

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. Розробити та модернізувати випарник етилового спирту

Виконав:
студент групи ХМ.м-01
Міхеєв Юрій Юрійович

підпис

Залікова книжка

№ _____

Кваліфікаційна робота магістра
захищена на засіданні ЕК

з оцінкою _____

" ____ " _____ 20 ____ р.

Підпис голови
(заступника голови) комісії

Керівник:

канд. техн. наук, доцент

Яхненко Сергій Михайлович

підпис, дата

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 68 с., 12 рис., 2 табл., 2 додатки, 31 джерело.

Графічні матеріали: технологічна схема браго-ректифікаційної установки, монтажне креслення епіюраційного відділення, складальне креслення теплообмінника з паровим простором, креслення складальних одиниць – усього 6 аркушів графічної частини (5,0×А1).

Тема кваліфікаційної роботи «Виробництво етилового спирту. Розробити та модернізувати випарник етилового спирту».

У роботі проведено аналіз літературних джерел, а саме: розглянуто сучасні тенденції розвитку спиртової промисловості України; наведено методику теплового розрахунку кожухотрубчастого випарника з паровим простором; виявлено особливості конструкції кожухотрубчастого випарника з паровим простором; запропоновано модернізацію проектної розробки та обґрунтовано економічний ефект від її реалізації. Також виконані технологічні та конструктивні розрахунки проєктованого апарату. Проведені розрахунки апарату на міцність та герметичність, що підтверджують працездатність і надійність роботи випарника. Розроблено схему автоматизації технологічного процесу з використанням сучасних контрольно-вимірювальних приладів і засобів автоматизації. Подано аналіз потенційних небезпек і шкідливостей, що виникають при експлуатації обладнання в епіюраційному відділенні браго-ректифікаційної установки, запропоновані заходи щодо їх усунення. Виконано розрахунок потенційно-небезпечного фактору.

Ключові слова: ВИРОБНИЦТВО, ЕТИЛОВИЙ СПИРТ, БРАЖКА, МЕЛЯСА, ВОДЯНА ПАРА, КОЖУХОТРУБНИЙ ТЕПЛООБМІННИК, АВТОМАТИЗАЦІЯ, ВЕНТИЛЯЦІЯ.

ЗМІСТ

	С.
ВСТУП	5
1 АНАЛІЗ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ	6
1.1 Сучасні тенденції розвитку спиртової промисловості України	6
1.2 Методика теплового розрахунку кожухотрубчастого випарника з паровим простором	8
1.3 Особливості конструкції кожухотрубчастого випарника з паровим простором	15
1.4 Новизна проектної розробки та її економічне обґрунтування	16
2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	18
2.1 Опис технологічної схеми виробництва	18
2.2 Опис об'єкту розробки	20
2.3 Технологічні розрахунки	22
2.4 Конструктивні розрахунки апарату	26
2.5 Визначення гідравлічного опору апарату	28
2.6 Розрахунок і вибір допоміжного обладнання	30
3 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА	36
3.1 Вибір конструкційних матеріалів	36
3.2 Розрахунки на міцність, стійкість та герметичність	37
4 БУДІВЕЛЬНО-МОНТАЖНА ЧАСТИНА	44
4.1 Обґрунтування компонування основного та допоміжного обладнання	44
4.2 Проведення монтажних та ремонтних робіт основного технологічного обладнання	47
5 ІНФОРМАЦІЙНЕ ТА АПАРАТУРНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ АВТОМАТИЗОВАНОГО КЕРУВАННЯ	52
5.1 Вибір та обґрунтування параметрів контролю, регулювання та вимірювання	52

					ХІ.Т.00.00.00 ПЗ			
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>	<i>Міхеев</i>				Випарник етилового спирту <i>Пояснювальна записка</i>	<i>Літ.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>	<i>Яхненко</i>						3	68
<i>Реценз.</i>						СумДУ, ХМ.м-01		
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>	<i>Склабінський</i>							

5.2 Вибір та обґрунтування технічних засобів автоматизації	55
6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	57
6.1 Аналіз потенційних небезпек та шкідливостей під час роботи установки	57
6.2 Розрахунок потенційно-небезпечного фактору	61
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ	66
ДОДАТОК А – Комп’ютерні розрахунки	
ДОДАТОК Б – Специфікації до графічної частини проекту	

					XI.T.00.00.00 ПЗ	Арк.
						4
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

ВСТУП

Етанол (етиловий або винний спирт) – це органічна сполука, представник ряду одноатомних спиртів складу C_2H_5OH (скорочено EtOH). За звичайних умов є безбарвною, легкозаймистою рідиною. Згідно з Національним стандартом України ДСТУ 4221:2003 етанол – це токсична речовина з наркотичною дією, за ступенем впливу на організм людини належить до четвертого класу небезпечних речовин. Має канцерогенні властивості [1].

Етанол є активною складовою спиртних напоїв, які зазвичай виготовляються ферментацією вуглеводів. Для промислових потреб етиловий спирт часто синтезують з нафтової та газової сировини каталітичною гідратацією етилену. Окрім виготовлення харчових продуктів етанол застосовується у великій кількості як пальне, розчинник, антисептик та сировина для отримання інших промислово важливих речовин [1].

Теплообмінники-випарники кожухотрубного типу застосовують у холодильних установках для випаровування низькокиплячих холодоагентів при охолодженні нагрітих робочих середовищ до низьких температур, а також у ректифікаційних та десорбційних установках у якості парогенеруючого обладнання для обігрівання нижньої частини колони потоками пари киплячого компонента [2].

У даній кваліфікаційній роботі проектуємо кожухотрубний теплообмінник із паровим простором для випаровування частини кубового залишку (етанолу) ректифікаційної колони. У якості гарячого теплоносія, що подається у трубний простір, використовується насичена водяна пара під тиском.

Стандартом регламентоване виготовлення апаратів двох різновидів [2]:

- з конічним або еліптичним днищем та компенсацією температурних подовжень застосуванням U-подібних трубок;
- з конічним або еліптичним днищем та компенсацією температурних подовжень застосуванням плаваючої голівки.

Загалом, магістерську кваліфікаційну роботу виконано у відповідності до методичних вказівок [3] із наявністю усіх обов'язкових розділів та дотриманням нормативних вимог.

					XI.T.00.00.00 ПЗ	Арк.
						5
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 АНАЛІЗ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

1.1 Сучасні тенденції розвитку спиртової промисловості України [4]

Кризовий стан, в якому знаходиться у теперішній час вітчизняна спиртова галузь, вимагає здійснення суттєвих реформ у спиртовому виробництві. Так, потребує серйозного перегляду питання державної монополії на виробництво та реалізацію спирту етилового; низький рівень якості менеджменту та маркетингу керівників спиртових заводів; розвиток сировинної бази для виробництва спирту та багато інших. Ринок спиртової галузі є достатньо привабливим з точки зору прибутковості, тому кожна з фірм – конкурентів прагне збільшити свою частку ринку та завойовувати іноземні ринки, що дозволяє ступінь завантаження їхніх виробничих потужностей. Активна позиція кожного виробника призводить до тенденції посилення конкуренції в галузі. Обмеженість внутрішнього ринку харчового спирту висуває на перший план завдання пошуку нових альтернативних можливостей застосування етилового спирту. Одним з основних напрямків розвитку спиртової галузі є переорієнтація частини виробничих потужностей на виробництво біопалива.

Спиртова промисловість зорієнтована на сировину. Спирт використовують більш як у 150 галузях промисловості. Сировинною базою для виробництва спирту є меляса, дефективний цукор, зерно, картопля. Зазвичай, спиртові заводи розміщуються у невеликих населених пунктах. Більшість спирту в Україні виробляють з відходів цукрової промисловості. Провідними його виробниками є Черкаська, Вінницька, Київська, Чернігівська, Житомирська області. В окремі роки Україна посідала 3 місце в світі за обсягами виробництва спирту [4].

У недавні роки в Україні функціонувало понад 80 ліцензованих спиртозаводів спроможні переробити 900 тис. т зерна на рік і отримати 32 млн. дкл. зернового спирту. Їх річна потреба в буряковій мелясі – 1,1 млн. т, із якої виходить ще 30 млн. дкл. спирту. У структурі реалізації спиртовими заводами етилового ректифікованого спирту найбільшу частку займають горілка та лікєро-горілчані вироби: у 2013 році від 81 до 94,5 % [5].

					XI.T.00.00.00 ПЗ	Арк.
						6
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Відправним пунктом у розгляді перспектив розвитку ринку спиртової промисловості є питання з визначення спеціалізації діяльності спиртових заводів. Це означає, що спиртові заводи можуть обрати один із чотирьох наведених нижче напрямків:

- спирт для виробництва біопалива (сумішевих бензинів) – біоетанол;
- харчовий спирт лише для виробництва лікєро-горілочаних виробів;
- виробництво спирту для технічних цілей (хімічна промисловість, машинобудування, автомобільні засоби тощо);
- харчовий спирт для забезпечення діяльності промислових підприємств (медицина, парфумерія, кондитерські підприємства, виноробство).

Оскільки ринок харчового спирту насичений і розподілений, місткість його становить 20 млн. дал., а обсяги експорту спирту складають 10 млн. дал., то невикористані 30 млн. дал. потужностей необхідно перепрофілювати на виробництво різних спиртовмісних рідин – близько 15 млн. дал., які імпортуються в Україну та біопаливо – близько 15 млн. дал, ринок якого активно розвивається в більшості країн світу [6].

Таким чином, виходячи з наведених даних, можна виділити такі основні тенденції спиртової галузі України як [7]:

- скорочення обсягів випуску етилового спирту;
- скорочення обсягів експорту етилового спирту;
- низький рівень використання потужностей вітчизняних спиртових заводів.

Оскільки спиртові заводи, зазвичай, розміщені в сільській місцевості і, переважно, є основними наповнювачами місцевих бюджетів, то їх розбудова та ефективно функціонування буде покращувати розвиток сільської соціальної та побутової інфраструктури, стабільна робота заводів сприятиме розв'язанню проблем зайнятості населення і буде посилювати економічну міцність села і нашої держави. Стратегія нарощування обсягів виробництва і використання біоетанолу стимулює розвиток підприємств не лише спиртової галузі, а й тісно пов'язаних з нею сільського господарства та цукрової галузі промисловості. Вирішення питання енергозбереження у виробництві спирту можливе через використання відходів спиртового виробництва – мелясної та зернової барди [8].

					XI.T.00.00.00 ПЗ	Арк.
						7
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Отже, розвиток будь-якого успішно діючого в умовах ринкової економіки підприємства слід розглядати як постійний процес створення інновацій, безперервний процес творчої діяльності. Особливо актуальним є інноваційний розвиток спиртової промисловості, де через низький рівень використання виробничих потужностей, неповну завантаженість спиртових заводів спостерігається значне скорочення обсягів виробництва етилового спирту. Одним із найефективніших напрямків розвитку спиртової промисловості є впровадження сучасних інноваційних технологій з виробництва спирту, які включають часткове перепрофілювання надлишкових потужностей спиртових заводів на виробництво біопалива, продукції технологічного призначення, організацію виробництва біогазу та кормопродуктів із використанням відходів спиртового виробництва як вторинних сировинних ресурсів.

1.2 Методика теплового розрахунку кожухотрубчастого випарника з паровим простором [9–11]

Процеси перенесення тепла від теплоносіїв, що змінюють свій агрегатний стан, набули надзвичайно широкого використання в багатьох галузях промисловості: енергетичній (атомні й теплові електростанції), хімічній та нафтохімічній (випарювання, дистиляція, ректифікація, холодильні й газорозділювальні процеси), харчовій та багатьох інших. Особливістю таких процесів є те, що в разі їх використання передаються значно більші питомі теплові потоки в невеликих об'ємах теплообмінників.

Пароутворення – процес переходу речовини з рідкого стану в пароподібний, що супроводжується підведенням тепла до пароутворювального середовища із зовнішніх джерел і проходить за температур, вищих від рівноважних для даного тиску. Парова рідина вимагає підведення тепла і в цьому разі є холодним теплоносієм. Теплота, необхідна для випаровування 1 кг теплоносія, називається питомою (прихованою) теплотою пароутворення.

Кипінням називають процес інтенсивного пароутворення в рідині, що має температуру насичення або дещо перегріта щодо цієї температури, з утворенням парових бульбашок.

					XI.T.00.00.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

Розрізняють кипіння в об'ємі рідини (об'ємне кипіння) і на поверхні нагрівання (поверхневе кипіння). У першому випадку парові бульбашки виникають безпосередньо в об'ємі рідини в разі значного її перегрівання щодо температури насичення, що можливо, або в разі різкого зниження тиску над рідиною, або за наявності в рідині внутрішніх джерел тепла. У разі поверхневого кипіння парові бульбашки утворюються лише на поверхні нагрівання в окремих її точках.

Найбільш важливим видом кипіння в хімічній технології є кипіння на твердих поверхнях. У цьому розділі викладено розрахунок кожухотрубчастих випарників із паровим простором, застосовуваних для кипіння різноманітних рідин і як парогенеруюче обладнання в технологічних процесах.

Якщо теплообмін відбувається зі зміною агрегатного стану холодного теплоносія, то теплове навантаження визначають із рівняння теплового балансу, що має вигляд (без урахування втрат теплоти в довкілля):

$$Q = G_x \cdot (H_{xk} - h_{xn}) = G_x \cdot (H_{xk} - h_{xk} + h_{xk} - h_{xn}) = G_x \cdot (r_{nap} + c_x \cdot (t_{xk} - t_{xn})), \quad (1.1)$$

де h_{xn} , h_{xk} , H_{xk} – ентальпії рідини та пари холодного теплоносія за початкової та кінцевої температур, Дж/кг;

r_{nap} – питома теплота пароутворення холодного теплоносія, Дж/кг.

Якщо холодний теплоносій подається на випарювання підігрітим до температури кипіння ($t_{xn} = t_{xk}$), то рівняння (1.1) набирає спрощеного вигляду:

$$Q = G_x \cdot r_{nap}. \quad (1.2)$$

Кипіння рідини за заданого тиску відбувається за постійної температури, що дорівнює температурі насичення або рівноважній температурі для даного тиску. Для теплообмінників, у яких один із теплоносіїв зберігає постійну температуру, тоді як температура іншого теплоносія безперервно змінюється, напрямок руху робочих середовищ істотного значення не має.

