6) - це ємність, у яку підводить тангенціально, при цьому проходить виділення вуглецевого газу із бражного потоку. Вуглекислий газ через верхній патрубок сепаратора (поз.6) ,що вділяється,подається в конденсатор (поз.7), у якому конденсується водно-спиртові пари. З конденсовані пари виглядають як водно-спиртовий конденсат, потім надходять в епюраційну колону(поз.10).

Отсепарована бражка з нижнього патрубка сепаратора бражки (поз.6) надходить на 25 живильну тарілку бражної колони (поз.1).

Бражна колона (поз.3) призначена для відділення спирту й домішок за принципом перегонки. Вона має дві частини: нижню - бардяну (виснажну), де насичується пара, виварюється спирт із барди при температурі 105°с та тиском 0,18 Мпа, і верхню - спиртову (концентраційна), де насичується пара водно-спиртовими парами при температурі на верхній тарілці 94°С. Колона виготовляється з листової міді й складається з царг. У середині кожної царги встановлені ситчасті тарілки з великою кількістю отворів діаметром 4 мм і проміжком між центрами цих отворів 10 мм, розташованих у шаховому порядку.

Бражка в бражній (поз.3) колоні проходить назустріч гріючій парі на всіх тарілках вона звільняється від спирту, і через гідрозатвор колони у вигляді барди подається в збірник барди, звідки потім відкачується на випарну станцію й на збірники упареної барди.

Вільний від спирт залишок - барда, містить усі сухі речовини бражки, що й залишилося частина води. Зміст сухих речовин барди містить 3 - 8 %.

Бражна колона (поз.3) підігривається, як прямою введенням, так і за рахунок кип'ятельника - випарника (поз.4).

Кип'ятельник - випарник (поз.4) - це кожухо трубний теплообмінник вертикального типу , гріюча пара підводиться у між трубний простір кип'ятельника - випарника, а конденсат відводиться в збірник і подається для живлення парових котлів.

У нижню частину кип'ятельника - випарника (поз.4) подається барда. У трубках кип'ятельника проходить кипіння барди при температурі 110°С і

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

отриманий у них пара приділяється у випарну камеру бражної колони (поз.3).Водно-спиртові пари із бражної колони (поз.3) через паросепаратор (поз.5), де вловлюється частина бражки і виділяються пари спирту - сирцю, направляється в підігрівник бражки (поз.2).

Пари несконденсовані в секціях підігрівника бражки (поз.2) конденсуються в конденсаторі БК (поз.6) Сконденсовані пари в конденсаторі БК (поз.6) і спиртоловущі БК (поз.7) направляються на епюрацію.

Конденсатори й спиртоловушка брагоперегоної установки - це кожухотрубні теплообмінники вертикального типу, які встановлені на верхньому поверсі перегінного відділення , і примарний для конденсації й охолодження водно-спиртових пар. У них верхня частина поверхні трубок працює на концентрацію спирових пар, а нижня - на охолодження здобутого конденсату.

Для оптимального проведення процесу конденсації в цих апаратах, а також у водної секції підігрівника бражки (поз.2) підтримують температуру вихідної гарячої води в проміжках 25- 28 °С.

Отриманий водно-спиртовий конденсат у процесі перегонки в браго перегонній установці називається спиртом- сирцем і направляється в епюраційну колону (поз.13).

В епюраційній колоні (поз.13) проводиться виділення легко летючих компонентів , до яких відносяться складові ефіро-альдегідної фракції(ЕАФ).

Пари ЕАФ направляють в дефлегматор ЕАФ(поз.11),отримана флегма повертається на верхню тарілку епюраційної колони(поз.11) , а несконденсовані пари направляються в конденсатор епюраційної колони ,з якого частина конденсату повертається в епюраційну колону ,а решта відводиться з неї,як один з продуктів апаратного віділення - ефіро-альдегідної фракції(ЕАФ).

За органолептичними показниками спирт- сирець відповідно до ДержСтандарту131-67 повинен відповідати наступним таким вимогам: [1]

Зовнішній вигляд: прозора, безбарвна рідина без сторонніх домішок;

Смак і запах: характерної для спирту виготовляється з мелясної бражки, без смаку й запаху сторонніх речовин.

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

А також відповідати наступним фізико - хімічним показникам:

1. Концентрація етилового спирту, про. % не менш, чим	88
2. Проба на чистоту із сірчаної кислоти	не проводиться
3. Проба на окиснення у хвилини при 20 °С, не менш	не проводиться
4. Концентрація альдегідів, у перерахуванні на оцтову кислоту, на 1 дм безводного спирту, мг не більше	300
5. Концентрація сивушного масла в перерахуванні на суміш Ізоамілового й изобутилового спирту (3:1), в 1 дм безводного спирту, мг, не більше	5000
6. Концентрація ефірів, у перерахуванні на оцтово- етиловий, В 1 дм безводного спирту, мг, не більше	500
7. Концентрація метилового спирту, не більше	0,13

1.2 Теоретичні основи процесу

Перегонкою називають процес розділення суміші, яка складається з двох або більшої кількості летких компонентів. Розділення перегонкою 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.

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

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

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.

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.

При традиційному веденні процесу браго ректифікації, 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. В масобмінних колонах спиртової промисловості використовуються ковпачкові і ситчасті тарілки, які задовільно працюють при порівняно низьких швидкостях пари.

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

Інтенсифікація процесу браго ректифікації зв'язана зі збільшенням паро рідинних навантажень, що приводить до підвищення продуктивності, зменшення габаритів, металоємкості, скороченню виробничих площ і, відповідно, зниженню затрат на виготовлення одиниці готової продукції. Одним з новітніх напрямків, які визначаються в розробці контактних пристроїв для хімічної, нафтохімічної та інших галузей промисловості, являється використання направленою горизонтального потоку обох фаз в зоні контакту.

Особливістю гідродинаміки контактних пристроїв для прямого горизонтального потоку фаз є те, що горизонтальна складова швидкості пари направлена в напрямку руху рідини і сприяє підвищенню її руху в напрямку злива. При цьому виникає можливість значного підвищення пропускної здатності колони по рідині і пару.

Інтенсивна турбулізація паро-рідинної системи, яка досягається в умовах прямого, викликає збільшення і оновлення міжфазної поверхні. Прямотік дозволяє реалізувати переваги режиму ідеального витиснення В результаті покращуються дифузійні характеристики контактних пристроїв і значно підвищуються коефіцієнти масопередачі.

З групи струйних одно направлених контактних пристроїв, характерної конструкції, являються пластинчаті тарілки / рис. 2.2 /. Вони збираються з похилих пластин, які розміщені під кутом 4...11. Вільний переріз тарілки може складати від 10 до 40 .%. Зливний поріг відсутній.

Таким чином, в спиртовій промисловості найбільше розповсюдження мають барботажні однонаправлені тарілки.

Дослідження горизонтальних однонаправлених контактних пристроїв показали їх окремі переваги. Це більш ширший діапазон і високі границі роботи, створення умов рівномірного розподілення течії потоків по тарілках, низькі гідравлічні опори, порівняна простота конструкції, мала металоємність тарілок, технологічність їх виготовлення. Розширення виробництва може бути здійснене не тільки за рахунок встановлення нового обладнання, а й з економічних міркувань шляхом модернізації існуючого обладнання. Тому важливим є розробка

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

способів модернізації типових тарілок бражних колон спиртозаводів, які дозволяють перевести режим руху двохфазної системи бражка-пар барботажного на прямоточний. Здійснення цього можливо, встановивши додаткові конструктивні елементи. В результаті установки цих елементів, повинні проявитися всі переваги прямоточного однонаправленого руху фаз. Одним з варіантів, дозволяючих забезпечити горизонтальний прямоточний рух парової і рідкої фаз на типових сітчастих переточних тарілках, може бути установка на них додаткових конструктивних елементів.

Особливістю типових сітчастих тарілок являється те, що отвори розташовані рядами, паралельними перелівній і зливній планкам.

Це полегшило установку на тарілці додаткових конструктивних елементів для досягнення прямоточного руху.

В якості конструктивних елементів, забезпечуючих досягнення прямоходу, застосовані похилі пластини. Основні типи похилих пластин представлені на / рис. 2.3 /.

Направляючі дії цих пластин заключається в слідуючому. Пара, яка виходить з отворів тарілки у вертикальному напрямку, вдаряється в похилу планку / рис. 2.3. г-2 / і змінює свій напрямок.

Похилі пластини виставляються так, щоб пара отримувала напрямок в сторону зливу. В такому випадку кінетична енергія пари у визначній мірі використовується на прискорення руху рідини від переливної планки до зливної.

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

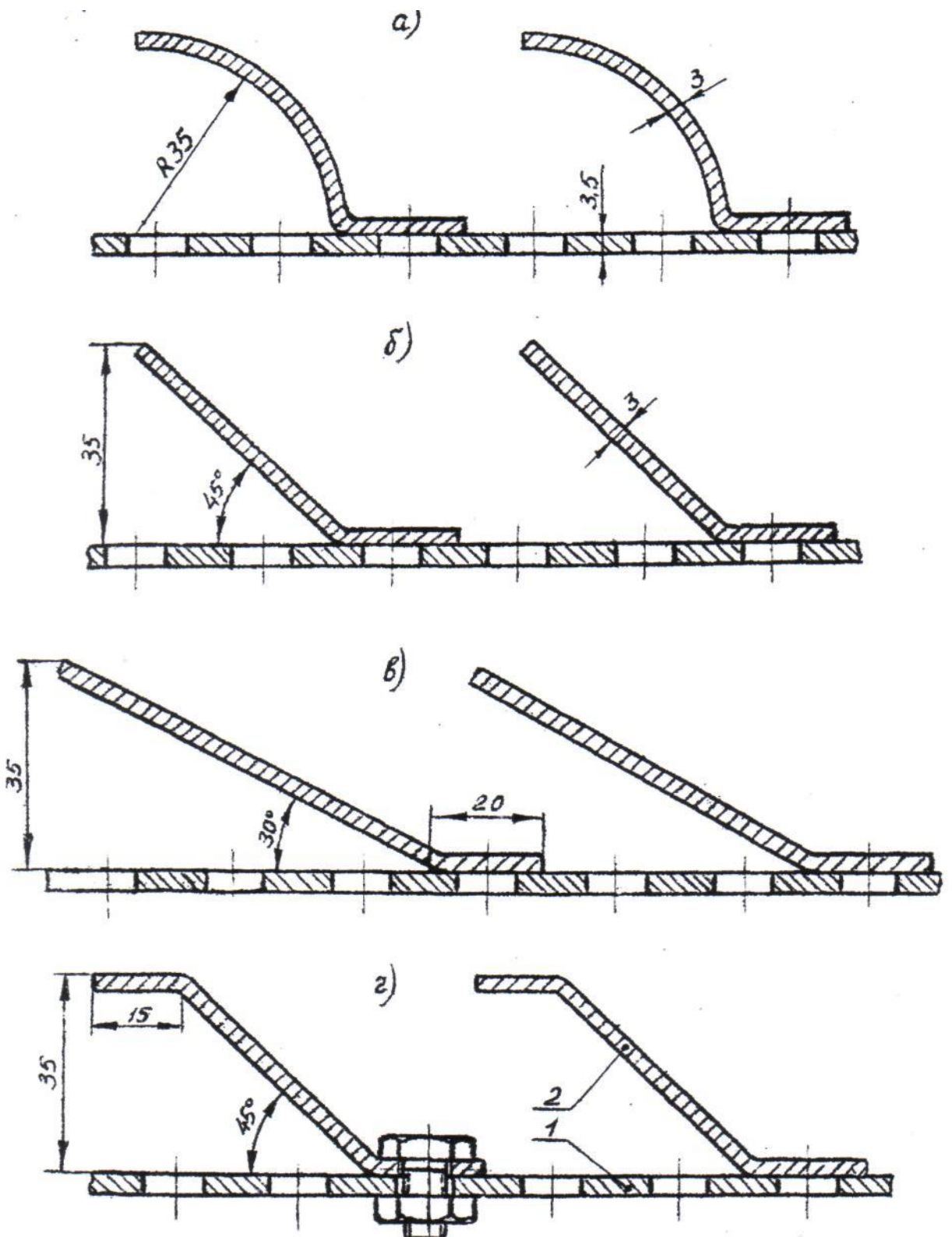


Рисунок 1.1 Направляючі пластинки:

а – радіальні пластини $R = 35$;

б – похилі пластини під кутом нахилу 45° ;

в – похилі пластини під кутом нахилу 30° ;

г – похилі пластини з направляючою під кутом нахилу 45° .

