

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ ТА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
Кафедра «Хімічної інженерії»

ЗАТВЕРДЖУЮ
Зав. Кафедри

підпис, дата

**Кваліфікаційна робота магістра
зі спеціальності 133 «Галузеве машинобудування»
освітня програма «Обладнання хімічних виробництв
і підприємств будівельних матеріалів»**

Тема роботи: Виробництво етилового спирту із крохмалевмісної сировини. Розробити та модернізувати дефлегматор спиртової ректифікаційної колони.

Виконав:
студент групи ХМ.м-11
Звягін І.О

Підпис

Залікова книжка
№ 21510186

Кваліфікаційна робота магістра
Захищена на засіданні ЕК
З оцінкою _____.
«__» _____ 2022р.

Керівник:

Науковий ступінь, вчене звання

Прізвище, ім'я, по батькові

підпис, дата

Підпис голови
(Заступника голови) комісії

Суми 2022

Зміст

Вступ.....	3
1. АНАЛІЗ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ.....	5
1.1 Обґрунтування модернізації теплообмінного апарату.....	5
1.2 Виробництво етилового спирту з крохмалевмісної сировини.....	5
2. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	7
2.1 Опис технологічної схеми виробництва.....	7
2.2 Теоретичні основи процесу.....	9
2.3 Опис конструкції проектованого апарата.....	13
2.4 Технологічні розрахунки та визначення конструктивних розмірів апарата.....	15
2.4.1 Матеріальний та тепловий баланси процесу, конструктивні та технологічні розрахунки.....	15
2.4.3 Розрахунок діаметра штуцерів.....	19
2.5 Гідравлічні розрахунки	21
2.6 Вибір допоміжного обладнання.....	22
3 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА.....	23
3.1 Вибір конструкційних матеріалів	23
3.2 Розрахунки на міцність та стійкість	24
3.2.1 Розрахунок товщини стінки корпусу	24
3.2.2 Розрахунок товщини стінки днища	27
3.2.3 Розрахунок фланцевого з'єднання.....	28
3.2.4 Розрахунок опори апарату.....	36
4 БУДІВЕЛЬНО-МОНТАЖНА ЧАСТИНА	37
4.1 Обґрунтування компонування основного та допоміжного обладнання.....	37
4.2 Проведення монтажних та ремонтних робіт основного технологічного обладнання	39
5 АВТОМАТИЗОВАНЕ КОМПАНУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ.....	42

					<i>ПОХНВ. Р.00.00.00 ПЗ</i>			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>	<i>Звягін</i>				<i>Кожухотрубчастий теплообмінник для конденсації етанолу</i>	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Провер.</i>	<i>Юхименко</i>						1	
<i>Реценз.</i>						<i>Хм.м-11</i>		
<i>Н. Контр.</i>	<i>Юхименко</i>							
<i>Утверд.</i>								

6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ДОВКІЛЛЯ.....	50
6.1 Аналіз небезпечних та шкідливих факторів виробництва	50
Висновки.....	52
Література.....	53
Додаток А Специфікація до складального креслення теплообмінника	
Додаток Б Специфікація до складального креслення трубчатки	
Додаток В Специфікація до складального креслення розподільної камери	

					<i>ПОХНВ. Р.00.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпись</i>	<i>Дата</i>		2

Вступ

Хімічна промисловість це одна з найважливіших галузей економіки країни. Хімічна промисловість випускає різні вироби більш ніж 4 - х тисяч найменувань. Для того, щоб хімічна промисловість держави була конкурентно здатною вони повинні випускати товари і вироби з високими техніко-економічними показниками, тобто товари повинні мати низьку ціну, високу якість і довговічність [1].

У зв'язку з цим важливе значення набуває розробка нових прогресивних конструкцій машин і апаратів виробництва, використання сучасних технологій, чому сприяють його правильний розрахунок і конструювання.

Також для конкурентоспроможності хімічної промисловості її необхідно забезпечити відповідним хімічним устаткуванням яке повинно задовольняти вимогам хімічного виробництва в надійності експлуатації, мало достатньо великий термін служби і забезпечувало механізацію технологічних процесів.

Для того, щоб хімічна промисловість була конкурентоздатна, її необхідно забезпечити відповідним хімічним устаткуванням з високими техніко-економічними показниками, а також щоб це устаткування було надійне в експлуатації, мало досить великий термін служби і забезпечувало механізацію технологічних процесів, що проводилися в них. У свою чергу, щоб забезпечити серійне виробництво такого устаткування, потрібне виробництво призначене для випуску саме цього устаткування, мали сучасні, ефективні технологічні процеси, устаткування, оснащення, пристосування. Істотну роль при цьому грає організація праці і економіка цих виробництв.

Вироби хімічної промисловості знаходять застосування в усіх без винятку ділянках народного господарства і в побуті. Особливо швидке зростання вживання продуктів хімічної промисловості припадає на другу пол. 20 ст., коли у зв'язку з нестачею традиційних видів сировини (вовна, шкіра, деревина, хутра, навіть метали) та великим приростом населення постала потреба в заміниках цих матеріалів. Завдяки високому ступеневі розвитку хімічної науки та можливостям застосовувати в хімічному виробництві автоматизацію процесів, хімічна промисловість відзначається малою трудомісткістю, але високими коштами устаткування. [2]

Більшість процесів хімічної технології протікають в заданому напрямку тільки при певній температурі, яка досягається підводом або відводом теплоти. Теплообмінними апаратами, чи теплообмінниками, називаються пристрої для передачі теплоти від одних середовищ до інших.

Основну групу теплообмінних апаратів, що застосовуються в промисловості, складають поверхневі теплообмінники, в яких теплота від гарячого носія передається холодному теплоносію через розділяючи їх стінку. Іншу групу складають теплообмінники змішування, в яких теплота передається при безпосередній взаємодії холодного та гарячого теплоносіїв. У хімічній технології теплообмінні апарати застосовуються для нагрівання й охолодження речовин у різних агрегатних станах, випарювання рідин і конденсації пар, перегонки і сублимації, абсорбції й адсорбції.

					<i>ПОХНВ. Р.00.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		3

За способом передачі теплоти розрізняють теплообмінні апарати поверхневі і змішувальні. У першому випадку передача теплоти відбувається через розділяючі тверді стінки, у другому - безпосереднім контактом (змішуванням) нагрітих і холодних середовищ (рідин, газів, твердих речовин).

При проектуванні теплообмінних апаратів необхідно враховувати: дотримання умов протікання процесу, більш високий коефіцієнт теплопередачі, стійкість поверхні теплообміну до корозії, зручність чистки апарату, економічне використання матеріалу [3].

Кожухотрубні теплообмінники можуть бути вертикальними, горизонтальних і похилими відповідно до вимог технологічного процесу або зручності монтажу.

Залежно від температурних подовжень трубок і корпуса застосовують кожухотрубні теплообмінники твердої, напівтвердої й нежорсткої конструкції. В промисловості використовуються теплообмінники, що виготовлені з вуглецевих та легованих сталей, міді, латуні, титану, а також неметалічних матеріалів, наприклад, графіту, тефлону.

В даній роботі вирішується задача технологічного розрахунку і конструювання кожухотрубного теплообмінника, в якому відбувається конденсація етанолу водою.

Кваліфікаційну роботу магістра виконано у відповідності до методичних вказівок [4]. Зміст і порядок розділів у даній пояснювальній записці також формувався відповідно вимогам.

					<i>ПОХНВ. Р.00.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		4

1. АНАЛІЗ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

1.1 Обґрунтування модернізації теплообмінного апарату

Теплова ефективність конденсатора визначається інтенсивністю процесів передачі теплоти в апараті, яка характеризується величиною коефіцієнта теплопередачі.

Рівень коефіцієнта теплопередачі залежить не тільки від величини коефіцієнтів тепловіддачі теплоносіїв, а й від їх співвідношення. Найменший коефіцієнт тепловіддачі є лімітуючим для величини коефіцієнта теплопередачі, так як коефіцієнт теплопередачі завжди менше, ніж найменший з коефіцієнтів тепловіддачі теплоносіїв ($K < \alpha_{\min}$). Тому заходи для інтенсифікації теплообміну в апараті доцільно застосовувати насамперед теплоносію, з боку якого коефіцієнт тепловіддачі має меншу величину. В конденсаторах, що охолоджуються, при технічно чистій воді і нормативних присосах повітря лімітуючою стороною є пара [5, 6].

Для підвищення теплової ефективності конденсаторів за рахунок інтенсифікації теплообміну в них застосовують різні технічні рішення. Одним із таких способів є заміна звичайних трубок профільованими. Штучна шорсткість, утворена профілем накатки, турбулізує прикордонний шар при перебігу води всередині та плівки конденсату на поверхні трубок, що забезпечує підвищення інтенсивності теплообміну в апараті загалом. Однак гідравлічний опір профільованих трубок вище, ніж у гладких, що вимагає відповідного збільшення потужності на прокачування через них теплоносія.

У ряді профільованих трубок найбільш дослідженими і пройшли апробацію в серійних теплообмінних апаратах ПТУ, у тому числі в парових конденсаторах турбін, є профільні кручені трубки (ПКТ) [5, 6], які виготовляються із звичайних гладких трубок при обкатуванні їх на спеціальних установках. Поверхня ПКТ є дискретним чергуванням виступів і западин, виконаних по гвинтовій лінії.

Гарантований ефект збільшення коефіцієнта теплопередачі в конденсаторах з ПКТ порівняно з гладкотрубними, за даними [6], досягає 15%.

1.2 Виробництво етилового спирту з крохмалевмісної сировини

Вуглевод крохмаль є полімером глюкози і відноситься до групи полісахаридів. В клітинах рослин крохмаль міститься в вигляді зерен характерної для даної рослини форми. Розмір цих зерен змінюється від 2 до 150 мікронів. Зерно картопляного крохмалю еліптичної форми має розмір (15... 120) мк. Зерна крохмалю злаків мають менші розміри (2...35) мк. Переробка крохмалевмісної сировини в спирт проводиться в декілька стадій і підготовка сировини до переробки, розварювання, оцукрювання, зброджування сула, вилучення спирту із бражки та його очищення. На деяких заводах одночасно проводять і допоміжні операції: одержання оцукрюючих матеріалів та культивування дріжджів.

					ПОХНВ. Р.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		5

Для того, щоб дріжджі змогли використовувати крохмаль, крохмалевмісну сировину необхідно піддати попередній обробці: звільнити її від оболонок механічним засобом із клітини рослини; піддати тепловій обробці і гідролізу під впливом ферментів. Кінцевою метою цієї обробки є перетворення крохмалю в цукри, які легко засвоюються дріжджами.

При підготовці зерна і картоплі до переробки на спирт вони повинні бути очищені від домішок і подрібнені. Подріблена маса повинна бути розбавлена водою до певного вмісту сухих речовин. Така маса в подальшому підлягає розварюванню. Підготовка сировини на сучасних спиртових заводах проводиться на апаратах безперервної дії. Картоплю мийуть в мийках. Звільнену від землі, соломи, бараболіштя і камінців сировину піддають подрібленню на картоплегерочних машинах з метою розірвати крохмалевмісну сировину на спирт та інші продукти клітини коренеплоду і вивільнити зерна крохмалю. Картоплегерочна машина уявляє собою обертальний барабан, поверхня якого складається з вкладених між прокладками пиловидних зубців. Барабан закритий кожухом з завантажувальною воронкою. Коренеплоди притискаються до барабану притискувальною колодкою і стираються. Зернова сировина після очистки від домішок дробиться на молоткових чи вальцових дробарках.

Подрібнене зерно чи картоплю направляють в змішувач, де змішують з водою. На 1 кг зерна додають (2,5...3,5) л води, на 1 кг картоплі — (0,2...0,5) л. Після перемішування одержану масу підігрівають і направляють її апарат для розварювання.

					<i>ПОХНВ. Р.00.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		6

2. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1 Опис технологічної схеми виробництва

Опис даної установки був сформований шляхом опрацювання джерела [7].

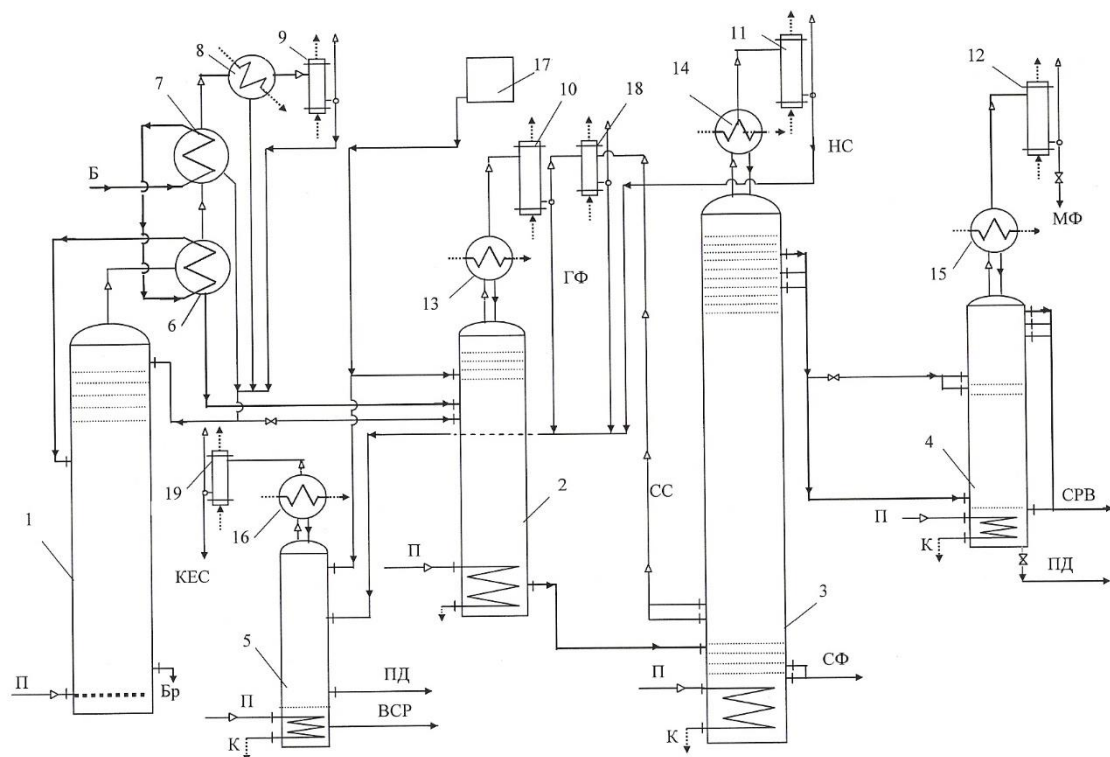


Рис. 2-1 Брагоректифікаційна установка для отримання ректифікованого спирту підвищеної якості

Колони: 1 – бражна; 2 – епюраційна; 3 – спиртова; 4 – кінцевої очистки; 5 – концентрування домішок; 6, 7 – бражний підігрівач; 8 – водяна секція бражного підігрівача; 9, 10, 11, 12, 19 – конденсатори; 13, 14, 15, 16 – дефлегматори; 17 – збірник води; 18 – конденсатор сивушного спирту

В спиртовій промисловості України ректифікований спирт одержують виключно з бражки, що вважається економічно більш доцільним. Одержання ректифікованого спирту безпосередньо з бражки здійснюється на безперервно діючих брагоректифікаційні установки (БРУ), на яких можна виділити спирт з бражки й звільнити його від супутніх летких домішок.

Брагоректифікаційні установки, що призначені для виробництва ректифікованого етилового спирту з бражки, поділяються на три основні групи: установки непрямої дії, прямої та напівпрямої дії. Основою цих установок являються три основні ректифікаційні колони: бражна, епюраційна та спиртова (рис. 2.1).

Бражна колони застосовується для виділення із бражки спирту, тобто відокремлення легкої частини бражки від нелеткої.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Незалежно від виду колони, апарат має вертикальний корпус циліндричної форми з сферичною кришкою та днищем. Корпус може бути виготовлений зварним або з окремих царг, якщо тиск в апараті не перевищує 1,6 Мпа. У спиртовому виробництві найчастіше використовують колони в царговому виконанні. Діаметр колони складає 400-4000 мм. Всередині корпусу змонтовані тарілки. Висота колони залежить від кількості тарілок і відстані між ними. При перегонці рідини, що не піниться, мінімальна відстань рекомендується в межах 170-200 мм. З ростом діаметру колони відстань між тарілками збільшується.

Бражна колона має 18-22 одноковпачкових тарілок, вони придатні для перегонки бражки і інших рідин, що містять суспендовані тверді частинки. В брагоректифікаційних установках великою потужністю (3000 дал/доб і більше) монтують частіше сітчасті тарілки. Вона являє собою перфорований металевий диск з отворами діаметром 2-12 мм, які розміщуються на площині тарілки по вершинах рівнобічних трикутників. Тарілки укріплюються горизонтально в колоні. Сітчасті тарілки мають більший вільний переріз (площинна отворів), ніж ковпачкові, тому продуктивність їх по парі на 30-40 % перевищує ковпачкові.

Останнім часом практикують – решітчасті провального типу. Ці конструкції прості, у них більша пропускна спроможність по рідині, ніж в сітчастих, але вони мають вузький діапазон стабільної роботи.

Після конденсації водно-спиртових парів в бражному підігрівачу і конденсаторі отримують бражний дистилят або спирт-сирець міцністю 35-55 % об. з усіма леткими домішками спирту, що знаходилися в зрілій бражці. Із нижньої частини колони виводиться вільний від спирту залишок – барда з вмістом сухих речовин 3-10 %. в якій містяться усі сухі речовини бражки й залишкова частина води. Вміст спирту – не більше 0,015 % об.

Призначення епюраційної колони полягає в тому, щоб із суміші спирту достатньо повно виділити головні домішки і, по можливості, верхніх проміжних і кінцевих домішок та сконцентрувати їх й вивести з колони.

