

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

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

**Тема роботи : Брагоекюраційна установка у виробництві
етилового спирту . Розробити підігрівач бражки**

Виконав:

Студент групи ХМдн-74чк Захарченко В.В.

прізвище та ініціали

Залікова книжка N _____

Захищений з оцінкою:

Керівник:

ст.викл, к.т.н Скиданенко М.С.

посада, прізвище та ініціали

підпис

**СУМИ
2020**

СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет технічних систем та енергоефективних технологій

Кафедра «Процеси та обладнання хімічних і нафтопереробних виробництв»

ЗАВДАННЯ до кваліфікаційної роботи бакалавра

Студенту

Захарченку Віталію Вікторовичу

1 Тема роботи :Брагоспюраторна установка у виробництві етилового спирту. Розробити підігрівач бражки

2 Вихідні дані: Продуктивність 6000 дал/добу, вміст спирту в бражці 6.8%, концентрація сухих речовин у бражці 10 % мас.

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

- 1) Схема технологічна 1 А1
- 2) Підігрівач бражки 1 А1
- 3) Секція бражна 1 А1
- 4) Секція бражна (вузли) 1 А1

4 Рекомендована література

Згідно Методичних вказівок по виконанню випускової кваліфікаційної роботи бакалавра, Суми, 2019 рік.

5 Етапи виконання кваліфікаційної роботи бакалавра:

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

Дата видачі завдання

_____ 20__ р.

Керівник

ст.викл,к.т.н СкиданенкоМ.С.

підпис

посада, прізвище та ініціали

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 79 сторінок., 5 рис., 11 літературних джерел.

Графічні матеріали: технологічна схема виробництва, складальне креслення апарата, креслення складальних одиниць – всього 4, листи формату А1.

Тема роботи: *"Брагоенюраційна у виробництві етилового спирту. Розробити підігрівач бражки."*

В технологічній частині обгрунтовані теоретичні основи процесу, приведений опис технологічної схеми, приведено опис бражного підігрівача і принцип його роботи, складені матеріальні та теплові баланси, виконані конструктивні розрахунки, визначено гідравлічний опір апарата. Вказані методи проведення ремонтних та монтажних робіт.

В розділі охорона праці наведені шкідливі та небезпечні виробничі фактори, що виникають при обслуговуванні обладнання.

Розрахунки на міцність підтверджують працездатність та надійність роботи апарата.

Ключові слова: ПЕРЕГОНКА, БРАЖКА, ПІДІГРІВАЧ, РОЗРАХУНОК, КОНДЕНСАТОР, БАРДА, ДИСТИЛЯТ.

ЗМІСТ

Вступ.....	5
1. Технологічна частина	
1.1 Опис технологічної схеми виробництва.....	7
1.2 Теоретичні основи процесу.....	14
1.3 Опис об'єкту розроблення та вибір основних конструктивних матеріалів.....	21
2. Технологічні розрахунки процесу і апарата	
2.1. Матеріальний та тепловий баланси.....	26
2.2. Технологічні розрахунки.....	30
2.3. Конструктивні розрахунки апарата.....	33
2.4. Гідравлічний опір апарата.....	37
2.5 Вибір допоміжного обладнання.....	39
3. Розрахунки апарата на міцність та герметичність	
3.1. Визначення товщини стінки апарата і кришки.....	44
3.2. Розрахунок фланцевого з'єднання.....	47
3.3. Розрахунок опори апарата.....	58
4. Монтаж та ремонт апарата	
4.1 Монтаж розробленого апарата.....	64
4.2 Ремонт апарата.....	67
5. Охорона праці.....	70
Висновки.....	78
Список літератури.....	79
Додаток Б - Специфікації	

					ПОХНВ. Т.00.00.00 ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата				
Розроб.		Захарченко			Брагепюраційна установка у виробництві етилового спирт. Розробити підварівач бражки	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Скиданенко					4	79
Н. контр.		Скиданенко			СумДУ, гр. ХМдн-74чк			
Затв.		Складінський						

Вступ

Основним напрямом розвитку економіки нашої країни являється всебічне підвищення ефективності виробництва. Вітчизняні технології не поступаються за ефективністю кращим досягненням європейських держав, вони передбачають виробництво харчових продуктів широкого асортименту та високої якості. Але наявне устаткування переважно має низькі техніко-економічні показники (не високу продуктивність, велику матеріальну та енергетичну ємкість), що обумовлює підвищення собівартості та зниження якості продукції.

Від розвитку харчової промисловості і стабільності її функціонування залежить стан економіки, розвиток внутрішнього і зовнішнього ринків, добробут населення та безпека держави.

У зв'язку з різким зниженням обсягів експортних поставок спирту, потужності спиртових заводів використовуються менше на 25 відсотків і істотно збільшити виробництво спирту у зв'язку з відсутністю попиту неможливо.

Для збільшення обсягів виробництва, піднесення якості продукції та успішної реалізації її на ринку, виробники покликані постійно підвищувати ефективність зберігання і переробки продовольчої сировини, розширювати асортимент товарів, застосовувати новітні технології й обладнання.

Спиртове та лікєро-горілчане виробництво в Україні – одна з важливих галузей харчової промисловості, від якої значною мірою залежить надходження коштів до Державного бюджету. В країні створено потужну виробничо-технічну базу з виробництва спирту, що налічує 80 спиртових заводів загальною потужністю понад 68 млн. дал спирту на рік. У 1995 – 1996 роках Україна посідала 4 місце в світі з випуску спирту після Бразилії, США та Росії. Основні напрямки використання спирту – виробництво горілки (60%), виноробної (15%) та іншої (25%) продукції.

Нині практично всі українські виробники спирту об'єднані в державний концерн «Укрспирт», до якого входять 8 обласних державних об'єднань спиртової

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

та лікєро-горілчанї промисловості. У підпорядкуванні концерну – 113 підприємств із державною формою власності й 23 асоційованих члени з різними формами власності. Виробничі потужності цих підприємств за останні роки використовуються лише на 40%, а то й менше.

Ємкість алкогольного ринку України спеціалісти оцінюють у 32-33 млн. дал горілки та міцних лікєро-горілчаних напоїв на рік (до 4млрд. грн. у роздрібних цінах).

Прискорення науково-технічного прогресу в спиртовій промисловості вимагає створення безвідходних технологій, максимальної механізації і автоматизації виробництва, втілення нових видів високопродуктивного обладнання та підвищення якості продукції.

Однією з найголовніших операцій при виробництві спирту є його перегонка на браго-ректифікаційних установках (БРУ). Саме від типу БРУ залежить міцність і якість спирту. Найпоширенішими є трьохколонні установки, які включають в себе бражну, епюраційну та ректифікаційну колони. В даному дипломному проекті розроблено конденсатор бражної колони, який входить до складу брагоректифікаційної установки непрямої дії спиртзаводу потужністю 9000 дал спирту на добу.

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

1 Технологічна частина

1.1 Опис технологічної схеми установки [2]

Спирт-сирець виділяється з бражки з усіма леткими домішками і доводиться до заданої концентрації. Слабкоградусні (неміцні) спирти можуть бути в межах 35...65 об. %; більш концентровані - 88...96 об. % .

Слабкоградусні спирти, як правило, одержують на кубових установках періодичної дії за принципом простої перегонки або за допомогою перегонки у неповній відгінній ректифікаційній колоні.

Спирт-сирець концентрований (88 об. % і вище) одержують на одно- і двоколонних ректифікаційних установках. У процесі одержання спирту-сирцю з бражки відганяють етанол разом з більш леткими, порівнюючи з етанолом, домішками. Одноколонна сирцева установка складається з повної ректифікаційної колони, дефлегматора і холодильника. Бражка нагрівається в дефлегматорі й надходить в середню частину колони. У нижній частині колони (відгінній або бражній) спирт вилучається з бражки парою, яка вводиться в кубову частину колони. Бражка, звільнена від ЛЛК зустрічним потоком пари у нижній частині колони, називається бардою. Барда безперервно виводиться з колони через гідрозатвор або бардорегулятор. У відгінній частині колони звичайно встановлюють 18...22 тарілки. На типових сирцевих ректифікаційних установках у верхній частині колони (концентраційній або спиртовій) встановлюють 9... 10 ситчастих або багатоковпачкових тарілок, на яких відбувається концентрування спирту у вихідному потоці пари внаслідок контакту з зустрічним потоком флегми, що стікає. Спиртова пара, концентрацією біля 88 об. %, з колони надходить у дефлегматор, де значна його частина (біля 2/3) конденсується, віддаючи теплоту бражці та воді, утворюючи флегму ($R = 2$). Залишкова частина (біля 1/3) спиртової пари надходить у холодильник, де конденсується, і спирт-сирець охолоджується.

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

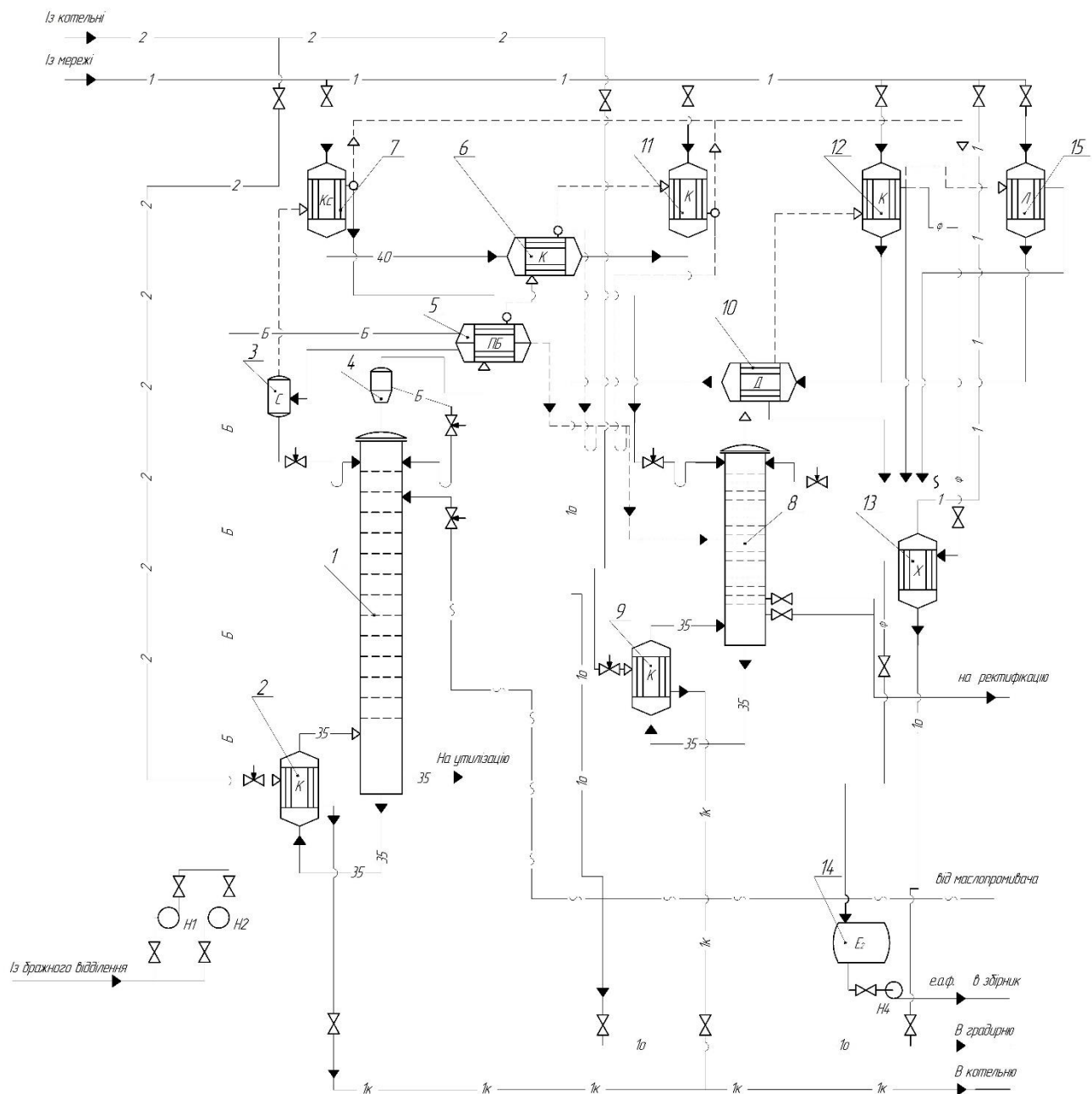


Рисунок 1.1 – Схема технологічна браго епіраційної установки

При виробленні спирту-сирцю з більш високою концентрацією кількість тарілок у концентраційній частині збільшують до 30...50 шт. і здійснюють більший відбір компонентів сивушного масла (проміжних домішок).

У двоколонних сирцевих установках спирт виділяється у відгінній колоні, водно-спиртова пара з якої надходить у повну спиртову колону, де він концентрується за рахунок флегми. У відгінній частині спиртової колони спирт вилучається гріючою парою; з куба відгінної колони - відводиться так звана лютеріїа вода (залишок) у типових сирцевих установках бражна колона звичайно

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

має 18...22 тарілки, спиртова - 9... 10 в концентраційній та 14... 16 у відгінній частинах. Підчас вироблення концентрованого спирту число тарілок у концентраційній частині спиртової колони збільшують.

Зараз у промисловості застосовують тільки одноколонні сирцеві установки. У порівнянні з двоколонними установками вони простіші за конструкцією і в експлуатації, у них менше витрачається пари й води, їх легше автоматизувати, проте мають більшу робочу висоту та дають барду з меншим вмістом сухих речовин, оскільки вона змішується з лютерною водою.

Апаратурно-технологічна схема типової одноколонної сирцевої установки з усіма допоміжними елементами наведена на рис. 10.16. З метою відокремлення діоксиду вуглецю, який виділяється з нагрітої у дефлегматорі бражки, її пропускають через сепаратор. Разом з діоксидом вуглецю із сепаратора виходить і деяка кількість спиртової пари, яку уловлюють у конденсаторі. Спиртовий конденсат спрямовують до концентраційної частини колони, а діоксид вуглецю через повітряновідвідник викидається в атмосферу.

Після холодильника встановлюють фільтр, що затримує завислі частинки, які можуть потрапити у спирт при порушенні режиму роботи колони, наприклад, при перекиданні бражки до концентраційної частини, і у дефлегматор при інтенсивній роботі установки та сильному піненні бражки. Як фільтруючий матеріал використовують грубововняне сукно.

Для регулювання роботи установки існує ряд регулюючих пристроїв, а для оперативного управління використовують контрольно-вимірювальні прилади.

Бардорегулятор (або гідравлічний затвор) призначений для безперервного видалення барди з колони, він також перешкоджає виходу з неї гріючої пари. Регулятори встановлюють на лініях подачі бражки, пари, води у дефлегматор і холодильник.

Нижній та верхній вакуум-переривач (гідроманометри) використовують для контролю за тиском у колоні; вони ж є запобіжними пристроями (при підвищенні або зниженні тиску в колоні у порівнянні з допустимим вона через вакуум-переривач з'єднується з атмосферою).

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

Пробний холодильник дає можливість контролювати вміст спирту у барді (втрати). Через нього безперервно проходить невеликий потік пари, що відбирається з кубової частини колони або бардорегулятора, й конденсується. У конденсаті пари визначають вміст спирту. Для контролю за температурним режимом встановлюють термометри у нижній, середній і верхній частинах колони, на лінії введення до неї бражки й для заміру температури спирту.

Для обліку кількості спирту, що виробляється, ректифікаційні установки укомплектовують спиртовимірвальними приладами.

Бражка (особливо мелясна та недозріла) сильно піниться, тому в бражних колонах встановлюють тарілки на відстані 280...340 мм одинарного (при малій потужності) або подвійного кип'ятіння. З бражки звичайно виділяються осади, які засмічують тарілки, тому над кожною з них вмонтовують у стінці колони люки для огляду та чистки.

У концентраційній частині колони встановлюють ситчасті, багатоковпачкові або клапанні тарілки з міжтарілковою відстанню 170 мм. Вони дуже чутливі до засмічення, тому між бражною частиною колони та концентратора передбачається сепараційний пристрій (піновловлювальник у двоколонних установках, збільшена до 1 м міжтарілкова відстань в одноколонних).

Колони обігріваються відкритою або закритою парою. При закритому обігріванні конденсат гріючої пари повертається у парові котли, зменшується кількість стоків, підвищується концентрація сухих речовин у барді на 0,5... 1 % у порівнянні з відкритим обігрівом.

Дефлегматори сирцевих установок, як правило, - горизонтальні кожухотрубні багатоходові теплообмінники. У комбінованих теплообмінниках по більшій частині трубок дефлегматора рухається бражка, а по меншій - холодна вода. Пара, що конденсується, і бражка, яка нагрівається в дефлегматорі, повинні перемішуватися протитечійно, що дозволяє підвищити температуру нагрівання бражки.