					XI.T.00.00.00 ПЗ	Арк.
						9
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

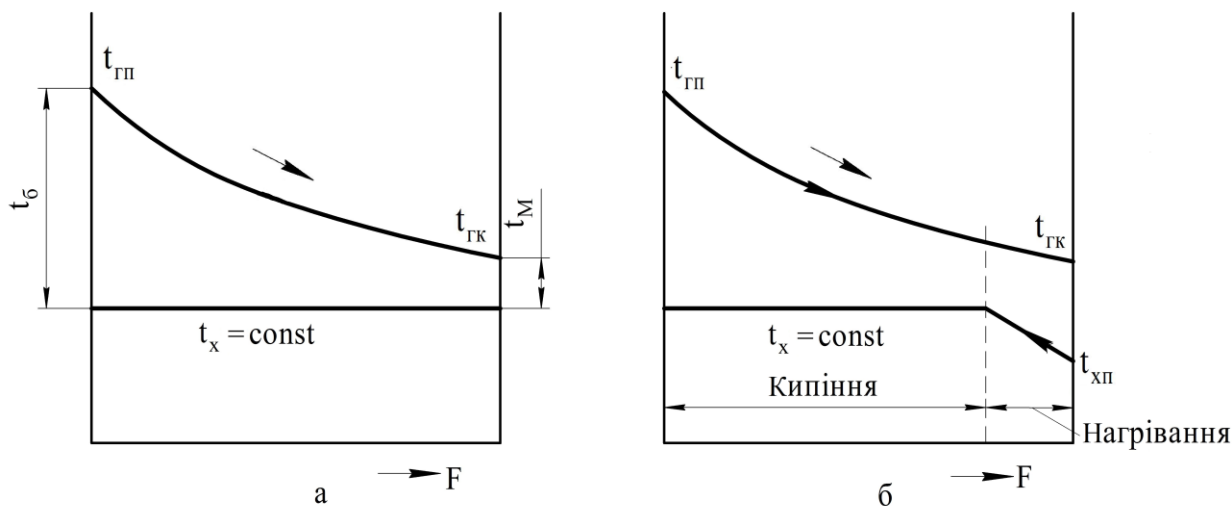


Рисунок 1.1 – Температурна схема процесу за зміни агрегатного стану холодного теплоносія: а – для однозонного апарата; б – для багатозонного апарата

Якщо початкова температура холодного теплоносія менша від рівноважної, то температурна схема має вигляд, як показано на рис. 1.1, а. Такий апарат називають багатозонним, і середні рушійні сили визначають для окремих зон: нагрівання рідини, кипіння (пароутворення).

Теплофізичні властивості робочих середовищ визначають за їх середніх температур. У цьому разі визначальною температурою для холодного теплоносія є температура його кипіння за даного тиску, а для гарячого теплоносія розраховують за формулою.

Попередній вибір кожухотрубчастого випарника з паровим простором здійснюють на підставі розрахунків орієнтовної поверхні теплообміну F_{op} та орієнтовного перерізу одного ходу трубного простору. За табличними даними вибирають варіант (або декілька варіантів) конструкції апарата і тим самим визначають:

- внутрішній діаметр кожуха D_e і сортамент труб $d_n \times \delta$;
- конструкцію і кількість трубних пучків N ;
- довжину труб l та їх число в одному пучці n ;
- площу прохідного перерізу одного ходу по трубах S_{mp} та фактичну площу поверхні теплообміну F .

Визначення коефіцієнта тепловіддачі, в разі якщо гарячим теплоносієм є речовина, що конденсується (водяна пара, пари високотемпературних органічних речовин, тощо), буде викладено в наступних розділах.

Поверхнєве кипіння має місце в тому разі, якщо температура зовнішньої поверхні труб t_{cm} вища, ніж температура насичення t_n , за даного тиску. На характер пароутворення значно впливає щільність теплового потоку від поверхні нагрівання q або різниця температур $\Delta T = t_{cm} - t_n$ між стінкою і киплячою рідиною.

Залежно від величин q та ΔT розрізняють два основних режими кипіння: бульбашковий і плівковий. Кипіння, за якого пара утворюється у вигляді окремих парових бульбашок, що періодично зароджуються, зростають, відриваються і спливають, називається бульбашковим. Зі збільшенням теплового потоку окремі парові бульбашки зливаються, утворюючи на поверхні теплообміну суцільний паровий шар. Кипіння, яке характеризується наявністю на поверхні парової плівки, що обгортає цю поверхню та відокремлює її від рідини, називається плівковим.

Внаслідок малої теплопровідності парового шару інтенсивність тепловіддачі під час плівкового кипіння значно менша, ніж під час бульбашкового.

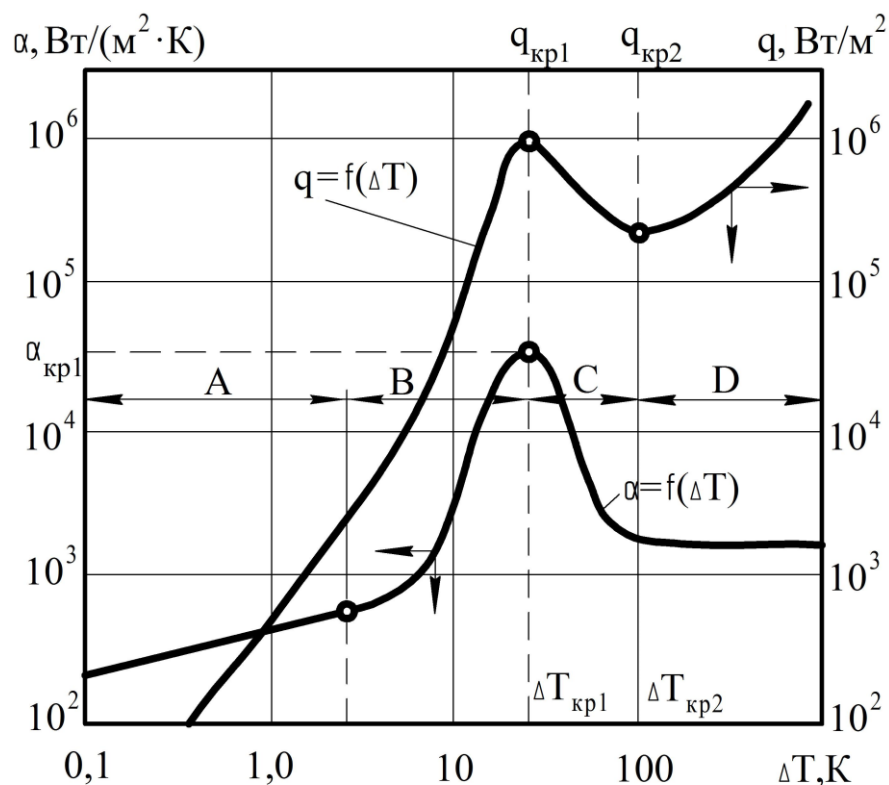


Рисунок 1.2 – Залежність густини теплового потоку q та коефіцієнта тепловіддачі α під час кипіння води від температурного напору ΔT і режимів кипіння:

- A – природна конвекція; B – бульбашкове кипіння;
C – перехідна область; D – плівкове кипіння

На рис. 1.2 показана типова залежність коефіцієнта тепловіддачі та питомого теплового навантаження (густини теплового потоку) від температурного напору під час кипіння рідини: $\Delta T = t_{cm} - t_n$. За малих температурних напорів кількість бульбашок, що відділяються від поверхні нагрівання, невелика, і вони не здатні ще спричинити істотне перемішування рідини. У таких умовах інтенсивність тепловіддачі визначається лише вільним рухом рідини, і коефіцієнт тепловіддачі слабо збільшується зі зростанням ΔT . Ця область називається зоною природної конвекції (зона А).

Наприклад, для води за атмосферним тиском природна конвекція спостерігається до $\Delta T \cong 5^\circ\text{C}$, а густина теплового потоку досягає близько 6000 Вт/м^2 [9].

У разі збільшення температурного напору зростає кількість центрів пароутворення, а також збільшується частота відриву бульбашок. Коли бульбашки спричиняють інтенсивне перемішування рідини, настає режим розвиненого бульбашкового кипіння, за якого коефіцієнт тепловіддачі та густина теплового потоку різко зростають (зона В).

В області переходу бульбашкового кипіння в плівкове залежність $q = f(\Delta T)$ досягає максимуму. Режим, що відповідає максимальній густині теплового потоку, називають першим критичним. Критичні величини температурного напору, коефіцієнта тепловіддачі та питомого теплового навантаження залежать від природи киплячої рідини, тиску, матеріалу і стану поверхні стінки. Наприклад, для води за атмосферним тиском $\Delta T_{кр1} = 25^\circ\text{C}$, $\alpha_{кр1} = 5,8 \cdot 10^4 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}$, $q_{кр1} = 1,45 \cdot 10^6 \text{ Вт/м}^2$ [9].

За деякої густини теплового потоку завдяки великій кількості центрів пароутворення і відтискувальній дії бульбашок на рідину парові бульбашки об'єднуються в плівку, що покриває спочатку окремі ділянки поверхні, а потім повністю відділяє рідину від поверхні нагрівання. Плівка безперервно руйнується і відходить від поверхні нагрівання у вигляді великих бульбашок. Замість зруйнованої парової плівки виникає нова. У таких умовах теплота передається від поверхні нагрівання до рідини шляхом теплопровідності, конвективного перенесення і випромінювання, а випаровування відбувається з поверхні плівки. Цю зону називають перехідною, вона характеризується різким зменшенням коефіцієнта тепловіддачі та густини теплового потоку (зона С).

					XI.T.00.00.00 ПЗ	Арк.
						12
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У багатьох випадках для розрахунків коефіцієнта тепловіддачі $\alpha_{\text{кип}}$ під час розвиненого бульбашкового кипіння чистих рідин і розчинів у великому об'ємі рекомендують використовувати критеріальні рівняння такого вигляду [12]:

$$Nu_{\text{кип}} = 0,125 \cdot Re'^{0,65} \cdot Pr^{0,33} \text{ при } Re' \geq 0,01, \quad (1.3)$$

$$Nu_{\text{кип}} = 0,0625 \cdot Re'^{0,5} \cdot Pr^{0,33} \text{ при } Re' < 0,01, \quad (1.4)$$

де $Nu_{\text{кип}}$ – узагальнений критерій Нуссельта:

$$Nu_{\text{кип}} = \frac{\alpha_{\text{кип}} \cdot l'}{\lambda_p}; \quad (1.5)$$

Re' – модифікований критерій Рейнольдса:

$$Re' = \frac{w_n \cdot l' \cdot \rho_p}{\mu_p}; \quad (1.6)$$

Pr – критерій Прандтля для киплячої рідини:

$$Pr = \frac{c_p \cdot \mu_p}{\lambda_p}; \quad (1.7)$$

l' – модифікований лінійний розмір:

$$l' = \frac{c_p \cdot \rho_p \cdot \sigma_p \cdot T_{\text{кип}}}{(\rho_n \cdot r_{\text{нар}})^2}; \quad (1.8)$$

w_n – середня швидкість руху парової фази (швидкість кипіння):

$$w_n = \frac{q}{\rho_n \cdot r_{\text{нар}}}; \quad (1.9)$$

					XI.T.00.00.00 ПЗ	Арк.
						13
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

q – густина теплового потоку, Вт/м²;

$r_{нар}$ – питома теплота пароутворення, Дж/кг;

ρ_n – густина пари, кг/м³;

ρ_p – густина рідини, кг/м³;

μ_p – динамічна в'язкість рідини, Па·с;

c_p – питома теплоємність рідини, Дж/(кг·К);

λ_p – теплопровідність рідини, Вт/(м·К);

σ_p – поверхневий натяг рідини, Н/м;

$T_{кип}$ – температура кипіння, К.

Величина w за атмосферним тиском дорівнює 0,078 м/с, а за іншими тисками визначається за формулою

$$w = 0,078 \cdot (\rho_0 / \rho_n)^{1,1}, \quad (1.10)$$

де ρ_0 – густина пари за атмосферним тиском.

У межах бульбашкового режиму кипіння рідин для безпосереднього визначення коефіцієнта тепловіддачі через питома теплове навантаження (або температурний напір) можна скористатися рівнянням [9]:

$$\begin{aligned} \alpha_{кип} &= \left(0,075 + 0,75 \cdot \left(\frac{\rho_n}{\rho_p - \rho_n} \right)^{2/3} \right) \cdot \left(\frac{\lambda_p^2 \cdot \rho_p}{\mu_p \cdot \sigma_p \cdot T_{кип}} \right)^{1/3} \cdot q^{2/3} = \\ &= \left(0,075 + 0,75 \cdot \left(\frac{\rho_n}{\rho_p - \rho_n} \right)^{2/3} \right)^3 \cdot \frac{\lambda_p^2 \cdot \rho_p \cdot \Delta T^2}{\mu_p \cdot \sigma_p \cdot T_{кип}}. \end{aligned} \quad (1.11)$$

Для деяких рідин коефіцієнт тепловіддачі під час розвиненого кипіння залежить лише від питомого теплового навантаження (або температурного напору) і тиску. Тому для практичних розрахунків зручно використовувати емпіричні залежності.

					XI.T.00.00.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

Для наближеного розрахунку коефіцієнта тепловіддачі під час бульбашкового кипіння рідини у великому об'ємі на зовнішній поверхні горизонтальних труб у межах помірних теплових навантажень (до $0,4 \cdot q_{кр1}$) можна застосовувати формулу [9]:

$$\alpha_{кип} = 2,72 \cdot \varphi \cdot p^{0,4} \cdot q^{0,7}, \quad (1.12)$$

де φ – множник, що враховує теплофізичні властивості рідини.

Оскільки тепловіддача під час кипіння дуже складна і залежить від багатьох фізичних факторів, наведені формули не охоплюють всієї різноманітності умов теплообміну для конкретних рідин. У спеціальній літературі [13] наведені емпіричні залежності між $\alpha_{кип}$, p і q для деяких рідин, що киплять на різноманітних поверхнях за різних способів обігрівання.

Подальший тепловий розрахунок кожухотрубчастого випарника з паровим простором принципово не відрізняється від теплового розрахунку кожухотрубчастого теплообмінника з нерухомими трубними решітками.

1.3 Особливості конструкції кожухотрубчастого випарника з паровим простором [11, 14]

Висота кришки плаваючої головки повинна бути такою, щоб площа її центрального перерізу не менше ніж у 1,3 рази перевищувала площину прохідного перерізу труб одного ходу.

Типові конструкції кришок плаваючої головки показані на рис. 1.3.

Середній радіус згину U-подібних труб повинен не менше ніж у 1,5 рази перевищувати номінальний зовнішній діаметр труби. Загальний вигляд трубних пучків з U-подібними трубами показаний на рис. 1.4.

Існують два варіанти виготовлення корпусу:

- з переднім напівконічним днищем;
- з еліптичним днищем.

					XI.T.00.00.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

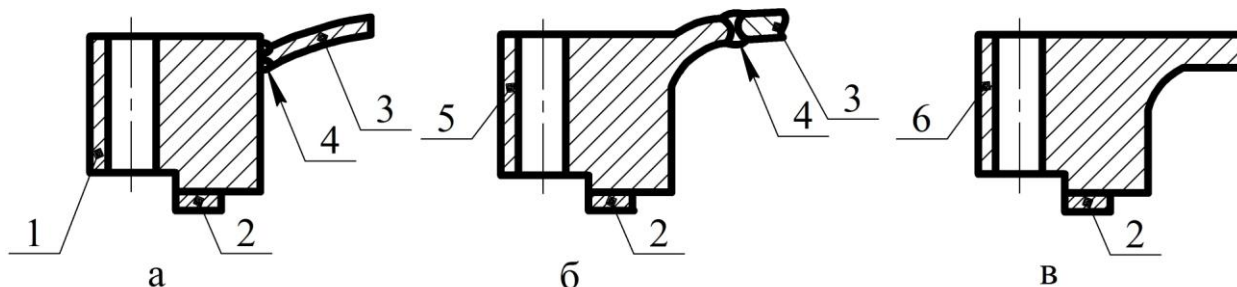


Рисунок 1.3 – Типові конструкції кришок плаваючих головок:
 а – кільце-днище; б – фланець-днище; в – суцільна конструкція;
 1 – кільце; 2 – прокладка; 3 – днище; 4 – зварний шов;
 5 – фланець; 6 – суцільна механічно оброблена кришка



Рисунок 1.4 – Загальний вигляд трубних пучків із U-подібними трубами

При напівконічному днищі діаметр випарника менший і металомісткість апарата знижується. Але під час установлення двох або трьох трубних пучків днища виконують еліптичними. До того ж трубні пучки розміщують якомога нижче, але з урахуванням, щоб стінка горловини була віддалена від зовнішньої поверхні циліндричного борту днища на відстань $a \geq 0,1 \cdot D_z$, або $a \geq s + 0,09 \cdot D$. Близьке розміщення горловини до перехідної зони не дозволяє встановити укріплювальне кільце, тому виріз у днищі компенсують потовщенням стінки днища і стінки патрубка горловини.