Епюраційна колона має бути оснащена верхнім і нижнім вакуум-переривачами, термометром у кубовій частині колони, термометром на виході холодної води з дефлегматора епюраційної колони, краном для відбору проби епюрату, а також обов'язково конденсатор, дефлегматор, холодильник для охолодження спирту етилового головної фракції та інших продуктів (найчастіше зміювикові і кожухотрубні холодильники); оглядові ліхтарі, насоси, опис яких був зазначений вище. В епюраційній колоні не залежно від продуктивності звичайно розміщують 39-41 багатоковпачкових або клапанних тарілок з міжтарілковою відстанню 170 мм. Живлення вводиться на 20-у, 27-у або 36-у тарілку, рахуючи знизу.

Після конденсації парів із конденсатора виводиться спирт етиловий головна фракція міцністю не менше 92 % об. з підвищеним вмістом кислот до 1 г/дм³, естерів до 30 г/дм³, альдегідів 10-35 г/дм³, метанолу – 0,05-6 %.

Із нижньої частини, як живлення для спиртової колони, виходить епюрат міцністю 35-45 % об., звільнений від головних домішок.

					<i>ПОХНВ. Р.00.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		8

Ректифікаційна колона (спиртова) призначена для видалення із епюрату спирту, сконцентрувати його, звільнити від хвостових, проміжних і залишку головних домішок.

Спиртова колона має бути оснащена дефлегматорам і конденсатором, в яких проходить конденсація всього парового потоку. Також пробним холодильником, термометрами в кубі колони, в зоні відбору сивушної фракції (8-ма тарілка, рахуючи знизу), на тарілці вводу живлення (16-та тарілка, рахуючи знизу), термометр для визначення температури води, що виходить з дефлегматора спиртової колони, верхнім і нижнім вакуум-переривачами, оглядовими ліхтарями та насосами.

На відміну від інших колон ректифікаційна колона має відокремлювач для сивушного масла. Сивушне масло відбирають із спиртової колони разом з водою та етиловим спиртом з 5-11 тарілок (нижні проміжні домішки), рахуючи знизу і вигляді сивушного спирту з 18-23 тарілок (верхні проміжні домішки). Для відокремлення сивушного масла і його промивки використовують масловідокремлювач, який представляє собою циліндричну мідну посудину. Сивушна рідина надходить із холодильника через штуцер в ліхтар, а із нього по трубі надходить в масловідокремлювач. Вода надходить в трубу, по якій стікає сивушна рідина, змішується з нею і утворює емульсію. В масловідокремлювачі відбувається розшарування емульсії. Легке масло спливає вгору і відводиться по трубі. Нижній водно-спиртовий шар через сифон відводиться в колону.

В спиртовій колоні повинно бути 71-74 багатоковпачкові або клапальні тарілки. Введення живлення передбачено на 16-у тарілку знизу колони.

Для збільшення виходу спирту, поліпшення його якості, забезпечення стабільного режиму ректифікації, ректифікаційні установки можуть бути оснащені додатковими колонами: сивушною, розгінною, остаточної очистки.

2.2 Теоретичні основи процесу

Теоретичні основи процесу були сформовані під час опрацювання джерел [8, 9, 10, 11]

У хімічній, харчовій, газонафтопереробній, гірничо-хімічній, енергетичній та багатьох інших галузях промисловості процеси передачі тепла від нагрітих теплоносіїв до холодних займають провідне місце. Теплові процеси використовуються в промисловості для охолодження нагрітих середовищ, для зрідження повітря та природних газів, для нагрівання холодних теплоносіїв, для проведення процесів випарювання, конденсації, плавлення, кристалізації та ін.

Теоретичною основою теплових процесів є розділ термодинаміки щодо законів перенесення енергії від одного теплоносія до іншого та про механізми такого перенесення.

						<i>Лист</i>
						ПОХНВ. Р.00.00.00 ПЗ
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		9

Перенесення енергії від більш нагрітих середовищ до менш нагрітих відбувається під дією рушійної сили, за яку в теплових процесах використовується різниця температур між теплоносіями. Звичайно при досягненні однакових температур між теплоносіями встановлюється рівноважний стан, але такий стан у природі і в техніці є чисто теоретичним, тому що досягнути його можна лише за тривалий час.

Тіла (робочі середовища), що беруть участь у процесах теплообміну, називаються теплоносіями. Робоче середовище з більш високою початковою температурою називається гарячим теплоносієм, у процесі теплообміну гарячий теплоносій віддає теплову енергію, при цьому температура гарячого теплоносія знижується. Робоче середовище з меншою початковою температурою називається холодним теплоносієм, у процесі теплообміну тепла енергія передається від гарячого до холодного теплоносія і його температура підвищується.

Процеси, пов'язані з передачею тепла від гарячих теплоносіїв до холодних, називаються теплообмінними.

Апарати та пристрої, в яких проходять процеси теплообміну, називають теплообмінними апаратами або теплообмінниками.

Використовувані в промисловості теплообмінні апарати працюють в умовах глибокого вакууму, під помірним або під високим тиском (до 100 МПа), у діапазоні температур від мінус 250°C до +1000°C. Дуже часто в теплообмінниках проходять корозійно активні середовища, що треба враховувати при вибиранні необхідних конструкційних матеріалів.

Вивчення фізико-хімічних основ процесів теплообміну та уміння використовувати отримані знання в розрахунках процесів і обладнання є головним показником кваліфікації інженерів-механіків хімічних і нафтопереробних виробництв.

Відповідно до законів термодинаміки перенесення тепла від нагрітих середовищ до холодних відбувається мимовільно доти, поки існує позитивна різниця температур між гарячим і холодним теплоносієм.

Локальною рушійною силою процесу теплообміну є різниця температур між нагрітим і холодним тілом або середовищем у даний момент часу (для періодичного процесу) або різниця температур між гарячим і холодним теплоносієм у локальному перетині апарата (для безперервних процесів). Середньою рушійною силою процесу є різниця температур між теплоносіями, що визначена за певний проміжок часу (для нестационарного процесу) або на вхідній та вихідній ділянках апарата (для стаціонарного процесу).

					<i>ПОХНВ. Р.00.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		10

Кількість тепла, що передана (або прийнята) теплоносієм у процесі теплопередачі за одиницю часу, називається тепловим потоком (теповим навантаженням) та вимірюється в Дж/с = Вт.

Поверхнею теплопередачі називають площу контакту, через яку відбувається передача тепла від гарячого теплоносія до холодного. Окремий частковий процес перенесення тепла в межах однорідної фази з ядра потоку гарячого теплоносія до поверхні теплопередачі або від нагрітої поверхні у ядро потоку холодного теплоносія називається тепловіддачею. Процес перенесення тепла з ядра потоку гарячого теплоносія у ядро потоку холодного теплоносія через розділяючу теплоносії стінку (міжфазну границю) називається теплопередачею.

В основу процесів теплоперенесення покладений основний кінетичний закон, відповідно до якого швидкість теплопередачі прямо пропорційна рушійній силі та обернено пропорційна термічному опору

$$u_m = \frac{Q_m}{F\tau} = \frac{\Delta t_c}{R_m} \quad (2.1)$$

- де Q_T - кількість переданого тепла, Дж;
- F - поверхня теплопередачі, м²;
- τ - тривалість процесу, с;
- Δt_c - середня різниця температур між теплоносіями, К;
- R_T - термічний опір процесу теплопередачі.

Для сталого процесу на основі рівняння (2.1) кількість переданого тепла за одиницю часу знаходять за формулою

$$Q = k_m \cdot \Delta t_c \cdot F \quad (2.2)$$

- де Q - тепловий потік, Вт;
- k_T - середній для теплового процесу коефіцієнт теплопередачі, що характеризує швидкість процесу теплопередачі, $k_T=1/R_T$.

Залежність (2.2) називають основним кінетичним рівнянням процесу теплопередачі.

Величину теплового потоку, агрегатний (фазовий) стан, напрямок, режим і характер руху теплоносіїв уздовж поверхні теплопередачі, величину середньої рушійної сили процесу визначають як швидкість (інтенсивність) і ефективність теплообмінних процесів, так і тип використовуваного теплообмінного обладнання, його геометричні розміри, загальну поверхню теплопередачі та конструктивні особливості.

Отже, процес теплопередачі є складним і багатостадійним, що вміщує у себе як стадії перенесення тепла (теповіддачу) у межах кожного з теплоносіїв, так і стадії перенесення тепла через границю розділення фаз - поверхню теплопередачі.

Найбільш поширені поверхневі теплообмінники, а їх конструкції дуже різноманітні. Конструкція апарата повинна задовольняти певним вимогам, які залежать від конкретних умов перебігу процесу.

Вибираючи апарат необхідно також брати до уваги простоту і компактність конструкції. Зазвичай конструкції не задовольняють повністю всім вимогам і тому знаходять певні компромісні варіанти.

Найпростішим являється одноходовий кожухотрубний теплообмінник, який складається з кожуха та приварених до нього трубних решіток. В трубних решітках закріплені пучок труб. Найбільш поширене розміщення труб в трубних решітках - по вершинам правильних шестикутників. Але використовуються і інші - по вершинам квадратів та по концентричним колам. До трубних решіток кріпляться кришки. Одне з середовищ рухається у трубному просторі, а інше - в міжтрубному просторі. Середовища зазвичай направляють протитоком один до одного. Важливим фактором, що впливає на вибір типу теплообмінника, є вартість його виготовлення та експлуатації.

Теплообмінні апарати всіх типів повинні працювати при оптимальному тепловому режимі, який відповідає поєднанню заданих продуктивності та інших показників технологічних умов з мінімальними витратами теплоти.

Розрахунок кожухотрубного теплообмінника, як і любого іншого теплообмінного апарату, полягає у визначенні площі поверхні теплопередачі. Необхідну поверхню теплопередачі визначають за основним рівнянням теплопередачі:

$$F_p = \frac{Q}{K \cdot \Delta t_{cp}} \quad (2.3)$$

Де

F – поверхня теплопередачі, m^2 ;

Δt_{cp} – середня температура процесу, град.;

K – коефіцієнт теплопередачі,

$Вт/(m^2 \cdot K)$; Q – теплове навантаження, $Вт$.

Коефіцієнт теплопередачі для плоскої стінки або при великому радіусі її кривизни ($d > 0,5 \cdot \delta_{cm}$) складе:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_r} + \frac{\delta_{cm}}{\lambda_{cm}} + \frac{1}{\alpha_v} + r} \quad (2.4)$$

						<i>Лист</i>
						12
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>	<i>ПОХНВ. Р.00.00.00 ПЗ</i>	

Де δ_{cm} - товщина стінки теплообмінних труб, λ_{cm} - теплопровідність матеріалу теплообмінних труб
 r - залязнення стінок

Середня різниця температур теплоносіїв розраховується, як:

$$\Delta t_{cp} = \frac{\Delta t_6 - \Delta t_m}{2,3Lg \frac{\Delta t_6}{\Delta t_m}} \quad (2.5)$$

Де Δt_6 і Δt_m – більша і менша різниці температур теплоносіїв на кінцях теплообмінника.

2.3 Опис конструкції проєктованого апарата

Основними елементами кожухотрубних теплообмінників є труби, трубчатка, корпус, кришки, патрубки.

Теплообмінник працює за принципом протитоку. Це призводить до покращення рушійної сили теплопередачі.

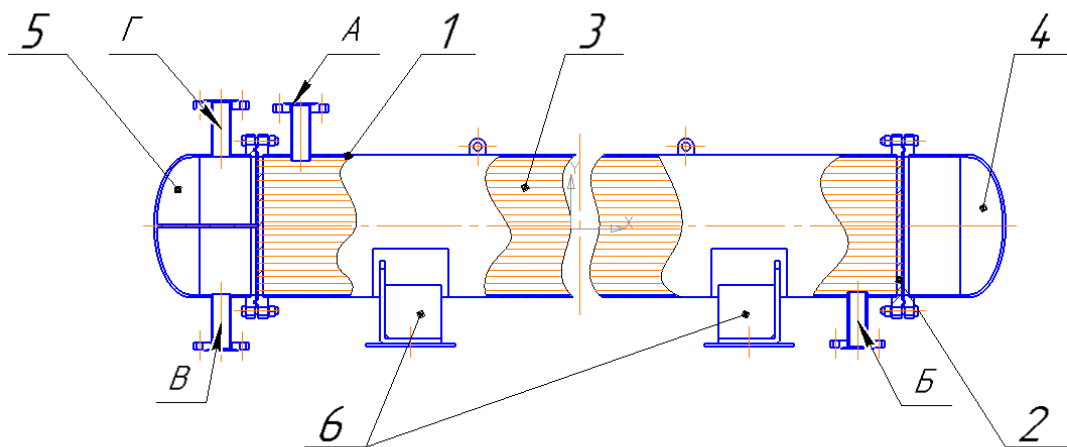


Рисунок 2.2 - Кожухотрубний теплообмінник з нерухомими трубчастими решітками
1- трубчатка, 2 - трубні решітки, 3 - труби, 4 і 5 – камери, 6 - опори. Г – вхід води, В - вихід води, А - вхід етанолу, Б вихід етанолу

Труби в решітках рівномірно розміщені по периметру правильного шестикутника. Метою такого розміщення труб є забезпечення можливого найбільш компактного розміщення необхідної поверхні теплообміну всередині апарата.



Рисунок 2.3 Профільовані труби

В якості модернізації теплообмінного апарату гладкі труби були замінені на профільовані (рисунок 2.3), завдяки чому був збільшений коефіцієнт теплопередачі а в конструкції зменшилась сама кількість труб.

До складу корпусу апарата входять також днище та кришки, які приєднуються до обичайки і часто виконуються з однакового матеріалу. При необхідності встановлюють додаткові пристрої. Так, наприклад, лінзовий компенсатор, який являє собою пару напівсферичних (або еліптичних, отбортованих і чашовидних) елементів зварюваних разом або зв'язаних кільцем. Як правило діаметр цих кілець повинен бути на 200 мм більше діаметра кожуха. Такий компенсатор витримує невелику напругу.

Труби, переважно циліндричні й у більшості випадків із пластичних матеріалів, у хімічному апаратобудуванні мають дуже широке застосування.

Одним з основних елементів таких апаратів є трубчатка, що представляють собою перегородки, в яких закріплюються труби і якими трубний простір відокремлюється від міжтрубного. За формою трубні ґратки бувають круглі, кільцеві та прямокутні. Найбільше поширення мають круглі ґратки, що можуть бути плоскими, сферичними й еліптичними.

Конструкція вузла з'єднання трубної ґратки з обичайкою або корпусом залежить від конструкції апарата. Кришки та днища приєднуються до обичайки за допомогою фланцевих з'єднань.

Оскільки середня різниця температур труб і кожуха в теплообміннику не значна, то труби і кожух подовжуються однаково. Це не викликає значне напруження в трубних решітках .

Виходячи з назви, теплообмінник - це пристрій, що створюється з метою передати тепло на нагріваємий предмет. Теплоносієм в даному випадку виступає конструкція, описана вище. Робота кожухотрубного теплообмінника полягає в тому, що холодна (вода в трубах) і гарячі робочі середовища(етанол в міжтрубному просторі) рухаються по різних кожухам, і теплообмін відбувається в просторі між ними.

Робочим середовищем всередині труб є рідина, в той час як гаряча пара проходить в відстані між труб, утворюючи конденсат.

2.4 Технологічні розрахунки та визначення конструктивних розмірів апарата

2.4.1 Матеріальний та тепловий баланси процесу, конструктивні та технологічні розрахунки

Розрахунки проводимо у відповідності до методик [11,12,13]

Температура конденсації пари етанолу 78,4 °С.

Температурна схема процесу (протиток, заданий умовою).



Горячий	$t_{гг}$	$t_{кг}$
Холодный	$t_{кх}$	$t_{пх}$



Горячий	90	78,4
Холодный	70	15

$$\Delta t_m = 90 - 70 = 20 \text{ }^\circ\text{C.}$$

$$\Delta t_6 = 78,4 - 15 = 63,4 \text{ }^\circ\text{C.}$$

Середня різниця температур, по формулі (1,5):

$$\Delta t_{cp} = \frac{\Delta t_6 - \Delta t_m}{2,3Lg \frac{\Delta t_6}{\Delta t_m}} = \frac{63,4 - 20}{2,3Lg \frac{63,4}{20}} = 37,7 \text{ }^\circ\text{C}$$

Середня температура етанолу:

$$t_{cp, e} = t_{gu} - \Delta t_{cp} = 90 - 37,7 = 52,3 \text{ }^\circ\text{C.}$$

Середня температура охолоджуваної води:

$$t_{cp, в} = (t_{кх} - t_{пх}) / 2 = (70 - 15) / 2 = 27,5 \text{ }^\circ\text{C.}$$

Теплове навантаження.

Теплове навантаження апарату Q визначається по рівнянню теплового балансу

$$Q = Q_r \quad (2.6)$$

Де Q_r - це кількість теплоти яка віддається гарячим теплоносієм.

Витрати теплоти на конденсацію етанолу складають:

$$Q_r = G_e \cdot r_e \quad (2.7)$$

$$Q_r = G_e \cdot r_e = 0,83 \cdot 962,5 \cdot 10^3 = 7,98 \cdot 10^5 \text{ Вт}$$

де $r_T = 962,5 \cdot 10^3$ Дж/кг - теплота конденсації етанолу;
 G_e - продуктивність речовини що конденсується
($G_e = 3000/3600 = 0,83$ Кг/с)

Враховуючи втрати теплоти 3,5 % через зовнішню поверхню теплообмінника отримаємо:

$$Q = Q_{\text{конд}} = 1,035Q_e = 0,965 \cdot 7,98 \cdot 10^5 = 7,7 \cdot 10^5 \text{ Вт}$$

Витрати охолоджувальної води.

$$G_B = \frac{Q}{c(t_{\text{КХ}} - t_{\text{ПХ}})} \quad (2.8)$$
$$G_B = \frac{Q}{c(t_{\text{КХ}} - t_{\text{ПХ}})} = \frac{7,7 \cdot 10^5}{4178 \cdot (70 - 15)} = 3,35 \text{ Кг/с}$$

де $c = 4178 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$ - питома теплоємність води при $t_{\text{ср. в}}$ [13].

