

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 слабкої азотної кислоти
контактним способом. Розробити та модернізувати
випарник з паровим простором

Виконала:
студентка групи ХМ.мз-01с
Сербіновська Лариса Володимирівна

підпис

Залікова книжка

№ _____

Кваліфікаційна робота магістра
захищена на засіданні ЕК

з оцінкою _____

" ____ " _____ 20 ____ р.

Підпис голови
(заступника голови) комісії

Керівник:

канд. техн. наук, ст. викладач

Острога Руслан Олексійович

підпис, дата

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 69 с., 12 рис., 4 табл., 1 додаток, 20 джерел.

Графічні матеріали: технологічна схема виробництва слабкої азотної кислоти контактним способом, монтажне креслення ділянки, схема автоматизації, складальне креслення випарника з паровим простором, креслення складальних одиниць – усього 5 листів графічної частини формату А1.

Тема кваліфікаційної роботи «Виробництво слабкої азотної кислоти контактним способом. Розробити та модернізувати випарник з паровим простором».

У магістерській роботі розглянуто сировинну базу та способи виробництва слабкої азотної кислоти, наведено теоретичні основи виробництва слабкої азотної кислоти, представлені конструктивні особливості та методика теплового розрахунку кожухотрубних випарників із паровим простором, а також запропоновано модернізацію проектної розробки шляхом впровадження більш сучасної системи автоматизації. Також виконані технологічні, конструктивні розрахунки проектного апарату, а також розрахунки апарату на міцність та герметичність, що підтверджують працездатність і надійність роботи випарника. Розроблено схему автоматизації технологічного процесу. Проведено аналіз потенційних небезпек і шкідливостей, що виникають при експлуатації обладнання у виробництві слабкої азотної кислоти, запропоновані заходи щодо їх усунення. Виконано розрахунок потенційно-небезпечного фактору.

Ключові слова: УСТАНОВКА, КОЖУХОТРУБНИЙ ТЕПЛООБМІННИК, ПАРОВИЙ ПРОСТІР, АМІАК, ВОДА ТЕХНІЧНА, АВТОМАТИЗАЦІЯ, ВЕНТИЛЯЦІЯ.

ЗМІСТ

	С.
ВСТУП	5
1 ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД ЗА ТЕМАТИКОЮ ПРОЕКТУ	7
1.1 Сировина і способи виробництва слабкої азотної кислоти	7
1.2 Теоретичні основи виробництва слабкої азотної кислоти	8
1.3 Конструктивні особливості та методика теплового розрахунку кожухотрубних випарників із паровим простором	12
1.4 Новизна проектної розробки	20
2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	21
2.1 Опис технологічної схеми виробництва слабкої азотної кислоти контактним способом	21
2.2 Опис об'єкту розробки	23
2.3 Технологічні розрахунки	24
2.4 Конструктивні розрахунки апарату	27
2.5 Визначення гідравлічного опору апарату	29
2.6 Розрахунок і вибір допоміжного обладнання	31
3 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА	36
3.1 Вибір конструкційних матеріалів	36
3.2 Розрахунки на міцність, стійкість та герметичність	38
4 БУДІВЕЛЬНО-МОНТАЖНА ЧАСТИНА	45
4.1 Обґрунтування компонування основного та допоміжного обладнання	45
4.2 Проведення монтажних та ремонтних робіт основного технологічного обладнання	48
5 ІНФОРМАЦІЙНЕ ТА АПАРАТУРНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ АВТОМАТИЗОВАНОГО КЕРУВАННЯ	54
5.1 Вибір та обґрунтування параметрів контролю, регулювання та вимірювання	54

					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>Сербіноєська</i>			Випарник аміаку у виробництві слабкої HNO_3 Пояснювальна записка	<i>Лім.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Острога</i>					3	69
<i>Реценз.</i>						СумДУ, ХМ.мз-01с		
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>		<i>Склабінський</i>						

5.2 Вибір та обґрунтування технічних засобів автоматизації	56
6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	58
6.1 Аналіз потенційних небезпек та шкідливостей під час роботи установки виробництва слабкої азотної кислоти контактним способом	58
6.2 Розрахунок потенційно-небезпечного фактору	65
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ	68
ДОДАТОК – Специфікації до графічної частини	

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

ВСТУП

Азотна кислота за обсягом виробництва посідає серед інших кислот друге місце після сірчаної кислоти. Невпинно зростаючі обсяги виробництва HNO_3 пояснюється величезним значенням азотної кислоти та її солей для промисловості та народного господарства [1].