1.4 Новизна проектної розробки та її економічне обґрунтування

Випарники кожухотрубчастого типу застосовують у ректифікаційних установках у якості пароутворювального обладнання для обігріву нижньої частини колони потоком пари киплячого компонента.

					XI.T.00.00.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

У горизонтальних випарниках гарячий теплоносій подають у трубний простір, а випаровування холодного теплоносія відбувається у його міжтрубному просторі. У тому ж міжтрубному просторі підтримується постійний рівень рідини над трубним пучком за допомогою переливної перегородки, що в окремих випадках дозволяє проводити відпарювання індивідуальних компонентів рідкої суміші при її русі вздовж трубчатки.

У проєктованому випарнику з паровим простором передумовою для отримання економічного ефекту є заміна конструкційного матеріалу. Новий конструкційний матеріал знаходиться у приблизно такій же цінній категорії, але внаслідок меншої металоємності собівартість виготовлення модернізованого об'єкту зменшується.

Комп'ютерний розрахунок модернізованого кожухотрубчастого випарника на міцність, стійкість та герметичність представлений у Додатку А.

					XI.T.00.00.00 ПЗ	Арк.
						17
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1 Опис технологічної схеми виробництва

Отримуваний етиловий спирт за своїм складом умовно поділяють на чотири класи [15]:

– промисловий етанол (96,5 % об.) – продукт для промислового й технічного використання: як розчинник, паливо тощо. Для запобігання його вживанню зазвичай до нього додають речовини із неприємним запахом, наприклад, піридин у кількості 0,5–1% (проводять денатурацію). Також для легшого визначення йому можуть надавати слабкого забарвлення метиловим фіолетовим;

– денатурований спирт – технічний продукт із концентрацією етанолу 88 % об., що має значну кількість домішок. Він денатурується і забарвлюється відповідним чином. Використовується в освітленні та обігріві;

– якісний алкоголь (96,0–96,5 % об.) – очищений етанол, що застосовується для потреб фармацевтики, у виготовленні косметичних засобів та для харчового споживання;

– абсолютний етанол (99,7–99,8 % об.) – надзвичайно чистий етанол, що застосовується у фармацевтиці, виготовленні аерозолів.

В Україні марки отриманого ректифікованого етанолу регламентуються стандартом ДСТУ 4221:2003 «Спирт етиловий ректифікований». В залежності від ступеня очистки виділяється чотири сорти: «Пшенична сльоза», «Люкс», «Екстра» та «Вищої очистки» [1].

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

Однією з найголовніших операцій при виробництві етилового спирту є його перегонка на браго-ректифікаційних установках (БРУ). Саме від типу БРУ залежить міцність і якість отриманого спирту. Найпоширенішими є двоколонні установки, які включають в себе бражну та епюраційну колони (див. рис. 2.1) [15].

					XI.T.00.00.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

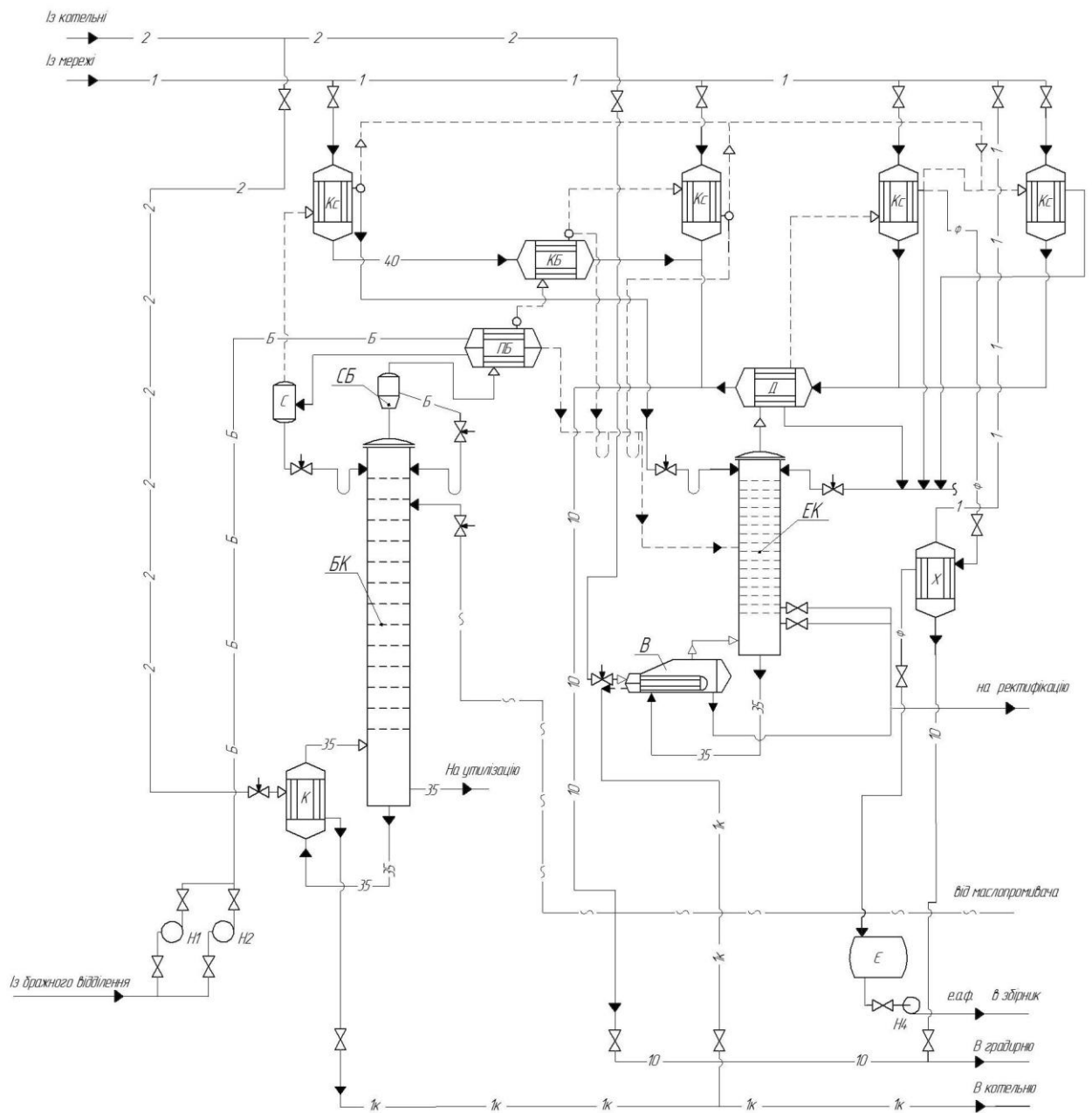


Рисунок 2.1 – Технологічна схема браго-ректифікаційної установки

Для виділення спирту з бражки і його очищення застосовується ректифікація. Ректифікацією називається процес поділу суміші, що складаються з двох чи більшого числа компонентів, киплячих при різних температурах.

Принцип роботи даної установки полягає у наступному. Із бродильного відділення бражку насосом подають в підігрівач бражки ПБ, де вона підігривається парами бражного дистилляту з бражної колони БК до 82–86°C. Підігрита бражка з підігрівача направляється в сепаратор СБ, а з нього спрямовують на тарілку живлення бражної колони БК, а діоксид вуглецю в суміші з водо-спиртовою парою відводять послідовно через конденсатори К та спиртовий вловлювач бражної ко-

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

XI.T.00.00.00 ПЗ

Арк.

19

лони в атмосферу. Водно-спиртовий конденсат з підігрівача бражки через гідрозатвор відводять безпосередньо в епюраційну колону ЕК. При цьому частина дистилляту, у кількості 2,0–2,5 літрів на 1 дал спирту, для її зрошення флегмою, регулюючи кількість ротаметром.

У бражній колоні з бражки виділяють спирт і легкі компоненти бражки. Барду відводять з куба колони через гідрозатвор у кип'ятильник К. Із нього барду при температурі 78–82°C виводять через барометричний затвор у збірник барди. Пару самовипарювання барди з гострою парою пароструминного інжектора спрямовують під нижню тарілку бражної колони БК для її обігріву. Бражна колона гріється через барботер.

Бражний дистиллят подається на тарілку живлення епюраційної колони ЕК. Кубовий залишок колони ректифікаційної колони спрямовується у випарник В з паровим простором, де за рахунок тепла насиченої водяної пари відбувається вскипання кубової рідини (етанолу) і утворення парів. Останні повертаються в колону, під її нижню тарілку, у якості парового зрошення. Водно-спиртову пару з епюраційної колони ЕК відводять послідовно в дефлегматор Д та конденсатор Кс. Флегма із дефлегматора та конденсатора спрямовується на верхню тарілку епюраційної колони ЕК. Відібрану фракцію відводять до холодильника Х для охолодження, а потім – у спиртоприймальне відділення.

2.2 Опис об'єкту розробки

Загальний вигляд проектованого апарату (випарник з паровим простором типу У) представлений на рис. 2.2. Принцип роботи випарника полягає в наступному. Через патрубок при температурі 70°C під абсолютним тиском 1,8 ат. у міжтрубний простір випарника подається холодний теплоносій – етиловий спирт. При цьому в розподільну камеру випарника надходить гарячий теплоносій – насичена водяна пара, яка при тиску 0,15 МПа має температуру 111,7 °С [16]. За допомогою теплопередачі через сталеву стінку теплообмінних труб відбувається активне випаровування етанолу. При заданому надлишковому тиску 1,8 ат. (0,18 МПа) етанол починає кипіти при температурі 91,8°C [16].

					XI.T.00.00.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

2.3 Технологічні розрахунки

Технологічний розрахунок починається із визначення основних теплофізичних властивостей теплоносіїв, а саме: щільності, динамічної в'язкості, теплоємності і теплопровідності [9–11].

Теплове навантаження випарника визначається за рівнянням теплового балансу. У нашому випадку, теплоносій (етанол) змінює свій агрегатний стан, тому теплове навантаження випарника Q визначиться за рівнянням:

$$Q = 1,05 \cdot (Q_{исп} + Q_{нагр}) = 1,05 \cdot (G_x \cdot r_x + G_x \cdot c_x \cdot (t_{исп} - t_{нх})), \quad (2.1)$$

де $Q_{исп}$ – кількість теплоти, яка необхідна для випаровування етанолу;

$Q_{нагр}$ – кількість теплоти, яка необхідна для нагрівання етанолу від $t_{нх} = 70^\circ\text{C}$ до температури випаровування $t_{исп} = 91,8^\circ\text{C}$;

r_x – питома теплота пароутворення етанолу, $r_x = 385 \cdot 10^3$ Дж/кг [16];

$c_x = 1,4 \cdot 10^3$ Дж/(кг·К) [16] – питома масова теплоємність етанолу при середній температурі $t_{ср.х} = 80^\circ\text{C}$.

$$Q = 1,05 \cdot \left(\frac{6500}{3600} \cdot 385 \cdot 10^3 + \frac{6500}{3600} \cdot 1,4 \cdot 10^3 \cdot (91,8 - 70) \right) = 787757 \text{ (Вт)}.$$

Витрата гарячого теплоносія (водяної пари):

$$G_2 = \frac{Q}{c_2 \cdot (t_{н2} - t_{к2})}, \quad (2.2)$$

де c_2 – теплоємність водяної пари, $c_2 = 2,2 \cdot 10^3$ Дж/(кг·К) [16];

$t_{к2}$ – кінцева температура водяної пари.

Для наближених (навчальних) розрахунків орієнтовно приймають, що температура кипіння робочого тіла повинна бути на $5\text{--}15^\circ\text{C}$ нижче температури охолодженого теплоносія [9].

					XI.T.00.00.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

Отже, за рекомендацією [9] приймаємо $t_{к2} = 100^{\circ}\text{C}$.

$$G_2 = \frac{787,7}{2,2 \cdot (111,7 - 100)} = 30,6 \text{ (кг/с)}.$$

Для визначення середньої різниці температур будуємо температурну схему процесу випаровування етанолу (рис. 2.3).

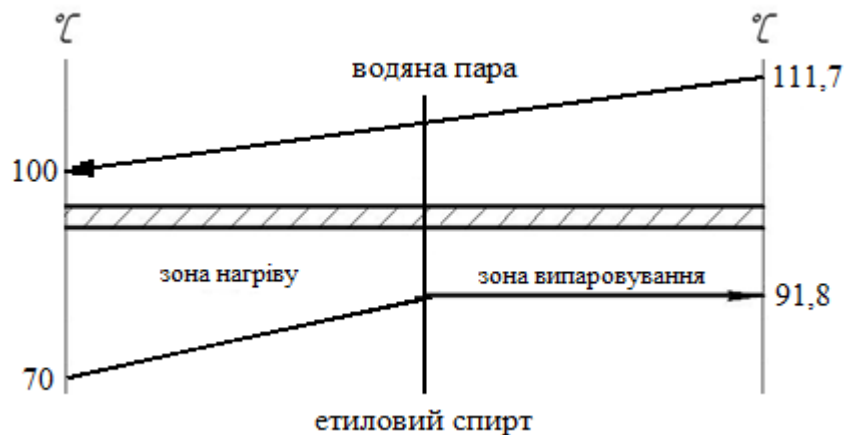


Рисунок 2.3 – Температурна схема процесу випаровування етилового спирту

Зі схеми видно, що довжина теплообмінника умовно розділена на дві частини: зону нагріву етанолу від його початкової температури до температури випаровування і зону випаровування етанолу. При цьому гарячий теплоносій (водяна пара) рухається протитоком і охолоджується від температури $t_{н2} = 111,7^{\circ}\text{C}$ до $t_{к2} = 100^{\circ}\text{C}$.

Температура t' визначається за формулою:

$$t' = t_{н2} - \frac{Q_{исп}}{G_2 \cdot c_2}; \quad (2.3)$$

$$t' = 111,7 - \frac{695139}{30,6 \cdot 2,2 \cdot 10^3} = 101,4^{\circ}\text{C}.$$

Середню різницю температур визначаємо за логарифмічною залежністю:

					XI.T.00.00.00 ПЗ	Арк.
						23
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

– для зони нагріву
$$\Delta t_{cp}^{нагр} = \frac{(t_{кз} - t_{нх}) - (t' - t_{исн})}{\ln \frac{t_{кз} - t_{исн}}{t' - t_{исн}}} = \frac{(100 - 70) - (101,4 - 91,8)}{\ln \frac{100 - 70}{101,4 - 91,8}} = 17,9 \text{ } ^\circ\text{C};$$

– для зони випаровування
$$\Delta t_{cp}^{исп} = \frac{(t_{нз} - t_{исн}) - (t' - t_{исн})}{\ln \frac{t_{нз} - t_{исн}}{t' - t_{исн}}} = \frac{(111,7 - 91,8) - (101,4 - 91,8)}{\ln \frac{111,7 - 91,8}{101,4 - 91,8}} = 14,1 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Орієнтовне значення коефіцієнта теплопередачі від водяної пари до киплячої рідини (випарники) за [9] становить $K = 300\text{--}900 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$. Попередньо задавши усередненим значенням коефіцієнта теплопередачі $K = 600 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$, розраховуємо орієнтовну поверхню теплопередачі:

$$F = \frac{695139}{600 \cdot 17,9} + \frac{55106}{600 \cdot 14,1} = 71,2 (\text{м}^2).$$

Вибираємо стандартизований теплообмінник з такими характеристиками:

- поверхня теплообміну $F = 82 \text{ м}^2$;
- внутрішній діаметр кожуха $D = 800 \text{ мм}$;
- довжина труб $L = 6000 \text{ мм}$;
- сортамент труб $\text{Ø}25 \times 2 \text{ мм}$;
- кількість трубних пучків 1;
- кількість труб у трубному пучку 82;
- площа прохідного перетину одного ходу по трубах $s_{mp} = 23 \cdot 10^{-2} \text{ м}^2$.