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

Холодильник спирту, як правило, комбінований - у верхній частині, де конденсується пара, він кожухотрубний, у нижній, де відбувається охолодження спирту, - змієвиковий. Бражка, барда й спиртопродукти мають високу кислотність, тому всі деталі, що стикаються з ними, виготовляють з міді або нержавіючої сталі.

Сирцеві ректифікаційні установки звичайно розміщують в окремому ізольованому триповерховому приміщенні. На висоті 4...6 м розташовують робоче місце апаратника, на якому зосереджені всі регулюючі й контрольні-вимірювальні пристрої. На 3-му поверсі на висоті 10... 12 м розміщують дефлегматор, сепаратор диоксиду вуглецю та конденсатор.

Експлуатація ректифікаційної установки зводиться до вибору й стабілізації оптимального режиму її роботи, під час якої необхідно суворо стежити за подачею бражки, пари й води, за відводом спирту, барди та лютерної води (у двоколонних установках).

В одноколонній сирцевій установці подача бражки регулюється в залежності від завантаження колони спиртом. Нормальним завантаженням вважається таке, при якому концентрація спирту в бражці дорівнює концентрації його у флегмі, що стікає на тарілку живлення.

При такому режимі колона повинна мати мінімум тарілок для заданого розділення суміші й буде працювати з мінімальною витратою пари й води.

У роботі нерідко концентрація спирту в бражці й флегмі не співпадає. У цьому випадку колона буде або вичерпана, або перевантажена спиртом. Щоб виключити втрати спирту, необхідно або зменшити подачу живлення, або збільшити відбір спирту чи подачу пари й води. Як в тому, так і в іншому випадку колона буде працювати з меншою продуктивністю й більшими витратами енергії. Оптимальний режим роботи колони по живленню може бути визначений за температурою на живильній тарілці, вона приблизно повинна дорівнювати температурі кипіння бражки, тобто 93...94° С.

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

Коли колона перевантажена спиртом (температура на тарілці живлення нижче оптимальної), треба або зменшити приплив бражки, або збільшити відбір спирту.

Визначальними параметрами оптимального режиму роботи установки також будуть концентрація спирту-сирцю (не нижче заданої) і відсутність наднормативних втрат спирту з бардою. При нормальній роботі установки у барді допускається вміст спирту не більше 0,015 об. %. Вважається, що в пробний холодильник надходить пара, вміст спирту в якій знаходиться у рівновазі з вмістом спирту в барді. При малих концентраціях спирту в барді (менше 1 об. %) коефіцієнт випаровування спирту $K \sim 13$, отже, вміст спирту в пробі з холодильника повинен бути не біль- більшим $0,015 \cdot 13 = 0,195$ об. %.

При постійній і оптимальній подачі бражки роботу колони регулюють зміною подачі пари до неї та води в дефлегматор. Подачу пари регулюють так, щоб при заданій концентрації спирту-сирцю не було втрат спирту з бардою. Не варто прагнути до високої (наднормативної) концентрації спирту, оскільки з її підвищенням значно збільшуються питомі витрати пари й води, знижується продуктивність установки. Зміною подачі води у дефлегматор регулюють відбір спирту, а зміною подачі води у холодильник - температуру спирту після холодильника.

Температура спирту перед надходженням у спиртовимірювальні прилади повинна бути 20°C (найменша похибка вимірювання).

На роботу сирцевої установки дуже впливає температура бражки, що надходить у колону. Нормальною вважається температура $75...80^{\circ} \text{C}$. Зі зниженням її збільшуються питомі витрати пари. Низька температура бражки може бути зумовлена або недостатньою поверхнею теплопередачі бражної частини дефлегматора, або забрудненням його поверхні теплопередачі.

У сучасних сирцевих установках подачу бражки, пари й води змінюють за допомогою автоматичних регуляторів в залежності від різних параметрів : бражки - від температури на тарілці живлення, пари - від тиску в нижній частині колони,

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

води у дефлегматор — від концентрації спирту, а води у холодильник — від його температури.

Тиск у нижній частині колони звичайно підтримується у межах 0,8... 1,5 м вод.ст. (8-15 кПа); тиск у верхній частині колони залежить від стану і площі поверхні теплопередачі дефлегматора і може змінюватись у межах 0,1 ...0,5 м вод.ст. А-5 кПа). Витрати пари й води на сирцевих установках коливаються у широких межах і залежать від концентрації спирту в бражці й спирті-сирці, стану і конструкції установки, а також від режиму експлуатації. На 1 дал спирту-сирцю витрачається 18...26 кг пари та 0,1...0,15 м³ води. Втрати при одержанні спирту звичайно не перевищують 0,3 % спирту, введеного з бражкою. Спирт-сирець і бражний дистилят - це багатокомпонентна суміш. Для розді- розділення їх застосовують декілька послідовно працюючих ректифікаційних колон, кожна з яких розділяє поступаючу до неї суміш на дистилят, що складається з одного чи кількох легколетких компонентів, та залишок, що складається із одного чи кількох важколетких компонентів.

В бражній колоні з бражки виділяють спирт і легкі компоненти бражки. Барду відводять з куба колони через гідрозатвор у випарювач. З нього барду температурою 78-82 °С виводять через барометричний затвор у збірник барди. Для виділення спирту з бражки і його очищення застосовується ректифікація.

В даній кваліфікаційній роботі з бродильного відділення бражку насосом подають в підігрівач бражки(поз.5), де підігрівається парами бражного дистилята з бражної колони(поз.1) до 82-86 °С. Підігріта бражка з підігрівача направляється в сепаратор СО₂ (поз.4), а з нього направляють через оглядовий ліхтар на 23 тарілку живлення бражної колони(поз.1), а діоксид вуглецю в суміші з водо спиртовим паром відводять послідовно через конденсатори(поз.7) та спиртвий вловлювач (поз.11) бражної колони в атмосферу. Водоспиртовий конденсат з підігрівача бражки через гідрозатвор відводять безпосередньо в епюраційну колону. Бражна колона(поз.1) гріється через барботер.

Бражний дистилят подається на тарілку живлення епюраційної колони(поз.8).

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

Водноспиртовий пар з епюраційної колони відводять послідовно в дефлегматор (поз.10), конденсатор(поз. 11) , спиртоловушку(поз.15). Флегма із дефлегматора, конденсатора на верхню тарілку епюраційної колони. Головну фракцію відводять до холодильника(поз.13) для охолодження, з холодильника до ротаметра і потім через ліхтар, контрольний спирто вимірювальний пристрій відводять у спиртоприймальне відділення.

1.2 Теоретичні основи процесу

Теплообміном називають процес передачі теплоти від одного тіла до другого. Необхідною і достатньою умовою для теплообміну є різниця температур між цими тілами. Мірою теплообміну вважають кількість переданої теплоти.

Речовини, які беруть участь у процесі теплообміну, називають теплоносіями. Речовину з вищою температурою називають **гарячим** теплоносієм, а речовину з нижчою температурою — **холодним**. Як гарячі теплоносії в харчовій промисловості найчастіше використовують водяну пару, гарячу воду, нагріте повітря, димові гази і гарячі мінеральні масла, а як холодні теплоносії — воду, повітря, ропу (розсіл), аміак і фреони.

Технологічні процеси виробництва різноманітних харчових продуктів включають цілий ряд основних теплових процесів, що є загальними для більшої частини харчових виробництв.

Наука про теплообмін розрізняє три принципово різних способи поширення теплоти: теплопровідність, конвекцію і випромінювання. Практично теплота поширюється не одним яким-небудь з розглянутих способів, а водночас двома, а ще частіше - всіма трьома. Такий процес називається складним теплообміном.

Розглянемо кожний з цих способів та об'єднуючий їх складний процес переносу теплоти.

Розрізняють два випадки теплообміну: тепловіддачу і теплопередачу. Тепловіддачею називається процес теплообміну між твердим тілом (наприклад,

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

стілкою апарату) і рідиною (або газом), що його омиває. Теплообмін між рідинами, газами, між рідиною й газом, розділеними твердою перегородкою (стілкою), називається теплопередачею. Кількість теплоти, яка передається через стінку за одиницю часу, називається тепловим потоком (має розмірність потужності - Вт). Тепловий потік, віднесений до одиниці поверхні, називається густиною теплового потоку (Вт/м²).

Теплопровідність - це процес передачі теплової енергії від більш нагрітої частини тіла до менш нагрітої внаслідок безпосередньої взаємодії частинок (молекул, атомів, електронів) у їхньому тепловому русі. Теплопровідність у твердих тілах, рідинах і газах відбувається, відповідно, внаслідок:

- передачі енергії теплових коливань між сусідніми молекулами і атомами; крім того, в металах - переважно через рух вільних електронів, що має переважний характер;

- обміну енергією сусідніх молекул і дифузії молекул;

- дифузії молекул.

Теплопровідність розглядається як самостійний процес, що може протікати тільки в твердих тілах (у тому числі твердих харчових продуктах). У рідинах і газах теплопровідність протікає спільно з конвекцією або випромінюванням, або з обома цими процесами водночас. Розглянемо процес передачі теплоти теплопровідністю в твердій стінці. Обов'язковою умовою здійснення такого процесу є різниця температур поверхонь стінки. В цьому випадку в ній утворюється потік теплоти від поверхні стінки з більшою температурою до поверхні стінки з меншою температурою.

Якщо тепловий потік не змінюється в часі і якщо при цьому залишаються постійними температури поверхонь стінки, то такий процес називається усталеним. За основним законом теплопровідності - законом Фур'є - кількість теплоти, що проходить через стінку, прямопропорційна величині поверхні теплообміну, часу, різниці температур на обох її поверхнях (температурному напору) і оберненопропорційна товщині стінки:

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

$$Q = \lambda \cdot S \cdot \tau \cdot \Delta t / \delta$$

де Q - кількість теплоти, що передається, Дж;

λ - коефіцієнт пропорційності, що називається коефіцієнтом теплопровідності, Вт/(м·К);

Δt - різниця температур поверхонь стінки, °С;

S - поверхня теплообміну, м²;

τ - час, с;

δ - товщина стінки, м.

Коефіцієнт теплопровідності характеризує спроможність тіла проводити теплоту й залежить від природи тіла, його структури, температури, густини, вологості та деяких інших факторів. Залежно від значень коефіцієнта теплопровідності матеріали, що використовуються при конструюванні апаратів, умовно поділяються на добрі провідники теплоти - метали й погані - теплоізоляційні матеріали і газу.

Конвекція - це перенос теплоти шляхом переміщення деяких об'ємів (макрооб'ємів) рідини або газу з більш нагрітої області простору в менш нагріту.

Таким чином, конвективний теплоперенос тісно пов'язаний з масоперенесенням і супроводжується теплопровідністю між сусідніми макрооб'ємами. Розрізняють природну (вільну) і змушену конвекції. При природній конвекції переміщення середовища зумовлене меншою густиною більш нагрітих об'ємів і їх підняттям у полі сил тяжіння за законом Архімеда. Якщо переміщення спричинюється штучно вентилятором, насосом, мішалкою, то така конвекція називається змущеною. При цьому розповсюдження теплоти, тобто прогрівання всієї маси рідини (газу), відбувається значно швидше, ніж при вільній конвекції. В загальному випадку поряд зі змущеним рухом водночас може розвиватися й вільний. Перенесення теплоти конвекцією відбувається, якщо стінка (або тверді харчові продукти) сприймає або віддає теплоту, контактуючи з рухомими частинками рідини. Під час протікання потоку рідини в трубах і каналах або під час зовнішнього обтікання тіл у безпосередній близькості від

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

твердої поверхні утворюється особлива зона - пограничний шар, що відіграє надзвичайно важливу роль у процесі конвективного теплообміну. Частинки рідини, які знаходяться в безпосередній близькості від поверхні, немов би "прилипають" до неї, і швидкість потоку в точці, що знаходиться на поверхні стінки, дорівнює нулю. Гальмуюча дія поверхні на потік розповсюджується на деяку відстань δ від поверхні внаслідок в'язкого тертя в рідині. Зона гальмування потоку називається динамічним ламінарним пограничним шаром; у ньому зосереджено основну частину перепаду температур між поверхнею і ядром потоку, а теплота передається теплопровідністю. За межами пограничного шару відбувається інтенсивне вирівнювання температури рідини внаслідок турбулентного її переміщення. Найбільші градієнти температур спостерігаються в пограничному шарі, термічний опір якого в основному визначає інтенсивність тепловіддачі.

Згідно із законом Ньютона - Ріхмана, кількість теплоти, відданої стінкою рідині (або прийнятою від рідини), прямопропорційна поверхні стінки, часу та різниці температур поверхні стінки й рідини (або навпаки):

$$Q = \alpha \cdot S \cdot (t_c - t_0) \cdot \tau$$

де Q - теплота, що передана конвекцією, Дж;

S - поверхня стінки, м²;

τ - час, с;

t_c - температура стінки, °С;

t_0 - температура рідини, °С;

α - коефіцієнт тепловіддачі конвекцією від стінки до рідини (або від рідини до стінки), Вт/(м²·К).

Коефіцієнт тепловіддачі показує, яка кількість теплоти передається від теплообмінної поверхні в 1 м² до потоку рідини, яка її обмиває, (або від цього

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

поток до поверхні теплообміну), протягом одиниці часу при різниці температур поверхні теплообміну і ядра потоку рідини в 1К .

У рівнянні знак різниці $t_c - t_0$ показує напрям передачі теплоти: якщо $t_c > t_0$, то теплота передається від стінки до навколишнього середовища, якщо $t_c < t_0$, то - від середовища до стінки.

Коефіцієнти тепловіддачі від теплоносія до стінки (α_1) і від стінки до теплоносія (α_2) залежать від багатьох факторів: швидкості потоку рідини, її густини, в'язкості, теплоємності, теплопровідності, форми і геометричних розмірів поверхні теплообміну та ін. Тому значення цих коефіцієнтів визначають дослідним шляхом. На основі теорії подібності складають так звані критеріальні рівняння, в які входять шукані коефіцієнти тепловіддачі. Наприклад, критеріальне рівняння, що характеризує теплообмін між теплоносієм (нагрітою рідиною) і стінкою (трубою) для турбулентного режиму руху теплоносія в трубі, має вигляд:

$$Nu = 0,02 \cdot Re^{0,8} \cdot Pr^{0,43}$$

де Nu - критерій Нусельта, що характеризує інтенсивність теплообміну між теплоносієм і стінкою, визначається за формулою:

$$Nu = \alpha \cdot d / \lambda$$

де d - визначальний геометричний розмір, м.

Основне рівняння теплопередачі має вигляд:

$$Q = kF\Delta t_{cp}$$

де Q - кількість переданої теплоти, Вт;

k - коефіцієнт теплопередачі (кінематичний коефіцієнт, який характеризує швидкість перенесення теплоти, Вт/(м² К);

F - площа поверхні теплообміну апарата, м²;

					ПОХНВ.Т.00.00.00.ПЗ	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Δt_{cp} - рушійна сила процесу, або середня різниця температур між теплоносіями, К.

З рівняння визначають площу поверхні теплообміну апарата

$$F = \frac{Q}{k\Delta t_{cp}}$$

Для цього кількість переданої теплоти визначають з теплового балансу, середню різницю температур – за початковими і кінцевими температурами середовищ, які обмінюються теплотою. Коефіцієнт теплопередачі показує, яка кількість теплоти (Дж) передається від гарячого теплоносія до холодного за 1 с через 1 м² стінки при різниці температур між теплоносіями 1 К.

Розмірність коефіцієнта теплопередачі $k = \left[\frac{Вт}{м^2 К} \right]$. Розрахунок коефіцієнта теплопередачі спричинює найбільші труднощі при визначенні площі поверхні теплообміну.

Механізм тепло переносу для різних способів передачі теплоти докладно висвітлено в курсі теплотехніки.

Різниця температур між теплоносіями, яку називають температурним напором. Під час теплопередачі від одного теплоносія до другого температурний напір, як правило, не зберігає постійного значення вздовж поверхні теплообміну. Тому в теплових розрахунках користуються середнім температурним напором.

Найповніше теплоносії використовуються у разі протитечії. При цьому кінцева температура холодного теплоносія може бути вищою від кінцевої температури гарячого теплоносія. Найменш ефективні прямотечійні теплообмінники. Кінцева температура холодного теплоносія в них не може перевищувати кінцевої температури гарячого теплоносія. Решта схем руху належить до середніх за ефективністю.

Середнє значення температурного напору у разі прямотечії менше, ніж у разі протитечії. Внаслідок цього протитечійний теплообмінник компактніший.

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

Проте, якщо температура одного з теплоносіїв постійна, то середнє значення температурного напору не залежить від схеми руху. Середню різницю температур визначають як середньо-логарифмічну різницю

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

де Δt_{δ} , Δt_{m} - більша і менша різниці температур між теплоносіями на кінцях теплообмінника, К

Якщо $\frac{\Delta t_{\delta}}{\Delta t_{m}} < 2$, то середньо логарифмічну різницю без помітної похибки можна замінити середньоарифметичною різницею

$$\Delta t_{cp} = (\Delta t_{\delta} + \Delta t_{m}) / 2$$

Способи нагрівання. Нагрівання в харчовій технології й ресторанному господарстві широко застосовують для прискорення багатьох гідромеханічних, теплових, масообмінних, хімічних і біохімічних процесів, а також для проведення пастеризації й стерилізації ряду харчових продуктів.