Азотна кислота є одним з початкових продуктів для отримання більшості азотовмісних речовин. Сфери застосування азотної кислоти дуже різноманітні. Велика її частина (до 75–80 %) витрачається на виробництво азотних і комплексних мінеральних добрив і різноманітних нітратів, 10–15 % йде на отримання вибухових речовин і ракетного палива, решта кількості споживається виробництвом барвників, органічним синтезом і в кольоровій металургії [2].

Промисловістю виробляється неконцентрована (до 60–62 % HNO_3) і концентрована (98–99 % HNO_3) кислота. У невеликих об'ємах випускається реактивна і азотна кислота особливої чистоти. У виробництві вибухових речовин нітрацією толуолу, уротропіну, ксилолу, нафталіну і інших органічних продуктів застосовують концентровану азотну кислоту. Для отримання добрив споживається, як правило, розбавлена азотна кислота [2].

Як відмічає у своєму дослідженні британське консалтингове агентство Merchant Research & Consulting Ltd., у цілому світовий ринок азотної кислоти нині є досить насиченим, проте попит на промислові хімікати неухильно підвищується.

Виробництво промислових хімікатів (головним чином, адипінової кислоти, толуїлендіізоціанатів і нітробензолу на базі азотної кислоти) сконцентроване, в основному, у Західній Європі і США, хоча останніми роками швидко розширення їх випуску відзначалося також в країнах Східної Азії. В Індії швидкими темпами (7 % на рік) приростає ринок концентрованої азотної кислоти. Окрім споживання концентрованої азотної кислоти підприємствами оборонного комплексу, продукт використовується у виробництві нітроароматичних з'єднань, акрилонітрильних волокон, пестицидів, ліків і барвників. Особливо відзначається зростання споживання азотної кислоти для лікарських засобів і пестицидів [3].

					XI.T.00.00.00 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		5

Таким чином, у зв'язку з неухильним зростанням виробництва азотної кислоти, питання вдосконалення технології та розвитку нових методів виробництва азотної кислоти набувають великого значення.

У даній кваліфікаційній роботі запроєктовано кожухотрубний теплообмінник із паровим простором для випаровування рідкого аміаку.

Загалом, магістерську кваліфікаційну роботу виконано у відповідності до методичних вказівок [4] із дотриманням нормативних вимог та наявністю усіх регламентованих розділів.

					XI.T.00.00.00 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		6

1 ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД ЗА ТЕМАТИКОЮ ПРОЕКТУ

1.1 Сировина і способи виробництва слабкої азотної кислоти

Сировинна база виробництва неконцентрованої азотної кислоти. Основною сировиною для виробництва неконцентрованої азотної кислоти на даний час є аміак, повітря і вода. Допоміжними матеріальними і енергетичними ресурсами є каталізатори окислення аміаку і очищення вихлопних газів, природний газ і електроенергія [1, 2].

Аміак у звичайних умовах являє собою безбарвний газ із різким запахом, добре розчинний у воді і інших розчинниках. Поворотним етапом у розвитку виробництва синтетичного аміаку стало застосування головуючого наразі у промисловості методу отримання водню конверсією метану, що міститься у природному газі, в попутних нафтових газах і продуктах нафтопереробки. Вміст домішок у рідкому аміаку регламентується ГОСТ 6221-82. Найбільш типовими домішками є вода, мастила, каталізаторний пил, окалина, карбонат амонію, розчинені гази (водень, азот, метан). При недотриманні ГОСТ домішки, що містяться в аміаку, можуть потрапити в аміачно-повітряну суміш (АПС) і знизити вихід оксиду азоту (II), а водень і метан можуть змінити межі вибуховості АПС.

Повітря. Для технічних розрахунків приймають, що сухе повітря містить [% об.]: N_2 – 78,1; O_2 – 21,0; Ar_2 – 0,9; H_2O – 0,1–2,8. У повітрі можуть бути присутніми також сліди SO_2 , NH_3 , CO_2 . У районі промислових майданчиків повітря забруднене пилом різного походження, а також різноманітними компонентами неорганізованих газових викидів (SO_2 , SO_3 , H_2S , C_2H_2 , Cl_2 тощо). Кількість пилу у повітрі становить 0,5–1,0 мг/м³.

Вода використовується у виробництві азотної кислоти для зрошення абсорбційної колони, для вироблення пари при утилізації тепла в котлах- утилізаторах, для охолодження реакційних апаратів. Для абсорбції оксидів азоту використовують найчастіше паровий конденсат і хімічно очищену воду. У деяких схемах дозволено застосовувати конденсат сокової пари аміачної селітри. У будь-якому випадку вода, яка використовується для зрошення колон, не повинна містити віль-

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

ного аміаку і твердих суспензій; вміст хлорид-іона має бути не більше 2 мг/л, ма-сла – не більше 1 мг/л, NH_4NO_3 – не більше 0,5 г/л.