Фактична швидкість руху водяної пари у трубах:

$$w_2 = \frac{G_2}{n \cdot \rho_2 \cdot s_{mp}}, \quad (2.4)$$

де ρ_2 – густина водяної пари; при усередненій температурі $\rho_2 = 2,8 \text{ кг}/\text{м}^3$ [9];

n – число ходів теплоносія по трубному простору.

					XI.T.00.00.00 ПЗ	Арк.
						24
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$w_2 = \frac{30,6}{2 \cdot 2,8 \cdot 23 \cdot 10^{-2}} = 23,8 \text{ (м/с)}.$$

Враховуючи, що для водяної пари динамічний коефіцієнт в'язкості дорівнює $\mu_2 = 12,5 \cdot 10^{-6}$ Па·с, коефіцієнт теплопровідності $\lambda_2 = 2,5 \cdot 10^{-2}$ Вт/(м·К) і коефіцієнт об'ємного розширення теплоносія $\beta_2 = 2,7 \cdot 10^{-3}$ 1/К визначаємо критерії:

– за рівнянням (1.6) – критерій Рейнольдса:

$$Re = \frac{23,8 \cdot 0,021 \cdot 0,8}{12,5 \cdot 10^{-6}} = 31987.$$

– за рівнянням (1.7) – критерій Прандтля:

$$Pr = \frac{12,5 \cdot 10^{-6} \cdot 2,2 \cdot 10^3}{2,5 \cdot 10^{-2}} = 1,1.$$

За чисельним значенням критерію Рейнольдса можемо встановити, що режим руху водяної пари в трубах – турбулентний. Значить, для визначення критерію Нусельта використовуємо рівняння:

$$Nu_2 = 0,023 \cdot 31987^{0,8} \cdot 1,1^{0,4} = 96.$$

Визначаємо коефіцієнт тепловіддачі α_2 :

$$\alpha_2 = \frac{96 \cdot 0,25}{0,021} = 1143 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}.$$

Попередньо розраховуємо значення безрозмірної функції b :

$$b = 0,75 + 7,5 \cdot \left(\frac{6,5}{740 - 6,5} \right)^{2/3} = 1,07.$$

					XI.T.00.00.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

Для етанолу: $\nu_x = 0,34 \text{ м}^2/\text{с}$, $\lambda_x = 0,259 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$, $\sigma_x = 0,017 \text{ Н}/\text{м}$.

$$\alpha = 1,07 \cdot \frac{0,259^2 \cdot 91,8^2}{0,34 \cdot 0,017 \cdot 70} = 1495 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}).$$

Далі визначаємо реальний коефіцієнт теплопередачі:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_{CT}}{\lambda_{CT}} + \frac{1}{\alpha_2}}; \quad (2.5)$$

$$K = \frac{1}{\frac{1}{1143} + \frac{0,002}{46,5} + \frac{1}{1495}} = 630 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}).$$

2.4 Конструктивні розрахунки апарату

Розрахункова поверхня випарника складе:

$$F_p = \frac{695139}{630 \cdot 17,9} + \frac{55106}{630 \cdot 14,1} = 67,8 \text{ (м}^2\text{)}.$$

Запас поверхні:

$$\Delta = \frac{F - F_p}{F} \cdot 100\%; \quad (2.6)$$

$$\Delta = \frac{82 - 67,8}{82} \cdot 100\% = 17,3\%.$$

Тобто, запас поверхні знаходиться у регламентованому діапазоні (10–20 %).

Остаточню вибираємо випарник типу У з такими характеристиками:

- поверхня теплообміну $F = 82 \text{ м}^2$;

					XI.T.00.00.00 ПЗ	Арк.
						26
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- внутрішній діаметр кожуха $D = 800$ мм;
- довжина труб $L = 6000$ мм;
- сортамент труб $\text{Ø}25 \times 2$ мм;
- кількість трубних пучків 1;
- кількість труб у трубному пучку 82;
- площа прохідного перетину одного ходу по трубах $s_{mp} = 23 \cdot 10^{-2}$ м².

Діаметри штуцерів випарника для підведення-відведення теплоносіїв визначаємо за формулою:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot V}{\pi \cdot w}} = \sqrt{\frac{4 \cdot G}{\pi \cdot \rho \cdot w}}, \quad (2.7)$$

де V і G – об'ємна і масова витрати рідини/пари відповідно, м³/с і кг/с;

ρ – густина потоку середовища, кг/м³;

w – швидкість витікання середовища, м/с.

Рекомендовані швидкості руху теплоносіїв [9]:

– для рідини 0,1–0,5 м/с при самопливі і 0,5–2,5 м/с в напірних трубопроводах;

– для пари або газу 5–25 м/с.

Діаметр патрубку для входу рідкого етанолу в апарат:

$$d_{x.vx} = \sqrt{\frac{4 \cdot 6500 / 3600}{3,14 \cdot 740 \cdot 1,5}} = 0,046 \text{ (м)}.$$

Діаметр патрубку для виходу парів етанолу:

$$d_{x.vux} = \sqrt{\frac{4 \cdot 6500 / 3600}{3,14 \cdot 6,8 \cdot 15}} = 0,150 \text{ (м)}.$$

					XI.T.00.00.00 ПЗ	Арк.
						27
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Діаметр патрубку для входу насиченої водяної пари:

$$d_{z.вх} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,36}{3,14 \cdot 2,8 \cdot 10}} = 0,128 \text{ (м)}.$$

Діаметр патрубку для виходу конденсату водяної пари:

$$d_{z.вих} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,36}{3,14 \cdot 958 \cdot 0,5}} = 0,031 \text{ (м)}.$$

За отриманими значеннями приймаємо стандартні патрубки:

- для входу рідкого етанолу $D_y = 50$ мм;
- для виходу парів етанолу $D_y = 150$ мм;
- для входу насиченої водяної пари $D_y = 150$ мм;
- для виходу конденсату водяної пари $D_y = 40$ мм.

2.5 Визначення гідравлічного опору апарату

Розрахунок гідравлічного опору випарника визначає кількість енергії, витраченої на рух теплоносіїв через апарат. Гідравлічний опір міжтрубного простору не визначаємо, оскільки, враховуючи невеликі швидкості теплоносія, його значення дуже маленьке [17].

Гідравлічний розрахунок проводимо у відповідності до методики, що викладена у [17].

Повний напір, необхідний для руху рідини або газу через теплообмінник, визначаємо за такою формулою:

$$\Delta P = \Sigma \Delta P_{\text{ТР}} + \Sigma \Delta P_{\text{М}} + \Sigma \Delta P_{\text{У}} + \Sigma \Delta P_{\text{Г}}, \quad (2.8)$$

де $\Sigma \Delta P_{\text{ТР}}$ – сума гідравлічних втрат на тертя, Па;

$\Sigma \Delta P_{\text{М}}$ – сума втрат напіру в місцевих опорах, Па;

					XI.T.00.00.00 ПЗ	Арк.
						28
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$\Sigma\Delta P_y$ – сума втрат напору, обумовлених прискоренням потоку, Па;

$\Sigma\Delta P_\Gamma$ – перепад тиску для подолання стовпа рідини, Па.

Гідравлічні втрати на тертя в каналах при поздовжньому омиванні пучка труб теплообмінного апарату визначаємо за формулою:

$$\Delta P_{TP} = \lambda_{TP} \cdot \frac{L}{d_E} \cdot \frac{w_z^2 \cdot \rho_z}{2}, \quad (2.9)$$

де λ_{TP} – коефіцієнт опору тертя.

$$\lambda_{TP} = 0,11 \cdot \left(\frac{\Delta}{d_E} + \frac{68}{\text{Re}} \right)^{0,25}, \quad (2.10)$$

де Δ – абсолютна шорсткість поверхні труб, мм.

Для сталевих нових труб $\Delta = 0,06-0,1$ мм, для сталевих труб, що були в експлуатації, з незначною корозією $\Delta = 0,1-0,2$ мм.

$$\lambda_{TP} = 0,11 \cdot \left(\frac{0,1}{0,021} + \frac{68}{31987} \right)^{0,25} = 0,1625;$$

$$\Delta P_{TP} = 0,1625 \cdot \frac{6}{0,021} \cdot \frac{23,8^2 \cdot 2,8}{2} = 36821 (\text{Па}).$$

Гідравлічні втрати тиску в місцевих опорах визначаємо за формулою:

$$\Delta P_M = \xi \cdot \frac{w_z^2 \cdot \rho_z}{2}, \quad (2.11)$$

де ξ – коефіцієнт місцевого опору. Його знаходять як суму опорів кожного елемента випарника: $\xi = 2 \cdot \xi_1 + \xi_2 + \xi_3 + \xi_4$ (вхідна і вихідна камери $\xi_1 = 1,5$, вхід у труби $\xi_2 = 0,5$ і вихід із них $\xi_3 = 1$, поворот на 180° між ходами $\xi_4 = 1,4$ [17]).

					XI.T.00.00.00 ПЗ	Арк.
						29
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\xi = 2 \cdot 1,5 + 0,5 + 1 + 1,4 = 5,9;$$

$$\Delta P_M = 5,9 \cdot \frac{23,8^2 \cdot 2,8}{2} = 4679 \text{ (Па)}.$$

Оскільки для крапельних рідин втрати тиску ΔP_y мізерно малі, то вони в розрахунок не приймаються ($\Delta P_y = 0$).

Перепад тиску для подолання гідростатичного стовпа рідини дорівнює нулю ($\Delta P_T = 0$), оскільки випарник не сполучається із навколишнім середовищем.

Повний напір, необхідний для руху середовищ через апарат складе:

$$\Delta P = 36821 + 4679 = 41500 \text{ (Па)}.$$

2.6 Розрахунок і вибір допоміжного обладнання

Розрахунок і вибір ємності для тимчасового зберігання естероальдегідної фракції (поз. Є на рис. 2.1). Відповідно до технологічної схеми (рис. 2.1) спочатку суміш потрапляє в епюраційну колону ЕК на розділення. За вихідними даними, витрата етанолу, що надходить у проєктований випарник, становить 6500 кг/год. Отже, приймаємо таке припущення, що продуктивність епюраційної колони ЕК за вихідною сумішшю становить 10000 кг/год. Таким чином, кількість верхнього продукту колони (дистиляту) дорівнює 3500 кг/год.

Ємність для зберігання е.а.ф. розраховуємо, виходячи з 6–8 годинного резерву робочого часу і з урахуванням коефіцієнта заповнення $\psi = 0,8 \dots 0,85$. Приймаємо $\psi = 0,85$.

Розрахунковий об'єм ємності:

$$V_{EP} = \frac{G \cdot \tau}{\psi \cdot \rho}, \quad (2.12)$$

де G – загальна витрата суміші, кг/год.;

					XI.T.00.00.00 ПЗ	Арк.
						30
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

τ – резерв робочого часу, $\tau = 7$ год.;

ρ – густина вихідної суміші, $\rho = 740$ кг/м³.

$$V_{EP} = \frac{3500 \cdot 7}{0,85 \cdot 740} = 38,95 \text{ (м}^3\text{)}.$$

Задаємося стандартизованим діаметром ємності $D = 2,8$ м, тоді її висота складе:

$$H = \frac{V_{EP}}{0,785 \cdot D^2}; \quad (2.13)$$

$$H = \frac{38,95}{0,785 \cdot 2,8^2} = 6,3 \text{ (м)}.$$

Розрахунок і вибір насоса для відведення е.а.ф. з установки (рис. 2.1, поз. Н4). Для всмоктуючого і нагнітального трубопроводів приймемо однакову швидкість плинину рідини, що дорівнює $w = 2$ м/с.

Діаметр трубопроводу визначаємо за рівнянням:

$$d = \sqrt{\frac{V}{0,785 \cdot w}}, \quad (2.14)$$

де V – об’ємна витрата вихідної суміші, м³/с.

$$d = \sqrt{\frac{1,31 \cdot 10^{-3}}{0,785 \cdot 2}} = 0,029 \text{ (м)}.$$

Приймаємо $D_y = 32$ мм.

Визначаємо критерій Рейнольдса для рідини в трубопроводі:

					XI.T.00.00.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

$$\text{Re} = \frac{w \cdot d \cdot \rho_p}{\mu}; \quad (2.15)$$

$$\text{Re} = \frac{2 \cdot 0,032 \cdot 740}{0,25 \cdot 10^{-3}} = 189440,$$

тобто режим турбулентний. Абсолютну шорсткість трубопроводу приймаємо $\Delta = 2 \cdot 10^{-4}$ м.

Тоді:

$$e = \frac{\Delta}{d} = \frac{2 \cdot 10^{-4}}{0,032} = 6,25 \cdot 10^{-3}.$$

Далі отримаємо:

$$\frac{1}{e} = 160; \quad 560 \cdot \frac{1}{e} = 89600; \quad 10 \cdot \frac{1}{e} = 1600; \quad \text{Re} > 560 \cdot \frac{1}{e}.$$

Для зони, автомодельної по відношенню до Re:

$$\lambda = 0,11 \cdot e^{0,25}; \quad (2.16)$$

$$\lambda = 0,11 \cdot (6,25 \cdot 10^{-3})^{0,25} = 0,03.$$

Далі визначаємо суму коефіцієнтів місцевих опорів окремо для всмоктуючої і нагнітальної ліній.