Залежно від температурного режиму та інших умов проведення процесу для кожного з них вибирають такий спосіб нагрівання, який є найбільш виправданим у технологічному й економічному відношеннях.

Найбільше розповсюдження в харчовій технології отримали такі два способи нагрівання: прямими джерелами теплоти димовими газами і електричним струмом; проміжними теплоносіями - водяною парою, гарячою водою, і гарячим повітрям, мінеральними маслами.

Крім того, для нагрівання використовують теплоту раніше нагрітого харчового продукту, який при обробленні повинен бути охолоджений.

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

При виборі теплоносія враховують його термічну й хімічну стійкість, токсичність, вартість і доступність. Однією з найважливіших характеристик теплоносія є величина коефіцієнта тепловіддачі.

У харчовій технології дуже часто виникає необхідність охолоджувати газу, пару, рідини і тверді тіла. Основними параметрами при цьому є кінцева температура продуктів і швидкість їхньою охолодження. Кінцева температура залежить від вихідного стану продукту, його виду і вимоги технологічної о процесу. Швидкість процесу визначається а основному видом продукту, що охолоджується. Особливо актуальне питання вибору швидкості при охолодженні.

Охолодження може бути природним і штучним. Під час природного охолодження тіло може бути охоложене тільки до температури довкілля, наприклад, до температури повітря або води. Нижчі температури досягаються штучним охолодженням. Для штучного охолодження може бути використаний будь-який фізичний процес, пов'язаний з вилученням теплоти (плавлення, сублімація, кипіння та ін.).

Найбільш поширеними й доступними теплоносіями, що охолоджують, є вода, повітря й лід, які дають змогу охолодити до 0° С. Для охолодження до температур нижче 0°С застосовують суміші льоду з сіллю, сухий лід, холодильні розсоли (розчини NaCl, CaCl₂). зріджені аміак, фреони та ін.

1.3 Опис об'єкту розроблення та вибір основних конструктивних матеріалів

Підігрівач бражки призначений для підігрівання бражки в бражній секції водно-спиртовими парами і їх конденсації, а також конденсації цих парів у водяній секції. Всі елементи секцій, які контактують з бражкою і водно – спиртовими парами виготовлені з нержавіючої сталі.

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

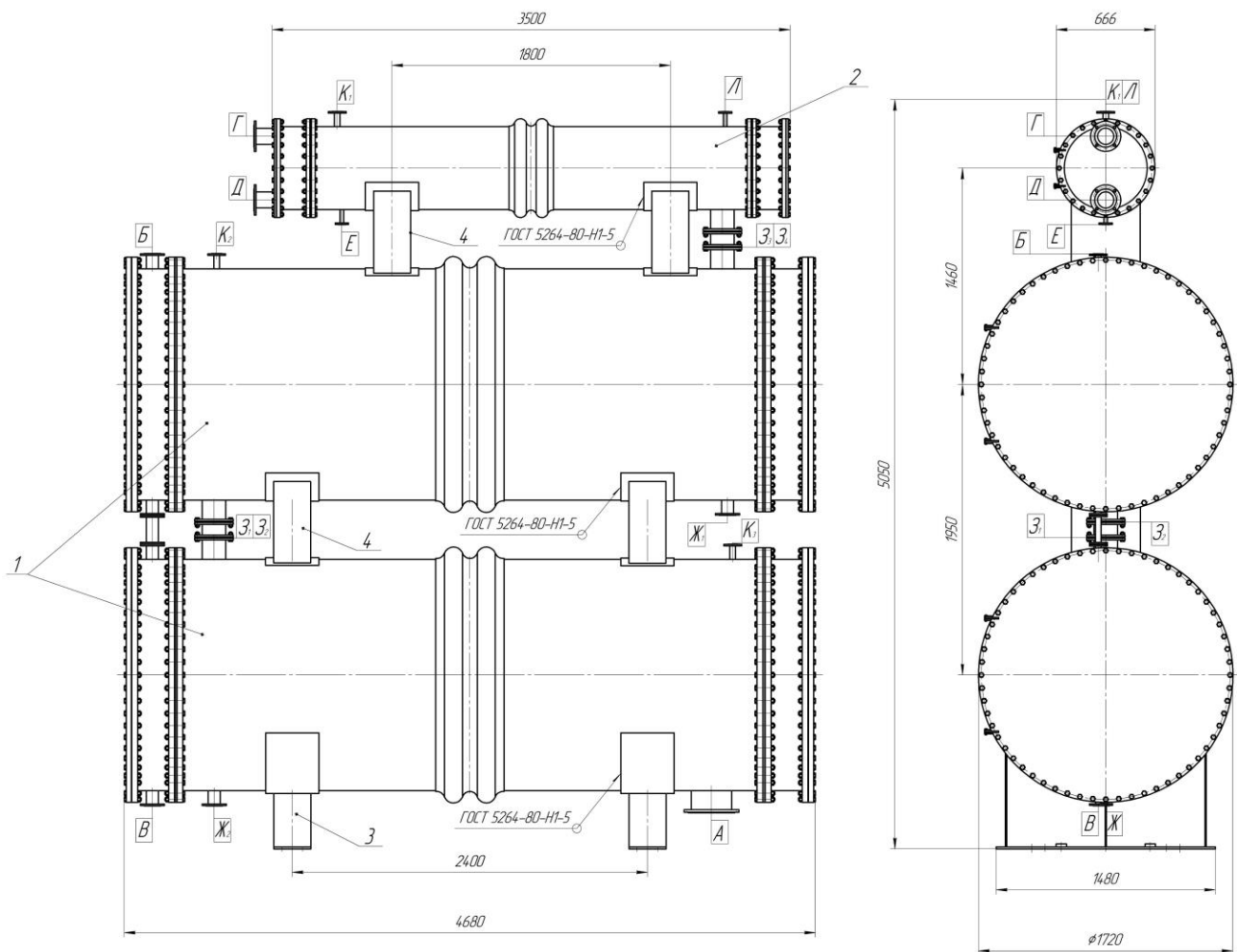


Рисунок 1.2 – Підігрівач бражки

Підігрівач бражки розміщується над бражною колоною. Нижня бражна секція опирається на нижню опору. Верхня бражна секція опирається на проміжну опору. Водяна секція розташована над верхньою бражною і опирається на неї за допомогою верхньої опори. Секції між собою з'єднані патрубками за допомогою фланцевого з'єднання 150-10 ГОСТ 12820-80.

Секції бражного підігрівача – це горизонтальні циліндричні кожухотрубні теплообмінники, в середині яких розташовані горизонтальні труби, які розвальцьовані в трубній решітці. Діаметр труб бражної секції більший, ніж водяної. Для бражної секції вони приймаються 80 мм, для водяної 35 мм.

З боків обох кожухів кожної секції, знаходяться камери, закриті торцевими кришками, які називаються відповідно камера ліва і камера права.

В кожній камері є перегородки, котрі розподіляють рух речовини по трубах з максимально ефективним проходженням і коефіцієнтом теплопередачі

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

для цього процесу. Розподільчі камери з'єднані з кожухом і кришкою за допомогою фланцевого фланця , які зафіксовані за допомогою болтів і гайок . Для цього з'єднання ущільнення використовуються прокладкою з фторопласту.

Розподільчі камери закриті кришками і з'єднані з ними фланцем і зафіксовані болтами і гайками.

Для організованого потоку водно-спиртових парів в середині міжтрубного простору секцій і збільшення часу контакту теплопередачі в середині міжтрубного простору їх з бражкою або водою встановленні в кожній секції перегородки.

Для запобігання пошкодження труб і їх з'єднань з трубними решітками, в зв'язку з тим, що різниця температур при нагріванні і охолодженні вхідної рідини сягає вище 50°C, використовуються лінзові компенсатори.

Водно – спиртові пари поступають через патрубок (А) в нижню бражну секцію за допомогою фланцевого //-250-10 ГОСТ12820-80 підігрівача бражки в між трубний простір, де вони одночасно нагрівають бражку і конденсуються. Нагріта бражка рухається по трубах зверху вниз і підводиться через патрубок (Б) в розподільчу камеру. Утворений конденсат(флегма) конденсуючись стікає через патрубок(Ж) до епюраційної колони.

Подається бражка на перегонку через патрубок (В).

Неконденсовані водно - спиртові пари через з'єднувальний патрубок двох секцій (З) поступає в водяну секцію підігрівача бражки. Де вони конденсуються за рахунок охолоджуючого елемента – води .Вода подається через патрубок (Г) і відводиться через патрубок (Д). Сконденсовані водно-спиртові пари подаються на епюрацію через патрубок (Е).

При виборі матеріала для виготовлення апарата або машини необхідно враховувати наступні обставини : механічні властивості матеріалу - межа міцності , відносне видовження , твердість і другі ; технологічність в виготовленні (зварювання) ; хімічну стійкість при роз'їданні ; теплопровідність і др.. Наприклад , хімічні властивості матеріалів , з виготовленні працюючі апарати , суттєво змінюються при низьких і високих температурах . Гарна

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

зварюваність матеріалів також являється одним із необхідних умов їх застосування , так як при сучасній технології хімічного апаратобудування основний спосіб виконання нероз’ємних з’єднань використовується зварювання.

Головною вимогою для матеріалів хімічних апаратів в більшості випадках являється їх корозійна стійкість , так як вона визначає довговічність хімічного обладнання .

Вибір конструкційного матеріалу , який визначається умовами експлуатації проектуемого теплообмінного апарата (температура і характер агресивної дії середовища та ін.) , виконаний так , щоб при низькій вартості і дефіциті матеріала забезпечити ефективну технологію виготовлення елемента (виробу) . Враховуючи всі перелічені параметри , вибираємо сталь 12Х18Н10Т.

Сталь 12Х18Н10Т – неіржавіюча сталь аустенітного класу. Хімічний склад регламентований ГОСТ 5632-72 неіржавіючих сталей аустенітного класу.

Сталі 12Х18Н10Т використовується для виготовлення зварної апаратури в різних галузях промисловості, а також конструкцій, що працюють у контактi з азотною кислотою і іншими окислювальними середовищами , деякими органічними кислотами середньої концентрації, органічними розчинниками, в атмосферних умовах і т.д.

Механічні властивості.

Межа короточасної міцності [МПа].....	240
Межа пропорційності (межа текучості для залишкової деформації) МПа].....	205
Відносне видовження при розриві [%].....	40
Відносне звуження [%].....	40
Твердість по Брінеллю [МПа].....	179

Фізичні властивості.

Модуль пружності першого роду [МПа].....	1,98
Коефіцієнт температурного (лінійного) розширення (діапазон 20 ⁰ - Т) [1/Град].....	16,6
Коефіцієнт теплопровідності (теплоємність матеріалу)	

[Вт/(м·град)].....	16
Густина матеріалу [кг/м ³].	7920
Питома теплоємність матеріалу (діапазон 20 ⁰ - Т)[Дж(м·град)].....	462

Виходячи з категорії розташування підігрівача бражки по ГОСТ15150 – 69 для експлуатації в районах абсолютних температур навколишнього середовища від мінус 36°С до плюс 35°С , характеристики середовища а водно-спиртових парів (Р=0,2МПа.

т=95°С) , виходячи з загальних вимог виготовлення судів і апаратів ОСТ 26 – 291 – 94 " Судови і апарати сталеві зварні. Технічні вимоги. " вибираємо основний матеріал - сталь 12Х18Н10Т (сталь нержавіюча). По хімічному складу і механічним властивостям задовольняє вимоги ГОСТ 5520 – 79.

Умови застосовування сталі:

- температура стінки апарата від мінус 70°С до плюс 475°С;
- тиск необмежений;

Сталь гарно деформується і обробляється різанням. Сталь добре зварюється всіма видами зварювання .

При зварюванні кожухів і труб , зварюванні днищ до кожухів застосовуються шви в стик з повним проплавленням.

Апарат повинен бути випробуваний на міцність.

Сталь Ст3 ГОСТ 380 – 94 . Замінювачі : Сталь Сталь Ст2 , Сталь Ст5. Сталь Ст6.

Призначення: прокат профільний , рами , каркаси , щитки , кожухи - для зварних конструкцій .

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

2 Технологічні розрахунки процесу і апарата

2.1 Матеріальний і тепловий баланс процесу

Згідно завдання зміст спирту в зрілій бражці з меляси складає 6,8 % мас. Початкова температура бражки, що надходить на перегонку становить 28 °С, на вході в бражну колону приймаємо сухих речовин у зрілій бражці складе 10% мас., концентрація сухих речовин у барді приймаємо 8% мас.

Теплоємність бражки й барди визначимо по формулі:

$$C_M = (1,02 - 0,0095 \cdot V) \cdot 4,187 \text{ кДж/(кг} \cdot \text{град)}, \quad (2.1)$$

де $V=10$ % мас - концентрація сухих речовин у бражці, бардові.

У такий спосіб теплоємність бражки складе:

$$C_M = (1,02 - 0,0095 \cdot 10) \cdot 4,187 = 3,85 \text{ кДж/(кг} \cdot \text{град)}.$$

Тоді теплоємність барди складе:

$$C_6 = (1,02 - 0,0095 \cdot 8) \cdot 4,187 = 4,06 \text{ кДж/(кг} \cdot \text{град)}.$$

Визначимо кількість безводного спирту, що надходить із бражкою в колону:

$$G = \frac{P \cdot 10 \cdot \rho_{сп}}{24 \cdot 3600} \quad (2.2)$$

де $P=6000$ дал/ добу-продуктивність заводу;

$\rho=0,789$ кг/ л-щільність спирту;

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

$$G = \frac{6000 \cdot 10 \cdot 0,789}{24 \cdot 3600} = 0,55 \text{ кг/с.}$$

Визначимо добова витрата бражки за умови змісту спирту в ній $x=6,8\%$ мас.

$$G_{\text{бр}} = \frac{G \cdot 86400 \cdot 100}{x} = \frac{0,55 \cdot 86400 \cdot 100}{6,8} = 5806588 \text{ кг/доб.} = 6,72 \text{ кг/с.} \quad (2.3)$$

Визначимо витрата бражки з урахуванням вмісту в ній сухих речовин (кг/доба):

$$M = \frac{100 + B}{100} G_{\text{бр}} = \frac{100 + 10}{100} \cdot 5806588 = 63872468 \text{ кг/доб.} \quad (2.4)$$

де $B=10\%$ мас - зміст сухих речовин у бражці.

Температура кипіння бражки при змісті спирту в ній $6,8\%$ мас рівна $92,25^\circ\text{C}$.

Визначимо кількість тепла необхідне для доведення бражки до кипіння по формулі:

$$Q_1 = \frac{M(t'_6 - t_6)c_m}{86400} = \frac{63872468(93,2 - 85)3,85}{86400} = 233,3 \text{ кВт.}, \quad (2.5)$$

де $t'_6=93,2^\circ\text{C}$ - температура кипіння бражки зі вмістом спирту $6,8\%$ мас.

$t_6=85^\circ\text{C}$ - температура бражки на вході в бражну колону.

Наслідком недогрівання бражки до температури кипіння концентрація спирту на живильній тарілці складе $8,0\%$ мас., тому в паровому потоці, який надходить у підігрівник бражки, концентрація спирту становить $47,6\%$ мас.

Тому кількість водно-спиртових пар, що надходять у підігрівник бражки становить:

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

$$A = \frac{G \cdot 100 \cdot 86400}{47,6} = \frac{0,55 \cdot 100 \cdot 86400}{47,6} = 82906,5 \text{ кг/доб.} \quad (2.6)$$

З урахуванням втрат спирту в бражній колоні 0,5% мас визначимо витрата бражного дистиляту по формулі:

$$G_d = \frac{A}{86400} - \frac{G \cdot 0,5}{100} = \frac{82906,5}{86400} - 0,55 \frac{0,5}{100} = 0,957 \text{ кг/с} \quad (2.7)$$

Матеріальний баланс бражної колони приведений в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1.