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ПОХНВ.Р.00.00.00.ПЗ

Арк.

13

1.3 Опис об'єкта розробки та вибір основних конструкційних матеріалів [3]

Колонні апарати в залежності від способу контакту фаз розділяють на тарілчасті, насадкові та плівкові. Найбільш розповсюджені на харчових підприємствах ректифікаційні тарілчасті колонні апарати.

Тарілчастий 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. В середині 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. Бражні колони браго ректифікаційної установки і виснажна частина колони браго перегонної установки оснащені одно ковпачковими тарілками.

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

Вони придатні для перегонки бражки і інших рідин що містять суспендовані тверді частинки.

Бражна колона призначена для того, щоб виділити із бражки спирт. Разом із спиртом виділяють і легкі домішки.

Вміст етилового спирту в бражці залежить від виду вихідної сировини і способу її переробки. Зазвичай він коливається в межах 6-11%мас. В зрілій бражці завжди розчинена деяка кількість діоксиду вуглецю. Мелясні бражки майже містять твердої фази, але в них більша кількість поверхньо активних речовин, вони легко перенасичуються діоксином вуглецю і сильно міняється.

Бражна колона БРУ непрямої дії являє собою типову відгонну ректифікаційну колону. Бражка подається на верхню тарілку при температурі 60-90 С. Попередньо підігріта бражка пропускається через сепаратор діоксиду вуглецю і звільняється від звичайної частки CO₂.

В установках прямої і деяких видах непрямої дії бражка перед надходженням в бражну колону піддається епюрації, в результаті чого вона звільняється від головних домішок і залишку діоксиду вуглецю.

В серцевих, одноколонних установках бражна колона являється відгонною частиною повної ректифікації колони. Із нижньої частини колони відводиться барда, в достатній мірі звільнена від спирту (легко летючого компоненту), із верхньої частини - пара, збагачена етиловим спиртом і летючими домішками.

Контактними пристроями, на яких проходять масообмінні процеси є ситчаті тарілки.

Ситчаті тарілки працюють при помірних швидкостях пари й незначному бризковиносі, мають високу ефективність (КПД: 0,3- 0,5) у широкому діапазоні навантажень.

Цей тип тарілок рекомендується використовувати в бражних колонах при перегонці мелясної і бражці із дробленим зерно- картопляною сировиною.

Апарат працює в такий спосіб. Зріла бражка подається насосом у труби дефлегматора, де підігрівається до температури 85°C теплом водно-спиртових пар, які частково конденсуються в між трубному просторі дефлегматора. Підігріта

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

бражка проходить через оглядовий ліхтар і надходить на верхню тарілку бражної частини колони, куди також надходить і флегма з розташованої вище спиртової частини колони. Бражка, що стікає по тарілках, підігрівається пором до кипіння й з неї виділяються етиловий спирт і летучі домішки. Сягаюча виварної камери барда, що містить сліди спирту (до 0,015 %), через бардяний регулятор видаляється з апарата.

Водно-спиртові пари конденсуються близько 50 % із бражної колони надходять у спиртову частину колони, на тарілках яких перебувати флегма, що стікає з дефлегматора. У результаті масообміну пара, що піднімається по колоні, збагачується етиловим спиртом, а рідина, що стікає по тарілках, збіднюватися ним.

З верхньої частини колони спиртові пари, що надходять у дефлегматор, де більша частина пар конденсується й у вигляді флегми вертається на верхню тарілку колони.

Пари, що пройшли дефлегматор, надходять у конденсатор, де конденсуються, і разом з конденсатом з дефлегматора надходить на тарілку живлення епюраційної колони.

Апарат працює в такий спосіб. Зріла бражка подається насосом у труби дефлегматора, де підігрівається до температури 85°C теплом водно-спиртових пар, які частково конденсуються в між трубному просторі дефлегматора.

Підігріта бражка проходить через оглядовий ліхтар і надходить на верхню тарілку бражної частини колони, куди також надходить і флегма з розташованої вище спиртової частини колони. Бражка, що стікає по тарілках, підігрівається пором до кипіння й з неї виділяються етиловий спирт і летучі домішки. Сягаючи виварної камери барда, що містить сліди спирту (до 0,015 %), через бардяний регулятор віддаляється з апарата.

Водно-спиртові пари конденсуються близько 50 % мас. із бражної колони надходять у спиртову частину колони, на тарілках яких перебувати флегма, що стікає з дефлегматора. У результаті масообміну пара, що піднімається по колоні, збагачуючись етиловим спиртом, а рідина, що стікає по тарілках, збіднюються на

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

нього. З верхньої частини колони спиртові пари, що надходять у дефлегматор, де більша частина їх конденсується і у вигляді флегми вертається на верхню тарілку колони.

Пари, що пройшли дефлегматор, надходять у конденсатор, де конденсуються, і разом з конденсатом з дефлегматора надходить на тарілку живлення епюраційної колони.

Вибір конструкційних матеріалів [3]

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 додають 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.

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.

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

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 пароніт.

					ПОХНВ.Р.00.00.00.ПЗ	Арк.
						18
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

2 ТЕХНОЛОГІЧНІ РОЗРАХУНКИ ПРОЦЕСУ І АПАРАТА

2.1 Матеріальний та тепловий баланси [5]

Вихідні дані:

$X_{бр} = 11\%$ мас - концентрація спирту в бражці в % мас;

$t_{кип} = 90,8^\circ \text{C}$ – температура кипіння бражки $^\circ\text{C}$;

$t = 75^\circ \text{C}$ – температура бражки, що поступає в колону $^\circ\text{C}$;

$B = 21,5$ – вміст сухих речовин, % мас;

$P_1 = 0,015$ – втрати спирту при перегонці в % мас;

Теплоємність бражки визначаємо по формулі Г.М.Знаменського[3]:

$$C_{бр} = (1,019 - 0,0095) \cdot B; \quad (2.1)$$

де $B = 21,5\%$ -вміст сухих речовин у бражці;

$$C_{бр} = (1,019 - 0,0095) \times 21,5 = 0,81475 \text{ ккал/кг} \cdot ^\circ\text{C} = 0.1944 \text{ кДж/кг};$$

Теплоту підігріву на кожні 100 кг бражки визначаємо з рівняння:

$$Q = (t_{кип} - t) \times C_{бр} \times 100; \quad (2.2)$$

$$Q = 100 \times 0,1944 \times (90,8 - 75) = 307,23 \text{ кДж};$$

Фактичну концентрацію спирту на тарілці живлення находимо із графіка [3]:

$$X_{жив} = 12,5 \% \text{ мас} = 5,25 \% \text{ мол}$$

Рівновісну концентрація спирту в парі ($Y_{жив}$) над тарілкою живлення визначимо із таблиці:

					ПОХНВ.Р.00.00.00.ПЗ	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$Y = 49,16$ мас чи $27,93$ мол.

Теоретичну кількість спирто-водної пари, що виходить із бражної колони на 100 кг бражки, визначаємо із рівняння балансу спирту:

$$\frac{\omega}{100} = X_{\sigma} \frac{100}{100} \times \frac{100 - p_1}{100} \times 100 \quad (2.3)$$

де ω - кількість спирто-водної пари на 100 кг бражки, в кг;

Звідси маємо:

$$\omega = \frac{\frac{X_{\sigma} \times 100}{100} \times \frac{100 - p_1}{100} \times 100}{Y}$$

$$\omega = \frac{0,1 \times (100 - 0,0,15)}{56,6} = 19,4 \text{ кг}$$

Приймаємо, що колона працює з коефіцієнтом надлишку пари рівним 1,1, тоді дійсна кількість спирто-водних парів буде складати:

$$\omega = 19,4 \times 1,1 = 21,34 \text{ кг.}$$

Дійсна концентрація спирту в парах складатиме:

$$\omega = \frac{11 \times (100 - 0,0,15)}{21,34} = 51,443 \%$$

Таблиця 2.1. Матеріальний баланс колонни на 100 кг бражки

Найменування	кг	Найменування	кг
Прихід		Витрати	
Бражка	100	Пари спирто-водні	21,34
Гріюча пара	P	Барда	Б

					ПОХНВ.Р.00.00.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

Рівняння матеріального балансу:

$$100 + P = 21,34 + B \quad (2.4)$$

звідки: $B = 78,66 + P$

Таблиця 2.2 Тепловий баланс бражної колони:

Найменування продукту	Тепло- ємність, ккал/кг°C	Темпе- ратура °C	Тепло- вміст, ккал/кг	Розрахункова формула	Результат
Прихід					
Тепло, що приходить з бражкою	0,95	75		$100 \times C_{бр} \times t$	7125
Тепло, що приноситься з гріючою парою		106,5	64,12	$P \times 641,2$	$641,2 \times P$
Витрати					
Тепло, що приходить із спиртно-водними парами			469,7	$\omega \times i =$ $21,34 \times 469,7$	10023,4
Тепло, що виходить із бардою	0,97	102		$B \times C_{бр} \times t$	$7782,6 +$ $98,94 \times P$

Тепловтрати приймаємо 200 ккал = 47,73 кдж на 100 кг бражки. Рівняння теплового балансу буде мати вигляд:

$$7125 + 641,2 \cdot P = 10023,4 + 1182,6 + 98,94 \cdot P + 200 \quad (2.5)$$

$$542,26 \times P = 10831$$

$$P = 20,06 \text{ кг}$$

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

Підставляючи значення P в рівняння матеріального балансу, знайдемо кількість барди:

$$B = 78,66 + P = 78,66 + 20,06 = 98,72 \text{ кг}$$

Визначаємо витрати гріючої пари на 1 дал безводного спирту, і вони складатимуть:

$$B_{\text{окл}} = \frac{P}{\frac{x}{100} \times (100 - 0,6)} = 26 \text{ кг / дал} \quad (2.6)$$

де $p_2 = 0,6$ – втрати спирту при перегонці, %;

$X_{\text{бр}} = 11$ - концентрація спирту в бражки, % мас;

$$B_{\text{окл}} = \frac{20,06}{\frac{11}{100} \times (100 - 0,6)} = 26 \text{ кг / дал}$$

Визначаємо вихід барди на 1 дал безводного спирту:

$$P_{\text{окл}} = \frac{B \times 10 \times p}{11 \times \frac{100 - 0,6}{100}} = 71,33 \text{ кг}; \quad (2.7)$$

де $p = 0,79$ - густина (продукту) безводного спирту в кг/л;

$B = 98,72$ - кількість барди на 100 кг бражки;

$$P_{\text{окл}} = \frac{98,72 \times 10 \times 0,79}{11 \times \frac{100 - 0,6}{100}} = 71,33$$

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

Витрати гріючої пари, бражки, спирто-водних парів і вихід барди на 100 кг бражки, на 1 дал безводного спирту, на добову і годинну продуктивність обраховуємо: На 1 дал безводного спирту визначаємо з рівняння:

$$P_{кг} = \frac{P}{\frac{11}{100} \times (100 - 0,015)} \quad (2.8)$$

де $p_1 = 0,015$ - втрати спирту при бродінні, %;

$P_{на} = 100$ кг - витрати продукту на 100 кг

Бражки:

$$P_{кг} = \frac{100,0}{\frac{11}{100} \times (100 - 0,015)} = 9,145 \text{ кг} / \text{дал}$$

Барди:

$$P_{кг} = \frac{97,72}{\frac{11}{100} \times (100 - 0,015)} = 9,029 \text{ кг} / \text{дал}$$

Спирто-водних парів:

$$P_{кг} = \frac{15,8}{\frac{11}{100} \times (100 - 0,015)} = 1,445 \text{ кг} / \text{дал}$$