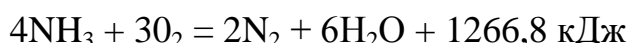
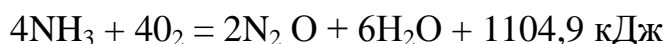
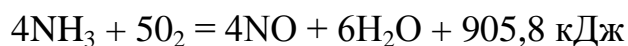
Хімічно очищена вода для котлів-утилізаторів повинна відповідати вимогам ГОСТ 20995-75. Технічна вода, призначена для відводу тепла в теплообмінниках та охолодження обладнання (оборотна вода), повинна відповідати таким вимогам:

- жорсткість карбонатна, мекв/кг – не більше 3,6;
- вміст зважених речовин, мг/кг – не більше 50;
- значення рН 6,5–8,5.

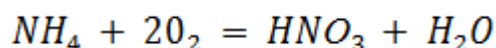
Кисень застосовується переважно у виробництві концентрованої азотної ки-слоти за методом прямого синтезу. В окремих випадках використовується для збагачення АПС при отриманні неконцентрованої азотної кислоти.

1.2 Теоретичні основи виробництва слабкої азотної кислоти [1, 2]

Окислення аміаку. Окислення аміаку киснем повітря до оксиду азоту є каталітичним процесом. Залежно від умов його проведення можливе протікання наступних реакцій:



Окрім цього, можливе утворення N_2 при розкладанні оксиду азоту NO , а та-кож в результаті взаємодії його з NH_3 . Оскільки для окислення NH_3 використову-ють повітря, вміст аміаку в аміачно-повітряній суміші, що утворюється, обмежу-ється вмістом кисню в повітрі. Оптимальний вміст аміаку в аміачно-повітряній суміші визначають на основі сумарної реакції:



Виходячи з цього рівняння вмісту NH_3 складає:

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

$$\frac{21}{2} : \left(100 + \frac{21}{2}\right) 100 = 9.5 \%$$

Практичний вміст аміаку в аміачно-повітряній суміші у виробничих умовах підтримують в межах 9,5–11,5 % об. при співвідношенні $[O_2] : [NH_3] = 1,7 : 2$. При збільшенні вмісту NH_3 більше 13 % суміш стає вибухонебезпечною. Так, при 380–400°C вибухає суміш, що містить 12,5–13 % NH_3 .

Каталізатори. Оскільки окислення аміаку може протікати в декількох напрямках, то для отримання необхідного продукту (NO) необхідно застосування каталізаторів, що мають селективну (виборчу) дію. Таким каталізатором є платиноїдний каталізатор, виготовлений зі сплаву платини з паладієм і родієм. Платиноїдний каталізатор виконують у вигляді сіток з дроту (ниток) завтовшки 0,09 мм з числом осередків 1024 на 1 см². Найбільше поширення отримали наступні каталізатори окислення аміаку: платина + 4 мас. % Pd + 3,5 мас. % Rh – при атмосферному тиску і платина + 7,5 мас. % Rh – для роботи при підвищеному тиску.

Нові сітки мають вигляд переплетення з гладких блискучих і еластичних ниток, в процесі експлуатації сітки стають матовими, губчастими з сильно розвиненою внутрішньою поверхнею, що веде до їх поступового руйнування. Сітки, що втратили більше 12 % первинної маси, передають на переплавку.

Швидкість окислення аміаку. Окислення аміаку до NO відноситься до гетерогенних процесів і складається з наступних стадій:

- 1) надходження реагуючих молекул з маси газу до зовнішньої поверхні каталізатора;
- 2) дифузії цих речовин до внутрішньої поверхні каталізатора;
- 3) взаємодії адсорбованих молекул із поверхнею каталізатора;
- 4) дифузії речовин, що прореагували, до зовнішньої поверхні каталізатора;
- 5) надходження продуктів реакцій із зовнішньої поверхні каталізатора в газовий потік.

Швидкість реакції окислення аміаку, у першу чергу, залежить від швидкості дифузії O_2 і NH_3 до поверхні каталізатора. Швидкість дифузії аміаку до повер-

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

хні платиноїдного каталізатора нижча, ніж швидкість дифузії кисню, при цьому вона і є визначальною швидкістю окислення аміаку до NO.

Відомо, що механізм окислення аміаку до NO на платиноїдних каталізаторах протікає через ряд проміжних реакцій.