Продукт	Кількість кг/добу
Прихід	
Бражка G бр	580658,8
Витрата	
Пар бражного дистиляту G _д	82684,8
Барда	497974

Складаємо рівняння матеріального балансу бражної колони

$$G_{бр} = G_d + B \quad (2.8)$$

де G_{бр} = 580658,8 кг/добу – малої бражки по спирту

G_д = 82684,8 кг/добу – кількість бражного дистиляту

B – кількість барди, що виводиться з колони, кг/добу

Розраховуємо з рівняння кількість барди, що виводиться з колони (в кг/добу)

$$B = G_{бр} - G_d = 580658,8 - 82684,8 = 497974 \quad (2.9)$$

Тепловий розрахунок

Визначаємо кількість тепла, що поступає з бражкою (в кВт) по формулі [4. Ст. 331]

$$Q_{\text{б}} = (G_{\text{бр}} \cdot C_{\text{м}} \cdot t_{\text{б}}) / 86400 = (580658,8 \cdot 3,85 \cdot 85) / 86400 = 2199,31 \quad (2.10)$$

Знаходимо кількість тепла (в кВт), що виноситься з парами бражного дистилляту за формулою [4. ст. 332]

$$Q_{\text{д}} = (i \cdot G_{\text{д}}) / 86400 = (1964,47 \cdot 82684,8) / 86400 = 1880 \quad (2.11)$$

де i – 1964,47 кДж/кг – ентальпія пару бражного дистилляту

Визначаємо кількість тепла (в кВт), що виходить з бардою по формулі [4. ст. 332]

$$Q_{\text{R}} = (B \cdot t_{\text{R}} \cdot CR) / 86400 = (497974 \cdot 105 \cdot 4,06) / 86400 = 2457 \quad (2.12)$$

де $t_{\text{R}} = 105^{\circ}\text{C}$ – температура барди

$CR = 4,06$ кДж/(кг·К) – теплоємність барди

Знаходимо загальну кількість втрат тепла (в кВт) по формулі [4. ст 31]

$$Q_{\text{втр}} = (Q_{\text{б}} + Q_{\text{д}} + Q_{\text{R}}) \cdot 0,03 = (2199,31 + 1880 + 2457) \cdot 0,03 = 196,1 \quad (2.13)$$

де 0,03 – витрати тепла в навколишнє середовище

Складаємо рівняння теплового балансу колони

$$Q_{\text{б}} + Q_{\text{п}} = Q_{\text{д}} + Q_{\text{R}} + Q_{\text{втр}} \quad (2.14)$$

де $Q_{\text{п}}$ – тепло, що передає гріюча пара, кВт

Розраховуємо з рівняння кількість тепла, що передає гріюча пара (в кВт)

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

$$Q_{\text{п}} = Q_{\text{д}} + Q_{\text{R}} + Q_{\text{втр}} - Q_{\text{б}} = 1880 + 2457 + 196,1 - 2199,31 = 2333,79 \quad (2.15)$$

Знаходимо температуру конденсату (в °C) по формулі [4 ст. 332]

$$t_{\text{k}} = t_{\text{п}} - 2^{\circ}\text{C} = 133,8 - 2 = 131,8 \quad (2.16)$$

де $t_{\text{п}} = 133,8^{\circ}\text{C}$ – температура гріючої пари

Визначаємо витрату гріючої пари (в кг/с) по формулі [4, с. 332]

$$P = Q_{\text{п}} / (i_{\text{п}} - C_{\text{к}} \cdot t_{\text{k}}) = 2333,79 / (2725,5 - 4,19 \cdot 131,8) = 1,07 \quad (2.17)$$

де $i_{\text{п}} = 2725,5$ кДж/кг – ентальпія гріючої пари

$C_{\text{к}} = 4,19$ кДж/(кг·°C) – теплоємність конденсату

$t_{\text{k}} = 131,8^{\circ}\text{C}$ – температура конденсату

Визначаємо витрату пари на 1 кг спирту (в кг/с) по формулі

$$P_1 = P/G = 1,07/0,457 = 2,3 \quad (2.18)$$

2.2 Технологічні розрахунки

Визначаємо поверню теплообміну підігрівача бражки для брагоректифікаційної установки продуктивністю 6000 дал/добу, тип підігрівача - кожухотрубний багатоложковий; обігрів спирто-водним паром, що виходить із бражної колони.

Теплове навантаження визначаємо по формулі [4с.242]

$$Q = G_{\text{бр}} \cdot C_{\text{бр}} (t_{\text{м}} - t'_{\text{м}}) = (24194,1/3600) \cdot 3,98(85-30) = 1558 \text{ кВт} \quad (2.19)$$

де $G_{\text{бр}} = 41227,5$ кг/год- кількість бражки, що входить в підігрівач;

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

$C_{\phi} = 3,98 \text{ кДж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$ - теплоємність бражки,

$t_{\phi} = 85 \text{ }^{\circ}\text{C}$ - температура бражки при вході в бражну колону

$t'_{\text{м}} = 30 \text{ }^{\circ}\text{C}$ - температура бражки на вході в підігрівач

Визначаємо кількість водно-спиртової пари, сконденсованої в бражному підігрівачі по формулі [4с.242]

$$G_{\text{п}} = Q/r \quad (2.20)$$

де, $r = 1627 \text{ кДж}/\text{кг}$ – прихована теплота конденсації водно-спиртової пари

$$G_{\text{п}} = 2507 : 1627 = 1,54 \text{ кг/с}$$

Визначаємо загальну міцність водно-спиртової пари, яка виходить із колони по формулі [4с.242]

$$Y_3 = (G_{\text{п}} \cdot 100) / D \quad (2.21)$$

$$Y_3 = (1,54 \cdot 100) 3600 / 6390 = 86,8\%$$

При цих умовах температура конденсації водно-спиртової пари [4,с.239] складає

$t' = 93,7^{\circ}\text{C}$ - початкова

$t'' = 83,2^{\circ}\text{C}$ - кінцева

Концентрація спирту в конденсаті $X_{\text{к}} = 18\% \text{ мол} = 35,98\% \text{ мас}$.

Концентрація спирту в несконденсованій парі $Y_{\text{н}} = 55\% \text{ мол} = 75,8\% \text{ мас}$, теплота конденсації конденсуючої пари $r_1 = 1762 \text{ кДж}/\text{кг}$, несконденсованої пари $r_2 = 1236 \text{ кДж}/\text{кг}$.

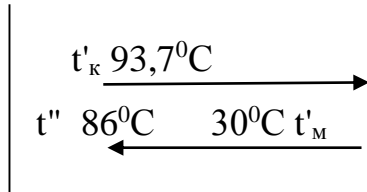
Визначаємо кількість тепла виділеного при конденсації по формулі [4с.242]

$$Q_{\text{к}} = G_{\text{п}} r_1 \quad (2.22)$$

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

$$Q_k = 1,54 \cdot 1762 = 8804717 \text{кДж/год} = 2714 \text{Вт}$$

Визначаємо середню різницю температур за формулою [4с.243] при протитечії



$$\Delta t_{\max} = t''_{\kappa} - t'_{\text{м}} \quad (2.23)$$

$$\Delta t_{\min} = t'_{\kappa} - t'' \quad (2.24)$$

$$\Delta t = \Delta t_{\max} - \Delta t_{\min} / 2,3 (\lg \Delta t_{\max} / \Delta t_{\min}) \quad (2.25)$$

$$\Delta t_{\max} = 93,7 - 30 = 63,7^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta t_{\min} = 93,7 - 86 = 7,7^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta t = 63,7 - 7,7 / 2,3 \lg 63,7 / 7,7 = 55,3 / 2,3 \lg 8,27 = 26,1^{\circ}\text{C}$$

Визначаємо коефіцієнт теплопередачі по формулі [4с.243]

$$\kappa = B \sqrt[3]{\omega^2} \quad (2.26)$$

де B-емпіричний коефіцієнт при мелясних бражках

$$\kappa = 1050 \sqrt[3]{0,49^2} = 651 \text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

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

Поверхня теплопередачі визначаємо по формулі [4с.243]

Коефіцієнт теплопередачі для бражної і водяної секцій визначаємо за формулою [4,с.190] :

$$K = B\sqrt[3]{\varrho^2} \quad \text{Вт/м}^2 \cdot \text{К} \quad (2.27)$$

де $B=709$ – емпіричний коефіцієнт для сталевих труб ;

ϱ - швидкість протікання рідини охолоджуючої рідини в трубах (для бражної секції - $\varrho = 0,2$ м/с , для водяної секції $\varrho = 0,1$ м/с)

Для бражної секції коефіцієнт теплопередачі визначаємо за формулою (2.27):

$$K_1 = 709\sqrt[3]{0,2^2} = 242,5 \quad \text{Вт/м}^2 \cdot \text{К} \quad (2.28)$$

$$F = Q_K / \Delta t K \quad (2.29)$$

$$F = 1558 \cdot 1000 / (26,1 \cdot 242,5) = 245,1 \text{ м}^2$$

Приймаємо до установки два послідовно з'єднані корпуси підігрівача бражки площею $122,5 \text{ м}^2$.

2.3 Конструктивні розрахунки

Визначаємо необхідну корисну розрахункову довжину сталевих труб (м) для бражної секції за формулою [9,с.201] :

$$L_{\text{ср}} = \frac{F_1}{\pi d_{\text{ср}}} \quad \text{м} \quad (2.30)$$

де $d_{\text{ср}}$ - середній діаметр труби;

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

$$d_{cp} = \frac{d_{вн} + d_{зов}}{2} \quad м \quad (2.31)$$

$$d_{cp} = \frac{0,076 + 0,08}{2} = 0,078 \quad м$$

Тоді:

$$L = \frac{122,5}{3,14 \cdot 0,78} = 500,2 \quad м$$

Приймаємо довжину однієї труби для бражного підігрівача $l_1 = 4,0 м$

Таким чином необхідна кількість труб за формулою [17.201] :

$$n = \frac{L}{l_1} \quad шт \quad (2.32)$$

$$n = \frac{500,2}{4,0} = 125 \quad шт$$

Приймаємо $n = 125 шт$

Товщину трубної решітки розраховуємо в залежності від діаметра труб за формулою [17.202]:

$$\delta_{\delta} = \frac{\delta_{cp}}{8} = 0,005 \quad м \quad (2.33)$$

$$\delta_{\delta} = \frac{0,078}{8} + 0,005 = 0,0148 \quad м$$

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

Приймаємо товщину трубної решітки бражної секції $\delta_6 = 15\text{мм}$

При приварюванні труб до трубної решітки кожна труба повинна виступати над трубною решіткою 3мм , тоді довжина кожної труби складатиме:

$$l_{mp} = 4,0 + (0,015 + 0,003)2 = 4,036 \text{ м} \quad (2.34)$$

При умові розташування по вершинах правильних шестикутників кількість труб, розташованих на найдовшій діагоналі визначимо по формулі [17.22]:

$$n_0 = \sqrt{\frac{n-1}{0,75}} + 1 \quad \text{шт} \quad (2.35)$$

$$n_0 = \sqrt{\frac{125-1}{0,75}} + 1 = 13,2 \text{ шт}$$

Приймаємо $n_0 = 13\text{шт}$

При цьому необхідний діаметр корпуса визначаємо за формулою [17.202]:

$$D_6 = (n_0 - 1)t + 4d_{306} \quad \text{м} \quad (2.36)$$

де $t = 1,3d_{306}$ – необхідний крок труб при їх розташуванні;

$d_{306} = 0,08\text{м}$ - зовнішній діаметр труб;

$$t = 1,3 \cdot 0,08 = 0,1\text{м} \quad (2.37)$$

Таким чином:

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

$$D_{\phi} = (13-1)0,1 + 4 \cdot 0,08 = 1,512 \text{ м}$$

Приймаємо діаметр бражної секції $D_{\phi} = 1,55 \text{ м}$

Розрахунок патрубків.

Діаметр патрубка для подачі водно-спиртових парів в бражний підігрівач визначимо за формулою [9, с.154]:

$$d_1 = \sqrt{\frac{G_{\Pi}}{0,785 \cdot \rho_{\Pi} \cdot V_{\Pi}}} = \sqrt{\frac{1,76}{0,785 \cdot 1,46 \cdot 30}} = 0,226 \quad (2.38)$$

де $\rho_{\Pi} = 1,46 \text{ кг/м}^3$ – густина водно – спиртових парів [5, с. 280]

$V_{\Pi} = 30 \text{ м/с}$ – швидкість руху водно – спиртових парів в патрубку [5, с. 68]

Приймаємо $d_1 = 250 \text{ мм}$

Визначаємо діаметр патрубка для виходу конденсату водно – спиртових парів з бражного підігрівача (в м) по формулі (2.38)

$$d_2 = \sqrt{\frac{1,073}{0,785 \cdot 807 \cdot 0,3}} = 0,075$$

де $\rho_c = 807 \text{ кг/м}^3$ – густина водно-спиртової суміші при міцності 44 % об [5, с. 281]

$V = 0,3 \text{ м/с}$ – швидкість руху конденсату в патрубку [5, с. 68]

Приймаємо $d_2 = 80 \text{ мм}$

Визначаємо діаметри патрубків для входу і виходу бражки в підігрівач (в м)

$$d_3 = \sqrt{\frac{6,74}{0,785 \cdot 996 \cdot 1,5}} = 0,075$$

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

де $\rho_{\text{в}}=996 \text{ кг/м}^3$ – густина води, прийнята при середній температурі $30 \text{ }^\circ\text{C}$ [5, с. 273]

$V=1,5 \text{ м/с}$ – швидкість руху води в патрубку [5, с. 68]

Приймаємо $d_3=80 \text{ мм}$.

2.4 Гідравлічний опір апарата [7]

Гідравлічний опір бражної секції підігрівача бражки визначаємо за формулою [7,с..278]:

$$\Delta p = \frac{\rho_{\text{бр}} \cdot \omega^2}{2} \left(\frac{\lambda \cdot l \cdot n}{d_{\text{вн}}} + \sum \xi \right) \quad \text{Па} \quad (2.39)$$

де $\rho_{\text{бр}} = 1023 \text{ кг/м}^3$ - густина бражки;

$\omega = 0,105 \text{ м/с}$ - швидкість руху бражки в трубах;

λ - коефіцієнт тертя по довжині при рухові бражки в трубах;

$l_1 = 4 \text{ м}$ - довжина трубок;

$n = 130$ шт - кількість трубок бражній секції;

$d_{\text{вн}} = 0,076 \text{ м}$ - внутрішній діаметр трубок;

$\sum \xi$ - сума місцевих опорів;

Визначаємо величину критерія Рейнольдса при рухові бражки в трубах по формулі [16.278]:

$$R_e = \frac{\omega_{\text{бр}} \cdot d_{\text{вн}} \cdot \rho_{\text{бр}}}{\mu_{\text{бр}}} \quad (2.40)$$

де $\mu = 0,7 \cdot 10^3 \text{ Па} \cdot \text{с}$ - коефіцієнт динамічної в'язкості бражки;

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

$$R_e = \frac{0,195 \cdot 0,0076 \cdot 1023}{07 \cdot 10^3} = 22798$$

Для гідравлічно гладких труб при турбулентному русі і величині критерія Рейнольдса $R_e < 100000$ значення коефіцієнта тертя по довжині визначаємо за формулою [16.278]:

$$\lambda = \frac{0,316}{R_e^{0,25}} \quad (2.41)$$

$$\lambda = \frac{0,316}{22798^{0,25}} = 0,026$$

Суму місцевих опорів визначаємо за формулою [16.278]:

$$\sum \xi = \xi_1 + (n_1 - 1) \cdot \xi_2 + 2 \cdot n_1 \cdot \xi_3 + \xi_4 \quad (2.42)$$

де $\xi_1 = \xi_4 = 1,5$ - коефіцієнт місцевих опорів при вході і виході у вхідну та вихідну камери;

$\xi_2 = 2,5$ - коефіцієнт місцевих опорів при повороті на 180° між ходами;

$\xi_3 = 1$ - коефіцієнт місцевих опорів при вході в труби і при виході з них;

$$\sum \xi = 1,5 + (12 - 1) \cdot 2,5 + 2 \cdot 12 \cdot 1 + 1,5 = 54,5$$

Таким чином гідравлічний опір бражної секції складатиме:

$$\Delta p = \frac{1023 \cdot 0,195^2}{2} \left(\frac{0,026 \cdot 4,0 \cdot 130}{0,076} + 54,5 \right) = 3654,6 \text{ Па}$$

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

2.5 Вибір допоміжного обладнання

Проводимо розрахунок додаткової водяної секції для конденсації водно-спиртових парів, так як бражки для цього не буде достатньо, а також проводимо підбір насоса для подачі бражки.