Для гріючою пари на 1 дал безводного спирту:

$$P_{дал} = 1,8346 \cdot 10 \cdot 0,79 = 26 \text{ кг} / \text{дал.}$$

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

Для бражки:

$$P_{\text{дал}} = 9,1458 \cdot 10 \cdot 0,79 = 72,25 \text{ кг/дал};$$

Для барди:

$$P_{\text{дал}} = 9,029 \cdot 10 \cdot 0,79 = 71,3295 \text{ кг/дал};$$

Для спирто-водних парів:

$$P_{\text{дал}} = 1,445 \times 10 \times 0,79 = 11,45 \text{ кг/дал};$$

При отриманні безводного спирту за годину :

$$\frac{4500}{24} = 187,5 \text{ дал/год}$$

Витрати:

Бражки за годину:

$$P_{\text{год}} = 9,1458 \times 187,5 = 13546,8 \text{ кг}$$

Барди за годину:

$$P_{\text{год}} = 9,029 \times 187,5 = 13374,3 \text{ кг}$$

Спирто-водних парів:

$$P_{\text{год}} = 1,445 \times 187,5 = 2146,8 \text{ кг}$$

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

Для гріючої пари за добу:

$$P_{\text{доб}} = 26 \times 24 = 625 \text{ кг}$$

Для бражки за добу:

$$P_{\text{доб}} = 13946,8 \times 24 = 267670 \text{ кг}$$

Для барди за добу:

$$P_{\text{доб}} = 13374,3 \times 24 = 25737 \text{ кг}$$

Для спирто-водної пари за добу:

$$P_{\text{дов}} = 2146,8 \times 24 = 4674 \text{ кг}$$

Отримані дані витрат гріючої пари, бражки, спирто-водних парів, витрат барди 100 кг бражки, 1 дал безводного спирту, на годинну та добову продуктивність заносимо до таблиці 2.3 :

Табл. 2.3. Витрати гріючої та водно-спиртової пари, бражки і барди

Найменування продукту	На 100 кг бражки	На I дал безводного	На 1кг безводного	За годину	За добу
Гріюча пара в кг	20,06	26	1,8	260	6250
Бражка	100	72,25	9,1458	13546,8	267670
Барда	98,72	71,33	9,029	13374,3	25737
Спирто-водна пара	15,8	11,45	1,445	2146,8	4674

2.2 Технологічні розрахунки [3]

Рівняння робочої лінії бражної колони при обігріві відкритим паром має вигляд:

$$Y = \frac{\alpha}{G} \times (X - X_0) \quad (2.9)$$

де: Y і X - відповідно концентрація спирту в парах і рідині вбудь-якому перерізі колони в % мол;

L і G - відповідно кількість кіломолив в рідинному і паровому потоках. Величина парового потоку, що піднімається по колоні (на 100 кг бражки), дорівнює:

$$G = \frac{P \times i_1}{i_2 \times M_B} = \frac{20,06}{18} = 1,114 \text{ кмоль} \quad (2.10)$$

де M_B - молекулярна маса води.

Приймаємо $i_1 \approx i_2$

Зменшенням парового потоку за рахунок тепловтрат в навколишнє середовище нехтуємо.

Рідинний потік складається із потоку бражки (L') і потоку конденсату гріючої пари, що йде на нагрів колони (L'')-

Кількість кіломолив пари, що йде на нагрів 100 кг бражки, визначаємо з формули:

$$\alpha'' = \frac{Q}{(i_2 - i)M_e} \quad (2.11)$$

де: Q - теплота недогріву бражки в ккал;

i_2 - тепловміст гріючої пари при робочому тиску в колоні, в ккал/кг;

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

$$\alpha'' = \frac{1287}{(641-90.8) \times 18} = 0,13$$

Кількість кіломолей в 100 кг бражки визначаємо по формулі:

$$\alpha = \frac{X_{\bar{e}}}{M_c} + \frac{100 - X_{\bar{e}}}{M_e} \quad (2.12)$$

де: M_c і M_e - відповідно молекулярна маса етилового спирту і води.

$$L' = \frac{11}{46} + \frac{100-11}{18} = 0.239 + 4,944 = 5,1831 \text{ кмоль}$$

Загальна кількість молей в рідинному потоці буде складати:

$$L=L'+L''= 5,31 \text{ Кмол.} \quad (2.13)$$

Підставляючи значення G і L в рівняння, отримаємо:

$$Y = \frac{5,31}{1,114} \times (X \times 0.015) \quad (2.14)$$

де 0,015 - вміст спирту в барді.

Знаходимо дві точки і через них проводимо робочу лінію:

перша точка при $Y = 0$; $X = X_0 = 0,015$ %мол.,

друга точка при

$X - X_{\text{жив}} = 5,29$ %мол.

$$Y = \frac{5.31}{1,114} \times (5.29 \times 0.015) = 25,2\%$$

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

За отриманими двома точками будемо робочу лінію. [3]

В зв'язку з труднощами графічного визначення числа тарілок на ділянці зміни концентрації від 0,015 до 0,2 %мол, використаємо аналітичний метод розрахунку.

Число теоретичних тарілок визначаємо за формулою [1,с.58]:

$$n' = \frac{\lg(1 + \frac{0,2}{0,004} (\frac{13 \times 1,114}{5,31}))}{\lg \frac{13 \times 1,114}{5,31}} - 1 = 3,45 \quad (2.15)$$

де: n - коефіцієнт випаровування етилового спирту на ділянці зміни концентрації від 0,004 до 0,2 мол, рівний 13 і є величиною постійною;

X_d - відповідно концентрація спирту на n - ій тарілці і в бардіз графіка визначимо, що загальна кількість теоретичних тарілок при зміні концентрації від 0,2 до 5,9 складатиме: $n' = 5$.

Тоді загальне число тарілок складатиме:

$$n = n' + n'' = 5 + 3,45 = 8,45. \quad (2.16)$$

Приймаємо, що коефіцієнт ККД тарілки в колоні рівний 0,7.

Тоді кількість реальних тарілок буде:

$$\frac{8,45}{0,7} = 21,125$$

Приймаємо число тарілок рівним 25

Швидкість пари в колоні визначається за формулою:

$$\omega = \frac{0,305 \times h}{60 + 0,05 \times h} \times 0,012 \times z \quad (2.17)$$

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

де: h - відстань між тарілками. Згідно рекомендацій приймаємо $h = 500$ мм.

z - глибина барботажного шару. Приймаємо $z = 40$ мм.

Підставляючи ці дані, маємо:

$$\omega = \frac{0,305 \times 500}{60 + 0,05 \times 500} \times 0,012 \times 40 = 1,417 \text{ м/с.}$$

При робочому тиску в колоні 0,5 атм густина водяної пари складатиме $\gamma = 0,33 \text{ кг/м}^3$.

2.3 Конструктивні розрахунки апарата

Переріз колони визначимо по формулі [2]:

$$F = \frac{P_{год} \times i'}{\gamma \times \omega \times i'_2 \times 3600}, \quad (2.18)$$

де $i_1 \sim i_2$ - тепловміст пари в ккал/кг;

γ - питома вага пари при 0,5 атм в кг/м^3 ;

$P_{год}$ - витрати гріючої пари, в кг/год .

Підставляючи дані, маємо:

$$F = \frac{2716}{0,33 \times 1,417 \times 3600} = 1,61 \text{ м}^2$$

Діаметр колони визначаємо за формулою:

$$D = \sqrt{\frac{4F}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 1,61}{3,14}} = 1,43 \text{ м} \quad (2.19)$$

Приймаємо діаметр колони рівним 1500 мм.

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

Загальну висоту визначаємо по формулі[2]:

$$H=h(N-1)+h_1+h_2 \quad (2,20)$$

де: h - відстань між тарілками в мм, приймаємо 500мм;

h_1 - відстань від нижньої тарілки до основи, приймаємо рівним 2610 мм;

h_2 - відстань від верхньої тарілки до верху колони, приймаємо рівним 2300 мм.

Із конструктивних і експлуатаційних міркувань приймаємо кількість тарілок рівним 25.

$$H = (25 - 1) 500 + 2300 + 2610 = 16910 \text{ мм.}$$

Визначення розмірів елементів тарілок

Приймаємо висоту барботажного шару рівну 40 мм. Відстань між тарілками приймаємо рівну 500 мм. Приймаємо діаметр отвору рівним 10 мм, швидкість пару в отворах приймаємо рівну 5 м/сек.

Загальна площа отворів складатиме:

$$F_1 = \frac{V}{3600} \times \omega \quad (2.21)$$

де V - часовий об'єм пару, що проходить через отвори, м³.

Визначаємо його :

Визначення розмірів елементів тарілок

Приймаємо висоту барботажного шару рівну 40 мм. Відстань між тарілками приймаємо рівну 500 мм. Приймаємо діаметр отвору рівним 10 мм, швидкість пару в отворах со приймаємо рівну 5 м/сек.

Загальна площа отворів складатиме:

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

$$F_1 = \frac{V}{3600} \times \omega \quad (2.22)$$

де V – годинні об'ємні витрати пари, що проходить через отвори, м³.

Масові витрати :

$$\frac{4500 \times 0,79 \times 100}{24 \times 11} = 13646 \text{ кг / год}$$

де: 4500 - продуктивність по безводному спирту.

Знаходимо об'ємі витрати:

$$V = \frac{20,06 \times 135,46}{0,3087} = 87985 \text{ м}^3 / \text{кг}$$

де 0,3087 - питома вага пари при при 0,5 атм в кг/м³;

20,06 - витрати гріючої пари.

$$F_1 = \frac{8785}{3600} \times 5 = 0,488 \text{ м}^2$$

Визначаємо живий переріз тарілки, який рівний $F_1 \setminus f_0$,

де f_0 - площа перерізу колони.

Приймаємо довжину зливної перегородки, при центральному куті 90°, 0,8 м.

Тоді площа двох сегментів, що не мають отворів, дорівнює:

$$f_1 = 2 \times (0,5 \times 0,5 R^2 (\frac{\pi}{2} \sin \alpha)) = 0,36 \text{ м}^2 \quad (2.23)$$

де R- радіус тарілки;

α - центральний кут.

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

Площа, зайнята отворами, складатиме: $2 - 0,36 = 1,6352 \text{ м}^2$.

Приймаємо діаметр отвору тарілки рівним 10 мм.

Тоді площа одного отвору складатиме:

$$f_0 = \left(\frac{\pi \times d^2}{4} \right) = \frac{3,14 \times 10^2}{4} = 78,5 \text{ м}^2 \quad (2.24)$$

Число отворів складатиме: $n = 488000/78,5 = 6216$.

На кожен отвір приходить частинка площі тарілки, що зайнята отворами:

$$n = 1635200/6216 = 263 \text{ мм}^2.$$

Якщо отвори розташовуються так, що периметри їх лежать на вершинах рівносторонніх трикутників, то крок ми можемо знайти з рівняння:

$$t = 1,07 \sqrt{f_2} = 1,07 \sqrt{263} = 18 \text{ мм}. \quad (2.25)$$

Визначаємо розміри зливного стакана. Сама найменша довжина зливного стакана рівна 140 мм, при такому розмірі ширина стакана складатиме:

$$F = \frac{Q}{\omega \times 3600} \quad (2.26)$$

Де Q - кількість стікаючої бражки, приймаємо 13,546 м /год;

ω - швидкість стікаючої бражки, приймаємо рівною 0,1 м/с.

$$L \times b = \frac{13,546}{0,1 \times 3600}, \text{ мм}$$

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

Так як зазор між тарілкою і стаканом залежить від площі перерізу, то його визначаємо:

Периметр стакана:

$$P = 100 + 100 + 245 = 475 \text{ мм.}$$

$$Ph = \frac{Q}{\omega \times 3600} \quad (2.27)$$

$$0.475h = 0.037 \quad h = 80 \text{ мм}$$

Із конструктивних міркувань приймаємо відстань між зливною перегородкою і стаканом рівною 50 мм, тоді її довжина складатиме:

$$0,05L = 0.0376 \times L = 75.2 \text{ мм.}$$

Висота підйому рідини над зливною перегородкою буде рівна:

$$\Delta h = \sqrt{\left(\frac{Q}{1,8 \times b \times 3600}\right)^2} = \sqrt{\left(\frac{13,546}{1,8 \times 0.755 \times 3600}\right)^2} = 5 \text{ мм} \quad (2.28)$$

Периметр зливного стакана $l = 275$ мм.