Розрахункове число труб в одному ході знаходиться із рівняння об'ємної витрати потоку в трубному просторі

$$n' = \frac{V_B}{w_B \cdot 0,785 \cdot d_B^2} \quad (2.9)$$
$$n' = \frac{V_B}{w_B \cdot 0,785 \cdot d_B^2} = \frac{0,035}{1 \cdot 0,758 \cdot 0,021^2} = 101,1$$

Де d_B – внутрішній діаметр теплообмінних труб, $d_B = 0,021$ м

w_B – приймаємо приблизно 1 м/с

V_B – об'ємна витрата ($V_B = \frac{G_B}{\rho_B} = 3,35 / 1000 = 0,035$)

Орієнтовне значення коефіцієнта теплопередачі в конденсаторах парів органічних речовин $K=550$ Вт/м²К [13]. Тоді, необхідна площа поверхні конденсатора розраховуємо по формулі (1.3):

$$F = \frac{Q}{K\Delta t_{\text{ср}}} = \frac{7,7 \cdot 10^5}{550 \cdot 27,5} = 50,9 \text{ м}^2$$

За ГОСТ 15122 - 79 [14] візьмемо одноходовий теплообмінник з діаметром кожуху $D = 400$ мм та загальним числом труб $n_{\text{заг}} = 111$.

Маркування: Теплообмінник 400ЛК-6М1 ГОСТ 15122-79
25Г6Т1

Тоді фактичні швидкості холодного теплоносія в трубах w_x та гарячого теплоносія в міжтрубному просторі w_r визначаються за формулами

					ПОХНВ. Р.00.00.00 ПЗ	Лист
						16
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$w_B = \frac{V_B}{f_{mp}} \quad (2.12)$$

Де f_{mp} – прохідний переріз, одного ходу по трубах = 0,038 м²

$$w_B = \frac{0,035}{0,038} = 0,92 \text{ м/с}$$

$$w_\Gamma = \frac{V_\Gamma}{f_{mmp}} \quad (2.13)$$

Де f_{mmp} – прохідний переріз м², між перегородками = 0,031 м²

V_Γ – об'ємна витрата ($V_\Gamma = \frac{0,83}{789} = 0,010$)

$$w_\Gamma = \frac{0,010}{0,031} = 0,34 \text{ м/с}$$

Режим течії рідини в трубах та газу в міжтрубному просторі визначаються за зазначеннями критеріїв Рейнольдса :

$$Re_B = \frac{w_B \cdot d_B \cdot \rho_B}{\mu_B} \quad (2.14)$$

$$Re_B = \frac{w_B \cdot d_B \cdot \rho_B}{\mu_B} = \frac{0,92 \cdot 0,021 \cdot 1000}{0,9 \cdot 10^{-3}} = 21\,466,6$$

$$Re_\Gamma = \frac{w_\Gamma \cdot d_H \cdot \rho_\Gamma}{\mu_\Gamma} = \frac{0,34 \cdot 0,025 \cdot 789}{1,19 \cdot 10^{-3}} = 5635,7$$

Де, d_H – зовнішній діаметр теплообмінних труб, $d_H = 0.025$ м

Якщо $Re < 2300$ - режим руху ламінарний; якщо $2300 \leq Re \leq 10000$ – режим руху перехідний; якщо $Re > 10000$ – режим руху турбулентний.

Для визначення коефіцієнта тепловіддачі через рівняння:

$$Nu_B = 0.023 \cdot Re_B^{0.8} \cdot Pr_B^{0.4} \quad (2.15)$$

Де

Pr - Критерій Прандтля характеризує теплофізичні властивості теплоносія

$$Pr = \frac{\mu \cdot c}{\lambda} \quad (2.16)$$

$$Pr = \frac{\mu \cdot c}{\lambda} = \frac{0,9 \cdot 10^{-3} \cdot 4180}{0,640} = 5,87$$

де $\mu = 0,9 \cdot 10^{-3}$ Па·с - в'язкість води при t_{cp} .

c – питома теплоємність води;

λ – теплопровідність води;

$$Nu_B = 0.023 \cdot 21446^{0.8} \cdot 5,87^{0.4} = 136,22$$

Після визначення критерія Nu_x розраховується коефіцієнт тепловіддачі для холодного теплоносія з формули:

$$\alpha_B = Nu_B \cdot \frac{\lambda_B}{d_B} \quad (2.17)$$

$$\alpha_B = 136,22 \cdot \frac{0,640}{0,021} = 4151,5$$

Коефіцієнт тепловіддачі при течії газу в міжтрубному просторі з перегородками визначається за таким критеріальним рівнянням

$$Nu_r = 0.2 \cdot Re_r^{0.6} \cdot Pr_r^{0.33} \quad (2.18)$$

Де

Pr - Критерій Прандтля характеризує теплофізичні властивості теплоносія

$$Pr = \frac{\mu \cdot c}{\lambda} = \frac{1,19 \cdot 10^{-3} \cdot 3700}{0,165} = 26,6$$

c – питома теплоємність етанолу;

λ – теплопровідність етанолу;

$$Nu_r = 0.2 \cdot 5635,7^{0.6} \cdot 26,6^{0.33} = 105,15$$

Після визначення критерію Nu_r розраховується коефіцієнт тепловіддачі для гарячого теплоносія з формули:

$$\alpha_r = Nu_r \cdot \frac{\lambda_r}{d_H} \quad (2.19)$$

$$\alpha_r = Nu_r \cdot \frac{\lambda_r}{d_H} = 105,15 \cdot \frac{0,165}{0,025} = 693,99$$

Розрахунок по формулі (2.4):

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_r} + \frac{\delta_{cm}}{\lambda_{cm}} + \frac{1}{\alpha_B} + r} = \frac{1}{\frac{1}{693,99} + \frac{0,002}{17,5} + \frac{1}{4151,5} + \frac{1}{5800}} = 553 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$$

Де δ_{cm} - товщина стінки теплообмінних труб, $\delta_{cm} = 0.002$ м; λ_{cm} - теплопровідність матеріалу теплообмінних труб, для нержавіючої сталі $\lambda_{cm} = 17.5$ Вт/(м · К)

r - забруднення стінок прийемо $1/5800$ м²·К/Вт [11]

Після розрахунку фактичного коефіцієнта теплопередачі знову визначається розрахункова поверхня теплообміну із основного рівняння теплопередачі:

$$F_p = \frac{Q}{K \cdot \Delta t_{cp}} = \frac{7,7 \cdot 10^5}{553 \cdot 27,5} = 50,66 \text{ м}^2$$

А також запас поверхні за формулою

$$\Delta = \frac{F - F_p}{F} \quad (2.20)$$

$$\Delta = \frac{F - F_p}{F} = \frac{52 - 50,66}{52} = 0,03$$

Тобто присутній запас поверхні вибраного (3%) теплообмінника.

					ПОХНВ. Р.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		18

Остаточно приймаємо:

За ГОСТ 15122 - 79 [14] візьмемо одноходовий теплообмінник з діаметром кожуху $D = 400$ мм та загальним числом труб $n_{\text{заг}} = 111$.

Маркування: Теплообмінник 400ЛК-6М1 ГОСТ 15122-79
25Г6Т1

Розглянемо варіант теплообмінника який буде підходити з даними вихідними даними, але модернізованого шляхом встановлення профільованих трубок.

Гарантований ефект збільшення коефіцієнта теплопередачі в конденсаторах з ПКТ порівняно з гладкотрубними, за даними [5], досягає 15%. Використовуючі ці дані ми отримуємо наступні розрахунки:

При $K = 553$ Вт/(м · К) при звичайних гладких трубах, з ПКТ $K = 553 + 15\% = 636$ Вт/(м · К)

З цього слідує що після розрахунку фактичного коефіцієнта теплопередачі знову визначається розрахункова поверхня теплообміну із основного рівняння теплопередачі:

$$F_p = \frac{Q}{K \cdot \Delta t_{\text{ср}}} = \frac{7,7 \cdot 10^5}{636 \cdot 27,5} = 44,03 \text{ м}^2$$

А також запас поверхні за формулою

$$\Delta = \frac{F - F_p}{F} = \frac{47 - 44,03}{47} = 0,063 \quad (2.22)$$

Тобто присутній запас поверхні вибраного (6,3%) теплообмінника.

При виконанні даної модернізації можливо прийняти приймаємо:

За ГОСТ 15122 - 79 [14] візьмемо двох ходовий теплообмінник з діаметром кожуху $D = 400$ мм та загальним числом труб $n_{\text{заг}} = 100$.

Маркування: Теплообмінник 400ТНГ-6М1 ГОСТ 15122-79
25П6Т2

2.4.3 Розрахунок діаметра штуцерів

1. Діаметр штуцера в якому рухається етанол:

$$d_1 = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot \omega}} \quad (2.23)$$

						ПОХНВ. Р.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			19

$$d_1 = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot \omega}} = \sqrt{\frac{4 \cdot G_e}{\pi \cdot \omega \cdot \rho_e}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,83}{3,14 \cdot 0,34 \cdot 789,3}} = 0,06 \text{ мм}$$

Де

G_e - продуктивність речовини що конденсується в секундах;

ω – швидкість етанолу в міжтрубному просторі;

ρ_e – густина етанолу;

1. Діаметр штуцера в якому рухається вода:

$$d_1 = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot \omega}} = \sqrt{\frac{4 \cdot G_B}{\pi \cdot \omega \cdot \rho_B}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 3,35}{3,14 \cdot 0,92 \cdot 1000}} = 0,07 \text{ мм}$$

Де

G_e – витрати охолоджувальної води;

ω – швидкість води у трубному просторі;

ρ_e – густина води;

Для фланцевого з'єднання вибираємо металеву плоску прокладку зі сталі 65 кп ДСТ 9045.

Фланець 3 – 400 – 1,6 – 80 ОСТ 26-426-79

Приєднання трубної арматури до апарату, а також технологічних трубопроводів для підведення і відведення різних рідких (або газоподібних) продуктів виробляється за допомогою штуцерів або вступних труб, які можуть бути роз'ємними або нероз'ємними.

Застосовуємо фланцеві штуцера (при роз'ємних з'єднаннях), які показані на рисунку 2.3

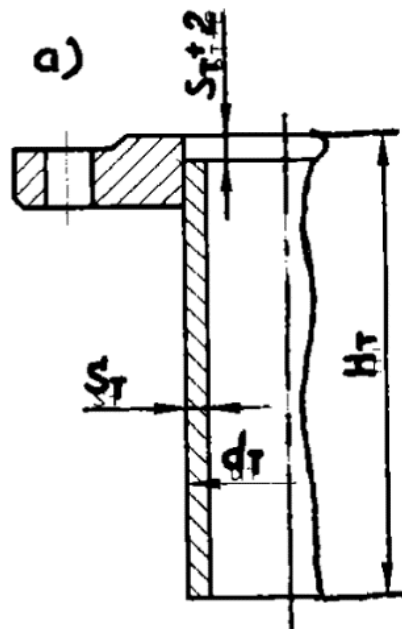


Рисунок 2.3 - Конструкція стандартного сталевого приварного фланцевого штуцера з приварним плоским фланцем і тонкостінних патрубком

									Лист
									20
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ПОХНВ. Р.00.00.00 ПЗ				

По умовному проходу і тиску визначаємо інші розміри фланцевого штуцера [15]:

$D_y = 80$ мм; $s_t = 4$ мм; $d_t = 89$ мм; $H_t = 165$ мм (при $P_y = 1,6$ МПа)

$D_y = 80$ мм; $s_t = 4$ мм; $d_t = 89$ мм; $H_t = 165$ мм (при $P_y = 1,6$ МПа)

$D_y = 80$ мм; $s_t = 4$ мм; $d_t = 89$ мм; $H_t = 165$ мм (при $P_y = 1,6$ МПа)

$D_y = 80$ мм; $s_t = 4$ мм; $d_t = 89$ мм; $H_t = 165$ мм (при $P_y = 1,6$ МПа)

2.5 Гідравлічні розрахунки

Гідравлічний опір кожухотрубчастого теплообмінника складається з витрат напорю на тертя в трубах і місцевих опорів.

1) у трубному просторі :

$$\Delta P_{mp} = \left(\varphi \cdot \frac{L \cdot z}{d_B} \sum \zeta \right) \cdot \frac{w_B^2 \cdot \rho_B}{2} \quad (2.24)$$

Де φ - коефіцієнт тертя;

$$\varphi = \frac{0,316}{Re_B^{0,25}} = \frac{0,316}{12466,6^{0,25}} = 0,03$$

Табл 2.1 – Значення місцевих опорів

Характер місцевих опорів	ζ
Трубний простір	
Вхідна або вихідна камера	1,5
Поворот на 180° між ходами або секціями	2,5
Вхід у труби або вихід із них	1,0
Міжтрубний простір	ζ
Вхід або вихід	1,5
Поворот на 180° через сегментну перегородку	1,5
Опір трубного пучка при поперечного русі теплоносія ($m = 11$ – число рядів труб у напрямку руху потоку)	$\frac{3 \cdot m}{Re_r^{0,2}}$

$\sum \zeta$ - сума коефіцієнтів місцевих опорів

$$\Delta P_{mp} = \left(0,03 \cdot \frac{6 \cdot 1}{0,021} \cdot 5 \right) \frac{0,92^2 \cdot 1000}{2} = 18137,14 \text{ Па}$$

у міжтрубному просторі

$$\Delta P_{mmp} = \sum \zeta \cdot \frac{w_r^2 \cdot \rho_r}{2} = 8,86 \cdot \frac{0,34^2 \cdot 789}{2} = 45,6 \text{ Па}$$

Розрахункові формули для визначення гідравлічного опору кожухотрубчастого теплообмінника остаточно набувають вигляду (4)

-у трубному просторі $\Delta P_{mp} = \left(\varphi \cdot \frac{L \cdot z}{d_B} + 4,5 \cdot z + 0,5 \right) \cdot \frac{w_B^2 \cdot \rho_B}{2}$

$$\Delta P_{мп} = \left(0,03 \cdot \frac{6 \cdot 1}{0,021} + 4,5 \cdot 1 + 0,5 \right) \frac{0,92^2 \cdot 1000}{2} = 18\,137,14 \text{ Па}$$

-у міжтрубному просторі $\Delta P_{мп} = \left(\frac{3 \cdot m \cdot (s+1)}{Re_r^{0,2}} + 1,5 \cdot s + 3 \right) \cdot \frac{w_r^2 \cdot \rho_r}{2}$

$$\Delta P_{мп} = \left(\frac{3 \cdot 11 \cdot (22 + 1)}{5635,7^{0,2}} + 1,5 \cdot 22 + 3 \right) \cdot \frac{0,34^2 \cdot 789}{2} = 7\,794,21 \text{ Па}$$

Де s = 22 - кількість сегментних перегородок в апараті .

m = 11 - число рядів труб у напрямку руху потоку.

2.6 Вибір допоміжного обладнання

Розрахунок і вибір ємності для рідкого етанолу [16].

Ємність для зберігання рідкого етанолу розраховують, виходячи із 6–8 годинного резерву робочого часу, та з урахуванням коефіцієнта заповнення $\psi = 0,8 - 0,85$

Приймаємо $\psi = 0,8$.

Розрахунковий об'єм ємності:

$$V_{EE} = \frac{G \cdot \tau}{\psi \cdot \rho} \quad (2.25)$$

де G – витрата конденсату; G = 3000 кг/год.;

τ – резерв робочого часу; приймаємо $\tau = 6$ год.

$$V_{EE} = \frac{3000 \cdot 6}{0,8 \cdot 789} = 28,5 \text{ м}^3$$

Задаємося діаметром циліндричної ємності D = 2,8 м, тоді її висота буде дорівнювати:

$$H = \frac{V_{EE}}{0,785 \cdot D^2} \quad (2.26)$$

$$H = \frac{28,5}{0,785 \cdot 2,8^2} = 4,63 \text{ м}$$

Приймаємо ємності 5 м висоту

					ПОХНВ. Р.00.00.00 ПЗ			Лист
								22
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				

3 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

3.1 Вибір конструкційних матеріалів

Корозія - це руйнування металевих матеріалів, що відбувається під хімічною дією навколишнього середовища. Відомо безліч способів захисту металів від корозії. Зокрема проводять заміну матеріалів, що піддаються корозії, на корозійностійких. Також застосовуються різні лакофарбні покриття. [17]

Сталь 09Г2С [18,19]

Вид постачання – сортовий прокат, зокрема фасонний: ГОСТ 19281-73, ГОСТ 2590-71, ГОСТ 2591-71, ГОСТ 8240-72.

Призначення-різні деталі і елементи зварних металоконструкцій, що працюють при температурі від -70 до +425°С.

Таблиця 3.1 Хімічний склад сталі 09Г2С ГОСТ 19281 - 2014

У відсотках

C			Cr	Ni	Cu	P	S	As	V	N
Не більш	Si	Mn	Не більш							
0,12	0,5-0,8	1,3-1,7	0,3	0,3	0,3	0,03	0,035	0,08	0,12	0,008

Таблиця 3.2 Механічні властивості сталі 09Г2С

Термообробка, стан поставки	Січення ,мм	$\sigma_{0,2}$, МПа	σ_B , МПа	δ_5 , %	δ_4 , %
Сортовий і фасонний прокат	<10	345	490	21	
Листи і полоси (зразки поперечні)	10-20	325	470	21	
Листи і полоси (зразки поперечні)	20-32	305	460	21	
Листи і полоси (зразки поперечні)	32-60	285	450	21	
Листи і полоси (зразки поперечні)	60-80	275	440	21	
Листи і полоси (зразки поперечні)	80-160	265	430	21	
Листи після гартування, відпуску(зразки поперечні)	10-32	365	490	19	
гартування, відпуску(зразки поперечні)	32-60	315	450	21	
Листи гарячекатані	2-3,9		490		17

Температура кування – початок 1250 °С, кінець 850 °С.