Для всмоктуючої лінії:

- 1) вхід у трубу (приймаємо з гострими краями) $\xi_1 = 0,5$;
- 2) 2 коліна з кутом 90° $\xi_2 = 2 \cdot 1,1 = 2,2$.

$$\Sigma \xi = \xi_1 + \xi_2;$$

					XI.T.00.00.00 ПЗ	Арк.
						32
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\Sigma \xi = 0,5 + 2,2 = 2,7.$$

Для нагнітальної лінії:

1) вентилі прямоточні, 2 шт. $\xi_1 = 2 \cdot 0,65 = 1,3$;

2) 3 коліна з кутом 90° $\xi_2 = 3 \cdot 1,1 = 3,3$;

3) вихід із труби $\xi_3 = 1$.

$$\Sigma \xi = \xi_1 + \xi_2 + \xi_3;$$

$$\Sigma \xi = 1,3 + 3,3 + 1 = 5,6.$$

Втрачений напір у всмоктуючій лінії знаходимо за формулою:

$$h_{П.ВС.} = \left(\lambda \cdot \frac{l}{d_E} + \Sigma \xi \right) \cdot \frac{w^2}{2 \cdot g}, \quad (2.17)$$

де l, d_E – відповідно довжина і еквівалентний діаметр трубопроводу.

$$h_{П.ВС.} = \left(0,03 \cdot \frac{8}{0,032} + 2,7 \right) \cdot \frac{2^2}{2 \cdot 9,81} = 2,08 \text{ (м)}.$$

Втрачений напір в нагнітальній лінії знаходимо за формулою (2.17):

$$h_{П.НАГ.} = \left(0,03 \cdot \frac{12}{0,032} + 5,6 \right) \cdot \frac{2^2}{2 \cdot 9,81} = 3,44 \text{ (м)}.$$

Загальні втрати напору:

$$h_{П.} = h_{П.ВС.} + h_{П.НАГ.}, \quad (2.18)$$

					XI.T.00.00.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

$$h_{II} = 2,08 + 3,44 = 5,52 \text{ (м)}.$$

Знаходимо напір насоса за рівнянням:

$$H = \frac{P_2 - P_1}{\rho_p \cdot g} + H_{II} + h_{II}, \quad (2.19)$$

де $(P_2 - P_1)$ – різниця тисків в апараті і в ємності, із якої подається рідина;

H_{II} – геометрична висота підйому рідини.

$$H = \frac{0,1}{740 \cdot 9,81} + 3 + 5,52 = 8,5 \text{ (м)}.$$

Корисну потужність насоса визначаємо за рівнянням:

$$N_{II} = \rho_p \cdot g \cdot Q \cdot H, \quad (2.20)$$

де Q – подача (витрата), $Q = 1,31 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$;

H – напір насоса.

$$N_{II} = 740 \cdot 9,81 \cdot 1,31 \cdot 10^{-3} \cdot 8,5 = 80,8 \text{ (Вт)}.$$

Потужність, яку повинен розвивати електродвигун насоса на вихідному валу при сталому режимі роботи:

$$N = \frac{N_{II}}{\eta_{пер} \cdot \eta_n}, \quad (2.21)$$

де $\eta_n, \eta_{пер}$ – коефіцієнти корисної дії відповідно насоса і передачі від електродвигуна до насоса. Приймаємо $\eta_n = 0,6$ і $\eta_{пер} = 1$.

					XI.T.00.00.00 ПЗ	Арк.
						34
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Отримуємо:

$$N = \frac{80,8}{1 \cdot 0,6} = 134,7 \text{ (Вт)}.$$

За [14] вибираємо відцентровий насос марки ЦНС 08-12 з такими параметрами: об'ємна подача насоса 8 м³/год.; напір насоса 12 м; потужність, споживана насосом 2,5 кВт; частота обертання 1400 об/хв.

					XI.T.00.00.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

3 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

3.1 Вибір конструкційних матеріалів [18–20]

Вибір конструкційного матеріалу, який визначається умовою експлуатації проєктованого елемента, вузла або апарата (температура, тиск, величина навантаження, характер агресивного впливу середовища і т. ін.), слід виконувати так, щоб при низькій вартості та не дефіцитності матеріалу забезпечувати ефективну технологію виготовлення виробу.

Для забезпечення умов роботи даного апарата, прийнята сталь Ст3, що характеризується непоганими механічними і технологічними характеристиками. Сталь добре деформується в гарячому та холодному стані і легко зварюється, що полегшує виготовлення корпусних деталей методом гнуття і забезпечує високу якість зварювальних швів. Хімічний склад і механічні властивості сталі наведено в табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Хімічний склад і механічні властивості сталі Ст3 [20]

C, %	Mn, %	Si, %	Cr, %	Ni, %	Cu, %	As, %	S, %	P, %	E · 105 МПа	σ_T МПа	σ_B МПа	δ %
0,23- 0,3	0,5- 0,8	0,05- 0,19	0,3	0,5	0,3	0,08	0,05	0,04	2,0	280	400	23

У якості матеріалу зовнішньої оснастки, арматури, кріпильних елементів і т. д., що не мають контакту із середовищем, приймаємо конструкційну сталь 10. Вибір на користь цієї сталі, заснований на її порівняній дешевизні та гарній оброблюваності і достатньо високих фізико-механічних властивостях. Хімічний склад і механічні сталі 10 представлено в табл. 3.2.

Для виготовлення пристроїв, необхідних для забезпечення зручності обслуговування і зовнішнього огляду апарата, вибираємо прокат з листової та профільної сталі звичайної якості – ВСт3пс3. Вона характеризується низькою вартістю, гарною оброблюваністю та зварюваністю.

					XI.T.00.00.00 ПЗ				Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					36

Таблиця 3.2 – Хімічний склад і механічні властивості сталі 10 [20]

C, %	Mn, %	Si, %	Cr, %	Ni, %	Cu, %	As, %	S, %	P, %	E · 105 МПа	σ_T МПа	σ_B МПа	δ %
0,07- 0,14	0,35- 0,65	0,17- 0,37	0,15	0,25	0,3	0,08	0,04	0,04	2,0	210	340	31

Для захисту зовнішніх поверхонь апарата від впливу навколишнього середовища використовуємо покриття – Емаль ПФ8 жаростійка, яка наноситься розпиленням по ґрунту для жаростійких і атмосферостійких покриттів. Дане покриття стійке при тривалому впливі температури до 150°C.

Для виготовлення неметалевих прокладок для ущільнення роз'ємів фланцевих з'єднань апарата використовуємо пароніт ПОН-1. Це листовий прокладковий матеріал, що виготовляється пресуванням азбокаучукової маси, яка складається із азбесту, каучуку і порошкових інгредієнтів.

3.2 Розрахунки на міцність, стійкість та герметичність

Розрахунок проводимо відповідно до методики, що викладена у [21]. Приймаємо робочий тиск у міжтрубному просторі 0,18 МПа.

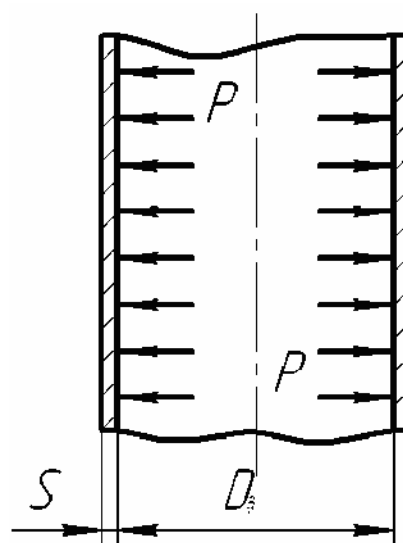


Рисунок 3.1 – Розрахункова схема циліндричної обичайки

Знаходимо величину нормативної допустимого напруження для сталі Ст3 при розрахунковій температурі: $\sigma^* = 202$ МПа.

Допустиме напруження:

$$[\sigma] = \sigma^* \cdot \eta, \quad (3.1)$$

де $\eta = 1$ – поправковий коефіцієнт для листового прокату.

$$[\sigma] = 202 \cdot 1 = 202 \text{ МПа.}$$

Допустиме напруження при гідравлічних випробуваннях:

$$[\sigma]_H = \frac{\sigma_T^{20}}{1,1}, \quad (3.2)$$

де $\sigma_T^{20} = 280$ МПа – межа плинності сталі Ст3 при температурі 20°C.

$$[\sigma]_H = \frac{280}{1,1} = 254,5 \text{ МПа.}$$

Далі визначаємо розрахунковий тиск:

$$P_p = P + P_\Gamma, \quad (3.3)$$

де $P = 0,18$ МПа – робочий тиск;

P_Γ – гідростатичний тиск середовища.

Гідростатичний тиск середовища:

$$P_\Gamma = g \cdot \rho_p \cdot H_p; \quad (3.4)$$

$$P_\Gamma = 9,81 \cdot 740 \cdot 0,518 = 0,004 \text{ МПа;}$$

$$P_p = 0,18 + 0,004 = 0,184 \text{ МПа.}$$

					XI.T.00.00.00 ПЗ	Арк.
						38
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Оскільки розрахунковий тиск менше 0,5 МПа, то пробний тиск при гідравлічних випробуваннях визначаємо за рівнянням:

$$P_H = \max \left\{ \frac{1,5 \cdot P_p \cdot [\sigma]_{20}}{[\sigma]}, 0,2 \right\}, \quad (3.5)$$

де $[\sigma]_{20} = \sigma_{20}^* = 196$ МПа – допустиме напруження сталі Ст3 при 20°C.

$$P_H = \max \left\{ \frac{1,5 \cdot 0,184 \cdot 196}{202} = 0,27 \text{ МПа}, 0,2 \text{ МПа} \right\} = 0,27 \text{ МПа.}$$

Розрахункова товщина циліндричної обичайки:

$$S_p^H = \max \left\{ \frac{P_p \cdot D}{2 \cdot \varphi \cdot [\sigma] - P_p}, \frac{P_H \cdot D}{2 \cdot \varphi \cdot [\sigma]_H - P_H} \right\}; \quad (3.6)$$

де $\varphi = 1$ – коефіцієнт міцності зварних швів із двостороннім суцільним проваром, виконаних автоматичним або напівавтоматичним зварюванням.

$$S_p^H = \max \left\{ \frac{0,184 \cdot 800}{2 \cdot 1 \cdot 202 - 0,184} = 0,36, \frac{0,27 \cdot 800}{2 \cdot 1 \cdot 254,5 - 0,27} = 0,42 \right\} = 0,42 \text{ мм.}$$

Виконавча товщина циліндричної обичайки:

$$S_H \geq S_p^H + c, \quad (3.7)$$

де c – прибавка до розрахункових товщин конструктивних елементів:

$$c = c_1 + c_2 + c_3, \quad (3.8)$$

c_1 – прибавка для компенсації корозії та ерозії;

					XI.T.00.00.00 ПЗ	Арк.
						39
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$S_p^E = \max \left\{ \begin{array}{l} \frac{0,184 \cdot 800}{2 \cdot 1 \cdot 202 - 0,5 \cdot 0,184} = 0,36 \\ \frac{0,27 \cdot 800}{2 \cdot 1 \cdot 254,4 - 0,5 \cdot 0,27} = 0,42 \end{array} \right\} = 0,42 \text{ мм.}$$

Виконавча товщина еліптичного днища:

$$S_E \geq S_p^E + c; \quad (3.11)$$

$$S_E = 0,42 + 1,0 = 1,42 \text{ мм.}$$

Так само приймаємо $S_E = 5 \text{ мм.}$

Розрахунок опори апарата.

Знаходимо масу обичайки кожуха:

$$m_k = \left[\frac{\pi \cdot (D + 2 \cdot S_u)^2}{4} - \frac{\pi \cdot D^2}{4} \right] \cdot H \cdot \rho, \quad (3.12)$$

де $\rho = 7890 \text{ кг/м}^3$ – щільність сталі.

$$m_k = \left[\frac{3,14 \cdot (0,8 + 2 \cdot 0,005)^2}{4} - \frac{3,14 \cdot 0,8^2}{4} \right] \cdot 6 \cdot 7890 = 598 \text{ (кг).}$$

Маса еліптичного днища і кришки відповідно (згідно [21]):

$$m_E = 1,24 \cdot D^2 \cdot S_E \cdot \rho; \quad (3.13)$$

$$m_{E_{дн}} = 1,24 \cdot 0,8^2 \cdot 0,005 \cdot 7890 = 31,3 \text{ (кг);}$$

$$m_{E_{кр}} = 1,24 \cdot 0,5^2 \cdot 0,005 \cdot 7890 = 12,2 \text{ (кг).}$$

Маса труб:

$$m_{тр} = \frac{\pi}{4} \cdot (d_n^2 - d_{вн}^2) \cdot H \cdot n \cdot \rho; \quad (3.14)$$

					XI.T.00.00.00 ПЗ	Арк.
						41
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$m_{mp} = \frac{3,14}{4} \cdot (0,025^2 - 0,021^2) \cdot 6 \cdot 134 \cdot 7890 = 916 \text{ (кг)}.$$

Маса фланця з решіткою:

$$m_{\phi} = \frac{\pi \cdot D_{\phi}^2}{4} \cdot h_{\phi} \cdot \rho, \quad (3.15)$$

де D_{ϕ} – зовнішній діаметр фланця, м;

h_{ϕ} – висота фланця, м.

$$m_{\phi} = \frac{3,14 \cdot 0,51^2}{4} \cdot 0,06 \cdot 7890 = 97 \text{ (кг)}.$$

Об'єм міжтрубного простору:

$$V_{mtp} = f_{mtp} \cdot H; \quad (3.16)$$

$$V_{mtp} = 0,2 \cdot 6 = 1,2 \text{ (м}^3\text{)}.$$

При коефіцієнті заповнення $\varphi = 0,65$ маса етанолу в апараті складе:

$$m_x = V_{mtp} \cdot \rho_x \cdot \varphi; \quad (3.17)$$

$$m_x = 1,2 \cdot 740 \cdot 0,65 = 577 \text{ (кг)}.$$

Сила тяжіння апарату в робочому стані:

$$G = g \cdot (m_k + m_{Едн} + m_{Екр} + m_{mp} + m_{\phi} + m_x); \quad (3.18)$$

$$G = 9,81 \cdot (598 + 31,3 + 12,2 + 916 + 97 + 577) = 21891 \text{ (Н)}.$$

Приймаємо кількість опор $n = 2$ шт.

					XI.T.00.00.00 ПЗ	Арк.
						42
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Навантаження на одну опору складе:

$$Q = \frac{G}{n}; \quad (52)$$

$$Q = \frac{21891}{2} = 10945,5 \text{ (Н)}.$$

Остаточно приймаємо стандартну сідлову опору 400-514-2-П, конструктивні розміри якої (умовні позначення див. рис. 3.3): $D = 800$ мм; $R = 514$ мм; $S_1 = 8$ мм; $S_2 = 14$ мм; $L = 800$; $A = 650$ мм; $A_1 = 550$ мм; $A_2 = 400$ мм; $l = 980$ мм; $B = 250$ мм; $L_1 = 1020$ мм; втулка для опори М48; $S = 6$ мм; $B_2 = 360$ мм.

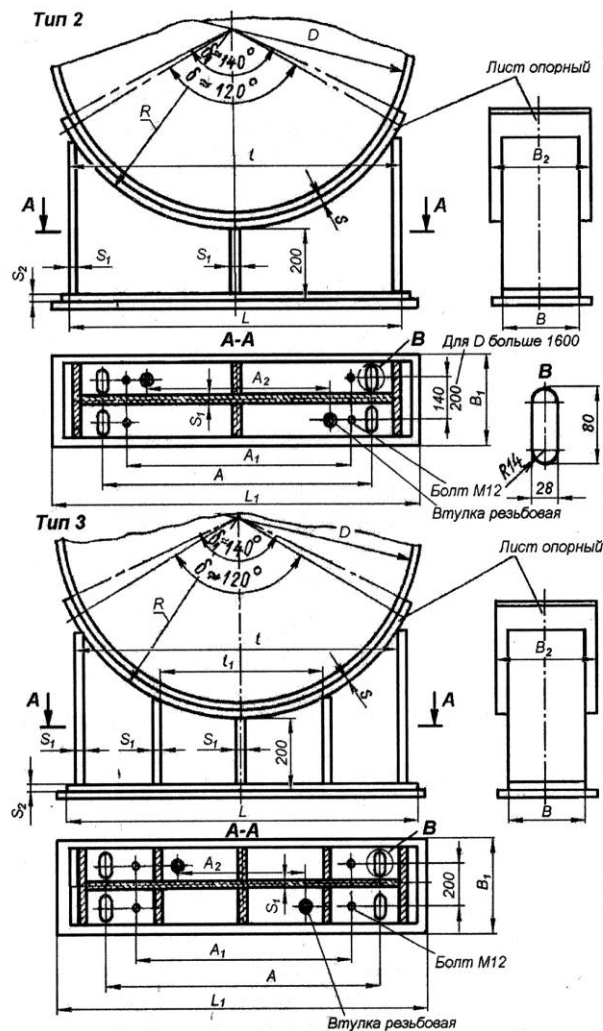


Рисунок 3.3 – Конструктивна схема стандартних сідлових опор

					XI.T.00.00.00 ПЗ	Арк.
						43
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

4.1 Обґрунтування компонування основного та допоміжного обладнання

Вибір майданчика для будівництва [22]. Під майданчиком для будівництва підприємства розуміється земельна ділянка, яка використовується для потреб виробництва та закріплена за нею в установленому порядку. Вибір майданчика здійснюється відповідно до земельного, лісового, водного законодавства України, а також із урахуванням проектів районного планування, генеральних планів міст і селищ, схем розвитку залізниць та автомобільних доріг, відповідних комунікацій та мереж.