Як наслідок висота зливної перегородки складатиме: $40 - 5 = 35$ мм.

Висоту переливної перегородки приймаємо рівною 100 мм, щоб зробити розгінну площадку і для того, щоб рідина вільно стікала і залишалась в стакані.

Діаметр патрубків трубопроводів визначаємо виходячи з об'ємної витрати V і пропускної здатності W трубопроводу за формулою:

$$d_b = \sqrt{\frac{4V_n}{\pi W}} \quad (2.29)$$

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

де V - об'єм спирто-водних парів, $\text{м}^3/\text{с}$;

W - швидкість руху продукту (що приймаємо), м ;

Об'єм спирто-водного пару будемо визначати із рівняння:

$$V = \frac{P_{\text{год}} \times 22,4T}{273 \times PM_{\text{cp}}}, \text{м}^3 \quad (2.30)$$

Де $P_{\text{год}}$ – кількість спирто-водних парів;

T – температура пари в K , приймаємо: $T = 273 + 93 = 366 \text{ K}$;

P – тиск пари в атм , приймаємо $0,5 \text{ атм}$;

M_{cp} – середня молекулярна вага спирто-водного пару при концентрації спирту в ньому $51,445 \text{ \%мас}$:

$$M_{\text{cp}} = \frac{X_d \times M_c + (100 - X_d) \times M_v}{100}, \text{моль} \quad (2.31)$$

де M_v і M_c - молекулярна вага відповідно води і спирту, моль ;

X_d - концентрація спирту в дистилаті, \% мас .

$$M_{\text{cp}} = \frac{51,443 \times 46 + (100 - 51,443) \times 18}{100} = 32,44 \text{ моль}$$

$$V = \frac{2716 \times 22,4 \times 366}{273 \times 0,5^2 \times 32,44} = 5028 \text{ кг} / \text{год}$$

Обчислюємо і заносимо дані до таблиці 2.4 :

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

Табл.2.4.Діаметри патрубків апарата

Найменування штуцерів трубопроводів	Питома маса продукту, кг/м ³	Пропускна здатність		Швидкість руху продукту		Діаметр штуцера	
		кг/год	м ³ /год	допус- тима	прий- нята	розра- хунком	прий- нята,мм
Для підводу бражки	1000	1354	13,5	0,5	0,5	97	100
Для відводу барди	1027	1337	13	2..0	0,25	135	140
Для відводу спирто- водних парів		214	5028	4...10	5	421	430
Для підводу гріючого пару з тиском 0,5 атм	0,8472	2600	3205	5...20	20	238	240

2.4 Гідравлічний опір апарата [6]

Вибираємо стандартну тарілку типу ОСТ 26-805-73 з наступними параметрами:

Робочий перетин тарілки,	1,834м ²
Діаметр отворів, d, мм	4
Крок між отворами, t, мм	10
Відносний вільний перетин тарілки, %	10
Перетин переливу, м ²	0,088
Периметр зливу, м ²	0,8

Гідравлічний опір тарілок колони ΔP визначаємо по формулі:

$$\Delta P_K = \Delta P \cdot N, \quad (1.30)$$

де ΔP - гідравлічний опір тарілки колони відповідно, Па;

N - число тарілок у колоні відповідно 30.

Повний гідравлічний опір однієї тарілки ΔP складається із трьох складових

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

$$\Delta P = \Delta P_c + \Delta P_{\pi} + \Delta P_{\delta}. \quad (2.32)$$

Гідравлічний опір сухої тарілки

$$\Delta P_c = \xi \frac{\omega_o^2 \cdot \rho_n}{2F_c^2} \quad (1.32)$$

де ξ - коефіцієнт опору сухої тарілки, застосовуємо $\xi = 1,85$;

ω_o - швидкість пари, м/с;

ρ_n - щільність пари, кг/м³.

Таким чином

$$\Delta P_c = 1,85 \frac{0,85^2 \cdot 1,96}{2 \cdot 0,159^2} = 52,4 \text{ Па.}$$

Гідравлічний опір паро-рідинного шару на тарілці:

$$\Delta P_{\pi} = g \cdot \rho_{\text{ж}} \cdot h_o, \quad (2.33)$$

де h_o - висота світлого шару рідини, ухвалюємо 0,02 м;

$\rho_{\text{ж}}$ - щільність рідини, кг/м³.

Тоді:

$$\Delta P = 9,81 \cdot 739,9 \cdot 0,02 = 145 \text{ Па}$$

Гідравлічний опір, обумовлене силами поверхневої напруги рівно:

$$\Delta P_{\delta} = 4\delta / d_o, \quad (2.34)$$

де $\delta = 4,5 \cdot 10^{-2}$ Н/М - поверхневий натягу рідини;

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

$d_0 = 0,004$ м - діаметр отворів тарілки.

$$\Delta P_6 = \frac{4 \cdot 4,5 \cdot 10^{-2}}{0,004} = 45 \text{ Па.}$$

Повний гідравлічний опір однієї тарілки верхньої й нижньої частини колони дорівнює:

$$\Delta P = 52,4 + 145 + 45 = 242,4 \text{ Па}$$

Повний гідравлічний опір бражної колони

$$\Delta P_K = \Delta P \cdot N = 242,4 \cdot 30 = 7272 \text{ Па.} \quad (2.35)$$

Перевіримо, дотримується чи при відстані між тарілками $h = 0,5$ м необхідне для нормальної роботи тарілок умова:

$$h > 1,8 \frac{\Delta P}{\rho_{ж.} \cdot g} = \frac{1,8 \cdot 242,4}{739,9 \cdot 9,81} = 0,06 < 0,5 \text{ м}$$

Умова виконується.

2.5 Вибір допоміжного обладнання

Розрахунок барботера

Діаметр барботера приймаємо рівним діаметру трубопровода $d = 240$ мм.

Площа перерізу пароповітряних отворів рівна:

$$F = 1,25 \times \frac{\Pi \times d^2}{4} = 1,25 \times \frac{3,14 \times 240^2}{4} = 56200 \text{ мм}^2 \quad (2.36)$$

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

Діаметр отворів барботера приймаємо рівним $d = 8$ мм, тоді загальна кількість отворів буде рівна:

$$n = \frac{F}{3,14 \frac{d^2}{4}} = \frac{56200}{3,14 \frac{240^2}{4}} = 39 \text{штук} \quad (2.37)$$

Витрати пари на обігрів колони 17,4 кг/дал, температура кипіння барди 104 С, тиск гріючої пари 0,147 Мпа, робоча довжина кип'ятильних труб 2,5 метрів, тривалість експлуатації 60 діб, продуктивність колони 4500 дал спирту на добу.

Розрахунок.

Загальна корисна різниця температур:

$$\Delta t_{\text{заг}} = 119,6 - 104 - 2 = 13,6$$

По монограмі [5], знаходимо для заданих значень теплове вираження $q = 17 \cdot 10^3$ Вт/м

Необхідна поверхня теплопередачі:

$$F = M Pr / q \cdot 3600 = \frac{150 \cdot 17,4 \cdot 2263 \cdot 10^3}{17 \cdot 10^3 \cdot 3600} = 96,5 \text{м} \quad (2.38)$$

Приймаємо кип'ятильник двохсекційний, площею поверхні теплопередачі 80 м², діаметр кожуха 600/1000 мм, діаметр труб 32x2/55x3

При конденсації водноспиртового пару, що надходить із підігрівача в конденсатор, $X = 78,23\%$ мас, початкова температура конденсації 83,5 С; кінечна – 80 С; $r = 1234$ кДж/кг.

Кінечну температуру охолодження конденсату приймаємо 25 С Середня температура охолодження:

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

$$t_{\text{сеп}} = (t_k + t_0) / 2 = (80 + 20) / 2 = 50 \text{ C}$$

Тоді теплоємність визначаємо за таблицею $C = 3520 \text{ кДж/кг} \cdot \text{град.}$

Кількість водноспиртових парів, що надходять в конденсатор

$$G = 1487 - 1208 = 279 \text{ кг}$$

на поверхню конденсації:

$$Q_h = 279 \cdot 1234 = 344286 \text{ кДж/год} = 95,635 \text{ кВт}$$

На поверхні охолодження:

$$Q_o = 1208 \cdot 3,52 (80 - 25) = 54014 \text{ кДж/год} = 233,869 \text{ кВт}$$

Приймаємо температуру води, що поступає в конденсатор = 17 C, а виходячи з нього = 30 C, тоді витрата води складе:

$$W = (Q_o) / [C(t-t)] = 4294 \text{ кг/год} \quad (1.39)$$

Температура води на виході із охолоджуючої частини:

$$t_o = (Q_o / W) + t_o = 30 \text{ C}$$

Середня різниця температур:

для охолоджуючої частини:

$$\Delta t_o = \frac{[(80 - 20) - (25 - 17)]}{2,31 [(80 - 20) / (25 - 17)]} = 26^\circ \text{C}$$

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

для конденсаційної частини:

$$\Delta t_k = \frac{[(80 - 20) + (83.5 - 30)]}{2} = 57^\circ\text{C}$$

Приймаємо для охолоджуючої частини коефіцієнт теплопередачі 175 Вт/м²·град, для конденсаційної 400 Вт/м²·град, тоді поверхня теплопередачі охолоджуваної частини буде:

$$F_0 = \frac{Q_0}{\Delta t_0 * K_0} = \frac{233869}{26 * 175} = 51\text{м}^2 \quad (1.40)$$

конденсаційної частини

$$F_k = \frac{Q_k}{\Delta t_k * K_k} = \frac{95635}{57 * 400} = 42\text{м}^2 \quad (1.41)$$

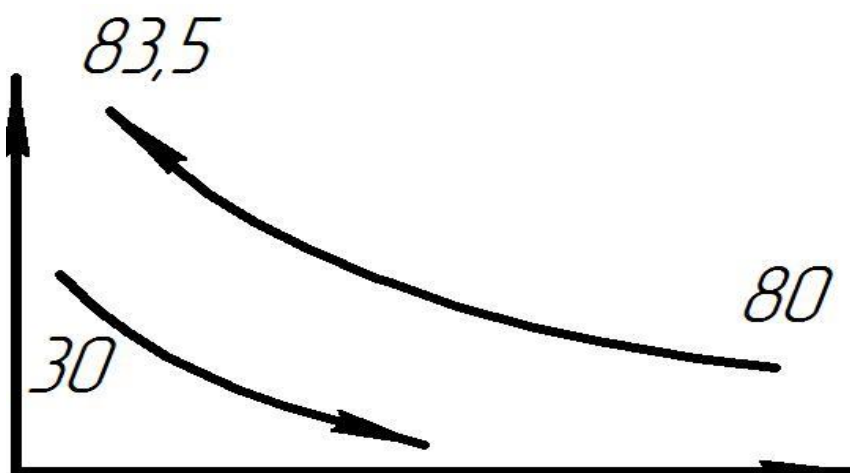


Рисунок 2.1 Знаходження корисної різниці температур
Загальна площа поверхні теплопередачі конденсатора:

$$F = F_0 + F_k = 51 + 4.2 = 55.2\text{м}^2 \quad (1.42)$$

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

З урахуванням можливого перевантаження колони збільшимо розрахункову поверхню на 20%, тоді:

$$F = 55.2 \cdot 1.2 = 66 \text{ м}^2$$

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

3 РОЗРАХУНОК АПАРАТА НА МІЦНІСТЬ І ГЕРМЕТИЧНІСТЬ

3.1 Розрахунок товщини стінки апарата, кришки [7]

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:

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

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

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:

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

Остаточно приймаємо товщину циліндричної обичайки з врахуванням стійкості при виготовленні рівну:

$$s = 7 \text{ мм}.$$

Перевіряємо умову виконання формул безмоментної теорії:

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

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

що менше 0,1 – умова виконання формул виконана.

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

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.