Зварюваність - зварюється без обмежень. Способи зварки: РДС, АДС під флюсом і газовим захистом, ЕШС.

Оброблюваність різанням - в нормалізованому, відпущеному стані при $\sigma_B = 520$ МПа $K_{v\text{ тв.спл.}} = 1,6$; $K_{v\text{ б.ст.}} = 1,0$.

Найчастіше прокат з даної марки сталі використовується для різноманітних будівельних конструкцій завдяки високій механічній міцності, що дозволяє використовувати більш тонкі елементи ніж при використанні інших сталей. Стійкість властивостей в широкому температурному діапазоні дозволяє застосовувати деталі з цієї марки в діапазоні температур від -70 до +450 С. Також легка зварюваність дозволяє виготовляти з листового прокату цієї марки складні конструкції для хімічної, нафтової, будівельної, суднобудівної та інших галузей. Застосовуючи загартування і відпустку виготовляють якісну трубопровідну арматуру. Висока механічна стійкість до низьких температур також дозволяє з успіхом застосовувати труби з 09Г2С на півночі країни (не актуально для України).

Також марка широко використовується для зварних конструкцій. Зварювання може виконуватися як без підігріву, так і з попереднім підігрівом до 100-120 С. Так як вуглецю в сталі мало, то зварювання її досить просте, причому сталь не гартується і не перегрівається в процесі зварювання, завдяки чому не відбувається зниження пластичних властивостей або збільшення її зернистості. До плюсів застосування цієї сталі можна віднести також те що вона не схильна до відпускнуї крихкості і її в'язкість не знижується після відпуску. Вищенаведеними властивостями пояснюється зручність використання 09Г2С від інших сталей з великим вмістом вуглецю або присадок, які гірше варяться і змінюють властивості після термообробки. Для зварювання 09Г2С можна застосовувати будь-які електроди, призначені для низьколегованих і маловуглецевих сталей, наприклад Е42А і Е50А. Якщо зварюються листи товщиною до 40 мм, то зварювання проводиться без оброблення кромки. При використанні багатошарового зварювання застосовують каскадне зварювання з струмом силою 40-50 Ампер на 1 мм електрода, щоб запобігти перегріву місця зварювання. Після зварювання рекомендується прогріти виріб до 650 °С, далі протримати при цій же температурі 1 годину на кожні 25 мм товщини прокату, після чого виріб охолоджують на повітрі або в гарячій воді - завдяки цьому в звареному виробі підвищується твердість шва і усуваються зони напруженості.

А для решти металевих елементів використовуємо конструкційну вуглецеву сталь звичайної якості марки Ст3 ГОСТ 380-94.

Для виготовлення ущільнювальних прокладок фланцевих з'єднань використовуємо пароніт маслобензотривкий ПМБ ГОСТ 481-80.

Для виготовлення кріпильних елементів використовуємо конструкційну вуглецеву сталь підвищеної якості марки Сталь 35 ГОСТ 1050-88

3.2 Розрахунки на міцність та стійкість

3.2.1 Розрахунок товщини стінки корпусу

Циліндрові обичайки є одним з основних елементів хімічних апаратів. З однієї або декількох обичайок утворюється циліндровий корпус апарату. [12, 20, 21]

Вихідні дані: Робоча температура в корпусі $t = 52,3 \text{ }^\circ\text{C}$. Розрахунковий тиск $P_p = 1,2 \text{ МПа}$; Матеріал сталь 09Г2С. Термін служби апарату 15 років. Корозія $\Pi = 0,15 \text{ мм/рік}$.

Визначення розрахункового тиску та тиску гідравлічних випробувань.

Розрахунковий тиск приймаємо як $1,2 \text{ МПа}$, так як висота апарату є незначна.

Тиск гідравлічних випробувань для корпусу апарату визначимо за формулою [14]:

$$P_{пр} = 1,25 \cdot P_p \frac{[\sigma]_{20}}{[\sigma]_t} \quad (3.1)$$

де P_p – розрахунковий тиск, МПа.

$[\sigma]_{20}$ – допустима напруга, сталі 09Г2С при температурі 20°C ;

$[\sigma]_{20} = 196 \text{ МПа}$ [1];

$[\sigma]_t$ – допустима напруга, сталі 09Г2С при робочій температурі; $t_p = 40 \text{ }^\circ\text{C}$ $[\sigma] = 191,3 \text{ МПа}$ [6]

$$P_{пр} = 1,25 \cdot 1,2 \cdot \frac{196}{191,3} = 1,53 \text{ МПа}$$

Розрахункова товщина стінки обичайки, навантаженої внутрішнім надмірним тиском визначається по формулі [21]:

$$S_p = \frac{P_p \cdot D}{2 \cdot [\sigma] \cdot \phi_p - P_p} \quad (3.2)$$

де: D – внутрішній діаметр апарату, $D = 400 \text{ мм}$ – діаметр апарату.
 ϕ – коефіцієнт міцності зварного стикового шва, що виконується автоматичною або напівавтоматичною зваркою;

$\phi = 1,0$ так як апарат першої групи [21].

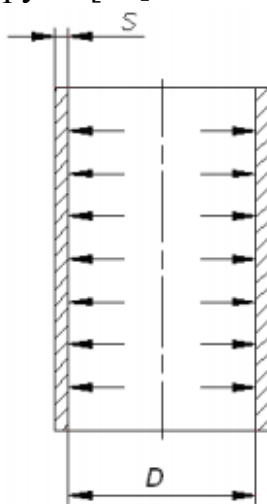


Рисунок 3.1 – Схема навантаження обичайки внутрішнім тиском
 Виконавча товщина стінки циліндрової обичайки корпусу в першому наближенні визначається по формулі:

$$S \geq S_p + c \quad (3.3)$$

де: s – це сумарна надбавка до розрахункової товщини стінки циліндрової

обичайки визначається по формулі:

$$c = c_1 + c_2 + c_3 \quad (3.4)$$

де: c_1 – надбавка для компенсації корозії, ерозії, $c_1 = 15 \cdot 0,15 = 2,25$ мм;
 c_2 – надбавка для компенсації мінусового допуску товщини листа, $c_2 = 0,6$ мм

[15]

c_3 – надбавка для компенсації стоншування листа при технологічних операціях,
 $c_3 = 0$ мм.

Розрахунок обичайки: $D = 400$ мм.

Тоді сумарна надбавка дорівнює:

$$c = 2,25 + 0,6 + 0 = 2,85 \text{ мм}$$

Розрахункова товщина обичайки дорівнює:

$$S_p = \frac{1,2 \cdot 400}{2 \cdot 191,3 \cdot 1 - 1,2} = 1,26 \text{ мм}$$

Виконавча товщина стінки обичайки:

$$S = 1,26 + 2,85 = 4,11 \text{ мм}$$

Приймаємо товщину верхньої частини 8 мм.

Визначаємо допустимий тиск при робочій температурі:

$$[P] = \frac{2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi_p \cdot (s - c)}{D + (s - c)} \quad (3.5)$$

$$[P] = \frac{2 \cdot 191,3 \cdot 1 \cdot (8 - 2,85)}{400 + (8 - 2,85)} = 4,86 \text{ МПа}$$

Визначаємо допустимий тиск в режимі випробування:

$$[P] = \frac{2 \cdot [\sigma]_{\text{пр}} \cdot \varphi_p \cdot (s - c)}{D + (s - c)} \quad (3.6)$$

де $[\sigma]_{\text{пр}}$ – допустима напруга в режимі випробування, розраховується по формулі:

$$[\sigma]_{\text{пр}} = \frac{\sigma_{\tau 20}}{1,1} \quad (3.7)$$

Де $\sigma_{\tau 20}$ – межа текучості при температурі 20С°; $\sigma_{\tau 20} = 300$ МПа;

$$[\sigma]_{\text{пр}} = \frac{300}{1,1} = 272,7 \text{ МПа}$$
$$[P]_{\text{пр}} = \frac{2 \cdot 272,7 \cdot 1 \cdot (8 - 2,85)}{400 + (8 - 2,85)} = 6,93 \text{ МПа}$$

Перевіряємо умови роботи апарату:

Робочий режим:

$$P_p \leq [P]$$

$$1,2 \leq 4,86$$

					<i>ПОХНВ. Р.00.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		26

Режим випробування:

$$P_{пр} \leq [P]_{пр}$$

$$1,53 \leq 6,93$$

Висновок. Забезпечується міцність обичайки як в робочому стані, так і при гідравлічних випробуваннях.

3.2.2 Розрахунок товщини стінки днища

Вихідні дані: Робоча температура в корпусі $t = 52,3$ °С. Розрахунковий тиск $P_p = 1,2$ МПа; Матеріал сталь 09Г2С. Термін служби апарату 15 років. Корозія $\Pi = 0,15$ мм/рік.

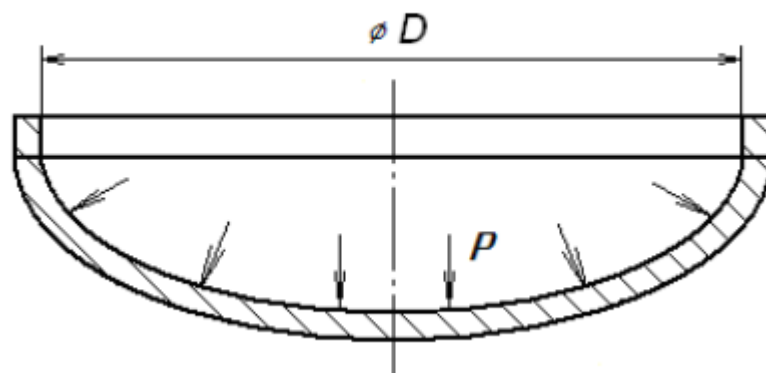


Рисунок 3.2 – Схема навантаження днища під дією внутрішнього тиску
Товщина стінки днища діаметром 400 мм, навантаженої внутрішнім надмірним тиском, визначається по формулі [21]:

$$S_{IR} = \frac{P \cdot R}{2\varphi[\sigma] - 0,5P} \quad (3.8)$$

$$S_{IR} = \frac{1,2 \cdot 400}{2 \cdot 191,3 \cdot 1 - 0,5 \cdot 1,2} = 1,26 \text{ мм}$$

де P – розрахунковий внутрішній тиск, $P = 1,2$ МПа;

R – радіус кривизни у вершині кришки по внутрішній поверхні;

$R = \frac{D^2}{4H}$ для еліптичних кришок $R = D$, якщо $H = 0,25D$;

$[\sigma]$ – допустиме напруження, при розрахунковій температурі $[\sigma] = 191,3$ МПа;

φ - коефіцієнт міцності поздовжнього звареного шва;

Визначаємо виконавчу товщину стінки кришки.

$$S_d \geq S_{IR} + c$$

де S_{R1} – розрахункова товщина стінки;

c – сумарний додаток.

$$c = c_1 + c_2 + c_3$$

										Лист
										27
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

c_1 – надбавка для компенсації корозії, ерозії, $c_1 = 2,25$ мм;
 c_2 – надбавка для компенсації мінусового допуску товщини листа, $c_2 = 0,6$ мм; [13].
 c_3 – надбавка для компенсації стоншування листа при технологічних операціях: гибці, штампуванню, $c_3 = 1,0$ мм [21].

$$S_d \geq 1,26 + 2,25 + 0,6 + 1 = 5,11 \text{ мм}$$

Товщину стінки приймаємо $S_d = 8$ мм.

Виконуємо перевіірочні розрахунки кришки й робимо висновок про міцність її у всіх режимах роботи апарата.

Розраховуємо допустимий внутрішній надлишковий тиск в робочому режимі.

$$[P] = \frac{2 \cdot (S_d - c) \cdot \varphi \cdot [\sigma]}{R + 0,5 \cdot (S_1 - c)} \quad (3.9)$$

$$[P] = \frac{2 \cdot (8 - 3,85) \cdot 1 \cdot 191,3}{400 + 0,5(8 - 3,85)} = 3,94 \text{ МПа}$$

Розраховуємо допустимий внутрішній надлишковий тиск в режимі випробування.

$$[P]_{пр} = \frac{2(S_1 - c)\varphi[\sigma_{пр}]}{R + 0,5(S_1 - c)} \quad (3.10)$$

Де

$$\sigma_{пр} = \frac{\sigma_T}{1,1} = \frac{300}{1,1} = 272,7 \text{ МПа.}$$

σ_T – межа текучості.

$$[P]_{пр} = \frac{2 \cdot (8 - 3,85) \cdot 1 \cdot 272,7}{400 + 0,5(8 - 3,85)} = 5,63 \text{ МПа}$$

Визначаємо пробний тиск.

$$P_{пр} = 1,25 P_p \frac{[\sigma_{20}]}{[\sigma]}$$

$$P_{пр} = 1,25 \cdot 1,2 \cdot 196 / 191,3 = 1,53 \text{ МПа.}$$

Порівнюємо в режимі роботи:

$$P_p \leq [P]$$

$$1,2 \leq 3,94$$

В режимі випробування

$$P_{пр} \leq [P]_{пр}$$

$$1,53 \leq 5,63$$

Висновок. Забезпечується міцність обичайки як в робочому стані, так і при гідрравлічних випробуваннях.

3.2.3 Розрахунок фланцевого з'єднання

Розроблений за допомогою джерел [22,23]

Конструкцію фланцевого з'єднання патрубків згідно табл. 13.7 [22] з плоским приварними фланцями і з поверхнею ущільнювача типу «шип-паз».

						<i>ПОХНВ. Р.00.00.00 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			28

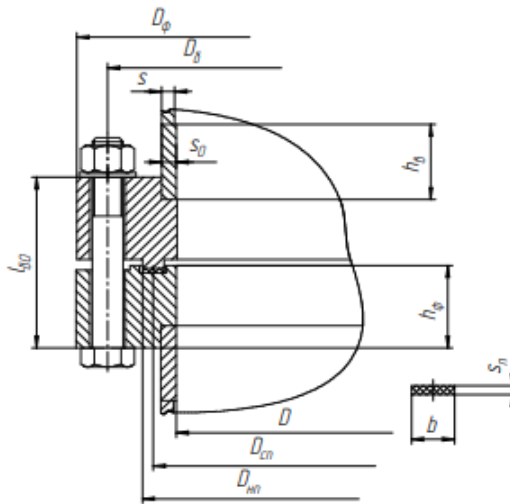


Рисунок 3.3 – Фланцеве з'єднання. Товщину втулки фланця люка приймаємо $S_0 = 8$ мм. Відношення більшої товщини втулки до меншої $\beta = 1$.

Висоту втулки фланця визначаємо по формулі:

$$h_B > 0,5 \sqrt{D \cdot (s - c)} \quad (3.11)$$

Діаметр болтового кола визначуваній по формулі або відповідно до табл. 13.7 [22]:

$$D_B \geq D + 2 \cdot (2 \cdot s + d_6 + u) \quad (3.12)$$

де: d_6 – зовнішній діаметр болта, при $D = 400$ мм і $N = 1,6$ МПа, $d_6 = 23$ мм;

u – нормативний зазор між гайкою і втулкою, $u = 4 \dots 6$ мм.

$$D_6 = 400 + 2 \cdot (2 \cdot 8 + 23 + 6) = 490 \text{ мм}$$

Приймаємо $D_6 = 495$ мм

Зовнішній діаметр фланця визначуваній по формулі і відповідно до табл. 13.7 [22]:

$$D_\phi \geq D_6 + a \quad (3.13)$$

де: a – конструктивна добавка для розміщення гайок по діаметру фланця, приймаємо $a = 40$ мм [22, табл. 13.27].

$$D_\phi = 495 + 40 = 535 \text{ мм.}$$

Приймаємо $D_\phi = 535$ мм.

Зовнішній діаметр прокладки:

$$D_{нп} = D_B - e \quad (3.14)$$

де: e – нормативний параметр, залежний від товщини прокладки, $e = 30$ мм [22, табл. 13.27, с.264].

$$D_{нп} = 495 - 30 = 465 \text{ мм;}$$

Приймаємо матеріал прокладки параніт по ГОСТ 481 – 80 з товщиною $S_{п} = 2$ мм.