Організаційні роботи з вибору майданчика виконує замовник. При цьому створюється комісія, до складу якої входять представники генерального проектувальника, місцевої адміністрації, територіальної проектної організації Держбуду України, розвідувальних організацій, територіальних та місцевих органів державного нагляду, штабів військових округів, цивільної оборони та інших зацікавлених організацій.

Вибір майданчика не проводиться, якщо для розміщення підприємства виділено територію у складі промислового вузла, схему якого затверджено. Те саме стосується затверджених генеральних планів розвитку міст і районів, у яких встановлено місце розташування підприємства. Майданчик для будівництва підприємства у таких випадках вже обраний та обґрунтований.

Чинники, що зумовлюють вибір майданчика на будівництво підприємства, різноманітні. Їх можна поділити на дві групи.

Першу групу складають: розміри майданчика, особливості архітектури будівель та споруд підприємства, санітарна шкідливість проєктованого та сусідніх підприємств. Ці чинники визначають загальні напрями пошуку майданчика для підприємства, що проєктується. У межах районів і зон, визначених дією цих чинників, вибір майданчика обумовлюється економічними міркуваннями, саме обраний майданчик має бути найдешевшим в освоєнні та найвигіднішим в експлуатації, забезпечувати найбільш зручні і короткі шляхи доставки їх до місця роботи.

					XI.T.00.00.00 ПЗ	Арк.
						44
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

До другої групи входять фактори, що впливають безпосередньо на економіку підприємства: транспортні умови розміщення підприємства; орієнтовна потреба у сировині та розташування джерел сировини та ринків збуту готового продукту; розташування джерел та способи отримання електроенергії, пари, води, а також умови влаштування каналізації; потреба у робочій силі (за кваліфікаціями); кількість та склад відходів, що підлягають видаленню, способи їх знешкодження; можливості комбінування виробництв; умови підвезення будівельних матеріалів.

Для оптимального вибору району будівництва нового промислового об'єкту проводиться техніко-економічна оцінка майданчика, порівнюються кілька (щонайменше три) майданчиків, придатних для розміщення підприємства за чинниками першої групи, і на основі аналізу сумарного впливу чинників другої групи визначається майданчик, який забезпечує найкращі економічні показники.

У нашому випадку, вибираємо відкритий варіант компоновки, коли обладнання розміщується на відкритому майданчику, що зменшує капітальні витрати на виробництво, зменшує загазованість і вплив теплових виділень, вибухо- та пожежобезпечність, покращує умови роботи устаткування, полегшує доступ до важкого обладнання, а також забезпечує гарну вентиляцію. Компоновку основного технологічного обладнання проводять таким чином, щоб обслуговування усієї технологічної схеми було максимально зручним, швидким і ергономічним.

Вимоги до розміщення обладнання на відкритих майданчиках [23].

1. При розміщенні обладнання необхідно передбачити проходи, які забезпечать безпечне обслуговування обладнання, рух людей і транспорту, а також зручний механізм очищення робочих поверхонь обладнання. Проходи між найбільш виступаючими частинами обладнання беруться не менше 1 м.

2. Технологічне обладнання, яке створює на робочих місцях вібрацію і шум рекомендують встановлювати на спеціальних фундаментах і амортизаторах.

3. Розміщення обладнання починають із виділення груп апаратів, об'єднаних певними ознаками.

Одним із найбільш важливих і важких етапів проектування є розробка схеми трубопроводів. Вихідними даними для завдання трасування є фізико-хімічні властивості речовин, що транспортуються, дані з етапу розрахунку

					XI.T.00.00.00 ПЗ	Арк.
						45
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

апаратного оформлення процесу (число і тип апарату), дані, які отримані в результаті рішення задачі розміщення.

Правила трасування трубопроводів [23].

1. Трубопроводи треба розміщувати одним пучком, перетин яких має просту форму (горизонтальні або вертикальні ряди), на такій відстані один від одного і від будівельних конструкцій, яка забезпечить можливість обслуговування фланцевих з'єднань та інших пристроїв.

2. Гарячі трубопроводи розміщують на відстані 3–5 діаметрів труби. Якщо трубопровід працює при температурі вище 20°C і має значну довжину, то необхідно передбачити на ньому П-подібні ділянки для компенсації температурних напружень.

3. Для запобігання гідравлічних ударів необхідно на довгих трубопроводах забезпечити відведення рідини з мішків. На газопроводах необхідно передбачити дренажні трубки діаметром 20–40 мм для відведення конденсату.

4. За необхідності трубопроводи теплоізолюються.

Для забезпечення найменших гідродинамічних втрат при проектуванні і монтажу необхідно виконувати такі основні вимоги:

- відсутність зайвих поворотів траси;
- використання випрямлення траси з метою зменшення її довжини і кутів повороту;
- установка трійників таким чином, щоб головний потік середовища проходив трійник без повороту;
- відсутність високих коефіцієнтів опору засувок; у разі вимушеного застосування таких засувок необхідно до і після таких засувок мати прямі ділянки (до засувки 10–12 діаметрів, після неї – не менше 5 діаметрів труби), щоб уникнути різкого підвищення гідродинамічних втрат;
- при великих швидкостях середовища в напірних патрубках насосів (досягаючих 5–7 м/с) відразу за патрубком повинен встановлюватися перехід на більший діаметр, а потім зворотний клапан і засувка;
- при розгалуженні трубопроводу на два меншого діаметру повинен використовуватися трійник, діаметр якого дорівнює діаметру трубопроводу.

					XI.T.00.00.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

4.2 Проведення монтажних та ремонтних робіт основного технологічного обладнання [24, 25]

Технологія монтажу кожухотрубчастих теплообмінників, зокрема випарника, залежить від їх місця і способу установки: вони можуть встановлюватися на відкритому майданчику (на нульовій позначці); на постаменті (висотній металокожухотрубчій) або в будівлі; горизонтально або вертикально.

Монтаж таких теплообмінників залежить лише від ваги та просторового розташування. Вага і розміри теплообмінників, що випускаються на даний час, дозволяють транспортувати їх до місця монтажу повністю в зібраному на заводі-виробнику вигляді. Для транспортування використовують залізничні платформи, трейлери, автомашини тощо.

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 металокожухотрубчій (при вертикальному розташуванні та горизонтальному розташуванні на великих висотах).

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

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

Теплообмінники, що розміщуються у два яруси і більше, доцільно піднімати великими блоками з кількох апаратів після взаємної трубопровідної обв'язки. При підйомі блок обв'язаних теплообмінників укладають у жорсткий решітчастий контейнер, за який і роблять стропування.

					XI.T.00.00.00 ПЗ	Арк.
						47
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

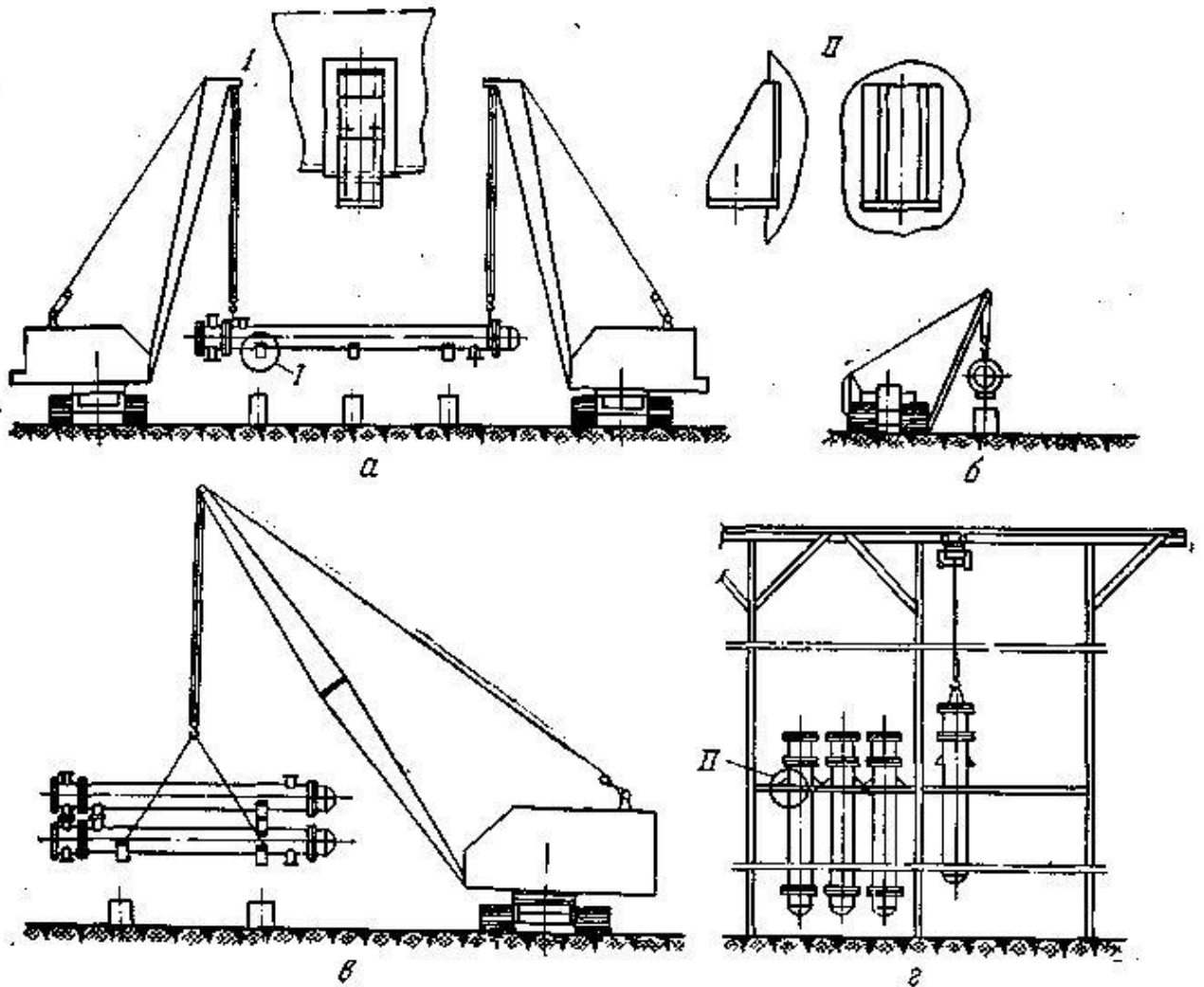


Рисунок 4.1 – Способи монтажу теплообмінних апаратів:

а – за допомогою двох кранів; б – трубоукладачем; в – блоку теплообмінників краном; г – вертикальних теплообмінників монобалкою; I – опора горизонтальних теплообмінників; II – опора вертикальних теплообмінників.

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

При вивірці теплообмінних апаратів відхилення від проектних осей та позначок, а також по горизонталі та вертикалі складають:

- головних осей апарату ± 10 мм;
- осі вертикального апарату від вертикальності – 3 мм на 1 м (але не більше 35 мм);

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

XI.T.00.00.00 ПЗ

Арк.

48

– горизонтального апарату від горизонтальності чи заданого положення (ухилу) – 0,3 мм на 1 м.

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

Теплообмінники, що монтуються, повинні бути опресовані на пробний тиск на заводі-виробнику, тому на монтажному майданчику їх поодиноці не опресовують, обмежуючись перевіркою загальної системи теплообміну разом з трубопроводною обв'язкою після завершення монтажних робіт.

Теплообмінну апаратуру доводиться зупиняти на ремонт при наступних основних несправностях:

- забруднення поверхні теплообміну;
- виявлення пропуску рідини.

Ремонт теплообмінних апаратів полягає в очищенні поверхні нагріву від накипу та інших забруднень, ремонт поверхні нагріву. Окрім вказаних операцій проводять ремонт запірної апаратури та ізоляції.

Осад, відкладений на стінках апарата, видаляють за допомогою мінеральних і органічних речовин. Спосіб очищення залежить від виду і ступеня забруднення. Існують такі способи очищення теплообмінних поверхонь:

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

2. Термічне очищення засноване на використанні різних коефіцієнтів теплового розширення накипу і метала. Поверхню нагріву спочатку підігрівають перегрітою парою, а потім охолоджують холодною, очищеною хімічним способом, водою. У результаті частинки накипу відпадають від поверхні нагріву і видаля-

					XI.T.00.00.00 ПЗ	Арк.
						49
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ються вручну або промивкою. Цей метод використовується в тому випадку, якщо буде встановлено, що накип, потребуючий видалення, при нагріванні становиться твердим і крихким.

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

4. Механічне очищення використовується для очищення накипу, використовуючи металеві йоржі. Чищення труб проводиться за допомогою шарошок, які приводяться в дію від електродвигуна або гідравлічного привода через гнучкий вал або шланг. Під час чищення в трубку подається вода для вимивання відділеного накипу.

Ремонт трубчастої поверхні складається з таких операцій:

1. Огляд поверхні нагріву;
2. Видалення труб, що потребують заміни;
3. Підготовка нових труб і трубної решітки;
4. Встановлення і розвальцювання труб;
5. Випробування.

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

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

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

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

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

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

					XI.T.00.00.00 ПЗ	Арк.
						50
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

Своєчасно виявлені недоліки у роботі та їх усунення забезпечує стабільну роботу установки в цілому. Виконання робіт треба проводити дотримуючись Правил техніки безпеки. Якщо необхідні роботи можливо виконати без зупинки усього відділення, то при виконанні робіт необхідно застосовувати тільки обміднений інструмент, забороняється проводити вогневі роботи.

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

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

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

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

При використанні лісів та драбин слід перевірити їх надійне установлення та строки випробування. При проведенні робіт із підвищеною небезпекою оформляється наряд- допуск, в якому визначається обсяг і зміст робіт, заходи безпеки, засоби захисту працюючих та вказується відповідальний за проведення робіт. Перед початком робіт працівники обов'язково повинні пройти інструктаж.

					XI.T.00.00.00 ПЗ	Арк.
						51
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5 ІНФОРМАЦІЙНЕ ТА АПАРАТУРНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ АВТОМАТИЗОВАНОГО КЕРУВАННЯ

5.1 Вибір та обґрунтування параметрів контролю, регулювання та вимірювання [26]

До теперішнього часу в автоматизації технологічних процесів харчової промисловості досягнуто значних успіхів. Накопичений у цій галузі досвід дозволяє проектувати системи автоматизації технологічних процесів для всіх видів споруджуваних і модернізованих підприємств харчової промисловості. У дослідженому процесі відбувається безперервний теплообмін. У зв'язку із підвищенням вимог до якості етилового спирту підвищуються вимоги і до якості управління установкою.