Визначаємо необхідну розрахункову довжину сталених труб (м) для водяної секції конденсатора по формулі:

$$L_g = \frac{F_2}{\pi d_{cp}} \quad \text{м} \quad (2.43)$$

$$L_g = \frac{20,4}{3,14 \cdot 0,0325} = 185,6 \text{ м}$$

Приймаємо довжину труб водяної секції $l_2 = 3,0 \text{ м}$

Визначаємо необхідну кількість труб водяної секції по формулі (1.11):

$$n = \frac{L_g}{l_2} \quad \text{шт} \quad (2.44)$$

$$n = \frac{185,6}{3} = 61,9 \text{ шт}$$

Необхідна товщина трубної решітки водяної секції визначимо по формулі

Приймаємо товщину трубної решітки водяної секції $\delta_g = 10 \text{ мм}$

При зварюванні труб кожна труба повинна виступати на 3 мм, тоді довжина кожної труби визначимо за формулою:

$$l_{mp}^I = 3,0 + (0,01 + 0,003)2 = 3,026 \text{ м}$$

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

При умові розташування труб по вершинах правильних шестикутників кількість труб, розташованих на одній діагоналі складатиме по формулі:

$$n_{\partial}^I = \sqrt{\frac{n-1}{0,75}} + 1 \quad \text{шт} \quad (2.45)$$

$$n_{\partial}^I = \sqrt{\frac{64-1}{0,75}} + 1 = 9,2 \quad \text{шт}$$

Приймаємо $n_{\partial}^I = 10 \text{шт}$

При цьому необхідний діаметр корпуса водяної секції складатиме по формулі:

$$D_{\partial} = (n_{\partial}^I - 1) \cdot t + 4d_{\text{зоб}}^I \quad \text{м} \quad (2.46)$$

де $t = 1,3 \cdot d_{\text{зоб}}^I = 1,3 \cdot 0,035 = 0,0445 \text{м}$ - необхідний крок розташування при зварюванні по формулі;

$$D_{\partial} = (10 - 1)0,0445 + 4 \cdot 0,035 = 0,054 \text{ м}$$

Приймаємо $D_{\partial} = 550 \text{мм}$

Визначаємо площу поперечного перерізу труб одного ходу за формулою:

$$f_2 = \frac{W}{\rho_{\partial} \cdot \omega_{\partial}} \quad \text{м}^2 \quad (2.47)$$

де $W = 1,86 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$ - витрати води на охолодження;

$\omega_{\partial} = 0,13 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ - швидкість руху води по трубах;

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

$\rho_e = 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ - густина води;

$$f_2 = \frac{1,86}{1000 \cdot 0,13} = 0,0143 \text{ м}^2$$

Число труб одного ходу визначаємо за формулою:

$$n_2 = \frac{f_2}{0,785 \cdot d_e^2} \quad \text{шт} \quad (2.48)$$

де $d_e^1 = 0,032 \text{ м}$ - внутрішній діаметр труби водяної секції;

$$n_2 = \frac{0,0143}{0,785 \cdot 0,032^2} = 17,72 \text{ шт}$$

Приймаємо $n_2 = 18 \text{ шт}$

Необхідне число ходів визначимо за формулою:

$$z_2 = \frac{n_o}{n_2} \quad \text{шт} \quad (2.49)$$

$$z_2 = \frac{91}{18} = 5,05 \text{ шт}$$

Приймаємо 6 ходів з загальним числом труб $6 \cdot 8 = 108$ шт.

Необхідна потужність на валу відцентрового насоса для подачі бражки в бражну секцію бражного підігрівача визначаємо за формулою:

$$N = \frac{G_{\text{бп}} (\Delta p + \Delta p_{\text{від}})}{24 \cdot 3600 \cdot \rho_{\text{бп}} \cdot \eta \cdot 1000} \quad \text{кВт} \quad (2.50)$$

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

де Δp - гідравлічний опір бражної секції;

$\Delta p_{\text{нід}}$ - затрати напору на підйом бражки;

$\rho_{\text{бр}} = 1023 \text{ кг/м}^3$ - густина бражки;

$\eta = 0,85$ - к.п.д насоса;

Гідравлічний опір бражної секції визначаємо за формулою:

$$\Delta p_{\text{нід}} = \rho_{\text{бр}} \cdot g \cdot H \quad \text{Па} \quad (2.51)$$

$$\Delta p_{\text{нід}} = 1023 \cdot 9,8 \cdot 15 = 15053415 \text{ Па}$$

де $H = 15 \text{ м}$ - висота підйому;

Таким чином:

$$N = \frac{255265(3654,6 + 15053415)}{24 \cdot 3600 \cdot 1000 \cdot 1023 \cdot 0,85} = 0,52 \text{ кВт}$$

Приймаємо до установки насос марки К 20/18 , потужністю $20 \text{ м}^3 / \text{год}$ з напором $H=18 \text{ м вод.ст.}$, потужність привода $N=2,2 \text{ кВт}$.

Водяна секція.

Необхідна потужність на валу насоса для подачі води у водяну секцію бражного підігрівача визначаємо за формулою [16.282]:

$$N = \frac{W(\Delta p + \Delta p_{\text{нід}})}{3600 \cdot \eta \cdot 1000} \quad \text{кВт} \quad (2.52)$$

де $W = 1,86 \text{ кг/с}$ - витрати води на водяну секцію;

Δp - гідравлічний опір водяної секції;

$\Delta p_{\text{нід}}$ - затрати напору на підйом води;

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

$\eta = 0,8$ - к.п.д насоса;

Гідравлічний опір бражної секції визначаємо за формулою (2.53):

$$\Delta p_{\text{гид}} = \rho_{\text{в}} \cdot g \cdot H \quad \text{Па} \quad (2.53)$$

$$\Delta p_{\text{гид}} = 1000 \cdot 9,8 \cdot 20 = 196000 \text{ Па}$$

Таким чином:

$$N = \frac{1,86(2184,3 + 196000)}{3600 \cdot 0,8 \cdot 1000} = 0,46 \text{ Па}$$

Приймаємо до установки насос К 8/18 , потужністю $8 \text{ м}^3 / \text{год}$, напором 25м,
потужність електродвигуна $N=1,5$ кВт.

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

3 Розрахунок апарата на міцність та герметичність

3.1 Розрахунок товщини стінки і кришки [9]

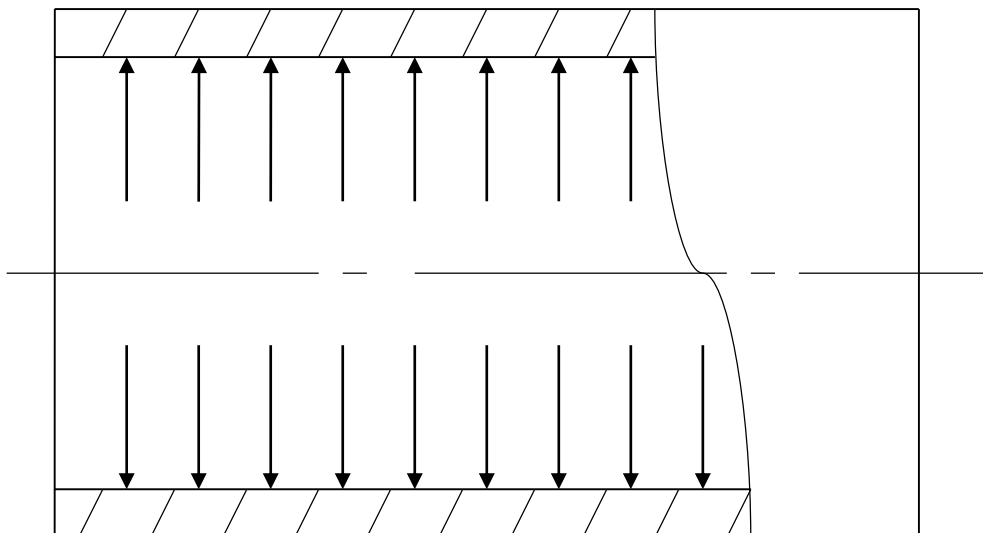


Рис. 3.1. Розрахункова схема

Товщину стінки апарата визначаємо за формулою [9,с.146]:

$$S_p = \max \left\{ \begin{array}{l} p_p \cdot D_{\text{вн}} / 2 \cdot \varphi[\sigma] - p_p \\ p_s \cdot D_{\text{вн}} / 2 \cdot \varphi[\sigma] - p_s \end{array} \right. \quad (3.1)$$

де $p_p = 0,03 \text{ МПа}$ - робочий тиск;

$$p_s = p_p + 0,2 = 0,03 + 0,2 = 0,23 \text{ МПа}$$

Бражна секція.

Товщину стінки бражної секції бражного підігрівача визначаємо за формулою (3.1):

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

$$S_p = \max \left\{ \frac{0,03 \cdot 1,55}{2 \cdot 1 \cdot 140 - 0,03}, \frac{0,03 \cdot 1,55}{2 \cdot 1 \cdot 140 - 0,23} \right\} = \max \left\{ \begin{matrix} 0,000166 \\ 0,00127 \end{matrix} \right\} = 1,27 \text{ мм}$$

Виконавча товщина стінки циліндричного корпусу апарата:

$$S_s \geq \max(S_p; S_p^e)$$

$$S_s = S_p^e + C \text{ м} \quad (3.2)$$

де

$$C = C_1 + C_2 + C_3 \text{ м}$$

де $C_1 = 1 \text{ мм}$ - добавка на корозію;

$C_2 = 0,8 \text{ мм}$ - добавка на мінусовий допуск при виготовленні листа;

$C_3 = 0,2 S_p = 0,2 \cdot 0,00127 = 0,000254 \text{ м}$ - технологічна добавка;

Виконавчу товщина стінки бражної секції визначаємо за формулою (3.2) :

$$S_B = 0,00127 + 0,001 + 0,0008 + 0,000254 = 0,00333 \text{ м}$$

Приймаємо товщину корпусу бражної секції 6 мм.

Допустимий внутрішній тиск визначаємо за формулою [9с.146]:

$$[p_o] = \frac{2[\sigma]\varphi(S - C_1)}{D_{вн} + (S - C_1)} \text{ МПа} \quad (3.3)$$

де $C_1 = 1 \text{ мм}$ - прибавка на корозію;

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

$$[p_0] = \frac{2 \cdot 140 \cdot 1(6-1)}{1550 + (6-1)} = 0,72 \text{ МПа}$$

Умови виконуються - міцність забезпечена.

Перевіряємо умови:

$$0,002 \leq \frac{S - C_1}{D_{\text{вн}}} \leq 0,1 \quad (3.4)$$

$$0,002 \leq \frac{6-1}{1550} = 0,0026 \leq 0,1$$

Умови виконуються.

Розрахунок товщини стінки плоскої кришки

Товщини стінки плоскої кришки визначаємо за формулою [9, с.156]:

$$S_p = \frac{K}{K_n} D \sqrt{\frac{P}{[\sigma]}} + C \quad \text{м} \quad (3.5)$$

де $K = 0,4$ - коефіцієнт який залежить від конструкції кришки;

$K_n = 1$ - коефіцієнт ослаблення днища отворами;

$D = 1,55 \text{ м}$ - розрахунковий діаметр кришки;

$P = p_0 = 0,23 \text{ МПа}$ - внутрішній збитковий тиск при випробуванні;

$[\sigma] = 140 \text{ МПа}$ - допустима напруга випробування;

$$C = C_1 + C_2 + C_3 \quad \text{м}$$

де $C_1 = 1 \text{ мм}$ - добавка на корозію;

$C_2 = 0,8 \text{ мм}$ - добавка на мінусовий допуск при виготовленні листа;

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

$$C_3 = 0,2 \cdot S_B = 0,2 \cdot 0,0243 = 0,005 \text{ м} - \text{технологічна добавка};$$

Товщина плоскої кришки бражної секції підігрівача бражки:

$$S_p = \frac{0,4}{1} \cdot 1,55 \sqrt{\frac{0,23}{140}} + 0,0068 = 0,0311 \text{ м}$$

Приймаємо товщину кришки бражної секції $S_p = 35 \text{ мм}$.

Визначаємо допустимий тиск при прийнятій товщині кришки [18.156]:

$$[p_o] = \frac{(S_{kp} - C)^2 [\sigma]}{K^2 D^2} \quad \text{МПа} \quad (3.6)$$

$$[p_o] = \frac{(0,035 - 0,0023)^2 \cdot 140}{0,4^2 \cdot 1,55^2} = 0,416 \text{ МПа}$$

Умова виконується , міцність забезпечена.

3.2 Розрахунок фланцевого з'єднання [8]

Внутрішній діаметр апарата..... D=1550 мм

Товщина стінки кожуха..... S=6 мм

Матеріал корпусу.....сталь 12X18Н10Т

Температура робочого середовища.....t=90°C

Розрахунковий тиск.....Pr= 0, 21 МПа

Матеріал фланця.....сталь 20

Конструктивні розміри фланця

Товщину втулки фланця приймаємо $S_o = 8 \text{ мм}$, що задовольняє умову

$$S_o > S \quad (8 \text{ мм}) > 4 \text{ мм}$$

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

Для плоских приварних фланців приймаємо $s_1 = s_0$.

Висота втулки фланця:

$$h_6 > 0,5\sqrt{D(S_0 - c)} \quad \text{мм} \quad (3.7)$$

$$h_6 > 0,5\sqrt{1550(8-1)} = 52,9\text{мм}$$

Відповідно примітці табл.13.7[8], табл.235 висоту втулки приймаємо $h_6 = 158\text{мм}$.

Діаметр осьового кола болтів:

$$D_6 = D + (2S_0 + d_6 + u) \quad \text{м} \quad (3.8)$$

де d_6 - зовнішній діаметр болта, при $D=1550$ мм і $p_p=0,21$ МПа,

$d_6=20$ мм[19], табл.1.40 ст.94;

u - нормований зазор, $u = 4\text{мм}$ [19],ст.95;

$$D = 1550 + 2(2 \cdot 8 + 20 + 4) = 1680\text{мм} = 1,68\text{м}$$

Зовнішній діаметр фланця:

$$D_n = D_6 + a \quad \text{мм} \quad (3.9)$$

де a – конструкційна добавка; для шестигранних гайок при $d_6 = 20\text{мм}$,

$a = 40\text{мм}$ [8], табл.1.41, табл.95;

$$D_n = 1680 + 40 = 1720\text{мм}$$

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

Зовнішній діаметр прокладки:

$$D_{nn} = D_{\delta} - l \quad \text{мм} \quad (3.10)$$

де: l - конструктивна величина, для плоских прокладок $l = 30 \text{ мм}$ [19], табл.1.41, табл.95.

$$D_{nn} = 1680 - 30 = 1650 \text{ мм}$$

Середній діаметр прокладки:

$$D_{cn} = D_{nn} - e \quad \text{мм} \quad (3.11)$$

де e - конструктивна величина, для плоских прокладок $e = 15 \text{ мм}$ [8], табл.1.42, табл.96;

$$D_{cn} = 1650 - 15 = 1635 \text{ мм}$$

Кількість болтів, необхідних для забезпечення герметичності з'єднання:

$$n_{\delta} \geq \pi D_{\delta} / t_u \quad \text{шт} \quad (3.12)$$

де t_u - шаг розташування болтів М20 на болтова окружність, при $p_p = 0,21 \text{ МПа}$; $t_u = (4,2 + 5)d_{\delta} = 4,5d_{\delta} = 4,5 \cdot 20 = 90 \text{ мм}$ [19], табл.1.43, табл.97.

$$n_{\delta} = \frac{3,14 \cdot 1680}{90} = 58,64 \text{ шт}$$

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

Приймаємо $n_{\sigma} = 60шт$, кратне чотирьом.