Середній діаметр прокладки визначається по формулі:

$$D_{сп} = D_{нп} - b \quad (3.15)$$

де: b – ширина прокладки, що приймається згідно [22. табл. 13.25, с. 262], $b = 12$ мм.

$$D_{сп} = 465 - 12 = 453 \text{ мм.}$$

Ефективна ширина прокладки при $b \leq 15$ мм , $b = 12$ мм.

$$b_E = 0,5 \cdot b$$

$$b_E = 0,5 \cdot 12 \cdot 10^{-3} = 0,006 \text{ м.}$$

Конструктивний коефіцієнт для фланця:

$$K_\Phi = \frac{D_6}{D} \quad (3.16)$$

$$K_\Phi = \frac{535}{400} = 1,33 \text{ мм.}$$

Конструктивні коефіцієнти для фланця:

$$\lambda_{\Phi 1} = \lambda_{\Phi 2} = \frac{h_\Phi}{\sqrt{D \cdot S_0}} \quad (3.17)$$

$$\lambda_{\Phi 1} = \lambda_{\Phi 2} = \frac{0,035}{\sqrt{0,4 \cdot 0,008}} = 0,62$$

Поправочний коефіцієнт:

$$\Psi_{1\Phi} = 1,28 \cdot \lg K_\Phi \quad (3.18)$$

$$\Psi_{1\Phi} = 1,28 \cdot \lg 1,33 = 0,16$$

Поправочний коефіцієнт:

$$\Psi_{2\Phi} = \frac{K_\Phi + 1}{K_\Phi - 1} \quad (3.19)$$

$$\Psi_{2\Phi} = \frac{1,33 + 1}{1,33 - 1} = 7,06;$$

Поправочний коефіцієнт для перерізу S_0 для плоских приварних фланців:

$$\Psi_{3\Phi} = 1.$$

Геометричні параметри фланців:

$$j_{\Phi 1} = j_{\Phi 2} = \frac{h_\Phi}{S_0} \quad (3.20)$$

$$j_{\Phi 1} = j_{\Phi 2} = \frac{0,035}{0,008} = 4,375.$$

Безрозмірний параметр фланців:

$$T_\Phi = \frac{K_\Phi^2 \cdot (1 + 8,55 \lg K_\Phi) - 1}{(1,05 + 1,945 \cdot K_\Phi^2) \cdot (K_\Phi - 1)} \quad (3.21)$$
$$T_\Phi = \frac{1,33^2 \cdot (1 + 8,55 \lg 1,33) - 1}{(1,05 + 1,945 \cdot 1,33^2) \cdot (1,33 - 1)} = 1,783$$

Безрозмірні параметри:

$$\omega_{\Phi 1} = \omega_{\Phi 2} = \frac{1}{1 + 0,9 \cdot \lambda_\Phi \cdot (1 + \Psi_{1\Phi} \cdot j_{\Phi 1}^2)} \quad (3.22)$$

										Лист
										30
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

$$\omega_{\phi 1} = \omega_{\phi 2} = \frac{1}{1 + 0,9 \cdot 0,62 \cdot (1 + 0,16 \cdot 4,375^2)} = 0,31;$$

Кутова податливість фланця, що визначається по формулі:

$$y_{\phi} = \frac{[1 - \omega_{\phi 1} \cdot (1 + 0,9 \cdot \lambda_{\phi 1})] \cdot \Psi_{\phi 2}}{h_{\phi}^3 \cdot E_{\phi}} \quad (3.23)$$

$$y_{\phi} = \frac{[1 - 0,31 \cdot (1 + 0,9 \cdot 0,62)] \cdot 7,06}{0,035^2 \cdot 2 \cdot 10^5} = 0,426 \text{ 1/МН} \cdot \text{м}$$

Розрахункова довжина болта визначається по формулі:

$$L_B = h_{\phi 1} + h_{\phi 2} + 0,28 \cdot d_{\phi} \quad (3.24)$$

$$L_B = 0,035 + 0,035 + 0,28 \cdot 0,02 = 0,076 \text{ м.}$$

Лінійна податливість неметалічної прокладки, що визначається по формулі:

$$y_{\pi} = \frac{2 \cdot h_{\pi}}{E_{\pi} \cdot \pi \cdot D_{\text{СП}} \cdot b} \quad (3.25)$$

де: E_{π} – модуль подовжньої пружності для матеріалу прокладки, $E_{\pi} = 2000$ МПа.

h_{π} – висота прокладки, $h_{\pi} = S_{\pi} = 2$ мм.

$$y_{\pi} = \frac{2 \cdot 0,002}{2000 \cdot 3,14 \cdot 0,453 \cdot 0,012} = 11,711 \cdot 10^3 \frac{\text{м}}{\text{МН}};$$

Лінійна податливість болтів:

$$y_{\phi} = \frac{L_{\phi}}{E_B \cdot f_B \cdot n_{\phi}} \quad (3.26)$$

де: E_B – модуль подовжньої пружності матеріалу болта ;

$$E_B = 1,96 \cdot 10^5 \text{ МПа.}$$

f_{ϕ} – розрахункова площа поперечного перетину болта по внутрішньому діаметру, згідно табл. 13.27 [22], $f_{\phi} = 2,35 \cdot 10^{-4} \cdot \text{м}^2$;

n – кількість болтів, $n = 40$ шт.

$$y_{\phi} = \frac{0,076}{1,96 \cdot 10^5 \cdot 2,35 \cdot 10^{-4} \cdot 40} = 4,125 \cdot 10^{-5} \frac{\text{м}}{\text{МН}}.$$

Коефіцієнт жорсткості фланцевого з'єднання визначуваний по формулі:

					ПОХНВ. Р.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		31

$$A_{\phi} = \frac{1}{Y_{\text{л}} + Y_{\text{в}} + 0,25 \cdot (Y_{\phi 1} + Y_{\phi 2}) \cdot (D_{\phi} - D_{\text{сп}})^2} \quad (3.27)$$

$$A_{\phi} = \frac{1}{11,711 \cdot 10^{-5} + 4,125 \cdot 10^{-5} + 0,25 \cdot (0,426 + 0,426) \cdot (0,495 - 0,453)^2} = 1872$$

Параметр жорсткості фланців:

$$B_{\phi 1} = B_{\phi 2} = Y_{\phi} \cdot (D_{\phi} - D - S_0) \quad (3.28)$$

$$B_{\phi 1} = B_{\phi 2} = 0,496 \cdot (0,495 - 0,4 - 0,008) = 3,71 \cdot 10^2 \frac{1}{\text{МН}}$$

Безрозмірний коефіцієнт фланцевого з'єднання:

$$\gamma = A_{\phi} \cdot Y_{\phi} \quad (3.29)$$

$$\gamma = 1872 \cdot 4125 \cdot 10^5 = 0,077.$$

Коефіцієнт жорсткості фланцевого з'єднання:

$$\alpha_{\phi} = A_{\phi} \cdot [Y_{\phi} + 0,25 \cdot (B_{\phi 1} + B_{\phi 2}) \cdot (D_{\phi} - D_{\text{сп}})] \quad (3.30)$$

$$\alpha_{\phi} = 1872 \cdot [4,125 \cdot 10^{-5} + 0,25 \cdot (3,75 \cdot 10^{-2} + 3,71 \cdot 10^{-2}) \cdot (0,495 - 0,453)] = 1,536.$$

Рівнодіючу внутрішнього тиску:

$$Q_{\text{д}} = \frac{\pi \cdot D_{\text{сп}}^2}{4} \cdot P_1 \quad (3.31)$$

$$Q_{\text{д}} = \frac{3,14 \cdot 0,453^2}{4} \cdot 1,2 = 0,258 \text{ МН.}$$

Реакція прокладки в робочих умовах визначається по формулі:

$$R_{\text{п}} = 2 \cdot \pi \cdot D_{\text{сп}} \cdot b_{\text{Е}} \cdot m \cdot P_1 \quad (3.32)$$

де: m – коефіцієнт, залежний від матеріалу і конструкції прокладки, $m = 2,5$;

$$R_{\text{п}} = 2 \cdot 3,14 \cdot 0,453 \cdot 0,006 \cdot 2,5 \cdot 1,2 = 0,068 \text{ МН.}$$

Зусилля, що виникає від температурних деформацій, визначається по формулі:

$$Q_{\text{тф}} = \gamma \cdot n_{\phi} \cdot f_{\phi} \cdot E_{\phi} \cdot (\alpha_{\phi}^{\text{т}} \cdot t_{\phi} - \alpha_{\phi}^{\text{б}} \cdot t_{\phi}) \quad (3.33)$$

де: α_{ϕ} – коефіцієнт лінійного розширення матеріалу фланця; $\alpha_{\phi} = 16,6 \cdot 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$;

α_{ϕ} – коефіцієнт лінійного розширення матеріалу болта (приймаємо для болта сталь 35), $\alpha_{\phi} = 11,6 \cdot 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$;

t_{ϕ} – розрахункова температура неізолюваних фланців; $t_{\phi} = 0,96 \cdot t = 0,96 \cdot 52,3 = 50,28 \text{ }^{\circ}\text{C}$;

t_{ϕ} – розрахункова температура неізолюваних болтів; $t_{\phi} = 0,95 \cdot t = 0,95 \cdot 40 = 49,68 \text{ }^{\circ}\text{C}$;

$$Q_{\text{тф}} = 0,077 \cdot 40 \cdot 2,35 \cdot 10^{-4} \cdot 1,96 \cdot 10^5 \cdot (16,6 \cdot 10^{-6} \cdot 50,28 - 11,6 \cdot 10^{-6} \cdot 49,68) = 0,028 \text{ МН.}$$

					ПОХНВ. Р.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		32

Монтажне болтове зусилля фланцевого з'єднання:

$$P'_{Б1} = \pi \cdot D_{\text{сп}} \cdot b_E \cdot q \quad (3.34)$$

де: q – тиск віджимання прокладки, для параніту $q = 20$ МПа.

$$P'_{Б1} = 3,14 \cdot 0,453 \cdot 0,006 \cdot 20 = 0,171 \text{ МН.}$$

$$P''_{Б1} = \alpha_{\phi} \cdot (Q_D \pm P) + R_{\pi} + \frac{4 \cdot M}{D_{\text{сп}}} \quad (3.35)$$

$$P''_{Б1} = 1,536 \cdot (0,258 \pm 0) + 0,068 + \frac{4 \cdot 0}{0,453} = 0,464 \text{ МН.}$$

$$P'''_{Б2} = 0,4 \cdot [\sigma_B]^{20} \cdot n_6 \cdot f_6 \quad (3.36)$$

де: $[\sigma_B]^{20}$ – допустиме напруження для матеріалу болтів при температурі 20 °С
 $[\sigma_B]^{20} = 130$ МПа;

$$P'''_{Б2} = 0,4 \cdot 130 \cdot 40 \cdot 2,35 \cdot 10^{-4} = 0,489 \text{ МН.}$$

Болтове навантаження визначаємо по формулі:

$$F_{Б1} = \max\{P'_{Б1}; P''_{Б1}; P'''_{Б1}\};$$

$$F_{Б1} = \max\{0,171; 0,464; 0,489\} = 0,489 \text{ МН.}$$

Умова міцності неметалічної прокладки (з параніту) визначається по формулі:

$$\frac{F_{Б1}}{\pi \cdot D_{\text{сп}} \cdot b} \leq [q] \quad (3.37)$$

де: $[q]$ – тиск, що допускається, на прокладку по табл. 13.28 [22]

$[q] = 130$ МПа.

$$\frac{0,489}{3,14 \cdot 0,489 \cdot 0,012} = 26,53 \text{ МПа} \leq [q] = 130 \text{ МПа} - \text{умова міцності прокладки виконана.}$$

Болтове навантаження в робочих умовах визначаємо по формулі:

$$F_{Б2} = F_{Б1} + (1 - \alpha_{\phi}) \cdot (Q_D \pm P) + Q_{t\phi} + \frac{4 \cdot M}{D_{\text{сп}}} \quad (3.38)$$

$$F_{Б2} = 0,489 + (1 - 1,536) \cdot (0,258 \pm 0) + 0,0028 + \frac{4 \cdot 0}{0,453} = 0,354 \text{ МН.}$$

Розрахункове болтове навантаження:

$$P_{Б\phi} = \max\{P_{Б1}; P_{Б2}\} \quad (3.39)$$

$$P_{Б\phi} = \max\{0,489; 0,354\} = 0,489 \text{ МН.}$$

Напруження розтягування болтів:

					ПОХНВ. Р.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		33

в умовах монтажу:

$$\frac{F_{Б1}}{n_6 \cdot f_6} < [\sigma]_6^{20} \quad (3.40)$$

в робочих умовах:

$$\frac{F_{Б1}}{n_6 \cdot f_6} < [\sigma]_6^t \quad (3.41)$$

де: $[\sigma]_6^t$ – допустиме напруження для матеріалу болтів при температурі 40°C ;
 $[\sigma]_6^t = 125$ МПа.

$$\sigma_6^{20} = \frac{0,489}{40 \cdot 2,35 \cdot 10^{-4}} = 52,02 \text{ МПа} < [\sigma]_6^{20}$$

$$\sigma_6^t = \frac{0,354}{40 \cdot 2,35 \cdot 10^{-4}} = 37,7 \text{ МПа} < [\sigma]_6^t$$

Момент, що скручує, при затягуванні гайок:

$$M_{скр} = f_1 \cdot \frac{P_{БФ}}{n_b} \cdot d_6 \quad (3.42)$$

де f_1 - коефіцієнт тертя, $f_1 = 0,1$.

$$M_{скр} = 0,1 \cdot \frac{0,489}{40} \cdot 0,02 = 2,445 \cdot 10^{-5} \text{ МН} \cdot \text{м}$$

Дотичне напруження в болтах:

$$\tau_B = \frac{M_{скр}}{0,2 \cdot d_0^3} \quad (3.43)$$

де d_0 - внутрішній діаметр різьблення болта, $d_0 = 0,0173$ м.

$$\tau_B = \frac{2,445 \cdot 10^{-5}}{0,2 \cdot 0,0173^3} = 23,61 \text{ МПа.}$$

Еквівалентне напруження в болтах:

$$\sigma_{BE}^{20} = \sqrt{(\sigma_{BE}^{20})^2 + 3 \cdot \tau^2} \quad (3.44)$$

$\sigma_{BE}^{20} = \sqrt{52,02^2 + 3 \cdot 23,61^2} = 66,17 \text{ МПа} < [\sigma]_6^{20} = 130 \text{ МПа}$ – умова виконана.

$$\sigma_{BE}^t = \sqrt{(\sigma_6^t)^2 + 3 \cdot \tau^2} \quad (3.45)$$

$\sigma_{BE}^t = \sqrt{37,7^2 + 3 \cdot 23,61^2} = 55,62 \text{ МПа} < [\sigma]_6^t = 125 \text{ МПа}$ - умова виконана.

Зведений згинальний момент у діаметральному перерізі фланця в умовах монтажу:

$$M_{01\phi} = 0,5 \cdot P_{61} \cdot (D_6 - D_{сн}) \quad (3.46)$$

$$M_{01\phi} = 0,5 \cdot 0,464 \cdot (0,495 - 0,453) = 0,01 \text{ МН} \cdot \text{м}$$

Зведений згинальний момент у діаметральному перерізі фланця в робочих умовах:

					ПОХНВ. Р.00.00.00 ПЗ	Лист
						34
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$M_{02\phi} = 0,5 \cdot [P_{62}(D_6 - D_{сп}) + Q_d \cdot (D_{сп} - D - S_0)] \cdot \frac{[\sigma]_{20}}{[\sigma]} \quad (3.47)$$

$$M_{02\phi} = 0,5 \cdot [0,489 \cdot (0,495 - 0,453) + 0,285 \cdot (0,454 - 0,4 - 0,008)] \cdot \frac{196}{191,3} \\ = 0,016 \text{ МН} \cdot \text{м}$$

Розрахунковий зведений момент у діаметральному перерізі фланця:

$$M_{0\phi} = \max\{M_{01\phi}; M_{02\phi}\}$$

$$M_{0\phi} = \max\{0,01; 0,016\} = 0,016 \text{ МН} \cdot \text{м}$$

Допоміжна величина:

$$\varepsilon = 20 \cdot S_0 \quad (3.48)$$

$$\varepsilon = 20 \cdot 0,08 = 0,16$$

Розрахунковий діаметр при $D > \varepsilon$:

$$D^* = D = 0,4 \text{ м}$$

Максимальні напруження в перерізі s_0 фланців від дії згинального моменту $M_{0\phi}$

:

$$\sigma_{оф} = \sigma_{оф1} = \sigma_{оф2} = \psi_3 \cdot \frac{T_\phi \cdot M_{оф} \cdot \omega_\phi}{D \cdot (S_0 - c)^2} \quad (3.49)$$

$$\sigma_{оф1} = \sigma_{оф2} = 1 \cdot \frac{1,783 \cdot 0,016 \cdot 0,31}{0,4 \cdot (0,008 - 0,0026)^2} = 78,82 \text{ Мпа}$$

Максимальні кільцеве напруження в дисках фланців від дії згинального моменту $M_{0\phi}$:

$$\sigma_{кф} = \sigma_{кф1} = \sigma_{кф2} = \frac{M_{оф} \cdot [1 - \omega_\phi \cdot (1 + 0,9 \cdot \lambda_\phi)] \cdot \psi_{2\phi}}{D \cdot h_{\phi1}^2} \quad (3.50)$$

$$\sigma_{кф} = \sigma_{кф1} = \sigma_{кф2} = \frac{0,016 \cdot [1 - 0,31 \cdot (1 + 0,9 \cdot 0,62)] \cdot 7,06}{0,4 \cdot 0,035^2} = 119,2 \text{ Мпа}$$

Кільцеве меридіональне напруження у втулці фланців від дії внутрішнього тиску:

$$\sigma_{хф1} = \sigma_{хф2} = \frac{P_1 \cdot D}{[2 \cdot (S_0 - c)]} \quad (3.51)$$

$$\sigma_{хф1} = \sigma_{хф2} = \frac{1,6 \cdot 400}{[2 \cdot (8 - 2,85)]} = 59,3 \text{ МПа.}$$

$$\sigma_{уф1} = \sigma_{уф2} = \frac{P_1 \cdot D}{[4 \cdot (S_0 - c)]} \quad (3.52)$$

$$\sigma_{уф1} = \sigma_{уф2} = \frac{1,6 \cdot 400}{[4 \cdot (8 - 2,85)]} = 29,6 \text{ Мпа}$$

Еквівалентне напруження в перерізі s_0 :

						<i>Лист</i>
					<i>ПОХНВ. Р.00.00.00 ПЗ</i>	35
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

$$\sigma_{E\phi} = \sigma_{E\phi1} = \sigma_{E\phi2} = \sqrt{(\sigma_{o\phi1} + \sigma_{y\phi1})^2 + \sigma_{x\phi1}^2 - (\sigma_{o\phi1} + \sigma_{y\phi1}) \cdot \sigma_{x\phi1}} \quad (3.53)$$

$$\sigma_{E\phi} = \sigma_{E\phi1} = \sigma_{E\phi2} = \sqrt{(75,82 + 29,6)^2 + 59,3^2 - (75,82 + 29,6) \cdot 59,3} \\ = 91,53 \text{ МПа}$$

Умова міцності:

$$\sigma_{E\phi} \leq [\sigma_{\phi}^{S_0}] \cdot \psi \quad (3.54)$$

$91,53 \leq 600 \cdot 1,0 = 600 \text{ МПа}$ - умова міцності виконана.