Причинами порушень в роботі теплообмінного обладнання можуть бути дефекти монтажу, конструктивні недоліки окремих елементів апаратури, неоптимальний технологічний режим. Тому велике значення мають своєчасне попередження і виявлення недоліків (неполадок) в апаратурі, а також правильна її експлуатація. Також значно розширилися можливості автоматизації, контролю та регулювання процесу теплообміну. Використання мікропроцесорних контролерів у якості центральних керівних органів дозволяє врахувати більш широкий спектр технологічних вимог і підвищити надійність підтримки оптимального технологічного режиму.

Стабілізація окремих величин виконується за допомогою локальних автоматизованих систем керування (АСК). Ці АСК пов'язані між собою через процес і забезпечують дотримання теплового балансу. Наявність АСК витрати вихідної речовини істотно полегшує роботу всіх інших АСК установки. Вихідна речовина повинна подаватися в теплообмінник при температурі 70°C.

Основною метою автоматизації усього брагоректифікаційного відділення є максимізація економічної ефективності, його функціонування за рахунок оптимізації основних технологічних процесів і забезпечення стабільності і безаварійності виробництва.

					XI.T.00.00.00 ПЗ	Арк.
						52
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Найважливішою умовою підвищення економічності технологічного процесу в цілому є стабільність технологічних параметрів. Підвищення стабільності матеріального потоку на всіх виробничих ділянках є головним завданням автоматизації відділення. Стабілізація матеріального потоку повинна бути досягнута усуненням або компенсацією впливів, що збурюють, згладжуванням коливань потоку.

Брагоректифікаційні установки є об'єктами з найбільшою кількістю взаємних зв'язків: на їх прикладі розглянемо загальні принципи контролю, регулювання та автоматизації ректифікаційних установок.

На рис. 5.1 показана принципова схема найпростішої системи автоматизації типової брагоректифікаційної установки непрямої дії. Система складається з 9 контурів роздільного регулювання, пов'язаних лише технологічним процесом і однією каскадною схемою. Системи виконуються на пневматичних стандартних приладах МАУС і СТАРТ (УСЕППА), застосування яких дозволяється у вибухонебезпечних приміщеннях.

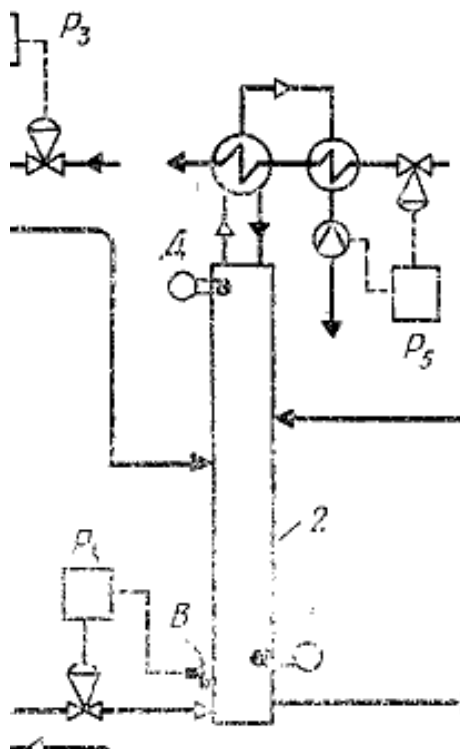


Рисунок 5.1 – Схема автоматичного регулювання брагоректифікаційної установки непрямої дії

На схемі автоматизації установки використовуються такі основні прилади:

– регулятори P_4 , P_5 – регулятор пропорційно-інтегрального типу ПРЗ-31 (система УСЕППА);

– датчик тиску – дифманометр типу 13ДДП;

– датчик температури – датчик типу ТДЖП;

– датчик витрати ректифікованого спирту – ротаметр РП-1,6, ЖУЗ;

– виконавчі механізми – клапан регулюючий з пневматичним приводом.

У зв'язку із тим, що запропонована схема морально застаріла, то доцільно замінити її на більш нову і ефективну.

Дана АСУ ТП розроблена як інструмент оператора для підвищення ефективності та зручності роботи. Вона оперативно надає технологічному персоналу інформацію про стан об'єкта управління, реєструє протікання технологічного процесу отримання спирту для подальшої аналітичної обробки.

Система управління забезпечує:

1. Автоматичне управління технологічним обладнанням і виробничими процесами за заданим алгоритмом при тривалій роботі, з підтриманням встановлених параметрів. При цьому передбачена можливість завдання оператором параметрів автоматичного режиму для окремих виконавчих механізмів.

2. Інформаційне забезпечення роботи оператора: аварійна і попереджувальна сигналізація; реєстрація необхідних параметрів; надання поточної та архівної інформації про стан обладнання та параметри технологічного процесу; роздруківка звітів (за зміну, добу, місяць) і графіків; візуалізація технологічного процесу і параметрів обладнання в цифровому і графічному вигляді.

3. Введення архівів параметрів і подій. В архіві параметрів зберігаються показання всіх аналогових сигналів, що надходять на входи контролера.

Розглянута вище система автоматичного управління установкою з виробництва ректифікованого спирту, дозволяє підвищити надійність роботи обладнання, поліпшити забезпечення обслуговуючого персоналу інформацією про технологічні параметри, збільшити оперативність усунення аварійних ситуацій (зменшує час простоїв). Завдяки точності підтримки технологічних параметрів, система не до-

					XI.T.00.00.00 ПЗ	Арк.
						54
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

пускає перевитрат теплоносіїв (пари і води); підтримує необхідну міцність кінцевого продукту, збільшуючи, відповідно, його вихід.

Виходячи з особливостей об'єкта автоматизації і функцій системи, у якості апаратної бази використовуємо промисловий контролер SIMATIC S7 фірми SIEMENS. Його перевагою є висока надійність роботи, модульна архітектура, збереження інформації при пропажі живлення, можливість програмного управління ПД-регулюванням, простий інтерфейс зв'язку з персональним комп'ютером. Двосторонній зв'язок з комп'ютером підтримується через послідовний (COM) порт.

Програмовані контролери SIMATIC S7-200 призначені для побудови систем автоматичного управління і регулювання, як окремих машин, так і окремих частин виробничого процесу. На основі програмованих контролерів SIMATIC S7-200 можуть створюватися ефективні керуючі пристрої, що відрізняються порівняно невисокою вартістю.

5.2 Вибір та обґрунтування технічних засобів автоматизації [27]

Вибір приладів автоматизації повинен проводитися з тих засобів автоматизації, які випускаються серійно і вже себе зарекомендували. За можливістю необхідно вибирати із тих приладів, які випускаються на Україні.

Вибір приладів проводимо, спираючись на необхідний діапазон вимірювань. Застосування пневматичних приладів обґрунтовано пожежонебезпекою спиртового виробництва.

Для проведення, контролю і регулювання процесом були обрані наступні прилади.

Автоматичний контроль температури. Сімейство вимірювальних перетворювачів температури фірми SIEMENS представлено перетворювачами SITRANS T, термоперетворювачами опору і термопарами для якісного вимірювання температури в будь-яких, навіть самих екстремальних, умовах. Датчики застосовуються в хімічній, фармацевтичній, харчовій, енергетичній та інших галузях промисловості.

					XI.T.00.00.00 ПЗ	Арк.
						55
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Існують варіанти термометрів з цифровою індикацією показань. Також доступні вибухозахищене виконання датчиків.

Перетворювач SITRANS T серії: TW – універсальний перетворювач з виходом 4–20 мА + HART, програмований за допомогою РС.

Автоматичний контроль витрати. Сімейство витратомірів SITRANS F здатне вирішити задачу точного і надійного вимірювання витрати практично будь-якого середовища, використовуючи сучасні, перевірені часом, способи вимірювання витрати. Перетворювач SITRANS F серії M Magflo – магнітоіндукційні витратоміри. Застосовуються для вимірювання витрати електропровідних рідин і суспензій.

Автоматичний контроль рівня. Гама рівнемірів SIEMENS для контролю рівня рідких і сипких середовищ втілена в сімействі SITRANS L і дозволяє знайти рішення для широкого спектра задач. Сигналізатор граничного рівня (ємнісний) Pointek CLS 200 – універсальний сигналізатор із високою хімічною стійкістю.

Автоматичний контроль тиску. Сімейство вимірювальних перетворювачів SITRANS P служить для вимірювання надлишкового, вакууметричного, абсолютного і диференціального тиску рідких, газо- і пароподібних середовищ, а також для вимірювання гідростатичного рівня рідини в ємностях. Перетворювач SITRANS P серії ZD – перетворювач надлишкового та абсолютного тиску з цифровим індикатором.

					XI.T.00.00.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

6.1 Аналіз потенційних небезпек та шкідливостей під час роботи установки [28–30]

Головне завдання охорони праці – звести до мінімальної ймовірності ураження або захворювання робітника, з одночасним забезпеченням комфорту при максимальній продуктивності праці. Продуктивність праці підвищується за рахунок збереження здоров'я і працездатності людини, зменшення числа аварій і т. п. Поліпшення умов праці його безпеки призводить до зниження виробничого травматизму і професійних захворювань, що зберігає здоров'я працюючих.

Прискорений розвиток хімічної промисловості, будівництво нових і реконструкція старих діючих виробництв, вимагають особливої уваги до питань охорони праці.

У процесі виробництва спирту з установки проводиться відбір епюрату, ефіроальдегідної фракції (головної домішки), сивушного масла, сивушного спирту (хвостові домішки).

Спирт етиловий (ГОСТ Р 51723-2001 «Спирт етиловий питний 95 %-ий. Технічні умови») є легкозаймистою рідиною. При концентрації 96 % об. і атмосферному тиску температура спалаху 13°C, кипіння 78,3°C, а самозаймання 404°C. Це прозора безбарвна рідина з пекучим смаком і характерним запахом. Етиловий спирт дуже гігроскопічний, він поглинає вологу з повітря, а також з рослинних і тваринних тканин, внаслідок чого вони руйнуються. Спирт змішується з водою в будь-яких співвідношеннях, а також ефіром, гліцерином, бензином та іншими органічними розчинниками. Спирт горить блідо-блакитним полум'ям. Спирт отруйний для людини і відноситься до сильнодіючих наркотичних засобів, що викликають спочатку збудження, а потім параліч нервової системи. Пари спирту здатні також викликати захворювання центральної нервової системи, травного апарату, печінки, серцево-судинної системи. Гранично допустима концентрація парів спирту в повітрі 1000 мг/м³ (1 мг/л). Пари спирту в суміші з повітрям, при конче-

					XI.T.00.00.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

нтрації спирту від 2,8 % об. до 14 % об., створюють середовище здатне вибухати від джерела вогню, іскри і т. п.

Головна фракція етилового спирту відповідно до ОСТ 18-121-73 являє собою спиртово-водневу рідину з легколеткими домішками: альдегідами, ефірами, кислотами, метанолом та ін. Концентрація спирту в ній не менше 92 % об. Вихід продукту становить 4 % від спирту-сирцю. Головну фракцію використовують для отримання ректифікованого, технічного та денатурованого спиртів. Альдегіди надають спирту в малих концентраціях приємний присмак, особливо акромлін. Кислоти в малих концентраціях надають спирту приємний присмак, пом'якшують смак. Ефіри підсилюють запах.

Сивушне масло є побічним продуктом ректифікації, що представляє собою суміш вищих спиртів, етилового спирту і води. Отримують у кількості 3–4 % об. загальної кількості спирту. Сивушні масла містить: етилового спирту 5–12 % об., н-пропанолу 7–15 % об., ізо-бутанолу 10–20 % об., ізо-амілу 50–60 % об., води 5–10 % об.

Із точки зору техніки безпеки ці речовини класифікують за ГОСТ 12.1.005-88 «Система стандартів безпеки праці. Загальні санітарно-гігієнічні вимоги до повітря робочої зони».

У проєктованому апараті наступні потенційні небезпеки і шкідливості відповідно до ГОСТ 12.0.003-91 «ССБТ. Небезпечні і шкідливі виробничі фактори. Класифікація»:

1. Небезпека отримання термічних опіків. Ця небезпека відноситься до фізичної групи. Процес теплообміну відбувається при підвищених температурах, а, отже, поверхня випарника, а також штуцерів і труб буде нагрівається до температури близько 80–90°C. При дотику до зовнішньої поверхні колони людина може отримати термічний опік. Відповідно до СН 245-79 «Санітарні норми проєктування промислових підприємств» температура зовнішніх поверхонь не повинна перевищувати 45°C.

2. Небезпека отруєння парами спирту. При нормальній роботі обладнання загальна кількість спиртових парів, що надходять в повітря, 1,24 кг/год. У разі виникнення на робочому місці високих концентрацій спиртових парів у робочих

					XI.T.00.00.00 ПЗ	Арк.
						58
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

з'являються ознаки отруєння – кашель, задуха, запаморочення, а іноді і втрата свідомості, припинення дихання і серцевої діяльності. Відповідно до ГОСТ 12.1.005-88 «Система стандартів безпеки праці. Загальні санітарно-гігієнічні вимоги до повітря робочої зони» гранично допустима концентрація парів етилового спирту становить 1000 мг/м³. При використанні процесу під вакуумом небезпека отруєння парами спирту виключається.

3. Може призвести до вибуху і пожежі. Робочим середовищем є пара етилового спирту. Суміш парів етилового спирту з повітрям на підставі «Правил виготовлення вибухозахищеного та рудникового обладнання» за класифікацією ПУЕ відноситься до другої категорії вибухонебезпечності до групи Т2. Температура спалаху парів етилового спирту 13°C. Температура самозаймання 404°C, нижня межа вибуховості в суміші з повітрям – 3,6 % об., верхня межа вибуховості – 19 % об.

4. Небезпека утворення статичної електрики. Існує можливість утворення статичної електрики при відносному переміщенні двох перебуваючих у контакті тіл, шарів рідини, тобто в потоці, в струмені пари або газу. Етиловий спирт відноситься до найбільш небезпечним рідин за діелектричними властивостями. Накопичення статичної електрики відбувається при транспортуванні етилового спирту в трубопроводах, при наливних і зливних операціях, що веде до пожеж і вибухів, у результаті яких можуть загинути люди.

Для усунення потенційних небезпек і шкідливостей передбачені наступні заходи:

1) для усунення небезпеки отримання термічних опіків застосувати теплоізоляцію, щоб знизити температуру стінки до 45°C;

2) для усунення отруєння парами спирту передбачено:

– застосування паронітових прокладок в місцях з'єднання царг і трубопроводів;

– перевірка якості повітря в робочій зоні. При підвищенні норм – автоматичне включення припливно-витяжної вентиляції;

3) для усунення небезпеки вибуху і пожежі необхідно передбачити наступне:

					XI.T.00.00.00 ПЗ	Арк.
						59
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

– приміщення брагоректифікаційного відділення забезпечити надійною загальнообмінною припливно-витяжною вентиляцією із застосуванням радіальних вентиляторів іскрозахищеного виконання;

– приміщення брагоректифікаційного відділення обладнати стаціонарними установками пожежогасіння згідно з переліком вибухонебезпечних і пожежонебезпечних виробництв мікробіологічної, харчової промисловості, що підлягають обладнанню автоматичними засобами пожежогасіння, пожежним водопроводом, ящиками з піском і лопатами, вогнегасниками типу ОХП і ОУ;

– освітлювальні і силові електропроводки виконати із дотриманням правил вибухонебезпечності і містити в справному стані;

– установка електроприводів, пускачів, засобів автоматизації допускається тільки у вибухобезпечному виконанні. Електромотори й пускачі, виконані не у вибухонебезпечному виконанні, виносяться за межі приміщення;

– приміщення брагоректифікаційного відділення забезпечити аварійною вентиляцією, з сигналізатором РГД, який автоматично включає аварійну вентиляцію в приміщенні при досягненні кількості парів спирту в повітрі 50 % ГДК. Аварійна вентиляція повинна забезпечувати 8–10-ти кратний повітрообмін в годину на додаток до роботи основної вентиляції. Крім автоматичного включення систем аварійної вентиляції передбачити також і ручне дистанційне їх включення з розташуванням пускових пристроїв у одній з основних дверей зовні приміщення;

– здійснити блискавкозахист будівлі брагоректифікаційного відділення відповідно до СН 205-77 по I категорії;

4) для усунення небезпеки виникнення статичної електрики необхідно заземлити. Заземлювальні пристрої для захисту від статичної електрики слід об'єднувати з заземлюючими пристроями для електрообладнання.