При окисленні аміаку до оксиду азоту аміачно-повітряна суміш повинна пройти через шар каталізаторів. Час зіткнення газів із каталізатором має бути абсолютно визначеним для досягнення заданої міри окислення аміаку. Для розрахунку часу контакту користуються рівнянням:

$$\tau = \frac{V_6}{V_2} \quad (1.1)$$

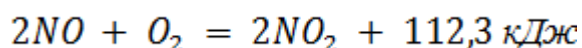
де τ – час перебування в зоні каталізу, °С ;

V_6 – вільний об'єм каталізатора, м³;

V_2 – об'ємна швидкість газу в умовах конверсії, м³/с.

Практикою показано, що оптимальний час перебування в зоні каталізу аміачно-повітряної суміші становить 10^{-4} – 10^{-5} с. Збільшення часу перебування в зоні каталізу, тобто зменшення швидкості газового потоку, веде до утворення елементарного азоту. Збільшення швидкості газу вище оптимальною зменшує час перебування газової суміші в зоні каталізу, що веде до проскакування аміаку в потік нітрозного газу. Аміак, що проскочив в потік нітрозного газу, реагує з оксидом азоту, утворюючи елементарний азот; взаємодіє із діоксидом азоту з утворенням нітриту і нітрату амонію; при високій температурі він може також розкладатися до елементарного азоту і N₂O. Усі вказані реакції ведуть до втрати аміаку.

Окислення оксиду азоту. Реакція окислення NO в NO₂ є рівноважною, оборотною і йде з виділенням тепла:

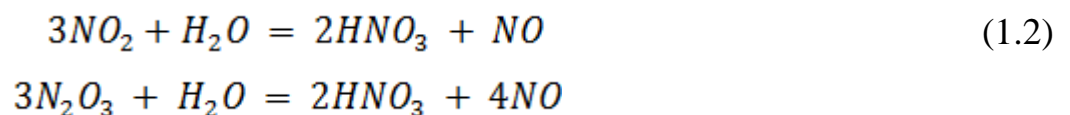


За принципом Ле-Шательє, із підвищенням температури рівновага реакції зміщується вліво, що призводить до зниження виходу NO₂. Для прискорення цієї реакції доцільно застосовувати підвищені тиски, знижені температури, а також

					XI.T.00.00.00 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		10

підвищені концентрації NO і O₂. Швидкість реакції пропорційна квадрату концентрації NO у газовій суміші і концентрації O₂. Окислення NO в NO₂ залежить від концентрації в NO і O₂, тиску і температури газу.

Абсорбція оксидів азоту. Нитрозні гази, що поступають на абсорбцію, містять NO₂, N₂O₄, N₂O₃ і NO. Усі ці оксиди, окрім NO, реагують із водою з утворенням азотної кислоти. Сумарно процес утворення HNO₃ описується у вигляді наступних рівнянь:



Із рівняння (1.2) виходить, що на отримання 2 моль HNO₃ витрачаються 3 моль NO₂, причому 1/3 азоту, що вводиться у процес, виділяється в газову фазу у вигляді NO. Оксид азоту знову окислюється киснем до NO₂ і при повторному поглинанні оксиду, що утворюється, знову виділяється із азоту у вигляді NO. Цей процес математично відповідає геометричній прогресії, сума членів якої дорівнює:

$$1 + \frac{1}{3} + \frac{1}{3} + \frac{1}{3} + \frac{1}{3} \cdot \frac{1}{3} \cdot \frac{1}{3} + \dots = 1,5.$$

Звідси витікає, що повністю переробити оксиди азоту в азотну кислоту при водній абсорбції неможливо. У газах, що виходять із абсорбційної колони, завжди будуть присутні оксиди азоту, вміст яких залежить від умов їх поглинання.

Міра перетворення NO₂ в азотну кислоту збільшується при поглинанні оксидів азоту розбавленими водними розчинами азотної кислоти, при знижених температурах. Абсорбція практично повністю припиняється при утворенні 65 %-вої кислоти. Перешкодою для отримання кислоти концентрацією вище 65 % мас. HNO₃ є присутність у газовій фазі незначної кількості NO, швидкість окислення якого дуже мала.

					XI.T.00.00.00 ПЗ	Лист
						11
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

1.3 Конструктивні особливості та методика теплового розрахунку кожухотрубних випарників із паровим простором [5–10]

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. 1.1.



Рисунок 1.1 – Загальний вигляд трубних пучків із U-подібними трубами

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. 1.2.