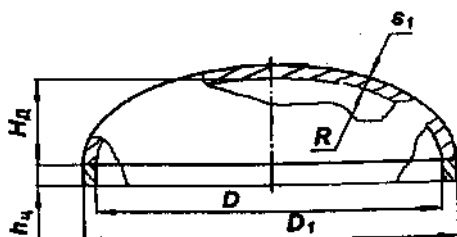


Рисунок 3.1 Схема еліптичного днища

Приймаємо еліптичне днище з висотою:

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

Розрахунковий параметр еліптичного днища визначається по формулі [7].

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

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

Виконувальна товщина листа для днища по формулі:

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

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

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:

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

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

Перевіряємо умову виконання формул:

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

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

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

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

3.2 Розрахунок фланцевого з'єднання

Фланець для сферичної кришки 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:

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

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

Приймаємо $S_{02}=0,007$ м;

де $S_2=0,005$ м – товщина стінки обечайки.

Приймаємо діаметр болтів $d_{62}=20$ 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 $D_{62}=1590$ мм;

де – $D_2=d_2=1,6$ м – внутрішній діаметр фланця:

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

де – $a_2=40$ мм – за табл. 10 (к. 13)

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

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 [13, ст. 34] (для плоских прокладок при $v > 0,015$ м):

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

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

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):

$$Z_{62} = \pi \cdot \frac{D_{62}}{t_{62}} = 3,14 \cdot \frac{1,53}{4,6 \cdot 0,02} = 57,7 \text{ шт}, \quad (3.14)$$

Приймаємо $Z_{62}=60$ шт;

де $t_{62}=4,6 \cdot d_{62}$ – шаг болтів [7, табл.. 16]

На підставі результатів розрахунку виберемо стандартний фланець. Його параметри [7, табл.. 48, 50]: зовнішній діаметр $D_{\phi 2}=1,63$ м; діаметр болтового кола $D_{62}=1,59$ м; зовнішній діаметр прокладки $D_{n2}=1,55$ м; товщина диска фланця $h_{\phi 2}=0,055$ м. Кількість болтів $Z_{62}=60$ шт. Згідно з табл.. 14 (к. 13) вибираємо матеріал фланців – сталь 12X18H10T за ГОСТ 7350-77 група А

Матеріал для шпильок – сталь 45X14HB2M (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:

$$D_{cп2} = D_{п2} - v_2 = 1,55 - 0,02 = 1,53 \text{ м}. \quad (3.15)$$

Ефективна ширина прокладки :

при $v_2 > 0,015$ м $v_{e2}=0,06 \cdot \sqrt{v_2} = 0,06 \cdot \sqrt{0,025} = 0,0095$ м.

Конструкційний коефіцієнт для фланців (3.46):

$$K_{\phi 2} = D_{\phi 2}/D_2 = 1,63/1,5 = 108. \quad (3.16)$$

Конструктивні коефіцієнти для фланців:

$$\lambda_{\phi 21} = h_{\phi 21}/\sqrt{D_2 \cdot S_{02}} = 0,055/\sqrt{1,5 \cdot 0,007} = 0,52; \quad (3.17)$$

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

$$\lambda_{\phi 22} = h_{\phi 22} / \sqrt{D_2 \cdot S_{02}} = 0,053 / \sqrt{1,5 \cdot 0,007} = 0,5, \quad (3.18)$$

де - $h_{\phi 21} = h_{\phi 22} = 0,055$ м – товщина диска фланця;

$h_{\phi 22} = h_{\phi 2} - t_2 = 0,055 - 0,002 = 0,053$ м – товщина диска відповідного фланця,

де $t_2 = 0,002$ м – товщина прокладки.

Поправочні коефіцієнти для фланців :

$$\psi_{1\phi 2} = 1,28 \cdot \lg K_{\phi 2} = 1,28 \cdot \lg 1,08 = 0,043; \quad (3.19)$$

$$\psi_{2\phi 2} = (K_{\phi 2} + 1) / (K_{\phi 2} - 1) = (1,08 + 1) / (1,08 - 1) = 26. \quad (3.20)$$

Поправочний коефіцієнт для перерізу S_{02} [13, ст. 34]:

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

Геометричні параметри фланців

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

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

Безрозмірний параметр фланців

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

Безрозмірні параметри фланців

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

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

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

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 :

$$l_{\phi 2} = h_{\phi 21} + h_{\phi 22} + h_2 + 0,28 + d_{\phi 2} = 0,055 + 0,053 + 0,002 + 0,28 + 0,020 = 0,116 \text{ м}, \quad (3.25)$$

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

Лінійна піддатливість прокладки (3.59):

$$Y_{\Pi 2} = h_2 / (\pi \cdot D_{\text{сп}2} \cdot B_2 \cdot E_{\Pi 2}) = 0,002 / (3,14 \cdot 1,63 \cdot 0,02 \cdot 200) = 9,77 \cdot 10^{-5} \text{ м/МН}. \quad (3.26)$$

Площа поперечного перерізу болта:

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

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

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 :

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

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

Безрозмірний коефіцієнт фланцевого з'єднання :

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

Безрозмірний коефіцієнт жорсткості фланцевого з'єднання:

$$\alpha_{\phi 2} = A_{\phi 2} \cdot [Y_{62} + 0,25 \cdot (B_{\phi 12} + B_{\phi 22}) \cdot (D_{62} - D_{сп2})] =$$

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

$$= 1244 \cdot [4 \cdot 10^{-5} + 0,25 \cdot (29,8 \cdot 10^{-3} + 31,5 \cdot 10^{-3}) \cdot (1,69 - 1,63)] = 1,2 \quad (3.33)$$

Розрахунок болтів фланцевого з'єднання

Рівнодіюча внутрішнього тиску:

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

Реакція прокладки в робочих умовах:

$$R_{n2} = 2 \cdot \pi \cdot D_{cn2}^2 \cdot b_{e2} \cdot m_2 \cdot P_2 = 2 \cdot 3,14 \cdot 1,63 \cdot 0,0095 \cdot 2,5 \cdot 0,32 = 0,078 \text{ МН} \quad (3.35)$$

Зусилля, що виникає від температурної деформації фланцевого з'єднання

$Q_{\text{тф}2}$

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

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

де

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

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

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

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

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

$$P''_{621} = \alpha_{\phi 2} \cdot (Q_{g2} + P_2) + R_{n2} + \frac{4 \cdot M_2}{D_{сн2}} = 1,2 \cdot (0,67 + 0,32) + 0,078 + 0 = 1,266 \text{ МПа}; \quad (3.39)$$

де $\frac{4 \cdot M_2}{D_{сн2}}$ – 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 $P_2 \leq 0,6 \text{ МПа}$):

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

Умова міцності прокладки:

$$P_{621} / (\pi \cdot D_{сн2}^2 \cdot b_{e2}) \leq [q]_2; \quad (3.40)$$

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

Болтове навантаження за робочих умов :

$$P_{622} = P_{621} + (1 - \alpha_{\phi 2}) \cdot (Q_{g2} \pm P_2) + Q_{t\phi 2} + \frac{4 \cdot M_2}{D_{сн2}} = 1,226 + (1 - 1,2) \cdot (0,67 + 0,32) + 9,6 \cdot 10^{-3} + 0 = 1,04 \text{ МПа} \quad (3.41)$$

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

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

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

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 ;

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

Скручуючий момент, що виникає від розтягування гайок:

$$M_{\text{скр}2} = f_{21} \cdot \frac{P_{6\phi 2}}{Z_{62}} \cdot d_{62} = 0,1 \cdot \frac{1,226}{60} \cdot 0,02 = 4,1 \cdot 10^{-5} \text{ МН} \cdot \text{м}, \quad (3.45)$$

де $f_{21} = 0,1$ – коефіцієнт тертя.

Дотичне напруження в болтах:

$$\tau_{62} = \frac{M_{\text{скр}2}}{0,2 \cdot d_{02}^3} = \frac{4,1 \cdot 10^{-5}}{0,2 \cdot 0,017^3} = 41,7 \text{ МПа}, \quad (3.46)$$

Еквівалентні напруження в болтах :

$$\sigma_{6e2}^{20} = \sqrt{(\sigma_{62}^{20})^2 + 3 \cdot \tau_{62}^2} = \sqrt{87^2 + 3 \cdot 41,7^2} = 113 \text{ МПа}; \quad (3.47)$$

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

$$\sigma_{6e2}^t = \sqrt{(\sigma_{62}^t)^2 + 3 \cdot \tau_{62}^2} = \sqrt{74^2 + 3 \cdot 41,7^2} = 103 \text{ МПа} \quad (3.48)$$

Умова міцності болтів:

$$\sigma_{6e2}^{20} \leq [\sigma_{62}]^{20} : 113 < 160;$$

$$\sigma_{6e2}^t \leq [\sigma_{62}]^t : 103 < 147 - \text{ умова виконується;}$$

де $[\sigma_{62}]^t = 147$ МПа – допустиме напруження для матеріалу шпильок при $t_{62} = 118$ °С (к. 13, табл.. 10).

Розрахунковий згинаючий момент у діаметральному перерізі фланця:

$$\begin{aligned} M_{01\phi 2} &= 0,5 \cdot P_{621} \cdot (D_{62} - D_{сп2}) = 0,5 \cdot 1,226 \cdot (1,69 - 1,63) = \\ &= 0,037 \text{ МПа} \end{aligned} \quad (3.49)$$

$$\begin{aligned} M_{01\phi 2} &= 0,5 \cdot [P_{621} \cdot (D_{62} - D_{сп2}) + Q_{g2} \cdot (D_{62} - D_2 - S_{02})] \cdot \frac{[\sigma_{\phi 2}]^{20}}{[\sigma_{\phi 2}]^t} = \\ &0,5 \cdot [1,04 \cdot (1,69 - 1,63) + 0,67 \cdot (1,63 - 1,6 - 0,007)] \cdot \frac{110}{103} = \\ &= 0,042 \text{ МПа} \end{aligned} \quad (3.50)$$

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

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

$[\sigma_{\phi 12}]^t = [\sigma_{\phi 22}]^t = 133 \text{ МПа}$ - 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 $M_{o\phi 2}$:

$$\begin{aligned} \sigma_{к\phi 21} &= \frac{M_{o\phi 2} \cdot [1 - \omega_{\phi 21} \cdot (1 + 0,9 \cdot \lambda_{\phi 21})] \cdot \psi_{2\phi 2}}{D_1 \cdot h_{\phi 21}^2} = \frac{0,042 \cdot [1 - 0,37 \cdot (1 + 0,9 \cdot 0,52)] \cdot 26}{1,6 \cdot 0,055^2} = \\ &= 103 \text{ МПа} \end{aligned} \quad (3.53)$$

$$\begin{aligned} \sigma_{к\phi 22} &= \frac{M_{o\phi 2} \cdot [1 - \omega_{\phi 22} \cdot (1 + 0,9 \cdot \lambda_{\phi 22})] \cdot \psi_{2\phi 2}}{D_2 \cdot h_{\phi 22}^2} = \frac{0,042 \cdot [1 - 0,39 \cdot (1 + 0,9 \cdot 0,5)] \cdot 26}{1,6 \cdot 0,053^2} = 106 \text{ МПа} \quad (3.54) \end{aligned}$$

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

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

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

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

Еквівалентні напруження в перерізі циліндричної втулки фланців:

$$\begin{aligned} \sigma_{e\phi 12} &= \sqrt{(\sigma_{o\phi 12} + \sigma_{y\phi 12})^2 + \sigma_{x\phi 12}^2 - (\sigma_{o\phi 12} + \sigma_{y\phi 12}) \cdot \sigma_{x\phi 12}} = \\ &= \sqrt{(507 + 21,5)^2 + 43^2 - (507 + 21,5) \cdot 43} = 508 \text{ МПа}; \end{aligned} \quad (3.57)$$

$$\begin{aligned} \sigma_{e\phi 22} &= \sqrt{(\sigma_{o\phi 22} + \sigma_{y\phi 22})^2 + \sigma_{x\phi 22}^2 - (\sigma_{o\phi 22} + \sigma_{y\phi 22}) \cdot \sigma_{x\phi 22}} = \\ &= \sqrt{(535 + 21,5)^2 + 43^2 - (535 + 21,5) \cdot 43} = 536 \text{ МПа}; \end{aligned} \quad (3.58)$$

Умова міцності:

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

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

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

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

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

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

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

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

3.3 Розрахунок опори апарата

Вертикальні апарати встановлюють на стійках: при відношенні $H/D > 5 \left(\frac{8,98}{1,2} = 7,48 \right)$ апарати встановлюють на так звані бічні опори (циліндричні або конічні). Висота циліндричної опори повинна бути не менше 600 мм.