Висота (товщина фланця):

$$h_{\phi} > \lambda_{\phi} \sqrt{D \cdot S_{\text{эк}}} \quad мм \quad (3.13)$$

де λ_{ϕ} - коефіцієнт: для плоских фланців $\lambda = 0,34$ при $p_p = 0,21 МПа$ [8], рис. 1.40, табл .97;

$S_{\text{эк}} = S_o = 8мм$, так як для плоских фланців $\beta_1 = S_1 / S_o = 1$;

$$h_{\phi} > 0,34 \sqrt{1550 \cdot 8} = 38,46 мм$$

Приймаємо $h_{\phi} = 40мм$

Розрахункова довжина болта:

$$l_{\sigma} = l_{\sigma,o} + 0,28d_{\sigma} \quad м \quad (3.14)$$

де: $l_{\sigma,o}$ - відстань між опорами поверхонь опри головки болта і гайки при товщині прокладки $h_n = 2мм$:

$$l_{\sigma,o} = 2(h_{\phi} + h_n) \quad мм \quad (3.15)$$

$$l_{\sigma,o} = 2(40 + 2) = 84мм$$

$$l_{\sigma} = 84 + 0,28 \cdot 20 = 89,6мм \approx 90мм \approx 0,090м$$

Рівнодіюча внутрішнього тиску:

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

$$F_{\delta} = \frac{P_p \pi D_{cn}^2}{4} \quad \text{МН} \quad (3.16)$$

$$F_{\delta} = \frac{0,21 \cdot 3,14 \cdot 1,635^2}{4} = 0,4222 \text{МН}$$

Реакція прокладки:

$$R_n = \pi D_{cn} \epsilon_{\circ} K_{np} P_p \quad \text{МН} \quad (3.17)$$

де K_{np} - коефіцієнт, для фторопласта – 4 $K_{np} = 2,5$ [19], , ст. 98;

ϵ_{\circ} - ефективна ширина прокладки; $\epsilon_{\circ} = \epsilon = 15 \text{мм}$ [19], ст.97;

$$R_n = 3,14 \cdot 1,635 \cdot 0,015 \cdot 2,5 \cdot 0,21 = 0,040 \text{МН}$$

Зусилля, які виникають при температурній деформації:

$$F_t = \frac{y_{\delta} \cdot n_{\delta} \cdot f_{\delta} \cdot E_{\delta} (\alpha_{\phi} \cdot t_{\phi} - \alpha_{\delta} \cdot t_{\delta})}{y_p + y_{\delta} + 0,5 \cdot y_{\phi} (D_{\delta} - D_{cn})^2} \quad \text{МН} \quad (3.18)$$

де $\alpha_{\phi}, \alpha_{\delta}$ - відповідно коефіцієнт лінійного розширення матеріала фланців сталь 20 і болтів 35Х; $\alpha_{\phi} = 12,0 \cdot 10^{-6} \text{ } 1/^{\circ}\text{C}$ і $\alpha_{\delta} = 13,3 \cdot 10^{-6} \text{ } 1/^{\circ}\text{C}$ [8], табл.ХІ, ст.286;

t_{ϕ} - розрахункова температура не ізолюваного фланця
 $t_{\phi} = 0,96 \cdot t = 0,96 \cdot 100 = 96^{\circ}\text{C}$ [19], табл.1.37, ст.92;

t_{δ} - розрахункова температура болтів $t_{\delta} = 0,95t = 0,95 \cdot 100 = 95^{\circ}\text{C}$;

y_{δ} - лінійна податливість болтів;

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

$$y_{\delta} = \frac{l_{\delta}}{E_{\delta} \cdot f_{\delta} \cdot n_{\delta}} \quad \text{м/МН} \quad (3.19)$$

$$y_{\delta} = \frac{0,090}{1,9 \cdot 10^5 \cdot 2,35 \cdot 10^{-4} \cdot 60} = 33,6 \cdot 10^{-6} \text{ м/МН}$$

де E_{δ} - модуль пружності матеріалів болтів, $E_{\delta} = 1,9 \cdot 10^5 \text{ МПа}$

f_{δ} - розрахункова площа поперечного перерізу болта $f_{\delta} = 21,35 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$
[19], ст.98;

y_p - лінійна податливості прокладки:

$$y_p = \frac{k_n \cdot h_n}{E_n \cdot \pi \cdot D_{cn} \cdot e} \quad \text{м/МН} \quad (3.20)$$

$$y_n = \frac{1 \cdot 0,002}{2000 \cdot 3,14 \cdot 1,635 \cdot 0,015} = 12,98 \cdot 10^{-6} \text{ м/МН}$$

де k_n - коефіцієнт об жаття прокладки; $k_n = 1$ [19], ст.99;

E_n - модуль пружності прокладки; $E_n = 2000 \text{ МПа}$;

y_{ϕ} - кутова податливість фланця:

$$y_{\phi} = \frac{[1 - \nu(1 + 0,9 \cdot \lambda_{\phi}^1)] \psi_2}{h_{\phi}^3 \cdot E} \quad 1/\text{МН} \cdot \text{м} \quad (3.21)$$

де:

$$\nu = \frac{1}{1 + 0,9 \cdot \lambda_{\phi}^1 (1 + \psi_{\phi}^1 \cdot h_{\phi}^2 / S_{ок}^2)} \quad (3.22)$$

де: ψ_1 і ψ_2 - коефіцієнти:

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

$$\psi_1 = \frac{1,28 \cdot l_o \cdot D_n}{D} = \frac{1,28 \cdot l_o \cdot 1720}{1550} = 0,04 \quad (3.23)$$

$$\psi_2 = \frac{D_n + D}{D_n - D} = \frac{1720 + 1550}{1720 - 1550} = 27,7$$

$$\lambda_\phi^1 = \frac{h_\phi}{\sqrt{D \cdot S_{\text{эк}}}} = \frac{40}{\sqrt{1550 \cdot 8}} = 0,35 \quad (3.24)$$

Тоді , підставивши знайдені величини у формулу (3.21) отримаємо:

$$\nu = \frac{1}{1 + 0,9 \cdot 0,35(1 + 0,04 \cdot 0,04^2 / 0,008^2)} = 0,61$$

По формулі (3.20) визначаємо:

$$y_\phi = \frac{[1 - 0,61(1 + 0,9 \cdot 0,35)] \cdot 2,27}{0,004^3 \cdot 2 \cdot 1,91 \cdot 10^5} = 0,45 \text{ 1/МН} \cdot \text{м}$$

Підставивши всі відомі величини в формулу (3.17) визначимо:

$$F_t = \frac{33,6 \cdot 10^{-6} \cdot 60 \cdot 2,35 \cdot 10^{-4} \cdot 1,9 \cdot 10^5 (12 \cdot 10^{-6} \cdot 96 - 13,3 \cdot 10^{-6} \cdot 95)}{12,98 \cdot 10^{-6} \cdot 33,6 \cdot 10^{-6} + 0,5 \cdot 0,45(1,68 - 1,635)^2} = -0,020 \text{ МН}$$

При $F_t < 0$ повинна виконуватися умова:

$$[\sigma]_\delta \cdot n_\delta \cdot f_\delta - |F_t| > F_{\delta 2} \quad (3.25)$$

Болтове навантаження в умовах монтажу:

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

$$F_{\sigma 1} = \max \left\{ \begin{array}{l} K_{жс} \cdot F_{\delta} + R_n = 1,52 \cdot 0,4222 + 0,04 \text{ МН} \\ 0,5 \cdot \pi \cdot D_{сс} \cdot e_{\sigma} \cdot p_{np} = 0,5 \cdot 3,14 \cdot 1,535 \cdot 0,015 \cdot 10 = 0,385 \text{ МН} \end{array} \right\} = 0,68 \text{ МН} \quad (3.26)$$

де $p_{np} = 10 \text{ МПа}$ - для прокладки з фторопласта, [19], табл.144;

Болтове навантаження в робочих умовах:

$$F_{\sigma 2} = F_{\sigma 1} + (1 - K_{жс})F_{\delta} + F_t = 0,68 + (1 - 1,52)0,4222 + (-0,020) = 0,44 \text{ МН} \quad (3.27)$$

Провіримо чи виконується умова ():

$$230 \cdot 60 \cdot 2,35 \cdot 10^{-4} - |-0,02| = 3,223 \text{ МН} > 0,44 \text{ МН}$$

Умова виконується.

Провіримо згинальний момент:

$$M_{\sigma} = \max \left\{ \begin{array}{l} 0,5(D_{\delta} - D_{сн})F_{\sigma 1} \\ 0,5[(D_{\delta} - D_{сн})F_{\sigma 2} + (D_{сн} - D - S_{эж})F_{\delta}] \frac{[\sigma]_{20}}{[\sigma]} \end{array} \right\} =$$

$$= \left\{ \begin{array}{l} 0,5(1,68 - 1,635)0,68 = 0,0153 \text{ МН} \cdot \text{м} \\ 0,5[(1,68 - 1,635) \cdot 0,44 + (1,635 - 1,6 - 0,008)0,4222] \frac{147}{142} = 0,016 \text{ МН} \cdot \text{м} \end{array} \right\} =$$

$$= 0,016 \text{ МН} \cdot \text{м} \quad (3.28)$$

де $[\sigma]_{20}, [\sigma]$ - нормативно допустимі напруги матеріала фланця при $t = 20^{\circ} \text{C}$ і робочої температури відповідно $[\sigma]_{20} = 147 \text{ МПа}$, $[\sigma] = 142 \text{ МПа}$ [8], табл.11;

Перевірка міцності і герметичності з'єднання.

Умова міцності болтів при монтажі фланцевого з'єднання і в його робочім стані виконується:

$$\frac{F_{\sigma 1}}{n_{\sigma} \cdot f_{\sigma}} \langle [\sigma]_{\sigma, 20} \rangle ; \frac{0,68}{60 \cdot 2,35 \cdot 10^{-4}} = 48,23 < 230 \text{ МПа} \quad (3.29)$$

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

$$\frac{F_{\sigma 2}}{n_{\sigma} \cdot f_{\sigma}} \langle [\sigma]_{\sigma} \rangle ; \frac{0,44}{60 \cdot 2,35 \cdot 10^{-4}} = 31,2 \langle 230 \text{ МПа} \rangle \quad (3.30)$$

де: $[\sigma]_{\sigma 20}$ і $[\sigma]_{\sigma} = 230 \text{ МПа}$ - допустимі напруження для болтів з сталі 35Х при 20°C і робочій температурі відповідно.

Умова міцності прокладки виконується:

$$\frac{F_{\sigma, \max}}{\pi \cdot D_{cn} \cdot e} \langle [p_{np}] \rangle \quad (3.31)$$

$$\frac{0,68}{3,14 \cdot 1,635 \cdot 0,015} = 8,82 \text{ МПа} \langle 40 \text{ МПа} \rangle$$

де: $[p_{np}] = 40 \text{ МПа}$ [5], табл.1.44, табл.11;

$$F_{\sigma, \max} \max \{ F_{\sigma 1}; F_{\sigma 2} \} = \max \{ 0,68 \text{ МН}; 0,44 \text{ МН} \} = 0,68 \text{ МН} \quad (3.32)$$

Максимальне напруження в перерізі, обмеженим розміром s_{\circ} , з врахуванням формул:

$$\sigma_{\circ} = f_{\phi} \cdot \sigma_1 = \frac{f_{\phi} \cdot T_{\phi} \cdot M_{\circ}}{D^* (S_1 - c)^2} \quad \text{МПа} \quad (3.33)$$

так як у плоского привареного фланця втулка циліндрична $S_1 = S_{\circ}$, $f_{\phi} = 1$, так як $S_1 / S_{\circ} = 1$ [19], табл. 1.42, $D^* = D = 1,55 \text{ м}$, так як $D > 20 S_{\circ}$ ($1,6 \text{ м} > 20 \cdot 0,008 = 0,16 \text{ м}$);

$$T_{\phi} = \frac{D_n^2 \left[1 + 8,55 l_{\phi} \left(\frac{D_n}{D} \right) \right] - D^2}{(1,05 D^2 + 1,94 D_n^2) \left(\frac{D_n}{D} - 1 \right)} \quad (3.34)$$

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

$$T_{\phi} = \frac{1,72^2 \left[1 + 8,55l_0 \left(\frac{1,72}{1,55} \right) \right] - 1,55^2}{(1,05 \cdot 1,55^2 + 1,945 \cdot 1,72^2) \left(\frac{1,721}{1,55} - 1 \right)} = 1,88$$

Тоді по формулі визначаємо:

$$\sigma_{\circ} = \frac{1 \cdot 1,88 \cdot 0,016 \cdot 1,61}{1,55(0,008 - 0,001)^2} = 234 \text{ МПа}$$

Напруження у втулці від внутрішнього тиску:

тангенціальне:

$$\sigma_t = \frac{p_p D}{2(S_{\circ} - c)} = \frac{0,21 \cdot 1,55}{2(0,008 - 0,001)} = 24 \text{ МПа} \quad (3.35)$$

меридіольне:

$$\sigma_m = \frac{p_p D}{4(S_{\circ} - c)} = \frac{0,21 \cdot 1,55}{4(0,008 - 0,001)} = 12 \text{ МПа} \quad (3.36)$$

Умова міцності для перерізу обмеженого розміром $S_{\circ} + 8_{\text{мм}}$ виконується:

$$\sqrt{(\sigma_{\circ} + \sigma_m)^2 + \sigma_t^2} - (\sigma_{\circ} + \sigma_m) \cdot \sigma_t \langle \varphi[\sigma_{\circ}] \rangle \quad (3.37)$$

$$\sqrt{(234 + 12)^2 + 24^2} - (234 + 12) \cdot 24 = 234 \text{ МПа} \langle 0,9537 \rangle = 515,7 \text{ МПа}$$

де $[\sigma]_{\circ} = 0,003E = 0,003 \cdot 1,91 \cdot 10^5 = 537 \text{ МПа}$ - для стали 20 в перерізі S_{\circ} при $p_p = 0,21 \text{ МПа}$;

Кругова напруга в кільці фланця по формулі:

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

$$\sigma_{\kappa} = \frac{M \circ [1 - \nu(1 + 0,9\lambda_{\phi}^1)] \psi_2}{D h_{\phi}^2} \text{ МПа} \quad (3.38)$$

$$\sigma_{\kappa} = \frac{0,016[1 - 0,61(1 + 0,9 \cdot 0,35)]27,7}{1,55 \cdot 0,04^2} = 34,2 \text{ МПа}$$

Умова герметичності фланцевого з'єднання виконується:

$$\theta = (\sigma_{\kappa} / E)(D / h_{\phi}) \chi[\theta] \text{ рад}$$

$$\theta = (34,2 / 1,91 \cdot 10^5)(1,55 / 0,04) = 7,16 \cdot 10^{-3} \chi[0,013 \text{ рад}] \quad (3.39)$$

де: $[\theta]$ - допустимий кут повороту плоского фланця , $[\theta] = 0,013 \text{ рад}$ [8], ст.102.

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

3.3 Розрахунок опори апарата [9]

Визначаємо масу апарата.

Максимальну масу апарат буде мати в процесі гідравлічного випробування визначаємо за формулою[9], с.283:

$$M_{\max} = M_{\text{mat}} + M_{\text{в}} \quad (3.40)$$

де M_{mat} - маса металу апарата, кг;

$M_{\text{в}}$ - маса води при гідравлічному випробуванні, кг;

Масу води в апараті приймаємо приблизно при умові заповнення об'єму циліндра , діаметр якого дорівнює корпусу апарата , а довжина дорівнює також його довжині .

Маса води при гідравлічному випробуванні у бражній секції визначаємо за формулою[17], ст.283

$$M_{\text{в}} = \frac{\pi D_{\text{в}}^2}{4} L_{\text{в}} \rho_{\text{в}} \quad \text{кг} \quad (3.41)$$

$$M_{\text{в}} = \frac{3,14 \cdot 1,55^2}{4} 4,5 \cdot 1000 = 8487 \text{ кг}$$

Масу води при гідравлічному випробуванні у водяній секції визначаємо за формулою(3.41):

$$M_{\text{в}} = \frac{3,14 \cdot 0,55^2}{4} 3,0 \cdot 1000 = 712,4 \text{ кг}$$

Згідно з [17], ст.283 маса апарата складе приблизно 11000кг.

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

Таким чином загальна маса підігрівача бражки визначаємо за формулою[17], ст.283:

$$G = (M_{\text{mat}} + M_{\text{e}})g \quad \text{кН} \quad (3.42)$$

$$G = (11000 + 712,4 + 8487)9,81 = 197,952 \text{ кН}$$

Приймаємо сідловидну опору типу 2 виконання 1 з дозволеним навантаженням на опору $Q=200$ кН.

Реакцію опори при установці на двох опорах визначаємо за формулою[17], ст.283:

$$Q = 0,5G \quad \text{Н} \quad (3.43)$$

$$Q = 0,5 \cdot 197952,4 = 98976,2 \text{ Н}$$

Згинальний момент в середині апарата : визначаємо за формулою[17], ст.283

$$M_1 = Q(f_1 L - a) \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (3.44)$$

де $f_1 = 0,24$ - коефіцієнт [17], ст.296;

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

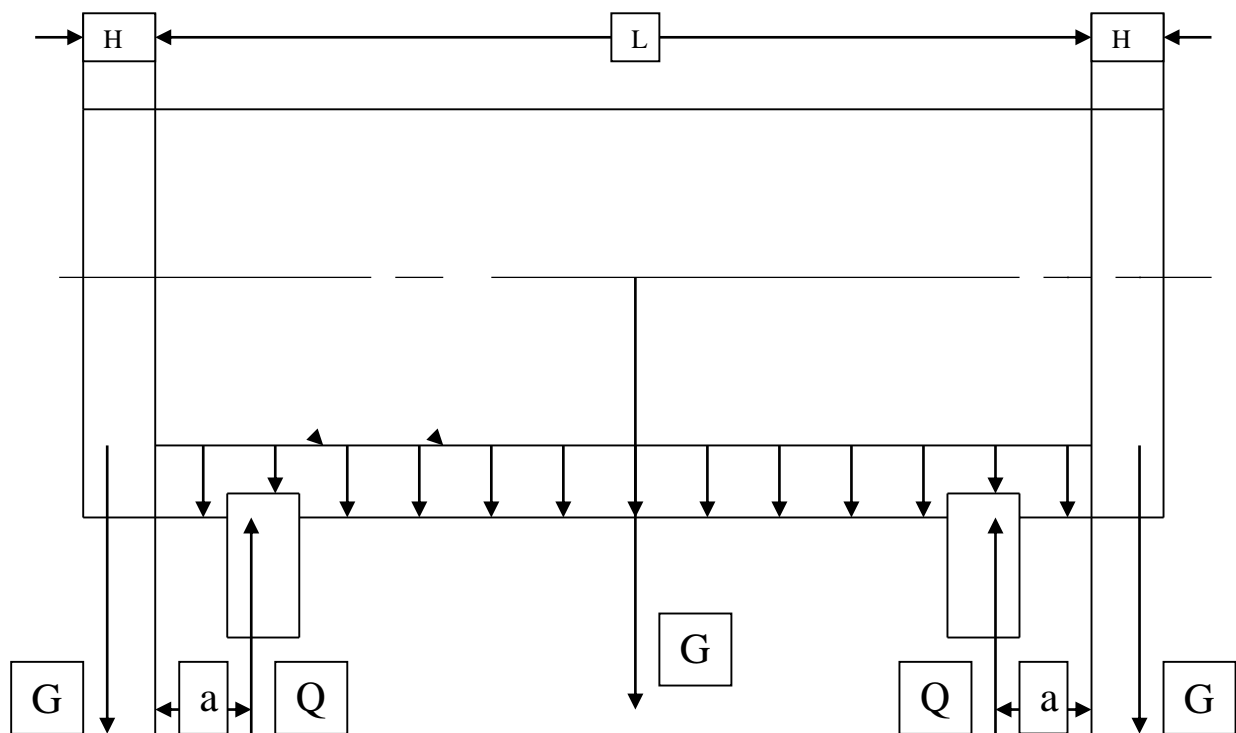


Рис.3.3 Розрахункова схема для розрахунку опри апарата

Для апаратів без кілець жорсткості визначаємо за формулою[9], ст.283:

$$a \approx 0,2L \text{ м} \quad (3.45)$$

$$a = 0,2 \cdot 4,0 = 0,8 \text{ м}$$

Підставивши значення у формулу (3.67) отримаємо:

$$M_1 = 989762(0,24 \cdot 4,0 - 0,8) = 1583619 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Згинальний момент в перерізі над опорою визначаємо за формулою[17], ст.284:

$$M_2 = \frac{Q \cdot a}{f_2} \left(1 - \frac{a}{L} + \frac{0,5f_3 D}{a} - f_2 \right) \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (3.46)$$