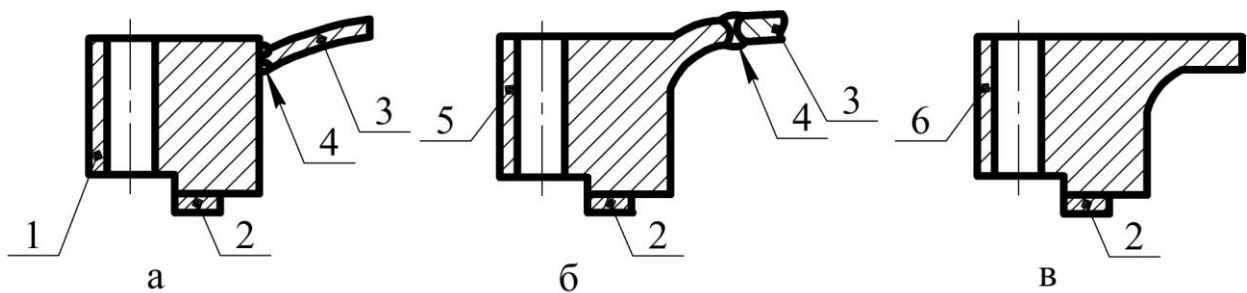


Рисунок 1.2 – Типові конструкції кришок плаваючих головок:
а – кільце-днище; б – фланець-днище; в – суцільна конструкція;
1 – кільце; 2 – прокладка; 3 – днище; 4 – зварний шов;
5 – фланець; 6 – суцільна механічно оброблена кришка

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

XI.T.00.00.00 ПЗ

Лист

12

Існують два варіанти виготовлення корпусу: з переднім напівконічним днищем та з еліптичним днищем. 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 $a \geq 0,1 \cdot D_3$ 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.

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 – це 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.

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.

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

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):

$$Q = G_x \cdot (H_{xk} - h_{xn}) = G_x \cdot (H_{xk} - h_{xk} + h_{xk} - h_{xn}) = G_x \cdot (r_{\text{пар}} + c_x \cdot (t_{xk} - t_{xn})), \quad (1.3)$$

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

$r_{\text{пар}}$ – питома теплота пароутворення холодного теплоносія, Дж/кг.

Якщо холодний теплоносій подається на випарювання підігрітим до температури кипіння ($t_{xn} = t_{xk}$), то рівняння (1.3) набирає спрощеного вигляду:

$$Q = G_x \cdot r_{\text{пар}}. \quad (1.4)$$

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.

Якщо початкова температура холодного теплоносія менша від рівноважної, то температурна схема має вигляд, як показано на рис. 1.3, 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.

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

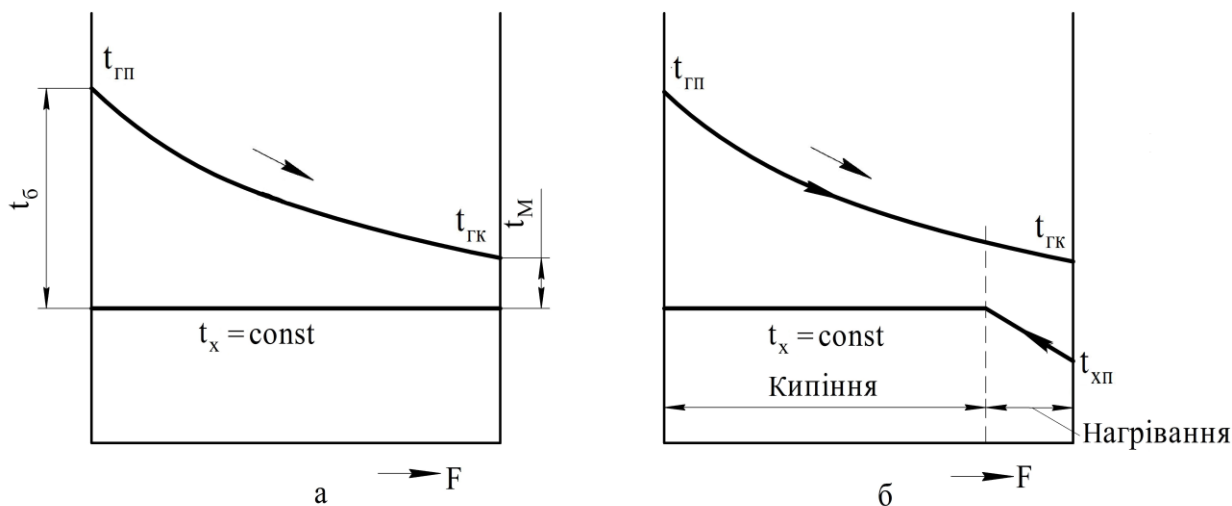


Рисунок 1.3 – Температурна схема процесу за зміни агрегатного стану холодного теплоносія: а – для однозонного апарата; б – для багатозонного апарата

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 $D_в$ 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 $S_{тр}$ 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.