Умова герметичності фланцевого з'єднання визначається кутом повороту фланця по формулі:

$$\theta = \frac{\sigma_{кф} \cdot D}{E_{\phi} \cdot h_{\phi}} \leq [\theta] \quad (3.55)$$

де: $[\theta]$ – кут повороту фланця, що допускається, приймається для плоских фланців $[\theta] = 0,013$ радий;

$\theta = \frac{119,2 \cdot 0,4}{2,05 \cdot 10^5 \cdot 0,035} = 0,007 \text{ рад} \leq [\theta] = 0,013 \text{ рад}$ - умова герметичності виконана.

3.2.4 Розрахунок опори апарату

Для установки апарату вибираємо опори стійка для горизонтальних апаратів з ОСТ 26-665-79 [22]. Опори виготовляються зі сталі СтЗпс5.

Конструктивні розміри елементів опори встановлюються в залежності від навантаження на одну опору Q, кН. Розрахуємо вага апарату, для того, щоб дізнатися навантаження на одну опору.

$$G = 2G_{дн} + G_{об} + G_{ср} + G_{фл}, \text{ Н}$$

$$2G_{дн} = m \cdot g = 2 \cdot 9,81 \cdot 13,4 = 263 \text{ Н}$$

$$G_{об} = \pi(D + s) \cdot s \cdot H \cdot \rho \cdot g = 3,14 (0,4 + 0,008) \cdot 0,008 \cdot 6 \cdot 7850 \cdot 9,81 = 4735 \text{ Н}$$

$$G_{ср} = V \cdot \rho \cdot g = ((\pi \cdot R^2 \cdot H) + V_{днищ}) \cdot \rho \cdot g = ((3,14 \cdot 0,2^2 \cdot 6) + 0,0113 \cdot 789,3 \cdot 9,81) \\ = 5920 \text{ Н}$$

$$G_{фл} = 1100 \text{ Н (вага відома)}$$

$$G = 263 + 4735 + 5920 + 1100 = 12018 \text{ Н}$$

Приймаємо опору стойку.

Опора – стойка 2-10 ОСТ 26-665 – 79

						ПОХНВ. Р.00.00.00 ПЗ	Лист
							36
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			

4 БУДІВЕЛЬНО-МОНТАЖНА ЧАСТИНА

4.1 Обґрунтування компонування основного та допоміжного обладнання

Монтаж таких теплообмінників залежить тільки від ваги і просторового розташування. [24]

Вага та розміри випускаються в даний час теплообмінників дозволяють транспортувати їх до місця монтажу повністю в зібраному на заводі-виробнику вигляді. Для транспортування використовують залізничні платформи, трейлери, автомашини, сани та ін.

Теплообмінники встановлюють відповідно до проекту горизонтально або вертикально на різних відмітках.

Опорною конструкцією для них можуть служити: фундаменти у вигляді двох бетонних або залізобетонних стовпів з анкерними болтами (при низькому горизонтальному розташуванні) і балки висотних металокопункцій (при вертикальному розташуванні і горизонтальному розташуванні на великих висотах).

До корпусу апарату приварюються дві опори, відстань між якими відповідає нормаліям. Для установки теплообмінника на вже існуючий фундамент відстань між опорами можна змінювати в невеликих межах. Між корпусом і опорами апарату повинні поміщатися підкладки з листової сталі, що запобігають вм'ятини на корпусі. До корпусу вертикально розташованих теплообмінників замість опор приварюють лапи з ребрами жорсткості.

У переважній більшості випадків теплообмінники встановлюють в проектне положення за допомогою самохідних кранів. Якщо в конкретних умовах підйому вантажопідйомність кранів недостатня, практикується установка теплообмінників за допомогою двох кранів, що працюють строго узгоджено.

Теплообмінники, що розміщуються в два яруси і більше, доцільно піднімати великими блоками з кількох апаратів після їх взаємної трубопроводної обв'язки. При підйомі блок обв'язаних теплообмінників укладають в ґратчастий жорсткий контейнер, за який і виробляють строповку.

					<i>ПОХНВ. Р.00.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		37

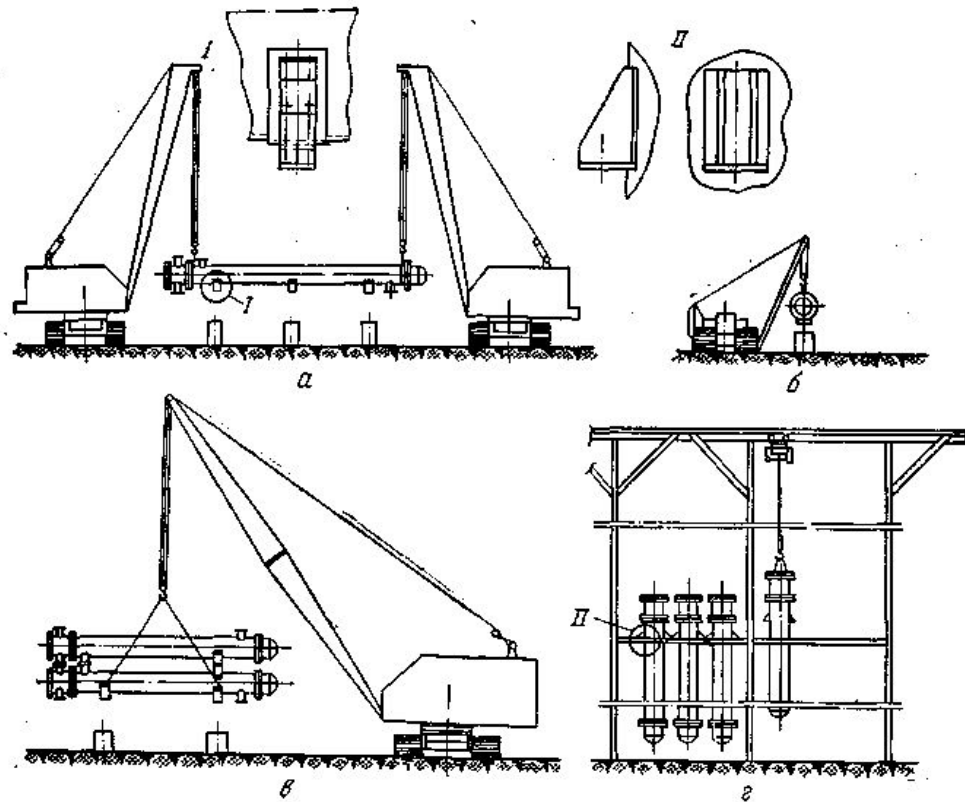


Рис. 4.1 - Підготовка приміщення до монтажу теплообмінних апаратів

а - за допомогою двох кранів; б - трубоукладачем;

в - блоку теплообмінників краном; г - вертикальних теплообмінників монобалкой;

I - опора горизонтальних теплообмінників;

II - опора вертикальних теплообмінників.

До трубопровідної обв'язки приступають після остаточної перевірки стану корпусу і закріплення болтів, що з'єднують його опори або лапи з постаментом. Положення теплообмінника вивіряють рівнем або схилом, підкладаючи, якщо це необхідно, під опорні площини сталеві планки.

Під час вивірення теплообмінних апаратів відхилення від проектних осей і відміток, а також по горизонталі і вертикалі складають:

головних осей апарату в плані	± 10 мм
осі вертикального апарату від вертикальності	3 мм на 1 м, але не більше 35 мм
горизонтального апарату від горизонтальності або заданого положення (ухилу)	0,3 мм на 1 м

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

ПОХНВ. Р.00.00.00 ПЗ

Лист

38

При горизонтальному розташуванні теплообмінників температурні деформації корпусу між опорами можуть досягати декількох міліметрів, тому одна з опор повинна бути рухливою. Нерухома опора, зазвичай встановлюється з боку нерухомої трубної решітки, закріплюється намертво; гайки болтів рухомої опори, що має овальні вирізи, що не затягуються на 1 - 1,5 мм, але фіксуються контргайками. Зазор між болтами і овальними вирізами повинен розташовуватися в бік можливого подовження теплообмінника. Поверхні ковзання зачищаються так, щоб виключити защемлення.

Монтовані теплообмінники повинні бути опресовані на пробне тиск на заводі-виробнику, тому на монтажному майданчику їх поодиноці не обпресовують, обмежуючись перевіркою загальної системи теплообміну разом з трубопровідної обв'язкою після завершення монтажних робіт.

4.2 Проведення монтажних та ремонтних робіт основного технологічного обладнання

Пункт виконаний за допомогою допоміжної літератури [25]

Теплообмінники із трубною системою мають підвищену надійність, що дозволяє їм функціонувати без збоїв протягом довгих років. Але не варто забувати, що планове технічне обслуговування просто необхідне для профілактики поломок. Циркулюючий теплоносій з часом засмічує стінки трубок, осідаючи на їх поверхні та перешкоджаючи вільному потоку. Уникнути передчасного виходу обладнання із ладу та зберегти ефективність дозволить регулярне очищення трубчатки. Завдяки систематичному промиванню є можливість тривалий час підтримувати робочі параметри у нормі. Безпосередньо ремонт кожухотрубних теплообмінників, у більшості випадків, необхідний лише у разі надмірного зношення обладнання.

Далі розглянемо більш детально найбільш поширені дефекти, що виникають при експлуатації кожухотрубних теплообмінників.

Виривання трубок із трубних решіток. Дана проблема зазвичай виникає через нерівномірне розширення трубок та корпусу. Варіанти вирішення:

- зачистка місця розриву і обварювання трубки заново;
- висвердлювання трубки і установка нової трубки;
- зачистка і заглушка трубки.

Якщо встановлюються заглушки на дефектні трубки, необхідно враховувати, що опір даної ділянки зростає, а також трохи погіршується теплообмін. Зазвичай, теплообмінники розраховують таким чином, щоб без сильного впливу на технологічний процес можна було заглушити до 10 % трубок. У кожному разі це питання треба вивчати окремо.

					ПОХНВ. Р.00.00.00 ПЗ	Лист 39
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Наскрізна корозія трубок. Дана проблема виникає або через тривалість використання теплообмінника і безпосередній корозії, або при неправильно підбраному матеріалі трубчатки.

Варіанти вирішення:

- висвердлювання трубки і установка нової трубки;
- зачистка і заглушка трубки.

Так само, як і в описаному вище випадку, при встановленні заглушок необхідно дотримуватись вимог з урахуванням збільшеного опору. Із огляду на причини виникнення наскрізної корозії, можна припустити, що із великою ймовірністю, найближчим часом можуть почати виходити із ладу іншу трубки. Нерідко при виникненні наскрізної корозії найбільш ефективним шляхом є просто заміна трубного пучка (виготовлення нового трубного пучка). Це особливо актуально, якщо повторний дефект виник швидко після першої поломки.

Наскрізна корозія корпусу чи камери. Дана проблема, так само як і наскрізна корозія трубок, зазвичай виникає або через тривалість використання теплообмінника і безпосередній корозії, або при неправильно підбраному матеріалі. Варіанти вирішення:

- підварювання або установка заплатки;
- виготовлення нової камери чи корпусу.

Засмічення трубок чи міжтрубного простору. Ця проблема може виникнути в тому випадку, якщо один із теплоносіїв не фільтрується належним чином, або якщо відбувається поява природного нагару (наприклад, при роботі з вихлопними газами). Варіанти вирішення:

- механічне очищення;
- хімічне очищення.

Якщо засмічення відбувається через відсутність належної фільтрації середовищ, рекомендується установка необхідних фільтрів. Якщо ж відбувається поява нагару, швидше за все, це обумовлено технологічними моментами. У такому випадку треба визначати, коли відбувається чергове засмічення теплообмінника (вимірювання температури або протитиску) і чистити його.

Подібні роботи слід проводити на місці експлуатації. У разі необхідності фахівці повинні виїхати на місце і провести цю роботу, але в більшості випадків ці операції виробляє експлуатаційний персонал.

						ПОХНВ. Р.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			40

У разі появи великого шару мінеральних відкладень (накипу) хімічне очищення може бути неефективним. У такому випадку трубний пучок не підлягатиме ремонту і буде необхідно виготовити новий трубний пучок.

Дефектні штуцера і трубні решітки при досягненні максимальних величин зносу і прогину замінюються.

Свищі і тріщини усуваються шляхом заварки або постановкою накладок з попереднім видаленням дефектної ділянки.

За допомогою кольорової дефектоскопії визначають протяжність і положення кінців тріщин, виявлених в корпусі. Ці кінці до заварки засвердлюють свердлами діаметром 3–4 мм. Некрізні тріщини глибиною не більше 0,4 товщини стінки розправляються під заварку односторонньою вирубкою на максимальну глибину тріщини зі зняттям крайок під кутом 50–60°. При тріщині понад 100 мм зварювання проводять оберненоступеневим методом. Наскрізні і некрізні тріщини глибиною більше 0,4 товщини стінки обробляють на всю товщину вирубкою зубилом або газорізкою. При появі гніздових тріщин пошкоджені місця вирізають і закривають латками без гострих кутів. Латки вваривать в рівень з основним металом. Площа латки не повинна перевищувати площі листа апарату.

Надійність ліквідації поверхневих дефектів контролюють магнітною або ультразвуковою дефектоскопією. Допускається глибина пошкодження в межах 10–20 % товщини стінки в залежності від розмірів ушкодження. Усі поверхні ущільнювачів слід контролювати магнітною або ультразвуковою дефектоскопією на відсутність тріщин. Після ремонту конденсатора його піддають гідравлічним або пневматичним випробуванням.

					<i>ПОХНВ. Р.00.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		41

5 АВТОМАТИЗОВАНЕ КОМПАНУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ

Для планування компонування технологічного обладнання була використано програмний комплекс ChimCAD.

СHEMСAD – це інтегрований пакет інтуїтивно зрозумілого програмного забезпечення для моделювання хімічних процесів, що вписується у робочий процес хімічної інженерії та підвищує ефективність роботи інженера.

Переваги СHEMСAD:

- 1) Широкі можливості налаштування, гнучкість та доступність.
- 2) Всі модулі працюють в єдиному графічному інтерфейсі для безперешкодної взаємодії.
- 3) Адаптується до того, як ви підходите до інженерних завдань.
- 4) Привабливі графіки та звіти легко експортувати до стороннього програмного забезпечення.
- 5) Легко інтегрується у обчислювальне середовище хімічного машинобудування.

Універсальна моделююча програма має графічний інтерфейс для платформ PC/Windows, базу даних індивідуальних компонентів (понад 1900 речовин), дозволяє задавати різні багатокомпонентні потоки у вигляді псевдокомпонентів або генерувати їх на підставі даних розгонки, підтримує більшість методів розрахунку термодинамічних властивостей (у тому числі містить спеціальні методи для розрахунку амін, полімер, що містять сумішей і т.д.).

Після встановлення програмного комплексу СHEMСAD запускаємо його.

					ПОХНВ. Р.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		42

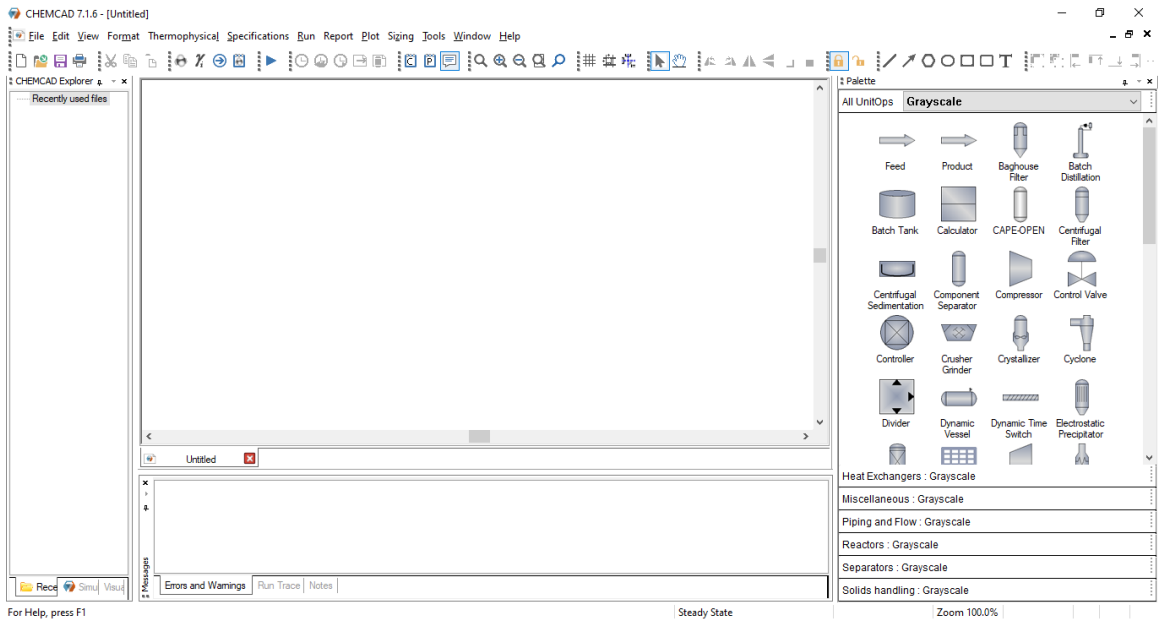


Рисунок 5.1 – робочий стол програми

Для початку створюємо новий документ натиснувши на панелі задач « File - Save» та зберігаємо під назвою «MP».