Підбір опори здійснюємо при мінімальному, максимальному навантаженні на опори.

Мінімальне приведене навантаження – сила від ваги пусого апарату

$$Q_{\text{min}} = (M_{\text{к}} + M_{\text{т}}) \cdot g \quad (3.62)$$

де $M_{\text{к}}$ – маса колони, кг;

$M_{\text{т}}$ – маса тарілок, кг.

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

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;

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

$H_{ц}$ – висота циліндричної частини.

$$S_{ц} = \frac{\pi \cdot (D+2 \cdot S)^2}{4} - \frac{\pi \cdot D^2}{4} \quad (3.65)$$

$$S_{ц} = 0,785 \cdot 9,0[(1,5 + 0,008/2)^2 - 1,5^2] = 0,27 \text{ м}^3$$

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

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

$$M_{к} = (0,27 + 2 \cdot 0,0271) \cdot 7850 = 2545 \text{ кг}$$

$$M_{т} = m_{т} \cdot n$$

де $m_{т}$ - маса тарелки, $m_{т}=68,6$ кг

$$M_{т} = 39 \cdot 68,6 = 2675 \text{ кг}$$

$$Q_{min} = (2545 + 2675) \cdot 9,81 = 51212 \text{ Н}$$

$$Q_{min} = 0,051 \text{ МН}$$

Максимальне приведенне навантаження – з врахуванням ваги рідини

$$M_{р} = V_{р} \cdot \rho_{р} \quad (3.66)$$

$$V_{ж} = 0,785D^2 \cdot H_{ц} + \pi H_{д}^2 \left(R - \frac{H_{д}}{3} \right) \quad (3.67)$$

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

$$V_{\text{ж}} = 0,785 \cdot 1,5^2 \cdot 9 + 3,14 \cdot 0,3^2 \left(1,1 - \frac{0,3}{3}\right) = 10,5 \text{ м}^2$$

$$M_p = 10,5 \cdot 1000 = 10500 \text{ кг}$$

$$Q_{\text{max}} = (Q_{\text{min}} + M_{\text{ж}}) \cdot g \quad (3.68)$$

$$Q_{\text{max}} = (51212 + 10500) \cdot 9,81 = 61712 \text{ Н}$$

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 опорою

$$\sigma = \frac{Q_{\text{max}}}{\pi D a_1} \leq \varphi \cdot \min\{[\sigma]_0; [\sigma]_K\} \quad (3.69)$$

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

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

φ - коефіцієнт міцності зварного шва;

$[\sigma]_0 = 136$ МПа для сталі В. Ст. 3, см³

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

$\varphi = 0,7$

$$\sigma = \frac{61712}{3,14 \cdot 1,1 \cdot 0,007} = 2,34 \text{ МПа} \leq 0,7 \cdot 136 = 95,2 \text{ МПа}$$

Умова міцності виконується.

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

4 МОНТАЖ ТА РЕМОНТ АПАРАТА

4.1 Монтаж розробленого апарату

Брагоректифікаційне відділення розміщене в будівлі головного корпусу. Приміщення, в якому розташована бражна колона має 5 поверхів і відповідає потребам пожежної безпеки в залежності з СніП 3.05.05-84. Приміщення має природню вентиляцію, механічну протиточну-витяжну і аварійну вентиляцію.

На першому поверсі розташований фундамент під бражну колону, регулятор для відводу барди, трубчастий теплообмінник

На другому поверсі на відмітці 4,8 м розташовується основне робоче місце апаратчика, зосереджені всі контрольно-вимірювальні прилади, колектор води.

Третій і четвертий поверх відповідно зроблені у вигляді проміжної, що використовується при ремонті і обслуговуванні колони.

П'ятий поверх займає теплообмінна апаратура (підігрівачі, сепаратор бражки, дефлегматор, конденсатор спирто - водного дистиляту, спиртоуловлювачі).

Колона розташована в один ряд з епораційною і спиртовою колоною. Відстань між колонами 5м, від стіни до центру колони 3м.

Висота фундаменту 0,6м, Фундамент під колону зроблений з бетону. Довжина колони перевищує граничну довжину для транспортування, тому поставляється частинами граничної довжини. Кожна частина колони повинна бути складена на заводі виготовнику, мати всі внутрішні пристрої, бути випробуваною на герметичність і підданою контрольному складанню з суміжними частинами. На частини колони повинні бути нанесені контрольні риси й маркувальні знаки, причому це робиться незмивною фарбою.

При транспортуванні устаткування отвори й штуцери апаратів повинні бути закриті пробками, кришками або заглушками. Ущільнювальні поверхні

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

фланців повинні бути змазані й захищені від механічних пошкоджень. Кришки люків повинні бути встановлені на робочих прокладках з повною кількістю болтів (шпильок). Контрольно-вимірювальні прилади, що поставляються з установкою повинні бути упаковані й зберігатися в складах.

При установці колон слід звернути особливу увагу на те, щоб фундамент був виготовлений точно за рівнем і колона мала рівномірну опору по всій площі основи. Щоб колона спиралась на фундамент всім днищем, а не тільки головками болтів, що виступають. На фундамент заздалегідь укладають сталевий лист, який вписується між головками болтів і має товщину, що дорівнює висоті головок болтів. Бражну колону стропують вище рівня центра ваги й якомога ближче до верхньої частини. Через низьку міцність стінок апаратури стропування царг та іншого устаткування безпосередньо за кожух або обичайку не допускається. Не допускається також стропування за фланці штуцерів, горловини, люки та інші мідні елементи, що виступають. Для стропування колон (царг) рекомендується виготовити хрестовину з швелера за діаметром колони, а для надання жорсткості фланцю додатково підсилити його спеціальними косинками по його профілю.

Після установки нижньої царги колони на фундамент перевіряють правильність положення, підклинюють і підливають цементний розчин. Вертикальність перевіряють за виском. Горизонтальність ситчастих тарілок перевіряють за рівнем у двох взаємоперпендикулярних напрямках.

Монтаж апарату проводять в повній відповідності з монтажною схемою. Установка апарату повинна забезпечувати можливість його огляду, ремонту і чистки. Для зручності обслуговування колони конструюються площадки і сходи.

Перед монтажем необхідно очистити труби, оглянути арматуру, притерти крани, клапани, вентилі, засувки, перевірити на легкість відкривання й закривання затвори запірних пристроїв, підготувати фланці, прокладки, борт шайби, коліна труб, мастику для прокладок.

Особливу увагу потрібно звертати на підбір запірної арматури. На гарячих продуктопроводах рекомендується ставити виключно бронзові пробкові фланцеві крани. На лінії подачі бражки, відводу барди і лютерної води з колони можуть бути

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

поставленні бронзові засувки (при діаметрі > 100мм) чи крани (при меншому діаметрі).

Перед затяжкою шпильок (болтів), фланцевих з'єднань потрібно переконатися в правильності їх зборки, в наявності повного комплекту шпильок в отворах фланців. Не допускається перекося фланців. Затяжка шпильок повинна відбуватися рівномірно в 3-4 прийоми. Через дві години після затяжки шпильок потрібно виконати додаткову їх підтяжку. Під час роботи апарата підтяжка шпильок не допускається.

Гідравлічні затвори (П- подібні згини) в нижній точці повинні мати спускні крани або штуцера з заглушками. П - подібні згини труб для рідини повинні мати в найвищих точках повітряний хідники для автоматичного випуску накопиченого в трубопроводі повітря чи газу.

Невертикальність колони, яка допускається при її установці, -0,1% висоти, але не більше 15мм на всю висоту колони. Лист тарілки повинен бути плоским, місцеві спучини й кривизна не повинні перевищувати 2мм. Допускаються відхилення верхніх торців зливних стаканів або зливних порогів відносно тарілки не більше 2мм.

При складанні колони необхідно слідкувати за тим, щоб при суміщенні царг зливні стакани займали правильне положення. Зливні стакани повинні входити в зливну чашу тарілки, що знаходиться нижче, й розміщуватись строго діаметрально відносно зливних стаканів цієї тарілки.

По висоті колони до перекриттів жорстко не кріпляться. Вони повинні вільно розширяться при зміні температури.

При установці царг перевіряють кріплення доступних горловин, ковпачків, стаканів, при цьому необхідно впевнитись у тому, що борти царг рівні й не пошкодженні під час транспортування.

Технологічна експлуатація та технічне обслуговування

Після монтажу, гідравлічного або пневматичного випробування установку готують до пуску, приміщення ректифікаційного добре прибирають, з цеху видаляють сторонні предмети, маркірують запірну арматуру на колекторі пари і

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

води. Контрольно - вимірювальні прилади перевіряють і тарують . Все устаткування добре промивають, випускаючи залишки води через спускні крани.

Перевіряють правильність установки зливних стаканів у бражній колоні, щільність закривання люків і лазів, а також перевіряють справність і легкість відкривання запірної арматури. Перед пуском вся запірна арматура ставиться в положення "Закрито".

Пуск починається з подачі води і пари у відповідні колектори при відкритих дренажних пристроях.

Прогрівання установки починають з бражної колони. За допомогою бражного насоса або напірного чана бражки в колону через підігрівник бражки й вуглекислотний сепаратор подають воду в кількості приблизно 1/4 від нормального навантаження. Прогрівають колону приблизно півгодини. У міру прогрівання підігрівника бражки підвищується температура води, що надходить у бражну колону, й конденсат водяної пари починає надходити в егаораційну колону. При появі рідини в кубі епюраційної колони починають подачу пари в нього. У міру прогрівання куба дренажний кран закривають і слідкують за наповненням куба епюраційної колони за водомірним склом.

Під час прогрівання колон і теплообмінників добре оглядають апаратуру, на дотик слідкують за рухом пари по колонах і рухом рідини по продуктових трубопроводах, перевіряють на герметичність всі елементи, підтягують гайки, сальники, усувають виявлені нещільності, перевіряють роботу контрольно-вимірювальних приладів. Особливу увагу звертають на герметичність всіх фланцевих з'єднань і зварних швів колон і трубопроводів. Поступово тиск у нижній частині колони збільшують приблизно до 1,5 м вод. ст. для бражної й епюраційної колон. При випробовуванні на парі й воді установка повинна працювати 6-8 годин при умові повного усунення всіх дефектів, після чого приступають до подачі в установку бражки. Для цього насос переключають на подачу бражки з розрахунку половинного навантаження установки і до останньої. Підключають контрольні прилади для обліку спирту.

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

У міру надходження бражки в колону знижується температура на живильній тарілці бражної колони й температура бражки, що входить у колону. Температура на живильній тарілці знижується до 93 - 95 С, після чого стабілізується. Ця температура залежить від міцності бражки, тиску у верхній частині колони й надлишку подачі пари в колону.

Із зниженням температури на живильній тарілці бражної колони необхідно безперервно слідкувати за температурою в кубі бражної колони, за вмістом спирту в барді й за міцністю бражного конденсату, який відбирається з пробного або дренажного крана на гідрозатворі перед епюраційною колоною, а також за температурою конденсату бражної колони. Температура колони в кубі повинна бути в межах 103 -105 С, при чому вона залежить тільки від тиску в нижній частині колони.

При нормальній температурі в нижній частині колони необхідно систематично слідкувати за вмістом спирту в барді за допомогою пробного холодильника.

Максимально допустимий вміст спирту в барді не перевищує 0,015 об. %. Міцність бражного конденсату повинна бути близькою до рівноважної з міцністю бражки. Після завантаження спиртом основних колон знову оглядають всю апаратуру і установлюють нормальний режим роботи конденсаторів бражної, епюраційної й ректифікаційної колон.

При нормальній роботі всіх елементів установки поступово підвищують подачу бражки в бражну колону, слідкуючи при цьому за вмістом спирту в барді й Лютері, за температурою в кубах колон, за завантаженням ректифікаційної колони, за термометром на живильній тарілці, а також за температурою конденсаторів. У міру збільшення подачі бражки при необхідності збільшують подачу пари в колони й відбір ректифікованого спирту. Із збільшенням подачі пари пропорціонально збільшується й подача води на дефлегматори колон.