На рис. 1.4 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).

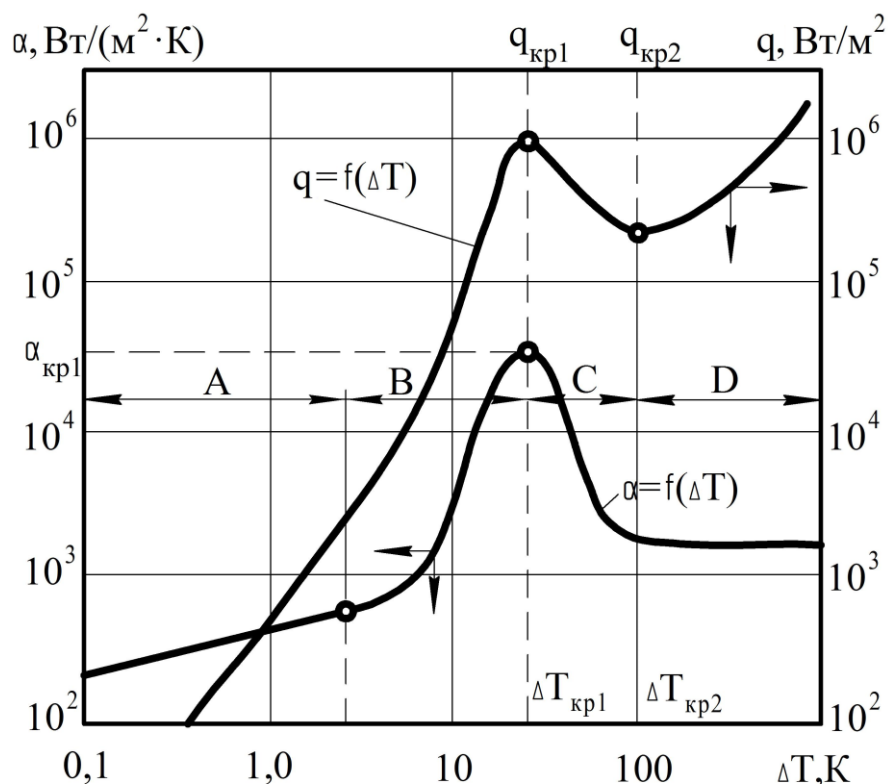


Рисунок 1.4 – Залежність густини теплового потоку q та коефіцієнта тепловіддачі α під час кипіння води від температурного напору ΔT і режимів кипіння:

А – природна конвекція; В – бульбашкове кипіння;

С – перехідна область; D – плівкове кипіння

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

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 [6].

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 $\Delta T_{кр1} = 25^\circ\text{C}$, $\alpha_{кр1} = 5,8 \cdot 10^4 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}$, $q_{кр1} = 1,45 \cdot 10^6 \text{ Вт/м}^2$ [6].

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).

У багатьох випадках для розрахунків коефіцієнта тепловіддачі $\alpha_{кин}$ під час розвиненого бульбашкового кипіння чистих рідин і розчинів у великому об'ємі рекомендують використовувати критеріальні рівняння такого вигляду [9]:

$$Nu_{кин} = 0,125 \cdot Re'^{0,65} \cdot Pr^{0,33} \text{ при } Re' \geq 0,01, \quad (1.5)$$

$$Nu_{кин} = 0,0625 \cdot Re'^{0,5} \cdot Pr^{0,33} \text{ при } Re' < 0,01, \quad (1.6)$$

де $Nu_{кин}$ – узагальнений критерій Нуссельта:

$$Nu_{кин} = \frac{\alpha_{кин} \cdot l'}{\lambda_p}; \quad (1.7)$$

Re' – модифікований критерій Рейнольдса:

$$Re' = \frac{w_n \cdot l' \cdot \rho_p}{\mu_p}; \quad (1.8)$$

Pr – критерій Прандтля для киплячої рідини:

$$Pr = \frac{c_p \cdot \mu_p}{\lambda_p}; \quad (1.9)$$

l' – модифікований лінійний розмір:

$$l' = \frac{c_p \cdot \rho_p \cdot \sigma_p \cdot T_{кин}}{(\rho_n \cdot r_{нар})^2}; \quad (1.10)$$

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

$$w_n = \frac{q}{\rho_n \cdot r_{нар}}; \quad (1.11)$$

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;

$T_{кин}$ – температура кипіння, К.

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

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

$$w = 0,078 \cdot (\rho_0 / \rho_n)^{1,1}, \quad (1.12)$$

де ρ_0 – густина пари за атмосферним тиском.