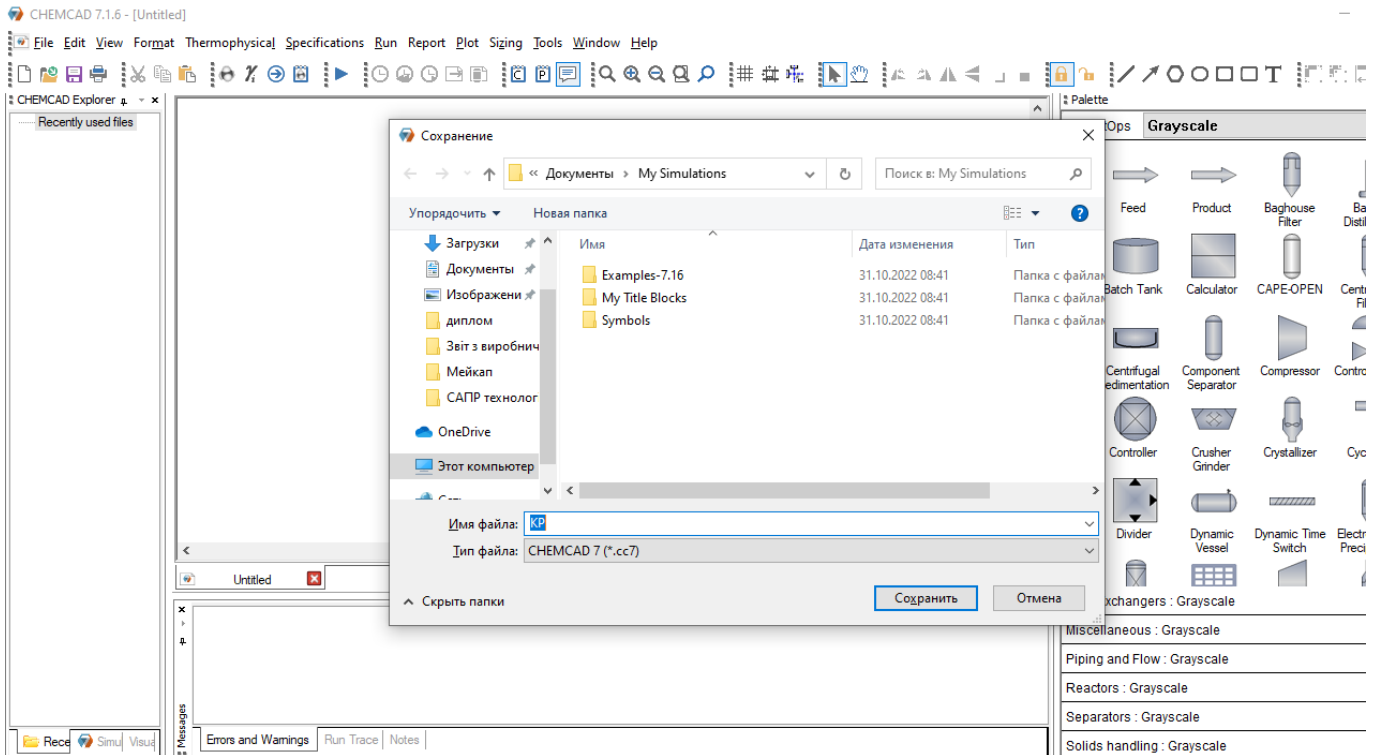


Рисунок 5.2 – створення файлу

Розробка схеми буде відбуватись на основі схеми рис. 1.

					<i>ПОХНВ. Р.00.00.00 ПЗ</i>		Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			43

Для поточного завдання використовується система одиниць виміру Alt SI. За допомогою команди Format/Engineering Units (Формат/ Одиниці виміру) встановити у вікні Engineering Unit Selection (Вибір одиниць виміру) систему одиниць виміру SI.

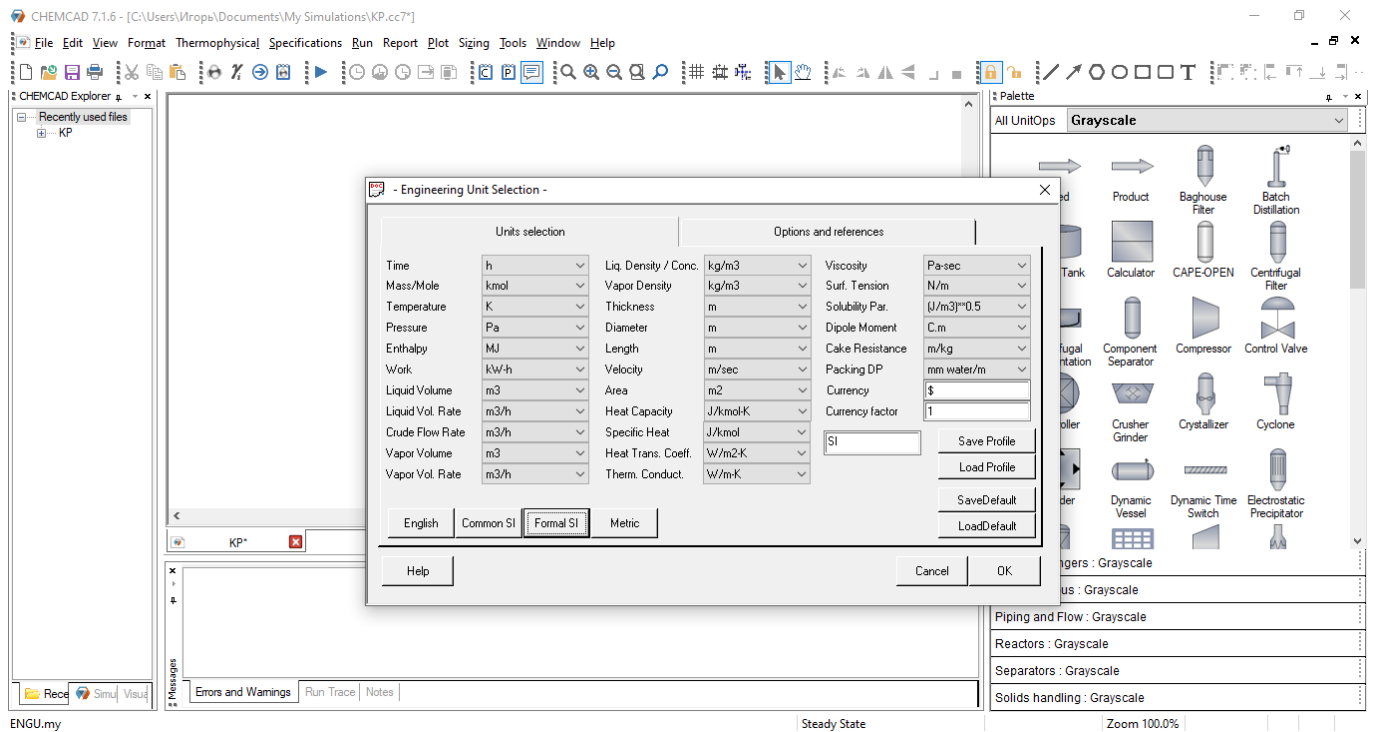


Рисунок 5.3 – вибір одиниць вимірювання

Додавання компонентів розрахунку відбувається командою ThermoPhysical/Component List (Термофізика / Список компонентів) та ознайомитися з опціями вікна Component Selection (Вибір компонентів).

Вводимо слідуючі компоненти: вода (Water), повітря (air), етанол (Methanol).

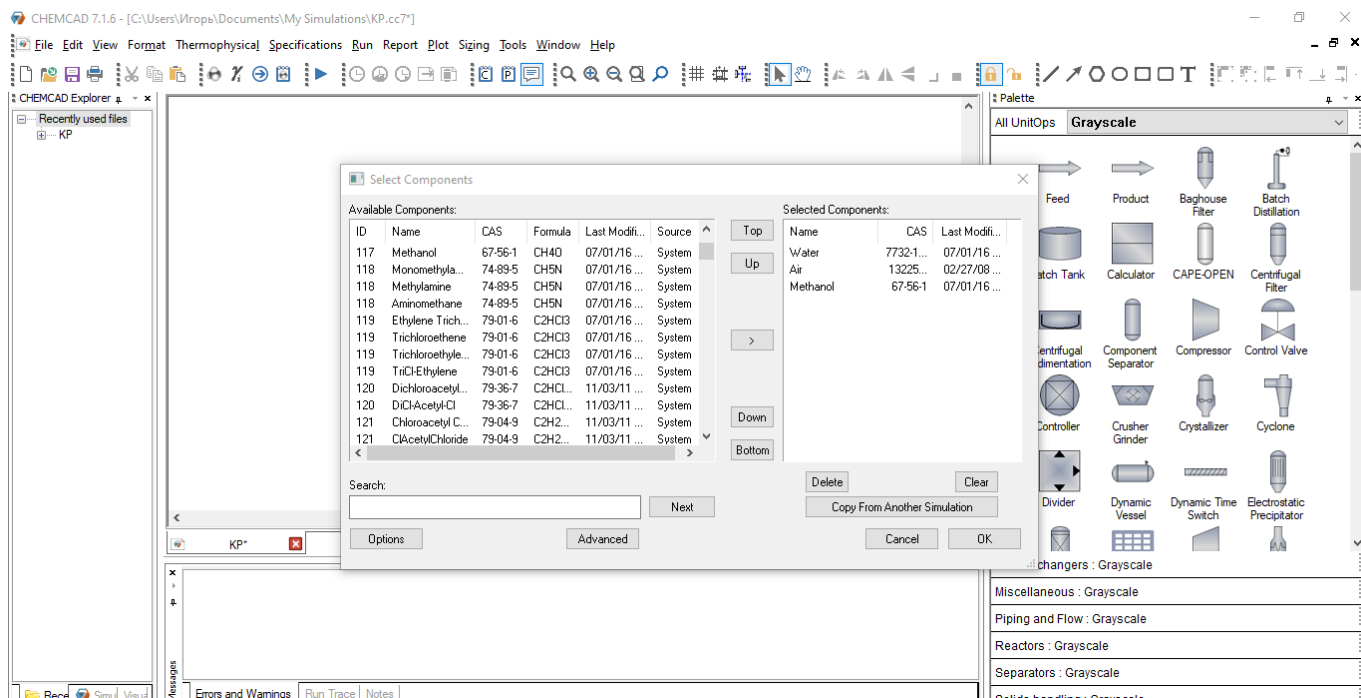


Рисунок 5.4 – введення компонентів

Після додавання зберігаємо натиснувши ОК.

Виконуємо побудову технологічної схеми.

Першим апаратом є колона її піктограма SCDS Distilation#2

Для зручності виконати команду GridVisible

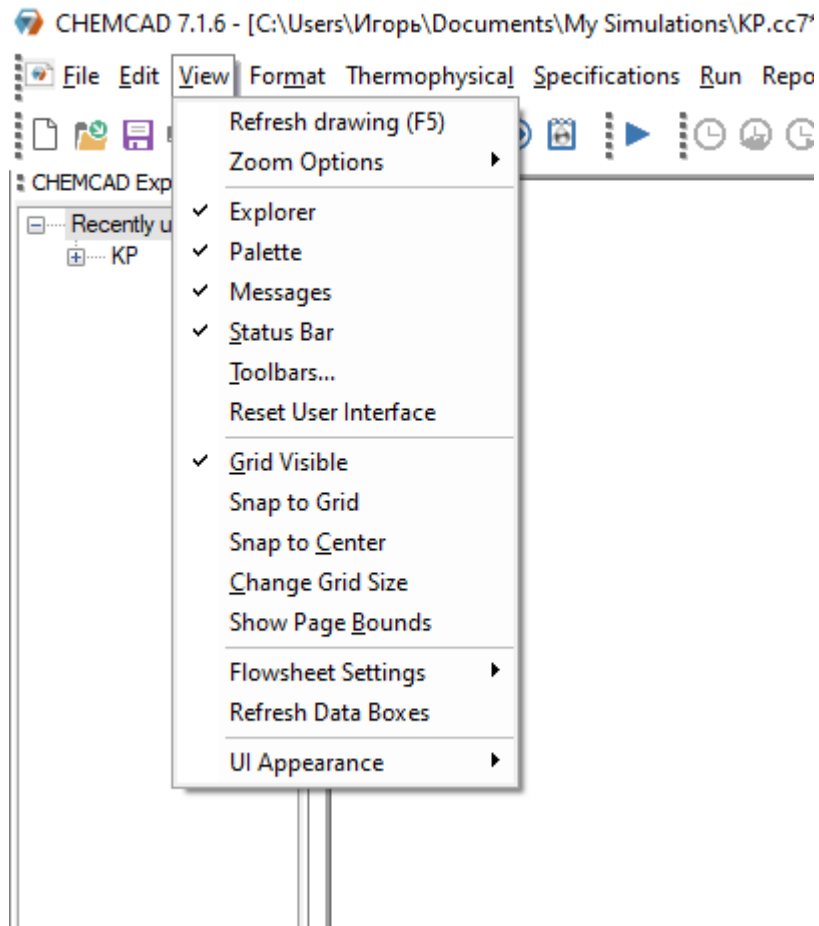


Рисунок 5.5 – виконання команди

Вибираємо піктограму для ректифікаційної колони

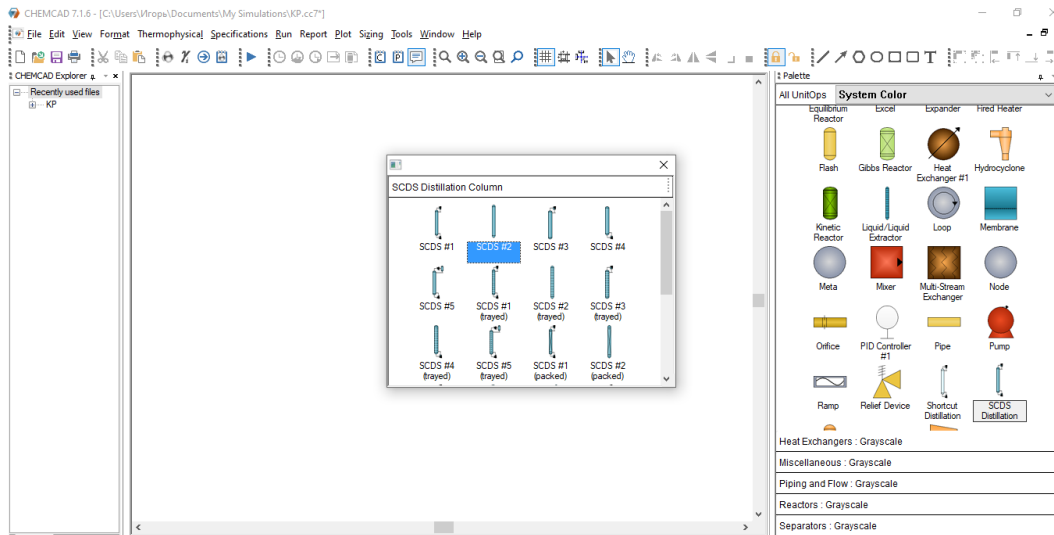


Рисунок 5.6 - піктограма для ректифікаційної колони

Вибираємо піктограму для теплообмінників, беремо піктограму Heat Exch#20.

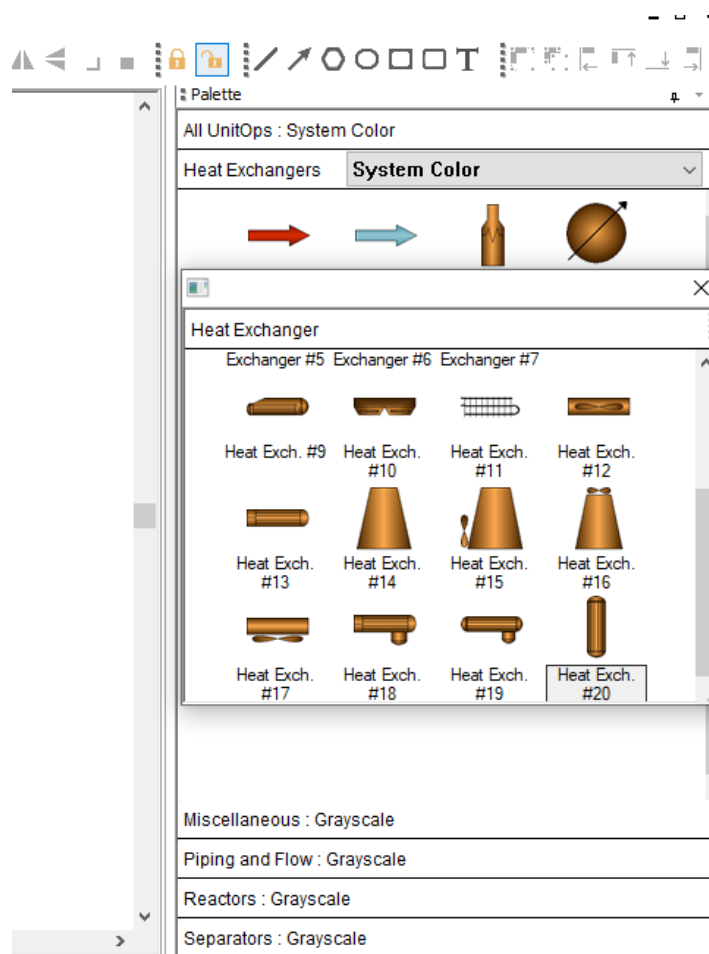


Рисунок – 5.7 піктограма для теплообмінника

Також на схемі є три ємкості приймаємо піктограму Batch Tank та розташовуємо насоси відповідно до схеми. При необхідності і кращого відображення потоків можна відзеркалити, тобто повернути місця входу і виходу потоків в протилежний бік . Для цього принаведенні курсора на піктограму насосу потрібно натиснути праву клавішу миші у з`явившомуся вікні вибрати команду Flip Horizontal, або натиснути на клавіатурі комбінацію клавіш Ctrl+N.