Брагоректифікаційна установка може працювати без зупинки тривалий час, аж до чистки бражної колони.

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

Зупинка брагоректифікаційної установки може бути планова (профілактична) або, аварійна, при чому планова зупинка може бути короткочасною (без стягування спирту з колон) або тривалою - з повним стягуванням спирту. Аварійна зупинка, як правило, буває раптовою через непередбачену причину (відсутність пари, води й т. д.). При аварійній зупинці всієї установки рез відсутність пари, припиняється подача бражки на бражну колону, закриваються засувки для відведення барди й лютеру з колони, закривається кран на трубопроводі подачі епюрату в ректифікаційну колону.

При короткочасній зупинці установки через відсутність бражки або зупинку бражної колони ректифікаційну частину установки залишають під парою. При цьому злегка стягують спирт з ректифікаційної колони, потім припиняють відбір не пастеризованого спирту, заходжують конденсатори колон з таким розрахунком, щоб не було погону в їх ліхтарях, знижують подачу пари в колони.

При відновленні подачі бражки заздалегідь прогривають бражну колону й у міру насичення епюраційної й ректифікаційної колон спиртом відновлюється нормальний режим роботи установки. Ректифікаційна частина установки може знаходитись під парою до 4-6 годин.

4.2 Ремонт апарата

При зупинці установки на тривалий час або для виконання ремонтних робіт, пов'язаних із зварюванням, здійснюють повне стягання спирту з усіх колон і всього допоміжного обладнання, заздалегідь припиняють подачу бражки на бражний насос, а замість бражки на насос подають воду, якою бражка витісняється з усіх комунікацій і підігрівників бражки. При підвищенні температури на живильній тарілці бражної колони до 100 С через 10 хв припиняють подачу води й пари в бражну колону, при цьому необхідно слідкувати за тим, щоб крани на трубопроводах, які сполучають колону з вакуум-переривниками, були обов'язково відкриті.

Потім звільняють від рідини вакуум-переривники, паро й водо регулятори, гідравлічні затвори, теплообмінники та інші елементи установки. Відкривають кришки

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

люків і лазів колон, знімають кришки теплообмінників, все устаткування добре промивають, очищають і оглядають для виявлення дефектів. Незалежно від стану установки під час зупинки проводять ревізію насосів, всі внутрішні деталі бражної колони очищають від накипу (осаду), перепаковують всі фланцеві з'єднання, які мали витоки, приводять у порядок запірну арматуру (притирання й набивання сальників), очищають від бруду й накипу теплообмінну апаратуру, оглядають внутрішні частини колон, спрацьовані деталі ремонтують або заміняють новими, тарують і регулюють контрольно-вимірні прилади, промивають і очищають від бруду водяний колектор, водонапірний бак, очищають і промивають скло на ліхтарях і ротаметрах.

Накип може бути видалений з поверхні теплопередачі в дефлегматорах механічним або хімічним способом. Механічна очистка здійснюється шарошками, а потім металевими щітками, йоржами, а хімічна - спочатку розчином соди (суміш кальцинованої й каустичної), а потім після 5 - 10-хвилинного промивання водою - розчином соляної кислоти.

Порушення в нормальній роботі брагоректифікаційної установки можуть виникнути з самих різних причин. Деякі причини порушення нормальної роботи установок, способи їх виявлення й рекомендації по усуненню виявлених причин, наведено в таблиці 4.1.

					ПОХНВ.Р.00.00.00.ПЗ	Арк.
						66
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 4.1 Деякі неполадки в роботі брагоректифікаційних установок, та способи їх виявлення та усунення.

Можлива причина	Характерна ознака або спосіб виявлення неполадок	Спосіб усунення або рекомендації щодо усунення неполадок
Трубопровід, який сполучає колону з пробним холодильником, засмічений; штуцер для відбору проби з колони врізано в рідинний простір; неправильно прокладено трубопровід, що сполучає пробний холодильник з колоною - на ньому є прогини, які утворюють гідравлічний затвор	У ліхтар пробного холодильника не надходить конденсат	Перевірити положення трубопроводу, який сполучає пробний холодильник з колоною, промити його: якщо трубопровід менший 25мм, замінити його більшим
Змійовик пробного холодильника забруднений	У ліхтарі пробного холодильника гарячий конденсат, не зважаючи на те, що в холодильник подається достатня кількість води	Очистити змійовик від забруднення
Трубопровід, який сполучає парорегулятор з колоною (імпульсна труба), засмічений	Гідравлічний парорегулятор не працює, тиск у манометричній трубці парорегулятора значно менший, ніж у манометричній трубці вакуум переривника	Прочистити трубопровід
Штуцер для відведення конденсату відігнуто вверх або горизонтально ділянки труб мають "мішки"	Рідина викидається в ліхтарі конденсатора поштовхами, тиск у верхньому вакуум-переривнику різко коливається	Виправити положення штуцера, який повинен бути установлений горизонтально або з похилом у бік ліхтаря
На піднятих ділянках : комунікацій води між Уловлювачами конденсаторами, дефлегматорами немає повітряних хідників	Після перегрівання конденсаторів і уловлювачів вода тривалий час не надходить з колектора в дефлегматор	Установити повітряні хідники на всіх піднятих ділянках

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ПОХНВ.Р.00.00.00.ПЗ

Арк.

67

У трубопровод, що сполучає колону з парорегулятором.зависла рідина: неправильно вибрано місце установки штуцера або на горизонтальних ділянках труби є прогини; діаметр трубопроводу менший 40мм	Парорегулятор працює нормально, тиск у манометричній трубці різко коливається й нижчий, ніж у манометричній трубці нижнього вакуум-переривника	Виправити положення штуцера й трубопроводу: штуцер врізати якомога вище з похилом в бік колони: від штуцера трубопроводу зразу повинен переходити в стояк, а його горизонтальних ділянках повинен бути похил у бік колони не менше 3%:
Вакуум - переривник встановлено нижче штуцера на колоні, до якого під'єднано вакуум - переривник	Вакуум - переривник працює ненормально, тиск у манометричній трубці вищий фактичного	Підняти вакуум-переривник з таким розрахунком, щоб штуцер труби, яка сполучає вакуум-переривник з колоною, був не нижче штуцера на колоні; на горизонтальних ділянках трубопроводів повинен мати похилу бік колони не менше
Поплавок регулятора наповнений рідиною	Парорегулятор не регулює подачу пари, заслінка весь час відкрита, не зважаючи на те, що рівень рідини за манометричним склом перевищує середнє положення поплавка	Вийняти поплавок, видалити рідину й усунути течу
Валик заслінки або шток клапана заїдає, перекіс або заїдання в шарнірах важелів і штанги	Парорегулятор подає пару в колону нерівномірно	Відремонтувати шток клапана, перевірити правильність штанги та її з'єднання з важелями
Несправний конденсатор-Відвідник	Випарник для закритого обігрівання колони працює добре- забезпечує нормальне нагрівання колони, але витрачається багато пари в	Виявити і усунути несправність
Засмічений гідрозатвор; У гидрозатворі утворюються повітряні пробки	Рідина не стікає з уловлювача, конденсатора, парорегулятора і т.д.	Прочистити; колектори для збирання рідини з гидрозатворів повітряними

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ПОХНВ.Р.00.00.00.ПЗ

Арк.

68

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

Аналіз потенційних небезпек та шкідливих факторів під час роботи обладнання

Браго ректифікаційне відділення не є джерелом підвищеного шуму та вібрації, але, разом з тим, деяка частина допоміжного обладнання є джерелом шуму і вібрації. Найбільші з них - це насоси, бардорегулятор, піногасник. Все це допоміжне обладнання розміщене всередині приміщення. Крім того, конденсатори є джерелом газовиділення; підігрівники бражки є джерелом незначного тепловиділення; все обладнання, що оснащено електроприводами є джерелом електробезпеки.

Зменшення шуму та вібрації досягається встановленням обладнання на вібраційні основи; для запобігання газовиділення корпуси та газовідвідні труби ретельно ізолюються; все електрообладнання заземляється.

Для підвищення працездатності та збереження здоров'я робітників важливо створити стабільні метеорологічні умови за ГОСТ 12.0.005-84 ССБТ. В поняття метеорологічні умови повітряного середовища входять: температура повітря; відносна вологість; швидкість руху повітря; інтенсивність теплового опромінення.

Нормальне самопочуття людини під час виконання будь-якої роботи може бути досягнуто за певної комбінації цих параметрів. Значення параметрів, які забезпечують найкраще самопочуття і найвищу працездатність людини, вважають оптимальними нормами мікроклімату.

Норми мікроклімату встановлюються в залежності від періоду року та категорії робіт. Періоди року поділяються на теплий і холодний (середньодобова температура $> +10^{\circ}\text{C}$ та $< -10^{\circ}\text{C}$ відповідно до сезону). Службу охорони праці на підприємстві очолює інженер з охорони праці та техніки безпеки, який призначений директором підприємства. Служба техніки безпеки підпорядкована головному інженеру службою охорони праці на підприємстві розроблено організаційно-технічні заходи по охороні праці, які включають заходи по

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

запобіганню нещасних випадків і профзахворювань на виробництві і по загальному поліпшенню умов праці.

Служба охорони праці на підприємстві здійснює постійний контроль за додержанням працівниками технологічних процесів, правил поведження з машинами, механізмами та устаткуванням, виконанням робіт у відповідності до вимог щодо охорони праці.

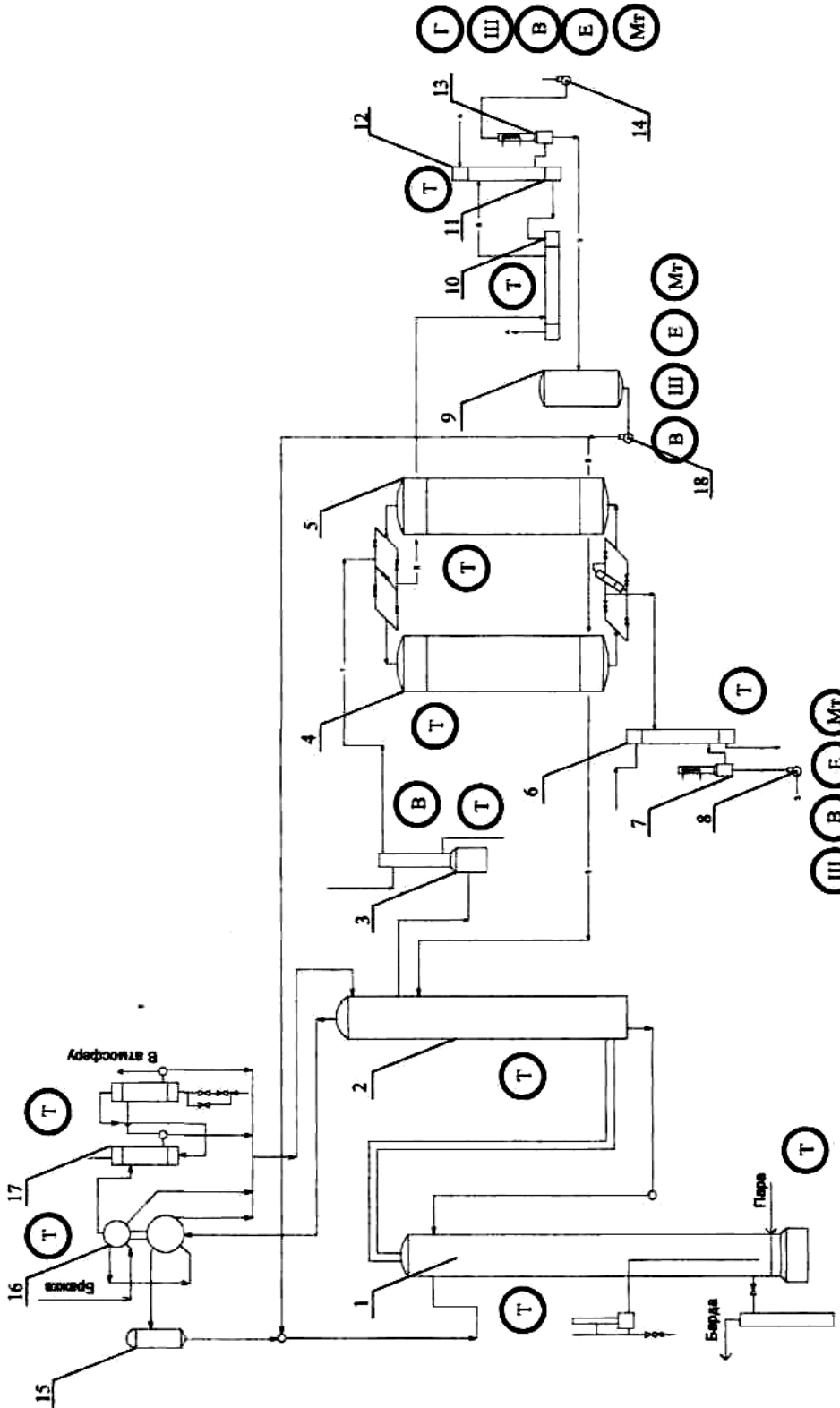
В цехах та робочих місцях вивішені "Інструкції з техніки безпеки"

Санітарні умови праці на виробництві

Етиловий спирт - прозора, безкольорова ЛЗР густиною 0,79 кг/дм³, легкозаймиста речовина. При попаданні в організм викликає наркотичне отруєння. Пари спирту теж шкідливі для організму людини. ГДК у повітрі робочої зони для парів етилового спирту - 1000 мг/м³, токсична концентрація - 16 г/м³, при якій можлива смерть.