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

$$\begin{aligned} \alpha_{\text{кип}} &= \left(0,075 + 0,75 \cdot \left(\frac{\rho_n}{\rho_p - \rho_n} \right)^{2/3} \right) \cdot \left(\frac{\lambda_p^2 \cdot \rho_p}{\mu_p \cdot \sigma_p \cdot T_{\text{кип}}} \right)^{1/3} \cdot q^{2/3} = \\ &= \left(0,075 + 0,75 \cdot \left(\frac{\rho_n}{\rho_p - \rho_n} \right)^{2/3} \right)^3 \cdot \frac{\lambda_p^2 \cdot \rho_p \cdot \Delta T^2}{\mu_p \cdot \sigma_p \cdot T_{\text{кип}}}. \end{aligned} \quad (1.13)$$

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.

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 $0,4 \cdot q_{\text{кр1}}$) можна застосовувати формулу [6]:

$$\alpha_{\text{кип}} = 2,72 \cdot \varphi \cdot p^{0,4} \cdot q^{0,7}, \quad (1.14)$$

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 [10] наведені емпірич-

					XI.T.00.00.00 ПЗ	Лист
						19
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

ні залежності між $\alpha_{кин}$, p і q для деяких рідин, що киплять на різноманітних поверхнях за різних способів обігрівання.

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

1.4 Новизна проектної розробки

Сучасні хіміко-технологічні процеси (ХТП) відрізняються високими швидкостями протікання технологічних процесів і хімічних реакцій, складними технологічними схемами, великою кількістю апаратів, складними умовами ведення процесу (високі температура, тиск тощо). Окрім того, виробництво слабкої азотної кислоти являє собою безперервну технологічну лінію і характеризується підвищеною пожежо- та вибухонебезпекою, можливістю викиду небезпечних речовин у навколишнє середовище.

Управляти такими процесами, використовуючи застарілі засоби контролю й системи керування, забезпечуючи при цьому високі техніко-економічні показники і якість продукції, практично неможливо. Із цією метою в даній магістерській роботі запропоновано використовувати АСКТП на базі мікропроцесорного керуючого обчислювального комплексу (КОК) МСКУ-М.

При впровадженні АСКТП для керування даним виробництвом скорочується собівартість продукції за рахунок зниження видаткових норм на сировину, енергоресурси на одиницю продукції, поліпшується якість продукції, полегшується робота оперативного персоналу при веденні технологічного процесу.

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

2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1 Опис технологічної схеми виробництва слабкої азотної кислоти контактним способом

На рис. 2.1 представлена технологічна схема роботи агрегату для отримання 60 %-ої азотної кислоти.