Застосування перерахованих вище заходів допоможе поліпшити умови праці і звести виробничий травматизм до мінімуму.

Техніка безпеки при експлуатації ректифікаційних установок визначається тим, що пари спирту і супутніх йому домішок, в тій або іншій кількості містяться в повітрі, є токсичними і в певних співвідношеннях з повітрям утворюють пожежо- та вибухонебезпечну суміш.

					XI.T.00.00.00 ПЗ	Арк.
						60
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Відповідно до класифікації легкозаймистих рідин спирт і його домішки відносяться до I класу.

Будівництво та обладнання приміщень ректифікаційних відділень слід вести із суворим дотриманням норм і правил пожежної безпеки для будівель, що належать до категорії А. За вибухонебезпечності епіюраційні відділення відносяться до класу В-1А.

Перед зварювальними роботами всередині ректифікаційного відділення необхідно:

- закінчити зливання спирту з установки не менше ніж за 2 години до початку зварювання;
- повністю видалити спирт з установки, контрольних снарядів і спиртоприймального відділення в спиртосховища;
- ретельно провентилувати приміщення.

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

Для освітлення апаратів всередині при ремонті, чищенні і огляді слід застосовувати низьковольтні переносні лампи (12–24 В), для переносного освітлення при експлуатації установки дозволяється користуватися тільки електричним ліхтарем напругою 2–3,5 В.

Усі працівники виробництва повинні знати і суворо дотримуватися правил техніки експлуатації обладнання і установки в цілому.

6.2 Розрахунок потенційно-небезпечного фактору [31]

Однією з необхідних умов здорової і високопродуктивної праці є забезпечення чистоти повітря і нормальних метеорологічних умов у приміщеннях. Усунення впливу таких шкідливих виробничих факторів, як газів, парів, пилу, надлишкового тепла і вологи і створення здорового повітряного середовища, яке повинно здійснюватися комплексно, одночасно з вирішенням основних питань виробництва.

					XI.T.00.00.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

У приміщенні цеху, де виробляють етиловий спирт, повинна працювати припливно-витяжна механічна вентиляція. Припливно-витяжна вентиляція відноситься до механічної вентиляції. У приміщенні розташований повітропровід системи припливної вентиляції, пов'язаний з вентилятором. Через повітрозабірний пристрій свіже повітря з атмосфери нагнітається вентилятором і надходить через перфоровані отвори повітропроводу. Забруднене повітря з приміщення під дією створюваного надлишкового тиску виштовхується назовні через віконні прорізи або видаляється витяжною системою вентиляції. Через повітропровід забруднене повітря відводиться з приміщення за допомогою потужного вентилятора і викидається в атмосферу після попереднього очищення в циклоні.

Розрахунок механічної вентиляції полягає у визначенні необхідного обсягу повітря, яке підлягає подачі або видаленню з приміщення. Цей розрахунок здійснюється за наявності шкідливих речовин, що виділяються через нещільності в обладнанні.

Розрахункова формула:

$$L = \frac{G}{C_{ГДК} - C_{ПР}}, \text{ м}^3/\text{год.} \quad (6.1)$$

де G – маса шкідливих речовин, що виділяються в приміщенні в одиницю часу, г/год.;

$C_{ГДК}$ – гранична допустима концентрація шкідливої речовини за ГОСТ 12.1.005-88, мг/м³;

$C_{ПР}$ – концентрація тієї ж шкідливої речовини у припливному повітрі, мг/м³.

У процесі виробництва етилового спирту через нещільності фланцевих з'єднань апарату і трубопроводів виділяється така кількість шкідливих речовин: $G_1=433,3$ г/год. – викид етилового спирту; $G_2=11,2$ г/год. – викид метилового спирту; $G_3=7,7$ г/год. – викид альдегідів; $G_4=12,65$ мг/год. – викид етилового ефіру; $G_5=17,59$ г/год. – викид ізо-бутилового спирту; $G_6=52,7$ г/год. – викид ізо-амілового спирту.

					XI.T.00.00.00 ПЗ	Арк.
						62
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Концентрація шкідливої речовини в припливному повітрі не повинна перевищувати 30 % від гранично допустимої: $C_{ПР1}=C_{ГДК1}\cdot 0,3=1000\cdot 0,3=300$ мг/м³; $C_{ПР2}=C_{ГДК2}\cdot 0,3=5\cdot 0,3=1,5$ мг/м³; $C_{ПР3}=C_{ГДК3}\cdot 0,3=5\cdot 0,3=1,5$ мг/м³; $C_{ПР4}=C_{ГДК4}\cdot 0,3=0,15\cdot 0,3=0,045$ мг/м³; $C_{ПР5}=C_{ГДК5}\cdot 0,3=10\cdot 0,3=3$ мг/м³; $C_{ПР6}=C_{ГДК6}\cdot 0,3=10\cdot 0,3=3$ мг/м³.

Тоді:

$$L_1 = \frac{433,3 \cdot 10^3}{1000 - 300} = 619 \text{ м}^3/\text{ГОД.};$$

$$L_2 = \frac{11,0 \cdot 10^3}{5 - 1,5} = 31428 \text{ м}^3/\text{ГОД.};$$

$$L_3 = \frac{7,7 \cdot 10^3}{5 - 1,5} = 2200 \text{ м}^3/\text{ГОД.};$$

$$L_4 = \frac{12,65}{0,15 - 0,045} = 120,48 \text{ м}^3/\text{ГОД.};$$

$$L_5 = \frac{17,59 \cdot 10^3}{10 - 3} = 25128 \text{ м}^3/\text{ГОД.};$$

$$L_6 = \frac{52,7 \cdot 10^3}{10 - 3} = 7528,8 \text{ м}^3/\text{ГОД.}$$

Визначаємо кратність вентиляції. Кратність вентиляції показує скільки разів протягом одиниці часу (1 години) відбувається повна зміна повітря в приміщенні:

$$K = \frac{L_{MAX}}{V_{П}}, \text{ од./ГОД.}, \quad (6.2)$$

де L_{MAX} – максимальне значення обсягу повітря, отримане за однією із попередніх формул, м³/ГОД.;

$V_{П}$ – об'єм приміщення, м³:

$$V_{П} = a \cdot b \cdot c = 12 \cdot 12 \cdot 22,8 = 3283,2 \text{ м}^3;$$

Звідси:

					XI.T.00.00.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		63

$$K = \frac{7528,6}{3283,2} = 2,29 \text{ од./год.}$$

Коефіцієнт кратності зазвичай знаходиться в межах від 1 до 10 од/год.

Визначивши коефіцієнт кратності, розраховуємо необхідний приведений тиск вентилятора і напір, який він повинен розвивати:

$$H = P_C \frac{273 + T_{BH}}{273 + T_{HAP}}, \text{ Па} \quad (6.3)$$

де P_C – сумарний опір мережі, Па;

T_{BH} , T_{HAP} – температура, відповідно, повітря, що видаляється і повітря, що поступає, °С; $T_{BH} = 30^\circ\text{С}$; $T_{HAP} = 20^\circ\text{С}$.

Опір вентиляційної мережі розраховується за формулою:

$$P_C = \frac{V^2 \cdot \gamma}{2 \cdot g} \cdot \left(\frac{\varphi \cdot l}{d} + \sum_{i=1}^n \beta \right), \text{ Па} \quad (6.4)$$

де V – швидкість повітря в повітропроводі, $V=5 \div 10$ м/с; приймаємо $V=7,5$ м/с;

γ – густина повітря, $\gamma = 1,293$ кг/м³;

g – прискорення вільного падіння, $g = 9,81$ м/с²;

φ – коефіцієнт втрат тиску на тертя, $\varphi = 0,2$;

l – довжина ділянки повітропроводу, для якого ведеться розрахунок, $l = 65,5$ м;

β – коефіцієнт місцевих втрат тиску на звуженнях, вигинах і т. д., $\beta=0,2$.

На даній ділянці повітропроводу 14 колін і 8 сидінь.

Тоді:

$$P_C = \frac{7,5^2 \cdot 1,293}{2 \cdot 9,81} \cdot \left(\frac{0,2 \cdot 65,5}{0,6} + 14 \cdot 1,1 + 8 \cdot 0,2 \right) = 16927 \text{ Па};$$

$$H = 16927 \cdot \frac{273 + 30}{273 + 20} = 17505 \text{ Па.}$$

					XI.T.00.00.00 ПЗ	Арк.
						64
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Далі визначаємо потужність приводного електродвигуна за формулою:

$$N = \frac{K \cdot L_{MAX} \cdot H}{3600 \cdot 1000 \cdot \eta_B \cdot \eta_{ПР}}, \text{ кВт} \quad (6.5)$$

де η_B – ККД вентилятора, $\eta_B=0,5 \div 0,55$; приймаємо $\eta_B=0,52$;

$\eta_{ПР}$ – ККД приводу, $\eta_{ПР}=0,9 \div 1$; приймаємо $\eta_{ПР}=0,9$.

$$N = \frac{3,05 \cdot 7528,6 \cdot 17505}{3600 \cdot 1000 \cdot 0,52 \cdot 0,9} = 226 \text{ кВт.}$$

За аеродинамічними характеристиками вибираємо відцентровий вентилятор В-Ц4-70.

					XI.T.00.00.00 ПЗ	Арк.
						65
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Етанол [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://uk.wikipedia.org/wiki/Етанол>
2. Дистанційний курс «Процеси та апарати хімічних виробництв». Тема 19. Сучасні конструкції теплообмінного обладнання [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://dl.sumdu.edu.ua/textbooks/22852/266093/index.html>
3. Методичні вказівки до виконання магістерської кваліфікаційної роботи зі спеціальності 133 «Галузеве машинобудування» освітньої програми «Обладнання хімічних виробництв і підприємств будівельних матеріалів» : для студентної, заочної та дистанційної форм навчання / В. І. Склабінський, Я. Е. Михайловський, Р. О. Острога, М. С. Скиданенко. – Суми : СумДУ, 2019. – 53 с.
4. Шаманська О. І. Сучасні тенденції розвитку спиртової промисловості України / О. І. Шаманська, Я. В. Паламаренко // Електронний журнал «Ефективна економіка». – 2014. – № 4 [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=2903>
5. Укрспирт. Головний сайт [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://ukrspirt.com>
6. Ukrainian A. R. Alcohol industry towards innovative development / A. R. Ukrainian // Food and processing industry. – 2013. – Vol. 7. – P. 35–47.
7. Analysis of the effective work of the alcohol industry. The official site of objective news [Electronic resource]. – Access mode : <http://www.news.meta.ua>
8. Nagorny E. I. Innovative directions of sugar and alcohol business food industry / E. I. Nagorny // Problems of science. – 2011. – Vol. 1. – P. 37–40.
9. Врагов А. П. Теплообмінні процеси та обладнання хімічних і газонафтопереробних виробництв : навчальний посібник / А. П. Врагов. – Суми : Вид-во СумДУ, 2006. – 262 с.
10. Іванченко В. В. Конструювання та розрахунок кожухотрубчастих теплообмінних апаратів / В. В. Іванченко, О. І. Барвін, Ю. М. Штонда. – Луганськ : Вид-во СЛУ ім. В. Даля, 2006. – 208 с.

					XI.T.00.00.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		66

11. Касаткин А. Г. Основные процессы и аппараты химической технологии / А. Г. Касаткин. – Москва : Химия, 1973. – 754 с.
12. Павлов К. Ф. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии / К. Ф. Павлов, П. Г. Романков, А. А. Носков. – Ленинград : Химия, 1987. – 576 с.
13. Кутателадзе С. С. Справочник по теплопередаче / С. С. Кутателадзе, В. М. Боришанский. – Москва : Госэнергоиздат, 1958. – 417 с.
14. Дытнерский Ю. И. Процессы и аппараты химической технологии : учебник для вузов : в 2 кн. Кн. 1. Теоретические основы процессов химической технологии. Гидромеханические и тепловые процессы и аппараты / Ю. И. Дытнерский. – Москва : Химия, 1995. – 400 с.
15. Kosaric N. et al. Ethanol // Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry. – 6th. – Weinheim : Wiley-VCH, 2005.
16. Врагов А. П. Матеріали до розрахунків процесів та обладнання хімічних і газонафтопереробних виробництв: Навчальний посібник / А. П. Врагов, Я. Е. Михайловський, С. І. Якушко. – За ред. А. П. Врагова. – Суми : Вид-во СумДУ, 2008. – 170 с.
17. Машины и аппараты химических производств. Примеры и задачи / Под общ. ред. В. Н. Соколова. – Л. : Машиностроение, 1982. – 384 с.
18. Лацинский А. А. Основы конструирования и расчета химической аппаратуры / А. А. Лацинский, А. Р. Толчинский. – Л. : Машиностроение, 1970. – 752 с.
19. Лацинский А. А. Конструирование сварных химических аппаратов : Справочник / А. А. Лацинский. – Л. : Машиностроение, 1981. – 382 с.
20. Марочник сталей и сплавов / В. Г. Сорокин, А. В. Волосникова, С. А. Вяткин [и др.]. – Под общ. ред. Сорокина В. Г. – М. : Машиностроение, 1989. – 640 с.
21. 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.

					XI.T.00.00.00 ПЗ	Арк.
						67
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

22. Основы проектирования пищевых производств : учеб. пособие / С. И. Дворецкий, Е. В. Хабарова. – Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2008. – 92 с.
23. Методичні вказівки до вивчення дисципліни «Проектування хімічних підприємств та основи САПР» / Укладачі: О. О. Ляпощенко, В. М. Маренок. – Суми : Вид-во СумДУ, 2008. – 81 с.
24. Фарамазов С. А. Ремонт и монтаж оборудования химических и нефтеперерабатывающих заводов / С. А. Фарамазов. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : Химия, 1980. – 312 с.
25. Ермаков В. И. Ремонт и монтаж химического оборудования / В. И. Ермаков, В. С. Шейн. – Ленинград : Химия, 1981. – 368 с.
26. Дудников Е. Г. Автоматическое управление в химической промышленности / Е. Г. Дудников, А. В. Казаков, Ю. Н. Софиева, А. Э. Софиев, А. М. Ци-рлин. – Москва : Химия, 1987. – 368 с.
27. Разработка и внедрение АСУ ТП Siemens [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.silogic.com.ua/pages/products/as/simatic-plc>
28. ГОСТ 12.0.003-91 «ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация».
29. СН 245-79 «Санитарные нормы проектирования промышленных предприятий».
30. ГОСТ Р 51723-2001 «Спирт этиловый питьевой 95%-ный. Технические условия».
31. Методические указания к дипломному проекту «Расчет общеобменной вентиляции» из раздела «Охрана труда / Утвердители: Л.О. Гурец, А.П. Бурдьянов». – Сумы: Издательство СумГУ, 2010. – 24 с.

					XI.T.00.00.00 ПЗ	Арк.
						68
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		