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

де $f_2 = 1,07$ - коефіцієнт [17], ст.296;

$f_3 = 0,03$ - коефіцієнт [17], ст.296;

$$M_2 = \frac{989762 \cdot 0,8}{1,07} \left(1 - \frac{0,8}{4,0} + \frac{0,5 \cdot 0,03 \cdot 1,55}{0,8} - 1,07 \right) = -17829,6 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Суму визначається за формулою[9], ст.284:

$$Q_n = f_4 \cdot Q \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (3.47)$$

де $f = 0,57$ - коефіцієнт [17], ст.296;

$$Q_n = 0,57 \cdot 988762 = 563594 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Міцність стінки від спільної дії внутрішнього тиску і згину від реакції опор перевіriamo в двох перерізах:

- посередині прольоту;
- над опорою;

Напруга матеріалу корпусу посередині прольоту визначається за формулою[17], ст.284:

$$\sigma_1 = \frac{pD}{4(S-C)} + 1,275 \frac{|M_1|}{D^2(S-C)} \leq \varphi[\sigma] \quad (3.48)$$

$$\sigma_1 = \frac{0,23 \cdot 10^6 \cdot 1,55}{4(0,006 - 0,001)} + 1,275 \frac{1583619}{1,55^2(0,006 - 0,001)} \leq \varphi[\sigma]$$

$$20,425 \text{ МПа} < 1 \cdot 60 \text{ МПа}$$

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

Напругу матеріалу корпусу під опорою визначається за формулою[9],
с.284:

$$\sigma_2 = \frac{pD}{4(S-C)} + 1,275 \frac{|M_2|}{k_6 \cdot D^2(S-C)} \leq \varphi[\sigma] \quad (3.49)$$

де: $k_6 = 0,15$ - коефіцієнт [17], ст.297;

$$\sigma_2 = \frac{0,23 \cdot 10^6 \cdot 1,55}{4(0,006 - 0,001)} + 1,275 \frac{17829,6}{0,15 \cdot 1,55^2 (0,006 - 0,001)} \leq \varphi[\sigma]$$

$$30,425 \text{ МПа} < 1 \cdot 60 \text{ МПа}$$

Всі вимоги міцності виконуються.

Напругу зрізу в опорному перерізі корпусу визначається за формулою[9],
ст.284:

$$\tau_1 = 2 \cdot k_7 \frac{Q_n}{D(S-C)} \leq 0,8[\delta] \quad (3.50)$$

де $k_7 = 0,88$ - коефіцієнт [17], ст.297;

$$\tau_1 = 2 \cdot 0,88 \frac{56359,4}{1,55(0,006 - 0,001)} \leq 0,8 \cdot 60$$

$$13,23 \text{ МПа} < 48 \text{ МПа}$$

Умова виконується.

Кільцеве навантаження в нижній точці опорного перерізу визначається
за формулою[9], ст.284:

$$\sigma_3 = k_{10} \frac{Q}{(S-C)l_e} \leq \varphi[\sigma] \quad (3.51)$$

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

де $k_{10} = 0,65$ - коефіцієнт [17], ст.297;

$$l_e = B + 1,1\sqrt{D(S - C)} \quad \text{м} \quad (3.52)$$

де $B = 250_{\text{мм}} = 0,25_{\text{м}}$ - ширина сідлової опри;

$$l_e = 0,25 + 1,1\sqrt{1,55(0,006 - 0,001)} = 0,345 \text{ м}$$

Підставивши всі відомі величини в формулу (3.73) визначимо:

$$\sigma_3 = 0,65 \frac{8976,2}{(0,006 - 0,001) \cdot 0,345} \leq \varphi[\sigma]$$

$$30,12 \text{ МПа} < 60 \text{ МПа}$$

Умова виконується.

Кільцеву напруга на гребні сідлової опори визначається за формулою[9], ст.284:

$$\tau_2 = \frac{Q}{(S - C)^2} \left[\frac{S - C}{4 \cdot l_e} + 1,5 \cdot k_{11} \right] \leq \varphi[\sigma] \quad (3.53)$$

де $k = 0,0374$ - коефіцієнт [17], рис. 14.20, ст.297;

$$\tau_2 = \frac{98976,2}{(0,006 - 0,001)^2} \left[\frac{0,006 - 0,001}{4 \cdot 0,345} + 1,55 \cdot 0,0374 \right] \leq \varphi[\sigma]$$

$$19,1 \text{ МПа} < 60 \text{ МПа}$$

Умова виконується.

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

4 Монтаж та ремонт апарата

4.1 Монтаж розробленого апарата [10]

Монтаж конденсатора повинен проводитися в такій послідовності:

- 1) виготовлення фундаменту або виготовлення і монтаж опорних конструкцій;
- 2) встановлення і вивірка положення корпусу конденсатора на фундаменті або опорній металевій конструкції;
- 3) монтаж обслуговуючих площадок та східців;
- 4) підготовка, приєднання всіх трубопроводів, герметизація фланцевих з'єднань, набивка і затягування сальникових ущільнень;
- 5) приєднання допоміжних пристроїв і механізмів, встановлення апаратури і контрольно-вимірювальних приладів, встановлення огорожень;
- 6) випробування конденсатора на герметичність;
- 7) проведення теплоізоляційних робіт;
- 8) здача апарата в експлуатацію;

Конденсатори поступають на монтаж в зібраному вигляді.

Правильність встановлення конденсатора перевіряють по рівню. Конденсатор встановлюють на опорні лапи, які після остаточної вивірки апарата приварюються до несучих металевих конструкцій перекриття будівлі.

Монтаж комунікацій паро- і конденсатопроводів, продуктопроводів проводиться після вивірки його положення і закріплення на фундаменті. Конденсат повинен відводитися із самої нижньої точки. На паропроводах повинні бути установлені крани для спуску конденсату, щоб уникнути гідравлічних ударів при пуску пари в апарат. Необхідно також передбачити крани для періодичного спуску повітря із парового простору апарата.

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

Трубопроводи слід розташовувати з урахуванням зручного обслуговування апарата і допоміжних пристроїв. Продуктопроводи бажано монтувати з нахилом 3- 5 см на 1 м.

Перед збиранням мідного апарата всі його частини ретельно перевіряються. Трубочаті або змієвикові теплообмінники (підігрівачі, дефлегматори, конденсатори, холодильники) підлягають гідравлічному випробуванню.

Без попереднього гідравлічного випробування теплообмінників встановлювати їх не рекомендується.

Всі вентилі, задвижки, крани зворотні і редуційні клапани, що встановлюються на продуктових, парових, водяних трубопроводах апаратів або на самих апаратах, повинні бути попередньо випробувані на щільність.

Не допускається встановлення не притертої і несправної апаратури.

Всі заготовлені деталі трубопроводів(прямі відрізки, коліна, гідравлічні затвори) повинні бути ретельно очищені і промиті.

Мідні дефлегматори, конденсатори, холодильники пакують з опорою фланців на торцеві бруси прямокутної дерев'яної рами. Мідні трубчасті теплообмінники подаються до місця встановлення разом з опорними дерев'яними рамами. Переміщення теплообмінників здійснюється по настилу з дощок і катками, підкладену під раму. До місця встановлення обладнання зручніше подавати через монтажний проїом, розмір якого відповідає найбільшому по габаритах обладнанню.

На верхній поверх подача обладнання проводиться за допомогою ручних лебідок. Лебідки закріплюються за існуючі конструкції, стіни будівлі або спеціально вбиті чи вкопані в ґрунт і надійно закріплені якоря.

Троси від лебідок протягують через відвідні блоки, потім через підйомні блоки і опускають до фундаменту встановлююмого конденсатора.

До основного підйомного тросу кріпиться трьох- хвостовий ланцюг, а до кінця допоміжного троса кріпиться крюк.

На борт нижньої камери конденсатора вкладається раніше заготовлена стрічкова прокладка.. Частіше всього застосовуються прокладки із листового

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

азбесту і азбестового полотна (при широких бортах), пряді паклі , збитої з свинцевим суриком, або параніту.

Перед укладкою на борт на прокладці розмічають отвори, що відповідають болтовим отворах у фланцях. Отвори в прокладці пробивають гострим пробійником на дерев'яній підкладці.

Порвану прокладку або підкладку з невірно розміченими і не акуратно пробитими отворами встановлювати не рекомендується.

Зібраний конденсатор перевіряють металевими підвісами.

Заготовлені участки трубопроводів зберуть і прокладуть відповідно схеми або креслення.

При прокладанні трубопроводи ретельно закріплюють хомутами на підвісках або кронштейнах. Всі горизонтальні трубопроводи повинні мати встановлені нахили. Зібрані трубопроводи не повинні мати участків, опущених нище загальної лінії трубопровода, де можливий застій рідини.

Вертикальні участки трубопроводів повинні співпадати з підвісами.

Після монтажу проводять гідравлічне випробування апарату з метою перевірки якості виконаних робіт.

Гідравлічні випробування проводять пробним тиском $P_{\text{проб.}}=1,25P_{\text{роб.}}$. По закінченню випробування ліквідовують всі нещільності і проводять випробування під навантаженням.

Спочатку конденсатор пускають на воді і пару.

Робота в процесі випробування на парі і воді повинна проходити 6-8 годин при умові повного усунення всіх недоліків. В процесі випробування виявляють і усувають всі недоліки монтажу, а внутрішню поверхню всього обладнання пропарюють і промивають. Робота конденсатора на воді і парі враховується нормальною, якщо відсутня течія, конденсатор працює спокійно.

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

4.2 Ремонт апарата [10]

Теплообмінник доводиться зупиняти для ремонту при слідуючих основних несправностях: забруднення поверхні теплообміну; при виявленні пропуску рідини.

Ремонт теплообмінних апаратів полягає в очищенні поверхні нагріву від накипу та інших забруднень, ремонт поверхні нагріву.

Крім вказаних операцій проводять ремонт запірної апаратури та ізоляції.

Осад, відкладений на стінках апарата, видаляють за допомогою мінеральних і органічних речовин.

Спосіб очищення залежить від виду і ступеня забруднення. Існують слідуючі способи очищення теплообмінних поверхонь:

1) Хімічне очищення виконується при очищенні міжтрубного простору. При цьому способі пом'якшення осаду на поверхні нагріву досягається за допомогою каустичної соди. Накип потім розчиняється слабким розчином соляної кислоти.

2) Термічна очистка заснована на використанні різних коефіцієнтів теплового розширення накипу і метала. Поверхню нагріву спочатку підігривають перегрітим паром, а потім охолоджують холодною очищеною хімічним способом водою. В результаті частинки накипу відпадають від поверхні нагріву і видаляються вручну або промивкою. Цей метод використовується в тому випадку, якщо буде встановлено, що накип, потребуючий видалення, при нагріві становиться твердим і крихким.

3) Гідравлічна очистка заснована на здатності струменя води високої швидкості (більше 50 м/с) видаляти накип. Цей метод використовується при видаленні крихкого накипу.

4) Механічне очищення використовується для очищення накипу, використовуючи металеві йоржі. Чищення труб проводиться за допомогою шарошок, які приводяться в дію від електродвигуна або гідропривода через

					ПОХНВ.Т.00.00.00.ПЗ	Арк.
						67
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

гнучкий вал або шланг. Кожну трубку чистять марочками зверху вниз і назад. Під час чищення в трубку подається вода для вимивання відділеного накипу.

Ремонт трубчастої поверхні складається зі слідуєчих операцій:

- 1) огляд поверхні нагріву;
- 2) видалення труб, потребуючих заміни;
- 3) підготовка нових труб і трубної решітки;
- 4) встановлення і розвальцювання труб;
- 5) випробування.

Огляд поверхні нагріву проводиться після очищення апарату від накипу під час гідравлічного випробування під тиском 0,3-0,5 МПа.

Якщо деякі трубки почали текти ще до досягнення пробного тиску, їх заглушують дерев'яними пробками і продовжують випробування.

Після гідравлічного випробування видаляють ті трубки, які потекли. Видалення труб проводиться обтисканням кінців труб гвинтовим пристосуванням у вигляді кліщів, які не пошкоджують вічка на трубній решітці.

Основними дефектами труб поверхні нагріву є і зовнішня, і внутрішня корозія; зношення стінок труб зовні; утворення свищів; тріщини в місцях розвальцювання труб і свищів в стиках.

Здуття невеликої величини на конденсаторних трубах видаляють шляхом нагріву газовим пальником до червоного кольору і подальшої правки у рівень з трубою.

Труби з вм'ятинами виправляють нагріванням пошкодженого міста і протягуванням з допомогою троса кулі діаметром, дещо меншим від внутрішнього діаметра труби.

Витягнуті із апарату і очищені труби, які мають невеликі повздовжні тріщини, заварюють газозварюванням. Розвальцювання труб виконується після зачистки валків у трубній решітці і кінців труб. При цьому велику увагу потрібно приділяти якості вальцювання з'єднання. Якщо при гідро випробуванні трубка потекла, підвальцювати її більше 2-3 раз не допускається.

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

Своєчасно виявлені недоліки в роботі та їх усунення забезпечує стабільну роботу БРУ в цілому.

Виконання робіт проводити дотримуючись Правил техніки безпеки. Якщо необхідні роботи можливо виконати без зупинки БРУ, то при виконанні робіт необхідно застосовувати тільки обміднений інструмент, забороняється проводити вогневі роботи.

При поточному ремонті конденсатора знімають кришки, камери, трубопроводи. Проводять очищення внутрішніх поверхонь від бруду та накипу. Виготовляють прокладки з пробивкою отворів для болтів. Прожировують болти. Після встановлення на місця кришки, камери проводять гідравлічне випробування з усіма допоміжними роботами.

При середньому ремонті проводяться ті ж роботи, що і при поточному, але додатково проводиться заміна труб до 10%.

При капітальному ремонті проводяться ті ж роботи, що і при поточному, але додатково проводиться заміна труб до 25%.

При ремонтних та монтажних роботах необхідно застосовувати засобами індивідуального захисту: спецодяг та спецвзуття, рукавиці, монтажні шоломи, переносні світильники напругою не вище 12В у вибухозахищеному виконанні або акумуляторні ліхтарі УАС-3В, запобіжний пояс з рятувальною вірьовкою, противогазами шланговими з виносним шлангом та фільтруючим з коробкою А.

При використанні лісів та драбин, перевірити їх надійне устанавлення та строки випробування.

При проведенні робіт з підвищеною небезпекою оформляється наряд-допуск, в якому визначається обсяг і зміст робіт, заходи безпеки, засоби захисту працюючих та вказується відповідальний за проведення робіт. Перед початком робіт працівники повинні пройти інструктаж.

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

5 Охорона праці [11]

Аналіз небезпечних і шкідливих факторів, що виникають при роботі устаткування

Питання підвищення продуктивності праці і збільшення економічного ефекту підприємства багато в чому залежить від безпечних і нешкідливих умов праці. Широке впровадження автоматизації, механізації і сучасної високопродуктивної техніки разом зі здійсненням спеціальних заходів щодо техніки безпеки й оздоровлення умов праці є основними напрямками подальшого зниження травматизму і захворювань на підприємствах хімічної та харчової промисловості. Досить важливим представляється використання автоматизованих пристроїв з дистанційним керуванням, забезпечення цехів, у приміщенні яких можлива поява токсичних і шкідливих речовин, ефективною системою вентиляції, максимальна герметизація устаткування, проведення санітарно - оздоровчих заходів і профілактика уражень електричним струмом.