Таблиця 5.1 Санітарні умови у брагоректифікаційному відділенні

Найменування професій	Шкідливості у повітрі робочої зони			Група виробничих процесів за СНиП 2.09.04-87	Санітарна характеристика виробничого процесу
	Найменування	Клас небезпеки за ГОСТ 12.1.005-88	Величина ГДК, мг/м		
Апаратник перегонки і ректифікації спирту	Спирт етиловий	IV	1000	ІВ	Процеси, які спричиняють забруднення речовинами 3 і 4 класів небезпеки тіла і спецодегу, що видалається із застосуванням спеціальних миючих засобів



- 1 - бражна колона
 - 2 - спиратійна колона
 - 3 - перетрівач спирту
 - 4, 5 - адсорбери
 - 6, 10, 11, 12 - теплообмінники
 - 7, 13 - спиртовловлювачі
 - 8, 14, 18 - насоси
 - 9 - проміжний збірник
 - 15 - сенсатор
 - 16 - дефлегматор
 - 17 - конденсатор
- Ш - шум
 - В - вібрація
 - Г - газо-паровиділення
 - Е - електробезпека
 - Ш - механічні травми
 - Ш - тепловиділення
 - Ш - вологовиділення

Мікроклімат виробничого приміщення.

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 5.2.

Таблиця 5.2 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	допустима	оптимальна	Допустима	оптимальна, не більше	допустима, не більше	оптимальна	допустима	оптимальна	допустима	оптимальна, не більше	допустима, 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

В приміщенні, де розташована бражна колона, допускаються такі оптимальні параметри:

- температура повітря 17...19 °C;
- відносна вологість 40...60 %;
- швидкість руху повітря 0,2 м/с.

За результатами вимірювання на даному робочому місці спостерігається:

- температура повітря 17 °C;
- відносна вологість 50 %;
- швидкість руху повітря 0,1 м/с.

Порівнюючи виміряні значення параметрів з допустимими приходимо до висновку, що зазначені параметри повітряного середовища знаходяться в межах

норм і до погіршення самопочуття, передчасної втоми працюючих, а також до зниження їх працездатності не призводять.

Освітлення виробничих приміщень

У цеху БР застосовується природне і штучне освітлення. Допустиме значення освітленості за СНиП II-4-79 тут – 0.8%, а виміряне – 0.4% .

Штучне освітлення здійснюється за допомогою люмінесцентних ламп типу ЛСП-18. Основними недоліками цих ламп є: складність схеми вмикання; обмежена одинична потужність і великі розміри при даній потужності; залежність характеристик ламп від температури навколишнього середовища і напруження мережі живлення; шкідливі для зору пульсації світлового потоку при живленні лампи змінним струмом, які можливо виправити вмиканням ламп у протифазі або за допомогою спеціальних схем вмикання. Але люмінесцентні лампи мають ряд істотних переваг: висока світлова віддача, яка досягає 76 лм/Вт; великий термін служби; можливість мати різний спектральний склад світла; незначний нагрів поверхні трубки, тощо.

Для загального освітлення освітлювальна арматура розміщується у верхній зоні приміщення. Вмикання освітлення здійснюється із щита освітлення. Цей щит монтується на висоті 1,2 м. від рівня підлоги. Також на заводі передбачено і аварійне освітлення.

Шум і вібрація, методи боротьби

У приміщенні, де розташована БК, утворюється шум та вібрація від роботи основного технологічного обладнання, а також від роботи інших допоміжних механізмів. За ГОСТ 12.1.003-83 ССБТ та ГОСТ 12.1.012-90 рівень шуму тут повинен складати 80, а фактично є 83. Заходи по боротьбі з шумом і вібраціями можна розділити на дві основні групи: організаційні і технічні.

Основними організаційними заходами є:

- мінімальні динамічні навантаження, правильний монтаж обладнання;
- правильна експлуатація обладнання, своєчасне проведення ремонтів;
- проведення санітарно-профілактичних заходів (раціональні режими праці і відпочинку, профогляди та ін.) для працюючих.

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

До основних технічних заходів відносять:

- використання основ і фундаментів, що відповідають динамічному навантаженню обладнання;
- ізоляція фундаментів від несучих конструкцій і технологічних комунікацій;
- теплоізоляція трубопроводів.

Головними напрямками боротьби з шумом є його послаблення або ліквідація безпосередньо в джерелі утворення.

Електробезпека

У зв'язку з тим, що технологічне обладнання працює від електромережі, існує небезпека ураження людини електричним струмом. Він може викликати термічну, хімічну, механічну та біологічну дію.

БР відділення, відноситься до категорії Д по електробезпеці згідно з ПУЕ , а у відношенні ураження людей електричним струмом до приміщень з підвищеною небезпекою.

Обладнання і експлуатація електричних установок на підприємстві здійснюється з дотриманням “Правил техніки безпеки при експлуатації електротехнічних установок промислових підприємств”.

При обслуговуванні електроустановок користуються захисними засобами: ізольованими кліщами, діелектричними рукавицями, заземленими дротами. Всі захисні засоби підлягають періодичним випробуванням, норми і терміни яких встановлюються “Правилами технічної експлуатації електроустановок споживачами” і “Правилами техніки безпеки при експлуатації електроустановок споживачами”. Велике значення має такий вид захисту, як попереджувальні плакати. Останні поділяються на 4 групи: застерігаючі, забороняючі, дозволяючі, нагадуючі.

Обслуговування брагоректифікаційного відділення здійснюється двома операторами, що вивчили принцип роботи та будову обладнання. Вони повинні знати всі інструкції правил безпеки, ознайомитися із всіма процедурами техніки безпеки, аварійними процедурами і протипожежними заходами; знати, як

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

уникнути поранень. Тому до роботи на брагоректифікаційного відділення, їх технічного обслуговування і ремонту допускаються особи, які пройшли теоретичну і практичну підготовку.

Перед початком виробничого сезону трубопроводи потрібно перевіряти на герметичність.

Розрахунок теплової ізоляції

Визначаємо коефіцієнт тепловіддачі від зовнішньої неізольованої поверхні апарату до повітря (Вт/(м²·К))

$$\alpha_{i3} = 9,74 + 0,07 \cdot (t_{ст} - t_{п}) = 9,74 + 0,07 \cdot (125 - 20) = 17,09 \quad (5.1)$$

де $t_{п} = 20$ °С – температура навколишнього середовища

Визначаємо втрати тепла неізольованою стінкою

$$q_1 = \frac{t_{ст} - t_{п}}{\frac{1}{\alpha_{i3}}} = \frac{125 - 20}{\frac{1}{17,09}} = 1794,45 \quad (5.2)$$

Визначаємо втрати ізолюваним апаратом з врахуванням ККД ізоляції (Вт/м²)

$$q_2 = (1 - \eta_{i3}) \cdot q_1 = (1 - 0,95) \cdot 1794,45 = 89 \quad (5.3)$$

де $\eta_{i3} = 0,95$ – ККД совелітової ізоляції

Визначаємо λ_{i3} для совелітової ізоляції:

$$\lambda_{i3} = 0,09 + 0,000087 \cdot t \quad (5.4)$$

де t_{i3} - середня температура ізоляції (°С)

Визначаємо середню температуру ізоляції (°С)

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

$$t_{i3} = \frac{t_{ст} + t_3}{2} = \frac{125 + 36}{2} = 80,5 \quad (5.5)$$

де $t_3 = 36 \text{ }^\circ\text{C}$ – температура зовнішньої поверхні ізоляції

Знайдені величини підставляємо у формулу і обчислюємо

$$\lambda_{i3} = 0,09 + 0,000087 \cdot 80,5 = 0,09$$

Визначаємо необхідну товщину ізоляції

$$\delta_{i3} = \frac{\lambda_{i3}}{q_2} \cdot (t_{ст} - t_3) = \frac{0,09}{89} \cdot (125 - 36) = 0,09 \quad (5.6)$$

Приймаємо прошарок теплової ізоляції товщиною $\delta_{i3} = 100\text{мм}$

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

ВИСНОВКИ

В даній кваліфікаційній роботі спроектована браго ректифікаційна установка для розділення бражки у виробництві етилового спирту.

Приведені розрахунки, що підтверджують доцільність прийнятих технічних і конструкторських рішень.

При проектуванні прийнято раціональну конструкцію бражної колони з використанням ситчатих тарілок .

Матеріал, з якого виготовлений апарат, є корозійностійким до бражки і бражного дистиляту , що дозволяє уникнути додаткових витрат на відповідні ремонтні роботи.

Технологічними та конструктивними розрахунками підтверджено працездатність апаратів та установки в цілому.

В роботі приведені методи ремонту і монтажу обладнання, визначені основні виробничі небезпеки і шкідливі фактори.

					ПОХНВ.Р.00.00.00.ПЗ	Арк.
						77
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Технологія спирту /В.О.Маринченко, В.А.Домарецький, Л.Шиян, В.М.Швець, П.С.Циганков, І.Д.Жолнер/.-Вінниця:Поділля-2000, 2003.-496с.
2. Оборудование спиртовых заводов. /КолосковС.П., ЯровенкоВ.Л.,Стабников В.Н., Устинников Б.А/.- М. Легкая и пищевая промышленность,1975.
3. Цыганков П.С. Ректификационные установки спиртовой промышленности.-М.:Легкая и пищевая промышленность, 1984-336с.
4. Халаим А. Ф., Панченко И. Н. Оборудование предприятий спиртовой и ликеро - водочной промышленности - М.: Пищевая промышленность - 1976.
5. Грязнов В. П. Практическое руководство по ректификации спирта - М.: Пищевая промышленность - 1968 - 191 с.
6. Павлов К. Ф., Романков П. Г., Носков А. А. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии. — Л.: Химия, 1981.— 560 с.
7. Лацинский А.А, Толчинский А.Р. Основи конструювання й розрахунків хімічної апаратури. - М.: Машгиз, 1963.
8. Фарамазов В.Н. Ремонт и монтаж химического и нефте-перерабатывающего оборудования: -М.: Химия, 1985.-246с.
9. Циганков П.С. Монтаж і експлуатація брагоректифікаційних установок.- Київ: Техніка,1970.-315с.
10. Основи охорони праці / М. П. Купчик, М. П. Гандзюк, І. Ф. Степанець та ін.// К.: Основа, 2000. – 416 с.
11. Правила безпеки для спиртового та лікеро-горілчаного виробництва. - Київ, 1997 - 362 с.

					ПОХНВ.Р.00.00.00.ПЗ	Арк.
						78
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		