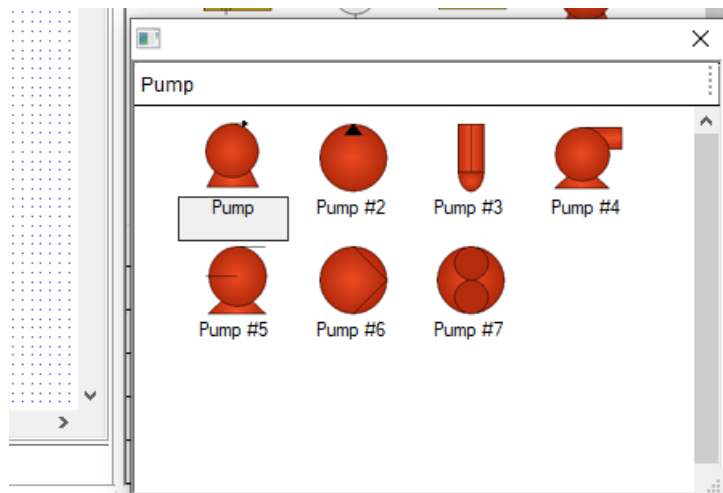


Рисунок – 5.8 піктограма для насосу

Залишилось додати піктограми джерел живлення та готового продукту. Такими піктограмами є Feed#1 та Product.

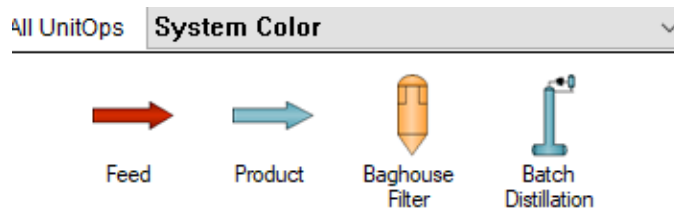


Рисунок 14. Вибір піктограми джерел живлення та готового продукту
Аналізуючи схему додати піктограми у потрібних місцях.

У схемі всі компоненти з'єднані лініями потоків по іншому трубопроводами. Для з'єднання піктограм на схемі потрібно натиснути на точки які мають розовий та синій колір де розовий колір вважається точкою виходу і з'єднується з точкою синього кольору, що вважається точкою виходу . Щоб з'єднати дві точки потрібно одним кліком лівої кнопки миші натиснути на точку синього або розового кольору після чого провести курсор до точки іншого кольору на піктограмі що вас цікавить. На піктограмах може бути як одна так і більше точок їх кількість та розташовування залежить від вибраного типу піктограм.

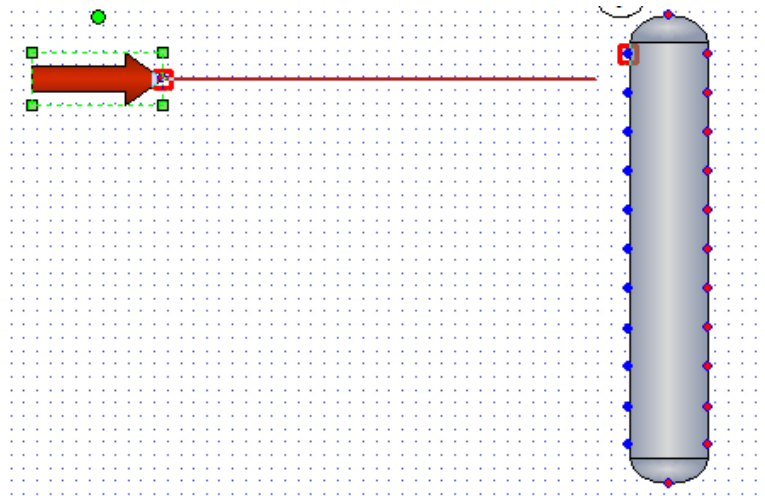


Рисунок 5.9 З'єднання піктограм

Таким чином з'єднуємо всі інші піктограми орієнтуючись по схемі.

Після цього схема повинна мати такий вигляд.

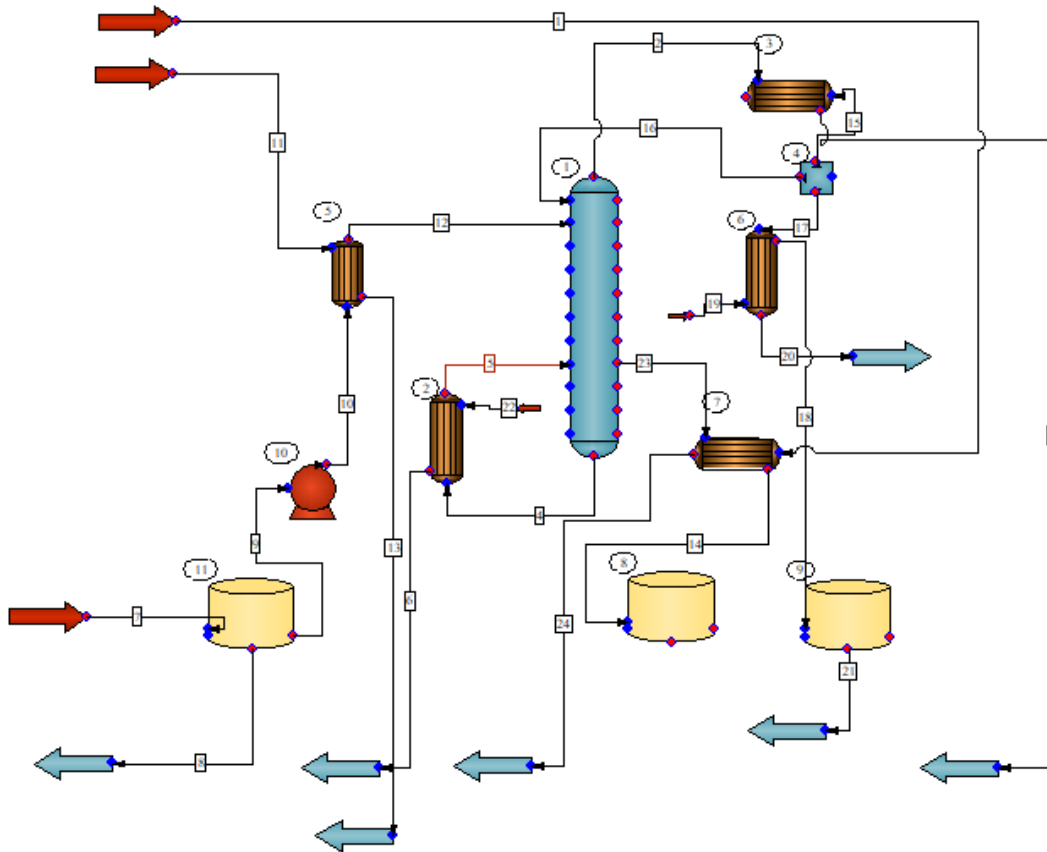


Рисунок 5.10. Об'єднання піктограм лініями потоків

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ДОВКІЛЛЯ

6.1 Аналіз небезпечних та шкідливих факторів виробництва

Пункт виконаний за допомогою допоміжної літератури [26].

Шкідливі речовини можуть проникати в організм людини через органи дихання, органи травлення, а також шкіру та слизові оболонки. Через дихальні шляхи потрапляють пари, газо- та пилоподібні речовини, через шкіру переважно рідкі речовини. Через шлунково-кишкові шляхи потрапляють речовини під час ковтання, або при внесенні їх в рот забрудненими руками.

Основним шляхом надходження промислових шкідливих речовин в організм людини є дихальні шляхи. Завдяки величезній всмоктувальній поверхні легенів утворюються сприятливі умови для потрапляння шкідливих речовин у кров.

Шкідливі речовини, що потрапили тим, чим іншим шляхом в організм можуть викликати отруєння (гострі чи хронічні). Ступінь отруєння залежить від токсичності речовини, її кількості, часу дії, шляху проникнення, метеорологічних умов, індивідуальних особливостей організму.

Гострі отруєння виникають в результаті одноразової дії великих доз шкідливих речовин (чадний газ, метан, сірководень). Хронічні отруєння розвиваються внаслідок тривалої дії на людину невеликих концентрацій шкідливих речовин (свинець, ртуть, марганець). Шкідливі речовини потрапивши в організм розподіляють в ньому нерівномірно. Найбільша кількість свинцю накопичується в кістках, фтору в зубах, марганцю в печінці. Такі речовини мають властивість утворювати в організмі так зване «депо» і затримуватись в цьому тривалий час.

При хронічному отруєнні шкідливі речовини можуть не лише накопичуватись в організмі (матеріальна кумуляція), але й викликати «накопичення» функціональних ефектів (функціональна кумуляція).

Ступінь несприятливого впливу шкідливих речовин, що присутні в повітрі робочої зони визначається також низкою інших чинників. Наприклад, підвищена температура і вологість, як і значне м'язове напруження, в більшості випадків, підсилюють дію шкідливих речовин.

Суттєве значення мають індивідуальні особливості людини. З огляду на це для робітників, які працюють у шкідливих умовах проводяться обов'язкові попередні (при вступі на роботу) та періодичні медичні огляди.

Шкідливі речовини, що потрапили в організм людини спричиняють порушення здоров'я лише в тому випадку, коли їх кількість в повітрі перевищує граничну для поживної речовини величину.

Під граничною допустимою концентрацією (ГДК) шкідливих речовин в повітрі робочої зони розуміють таку концентрацію, яка при щоденній роботі протягом 8 годин або іншої тривалості (40 годин у тиждень) протягом всього трудового стажу не може викликати захворювання або розладів у стані здоров'я та не надає вплив на здоров'я майбутніх поколінь.

											Лист
											50
Изм.	Лист	№ докум.	Підпись	Дата	ПОХНВ. Р.00.00.00 ПЗ						

За величиною ГДК в повітрі робочої зони шкідливі речовини поділяються на чотири класи небезпеки:

- речовини надзвичайно небезпечні - ГДК менше 0,1 мг/м³ (свинець, ртуть, озон);
- речовини високо небезпечні - ГДК 0,1 ... 1,0 мг/м³ (кислоти сірчана та солена, хлор, фенол, бром, йод);
- речовини помірно небезпечні - ГДК 1,1 ... 10,0 мг/м³ (вінілацетат, толуол, ксилол, спирт метиловий, оксид цинку);
- речовини мало небезпечні - ГДК більше 10,0 мг/м³ (пари спирту, бензину, ацетону, аміак)

Загальні заходи та засоби попередження забруднення повітряного середовища на виробництві та захисту працюючих включають:

- вилучення шкідливих речовин з технологічних процесів, заміна шкідливих речовин менш шкідливими;
- удосконалення технологічних процесів та устаткування (застосування замкнених технологічних циклів, неперервних технологічних процесів, мокрих способів переробки пиломатеріалів);
- автоматизація: дистанційне управління технологічними процесами та обладнанням, що включає безпосередній контакт працюючих з шкідливими речовинами;
- герметизація виробничого устаткування, робота технологічного устаткування під розрідженням, локалізація шкідливих виділень за рахунок місцевої вентиляції аспіраційних укріплень;
- нормальне функціонування систем опалення, загально обмінної вентиляції, кондиціонування повітря, очисних викидів в атмосферу;
- попередні та періодичні медичні огляди робітників, які працюють в шкідливих умовах, профілактичне харчування, дотримання правил особистої гігієни;
- контроль за вмістом шкідливих речовин у повітрі робочої зони;
- використання засобів індивідуального захисту.

Контроль за концентрацією шкідливих речовин повинен проводитися для

I класу небезпеки – 1 раз у 10 днів;

II класу небезпеки – 1 раз у місяць;

III та IV класу небезпеки – 1 раз у квартал.

При встановленій відповідності вмісту шкідливих речовин III, IV класів небезпеки рівню ГДК допускається проводити контроль не рідше 1 разу на рік.

Висновки

Метою виконання магістерської роботи було – систематизація, поглиблення та закріплення теоретичних та практичних знань, формування навичок використання цих знань під час розв’язання конкретних практичних інженерних і науково-технічних задач;

Темою моєї роботи було «Виробництво етилового спирту із крохмалевмісної сировини. Розробити та модернізувати дефлегматор спиртової ректифікаційної колони.» Опираючись на тему мною було описано реальну технологічну схему виробництва етилового спирту із крохмалевмісної сировини. Було наведені теоретичні основи процесу теплообміну які проходять в розробленому дефлегматорі. Описана конструкція теплообмінника і виконана модернізація, яка полягає в заміні гладких трубок на профільовані, завдяки чому було збільшено коефіцієнт теплопередачі. Виконані технологічні розрахунки, а саме матеріальний та тепловий баланси процесу, конструктивні та технологічні розрахунки, розрахунок діаметра штуцерів, гідравлічні розрахунки та вибір допоміжного обладнання. Також була розроблена Проектно-конструкторська частина в яку входило: вибір конструкційного матеріалу теплообмінника (сталь 09Г2С), розрахунок на міцність і стійкість (стілки корпусу і днища), розрахунок фланцевого з’єднання та опори апарату. Виконана будівельно – монтажна частина, автоматизоване компанування технологічної схеми, за допомогою програмного комплексу ChimCAD . Розглянуте питання з охорони праці та довкілля.

					<i>ПОХНВ. Р.00.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		52

Література

1. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. 9–е изд., перераб. М., Химия, 1973. 784 с
2. Интернет джерело
https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A5%D1%96%D0%BC%D1%96%D1%87%D0%BD%D0%B0_%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%BC%D0%B8%D1%81%D0%BB%D0%BE%D0%B2%D1%96%D1%81%D1%82%D1%8C
3. Интернет джерело <https://www.bibliofond.ru/view.aspx?id=807971>
4. Методичні вказівки до виконання магістерської кваліфікаційної роботи / укладачі: В. І. Склабінський, Я. Е. Михайловський, Р. О. Острога, М. С. Скиданенко. – Суми : Сумський державний університет, 2019. – 53 с
5. Машиностроение: энциклопедия / ред. совет: К.В. Фролов (пред.) [и др.]. Т. IV-10. Теплообменные аппараты технологических подсистем турбоустановок / К.Э. Аронсон, В.И. Брезгин, Ю.М. Бродов [и др.] ; под общ. ред. Ю.М. Бродова, О.О. Мильмана, В.Е. Михайлова [и др.]. М. : Инновационное машиностроение, 2016. 472 с.
6. Повышение эффективности и надежности теплообменных аппаратов паротурбинных установок : учебное пособие / Ю.М. Бродов [и др.]. 4-е изд., перераб : УрФУ, 2012. 570 с.
7. Интернет джерело <https://studfile.net/preview/9093423/page:36/>
8. Процеси та апарати хімічних виробництв + КПТема 12
<https://dl.sumdu.edu.ua/textbooks/22852/266051/index.html#>
9. Касаткин А. Г. Основные процессы и аппараты химической технологии / А. Г. Касаткин. – М. : Химия, 1973. – 752 с.
10. Плановский А. Н. Процессы и аппараты химической и нефтяной технологии / А. Н. Плановский, П. И. Николаев. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Химия, 1972. – 494 с.
11. Павлов К. Ф. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии : Учебное пособие для вузов / К. Ф. Павлов, П. Г. Романков, А. А. Носков. – 10-е изд., перераб. и доп. – Л. : Химия, 1987. – 576 с.
12. Основные процессы и аппараты химической технологии : Пособие по проектированию / Под ред. Дытнерского Ю. И. – М. : Химия, 1983. – 272 с
13. Основы конструирования и расчеты химической аппаратуры. Лашинский А.А., Толчинский А. Р., «Машиностроение», 1970 г., 752 с.
14. ГОСТ 15122 - 79 Теплообменники кожухотрубчатые с неподвижными трубными решетками
15. Лашинский А.А. Конструирование сварных химических аппаратов: справочник. – Л.: Машиностроение., 1981. 382 с.
16. Основные процессы и аппараты химической технологии : Пособие по проектированию / Под ред. Дытнерского Ю. И. – М. : Химия, 1983. – 272 с
17. Марочник сталей и сплавов / Колосков М. М., Долбенко Е. Т., Каширский Ю. В. и др. Под общей ред. А. С. Зубченко. – М. : Машиностроение, 2001. – 672 с.

						<i>ПОХНВ. Р.00.00.00 ПЗ</i>	Лист
							53
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			

18. Интернет джерело https://metallischekiy-portal.ru/marki_metallov/stk/09G2S
19. Марочник сталей и сплавов. Под ред. В.Г.Сорокина. М.: Машиностроение, 1989 г
20. Расчет и конструирование машин и аппаратов химических производств. Примеры и задачи : Учеб. пособие для студентов вузов / М. Ф. Михалев, Н. П. Третьяков, А. И. Мильченко [и др.]. – Под общ. ред. Михалева М. Ф. – Л. : Машиностроение, 1984. – 301 с.
21. ГОСТ 14249-89. Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность.
22. Лацинский А.А. Конструирование сварных химических аппаратов: справочник. – Л.: Машиностроение., 1981. 382 с.
23. ОСТ 26-373-78. Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность фланцевых соединений.
24. Интернет джерело: <http://xn--11amhh.xn--p1ai/uchebnik/montag/480.php>
25. Фарамазов С. А. Ремонт и монтаж оборудования химических и нефтеперерабатывающих заводов / С. А. Фарамазов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Химия, 1980. – 312 с.
26. Интернет джерело <https://oppb.com.ua/news/shkidlyvi-rechovyny-yih-vplyv-na-organizm-lyudyny-ta-zahyst-pracyuyuchyh>

					<i>ПОХНВ. Р.00.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						54
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		