Характеристика сировини – бражки

Бражка – складна багатокomпонентна суспензія, що складається з води (82-90%), сухих речовин (4-10 мас %) і етилового спирту із супутніми летучими домішками (5-8 мас %). Бражка завжди містить деяку кількість диоксида вуглецю. У 1 л її, узятому безпосередньо з бродильного апарата знаходиться 1–1,5 г CO₂. При перекачуванні бражки в ректифікаційне відділення 35-45 % її губиться. Кислотність бражки – близько 4,9 – 5,2.

Сухі речовини бражки представлені як зваженими частками (дріжджові клітини, лушпайка), так і розчиненими у водно-спиртовій суміші органічними і неорганічними речовинами (незброжені цукри, білки, мінеральні речовини й ін.).

Бражка, як і концентровані водно-спиртові розчини, легко займається і горить блідо-голубим полум'ям, що слабо світиться та не копить.

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

Температура спалаху парів спирту, що знаходяться над рідиною, залежить від тиску і практично може змінюватися від 9°C до 132°C. Температура запалення спирту в повітрі +404° С

Вимоги безпеки на підприємствах

При проектуванні й експлуатації виробництв необхідно керуватися ГОСТ 12.3.002-75 ССБП. Процеси виробничі. Загальні вимоги безпеки. [9]

При проектуванні і реконструкції виробництв, технологічних процесів, які пов'язані з утворенням чи використанням шкідливих речовин, треба прагнути до заміни речовин на менш шкідливі та нешкідливі, сухих способів переробки матеріалів мокрими, і до випуску кінцевих продуктів у некиплячих формах. Технологія виробництв повинна базуватися на замкнутих циклах автоматизації, комплексній механізації, дистанційному керуванні, що виключає контакт людини зі шкідливими речовинами. Виробниче устаткування і комунікації не повинні допускати виділення шкідливих речовин у повітря робочої зони. Технологічні викиди повинні проходити очищення з метою уловлювання, рекуперації і нейтралізації шкідливих речовин, що містяться в газах, що відходять, промивних стічних водах. Виробництво повинно бути оснащено аварійною вентиляцією, активним і пасивним вибухозахистом. На кожному виробництві повинні бути специфічні нормативно-технічні документи з безпеки праці, застосування і збереження шкідливих речовин, що включають дані про токсикологічні характеристики шкідливих речовин і вказівки щодо засобів захисту (колективних та індивідуальних), що відповідають вимогам ГОСТ 12.4.001-75 „ССБП. Засоби захисту працюючих. Класифікація” [10]. На виробництвах, де працюють зі шкідливими речовинами 1-го класу небезпеки, повинен здійснюватися безперервний контроль їх вмісту в повітрі робочого середовища. Вміст речовин 2, 3 і 4-го класів контролюється періодично. Безперервний контроль вмісту шкідливих речовин у повітрі робочої зони повинен передбачати застосування самописних автоматичних приладів, що видають сигнали перевищення рівня ГДК.

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

Чутливість методів контролю не повинна бути нижче 0,5 рівня ГДК, а їх похибка не повинна перевищувати $\pm 25\%$ від обумовленої величини.

Всі особи зайняті на виробництві і які мають контакт зі шкідливими речовинами повинні в обов'язковому порядку проходити попередній і періодичний медичний огляд і знати методи надання невідкладної долікарської допомоги потерпілим при аварії.

Вимоги до устаткування при виробництві спирту

1) Герметичність апаратури. Технологічна апаратура і комунікації, призначені для робіт з вибухонебезпечними і шкідливими продуктами повинні бути герметичними. Герметизуючі пристрої всіх агрегатів необхідно систематично оглядати й у місцях порушення герметичності їх варто негайно виправити.

2) Установка вогнегасників. На воздушках технологічних апаратів, у яких знаходяться вибухонебезпечні речовини, повинні встановлюватися вогнеперешкоджувачі або інші засоби обмеження полум'я. Зовнішні кінці стояків газовідводів зимовий час повинні оглядатися й очищатися від снігу і від льоду. При цьому повинна бути забезпечена безпека цих робіт.

3) Розташування устаткування. Розташування устаткування повинно забезпечити безпеку і зручність його обслуговування і ремонту. Технологічні апарати зі зрідженими пальними газами, ЛВЖ, ГЖ, винесені з цеху, але технологічно пов'язані з ним, повинні бути розташовані на відстані не менше 10 м від віконних і дверних прорізів приміщень виробництв категорій В, Г і Д. У випадку, коли цей розрив менше 10 м, необхідно віконні прорізи приміщень виробництв категорій В, Г и Д заповнювати склоблоками.

При установці устаткування варто передбачати:

а) основні проходи в місцях постійного перебування працюючих, а також по фронту обслуговування щитів керування (при наявності постійних робочих місць) шириною не менше 2 м;

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

б) основні проходи по фронту обслуговування апаратів, що мають „гребінки” керування, місцеві контрольно-вимірювальні прилади при наявності постійних робочих місць, шириною він не менше 1,5 м;

в) проходи між апаратами, а також між апаратами і стінами приміщень, при необхідності кругового обслуговування шириною не менше 1 м;

г) проходи для огляду і періодичної перевірки і регулювання апаратів і приладів шириною не менше 1 м;

д) ремонтні площадки, достатні для розбирання і чищення апаратів і їх частин без захарачення робочих проходів, основних і запасних виходів і площадок сходів.

4) Наявність аварійних ємностей. Ємнісна технологічна апаратура з ЛВЖ, пальними газами повинна мати пристрій для звільнення її перед ремонтом і у випадку аварії і пожежі. Після використання аварійної ємності остання повинна бути звільнена від продукту й у залежності від характеру цього продукту ємність повинна бути продута інертним газом або водяною парою і, якщо потрібно, промита водою.

5) Промивання і продувка технологічних апаратів. Для промивання і продувки технологічних апаратів з вибухонебезпечними і токсичними речовинами перед ремонтом, внутрішнім оглядом або іспитом повинні бути передбачені штуцера для приєднання ліній води, пари або інертного газу.

6) Установка сигналізаторів граничного верхнього рівня на ємнісній апаратурі. Ємнісна апаратура (сепаратори, збірники) повинні забезпечуватися сигналізаторами граничного верхнього рівня незалежно від регулятора рівня, встановленого на апараті.

7) Наявність пристроїв, що огорожують, при розташуванні устаткування, що обслуговується (технологічних апаратів, приладів, арматури та ін.) на висоті більш 1,8 м. Для доступу до нього повинні бути улаштовані стаціонарні сход із поручч і площадки з огороженням. Ширина сходів повинна бути не менше 0,7 м, а крок сходиців – не більше 0,25 м, а ширина сходиців – не менше 0,12 м. Ухил сходів повинний бути не більше 45° . Для доступу до устаткування, що рідко

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

обслуговується, (прилади, арматури), що знаходиться на висоті не більше 3 м, допускається пристрій сходів з ухилом 60° , а в окремих випадках - користування драбинами.

Усі частини машин і технологічних апаратів, що рухаються й обертаються (маховики, вали, муфти, передачі й ін.), розташовані на висоті не менше 2 м над рівнем підлоги або площадки обслуговування, повинні мати сітчасте або суцільне загородження. Знімати огороження для ремонтів технологічних апаратів дозволяється тільки після повної зупинки механізмів.

8) Механізація трудомістких, важких і небезпечних робіт. Для монтажу, демонтажу і ремонту технологічної апаратури, устаткування й арматури повинні застосовуватися підйомно-транспортні засоби і механізми. При використанні підйомно-транспортних засобів і механізмів повинні передбачатися міри, що забезпечують їх безпечну експлуатацію у вибухонебезпечних і вибухопожежонебезпечних приміщеннях.

9) Захист від корозії. Апарати, встановлені в прийманнях із засипанням або в землі при безканальному прокладанні повинні бути захищені від корозії. Захисне фарбування й ізоляція повинні здійснюватися тільки після його технічного огляду й випробувань.

10) Нанесення умовних позначок. На кожний технологічний апарат повинний бути нанесений номер, що відповідає його номеру на технологічній схемі.

11) Порядок підготовки устаткування до огляду і їх проведення. Робота виробничого устаткування, норми його навантаження й основні параметри процесу повинні відповідати вимогам установленого технологічного режиму і паспортних даних. Прийом і здача кошторису повинен супроводжуватися оглядом всього устаткування з оцінкою результатів огляду в журналі.

12) Усі виявлені несправності повинні бути усунуті.

13) Від'єднання технологічних апаратів, що не використовуються при проведенні процесів.

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

14) Заходи у вибухо- і вибухопожежонебезпечних цехах з попередження утворення іскор при ударах і перегрівів працюючих частин.

Розрахунок системи штучного освітлення апаратного відділення

Раціональне освітлення повинно забезпечувати нормальні умови праці. Найменша освітленість робочих поверхонь у виробничих приміщеннях встановлюється в залежності від характеристики зорової роботи та регламентується будівельними нормами та правилами (СНіП 2305-95).

Для розрахунку системи освітлення апаратного відділення нам необхідні наступні вихідні дані.

Габаритні розміри приміщення апаратного відділення складають 10x7x3,5 м. Розміри віконного прорізу – 2,5x3,0 м. Кількість вікон – 2.

Розрахунок освітлювальної установки зводиться до визначення необхідної кількості та потужності світильників.

Нормоване значення освітленості для апаратного відділення при загальному освітленні за СНіП II-4-79 при використанні ламп розжарювання складає 200 люкс.

Розрахунок проводимо за методом використання світлового потоку:

$$F_{л} = \frac{E_{\min} \cdot k \cdot S \cdot Z}{N \cdot n \cdot \eta_{л}}, \quad (5.1)$$

де $F_{л}$ – світловий потік лампи, лм. Так як приміщення відноситься до категорії невибухонебезпечних приміщень то використовуємо лампу ЛД-40 [11], потужністю 40 Вт (значення світлового потоку 2800 лм [11]);

E_{\min} – мінімальна нормована освітленість, 200 лк, таблиця 11.6 [11];

k – коефіцієнт запасу, $k = 1,5 \div 2$ [11];

S – площа приміщення, м²;

Z – коефіцієнт нерівномірності освітлення, для люмінесцентних ламп $Z = 1,1$ [11];

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

N – кількість світильників, шт.;

n – кількість ламп в світильнику, шт. приймаємо, що в світильнику 1 лампа;

$\eta_{\text{л}}$ – коефіцієнт використання світлового потоку, приймаємо значення $\eta_{\text{л}}=0,6$ [11].

З формули (6.15) виражаємо кількість світильників:

$$N = \frac{E_{\min} \cdot S \cdot k \cdot z}{F_{\text{л}} \cdot \eta \cdot n}; N = \frac{200 \cdot 10 \cdot 7 \cdot 1,7 \cdot 1,1}{2800 \cdot 0,6 \cdot 1} = 15,6 \text{ шт.}, \quad (5.2)$$

Приймаємо кількість світильників $N = 16$ шт.

Визначаємо коефіцієнт фактичної освітленості:

$$E_{\phi} = \frac{2800 \cdot 0,6 \cdot 1,6 \cdot 1}{10 \cdot 7 \cdot 1,7 \cdot 1,1} = 205,3 \text{ лк.}$$

Фактична освітленість задовольняє мінімальні вимоги так як відхилення E_{ϕ} от E_{\min} 2%, тоді як допустимим є відхилення на 10%.

За площею приміщення необхідно рівномірно розмістити 16 світильників. Для забезпечення ефективної освітленості світильники розміщують по сторонам квадрата з боковою стороною $L=1,4 \cdot H_{\text{р}}$,

де $H_{\text{р}}$ – висота підвісу світильника над робочою поверхнею визначається як різниця між висотою приміщення та висотою робочої поверхні (1 м) та висотою підвісу лампи від потолка (0,3 м).

$$H_{\text{р}} = 3,5 - 0,8 - 0,3 = 2,4 \text{ м. } L = 1,4 \cdot 2,4 = 3,4 \text{ м.}$$

Відстань від світильника до стіни повинна лежати в межах $l = 0,3 - 0,5L$, тобто 1,02 – 1,7 м. Якщо прийняти $L = 3,4$ м, то ми не зможемо розмістити лампи рівномірно. Тому розрахуємо відстань між світильниками

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

виходячи з того, що відстань від стіни до центра лампи складає мінімальне значення 1,1 м. Схема розміщення світильників приведена на рисунку 5.1.

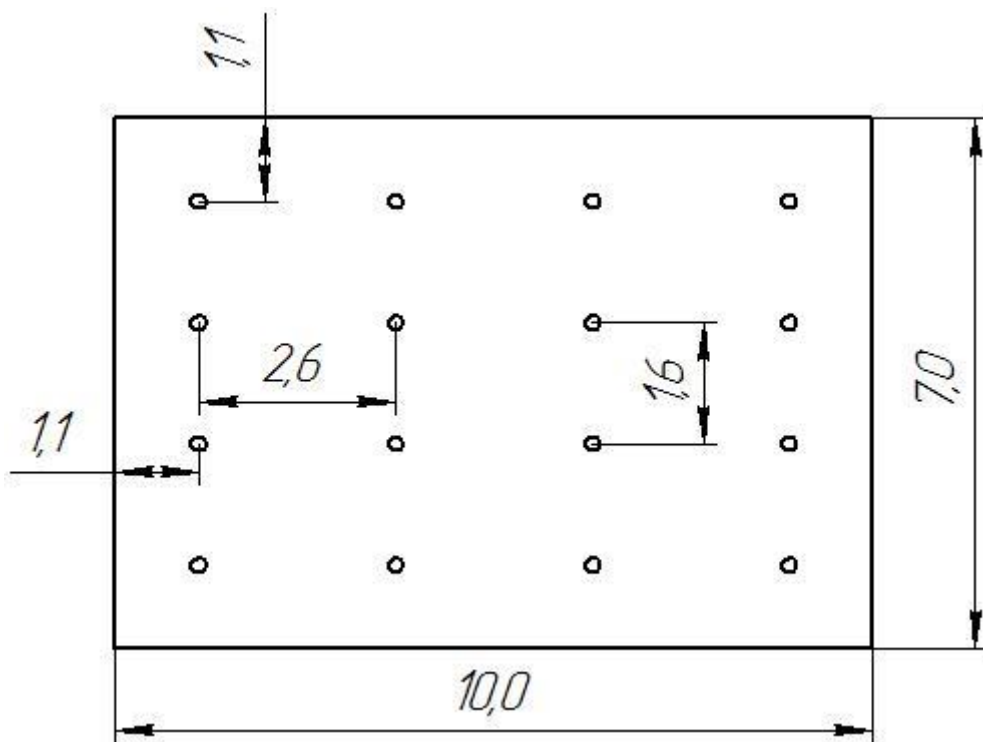


Рисунок 5.1 – Схема розміщення світильників

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ПОХНВ.Т.00.00.00.ПЗ

Арк.

77

Висновки

При проектуванні використали підігрівач бражки з трьома секціями : бражною нижньою і верхньою , водяною. Це дозволяє забезпечити, як підігрів бражки так і повну конденсацію водно-спиртових парів. В якості секцій підігрівача використовуються багатоходові кожухотрубні теплообмінники. Матеріал ((нержавіюча сталь марки 12Х18Н10Т), якого виготовлені секції апарата, є найбільш корозостійким до бражки, що дозволяє уникнути витрат на відповідні ремонтні роботи.

Конструктивними розрахунками підтверджено працездатність апарату.

Результатом проекту є теплообмінник для підігрівання бражки та конденсації водно-спиртових парів спиртового заводу потужністю 6000дал/добу.

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

Список літератури

1. Технологія спирту / В.О. Маринченко, В.А. Домарецький, П.Л. Шиян, В.М. Швець, П.С. Циганков, І.Л. Жолнер. - Вінниця: "Поділля-2000", 2003 -496с.
2. Оборудование спиртовых заводов. Колосков С.П., Яровенко В.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. Технологическое оборудование предприятий бродильной промышленности/В.И. Попов, И.Т. Кретов, В.Н. Стабников, В.К. Предченский. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1983-465с.
5. Попов В.И. Примеры расчетов по курсу технологического оборудования предприятий бродильной промышленности.– М.: Пищевая промышленность, 1968.
6. Циганков П.С. Монтаж і експлуатація брагоретифікаційних установок. Кив: Техніка, 1970.
7. Павлов К. Ф., Романков П. Г., Носков А. А. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии. — Л.: Химия, 1981.— 560 с.
8. Лазинский А.А., Толчинский А.Р. Основы конструирования и расчета химической аппаратуры. – Л., «Машиностроение», 1970.- 752 с.
9. О.Г. Лунин, В.Н. Вельтешев. Теплообменные аппараты пищевых производств. Москва ВО"Агропромиздат"1987.
10. Фармазов С. А. Ремонт и монтаж оборудования химических и нефтеперерабатывающих заводов. 2-е изд., перераб. — М.- 1980. — 312 с, ил.
11. Основи охорони праці / М. П. Купчик, М. П. Гандзюк, І. Ф. Степанець та ін.// К.: Основа, 2000. – 416 с.

					ПОХНВ.Т.00.00.00.ПЗ	Арк.
						79
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		