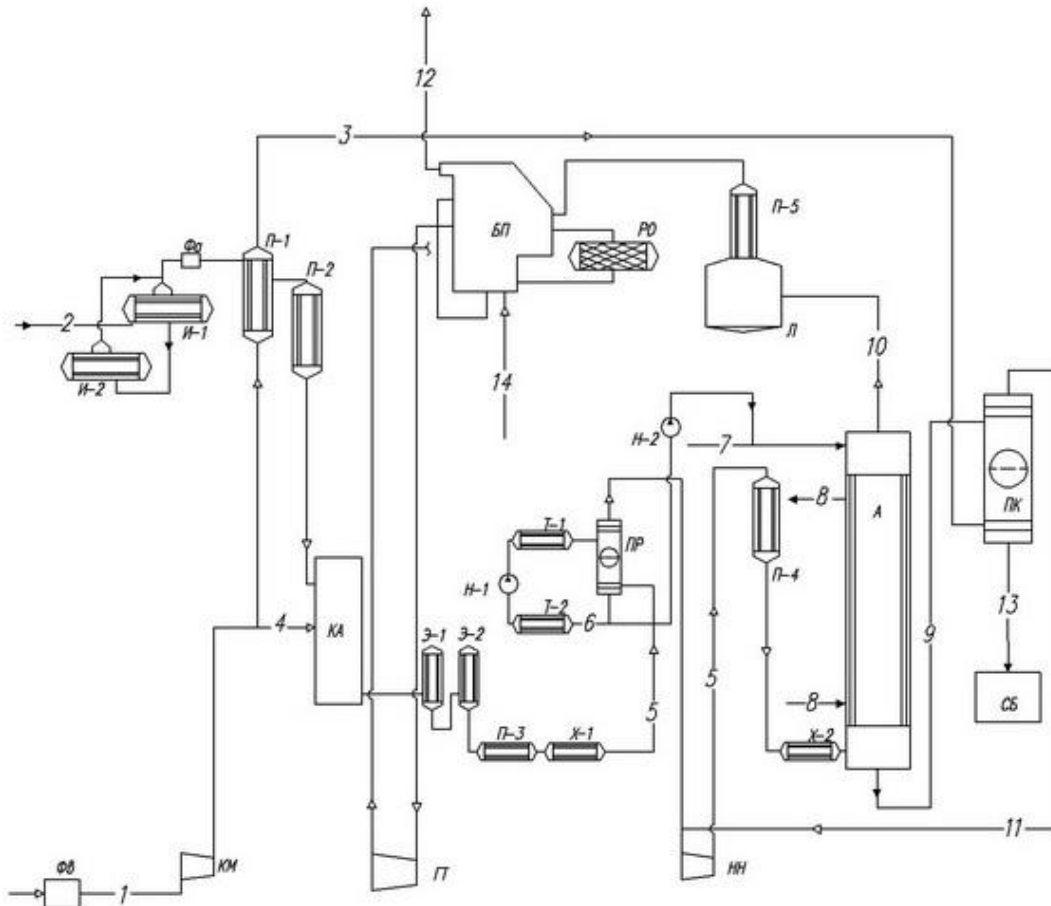


Рисунок 2.1 – Технологічна схема виробництва слабкої азотної кислоти контактним способом

Працює установка наступним чином. Атмосферне повітря після очищення від механічних домішок на фільтрах грубого і тонкого очищення в апараті Фв засмоктується осьовим повітряним компресором КМ. Стиснене повітря розділяється на два потоки, із яких основний потік прямує в контактний апарат окислення аміаку КА, а другий потік проходить послідовно підігрівач газоподібного аміаку П-1, продувну колону ПК і змішується з нітрозними газами на лінії всмоктування нітрозного нагнітача НН.

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

XI.T.00.00.00 ПЗ

Лист

21

Рідкий аміак надходить у випарник И-1, де випаровується за рахунок тепла циркулюючої води. Вологий газоподібний аміак очищається у фільтрі Фа від механічних домішок (каталізаторного пилу) і парів масла, нагрівається в підігрівачі П-1 стисненим повітрям (а в холодну пору року – додатково в підігрівачі П-2 парою). Гарячий газоподібний аміак змішується із повітрям в змішувачі, який вбудовано у верхню частину контактного апарату КА. Аміачно-повітряна суміш піддається додатковій тонкій очистці в фільтрі, який також вбудовано в контактний апарат.

Окислення (конверсія) аміаку здійснюється на каталізаторних сітках з платино-родієво-паладієвого сплаву.

Гарячі нітрозні гази охолоджуються послідовно в котлі-утилізаторі, розташованим під каталізаторною сіткою, в економайзерах Е-1, Е-2, підігрівачі хімічно очищеної води П-3, холодильнику-конденсаторі Х-1 і промивачі ПР поряд із процесами охолодження нітрозного газу і конденсації парів з утворенням азотної кислоти здійснюється промивка нітрозних газів від аміаку, який не прореагував на каталізаторних сітках, і нітрит-нітратів амонію, що утворюються з аміаку і оксидів азоту в тракці до промивача.

Промивач зрошується азотною кислотою, циркуляція якої здійснюється насосом Н-1 через теплообмінники Т-1 і Т-2. Із промивача кислота насосом Н-2 подається на зрошення в абсорбційну колону А.

Охолоджений нітрозний газ надходить в нагнітач НН, де стискається. Далі послідовно охолоджується у підігрівачі живильної води П-4 і в холодильнику-конденсаторі Х-2 і надходить в абсорбційну колону А. Продукційна азотна кислота концентрацією 60 % надходить в продувну колону ПК, де під тиском повітрям із неї віддувають розчинені оксиди азоту, а далі самопливом спрямовується у збірник продукційної кислоти СБ.

Вихлопні гази з абсорбційної колони спрямовуються в пастку Л з вбудованим підігрівачем П-5, в якому вони підігріваються для випаровування захоплених дрібних бризок, а потім – у блок підігріву вихлопних газів БП. Вихлопний газ після підігрівача надходить у блок підігріву вихлопних газів. Після підігріву в реге-

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

камеру випарника надходить гарячий теплоносії – вода технічна при початковій температурі 55°C. За допомогою теплопередачі через сталеву стінку теплообмінних труб відбувається активне випаровування аміаку.

Утворені в результаті випаровування пари аміаку залишають апарат через верхній штуцер. Рівень рідини у випарнику підтримується за допомогою переливної планки. Рідина, яка перевищила встановлений планкою рівень, виводиться за межі апарату за допомогою зливного патрубку. Для монтажних і ремонтних робіт в апараті передбачені люк і спеціальний монтажний патрубок.

2.3 Технологічні розрахунки

Технологічний розрахунок починається із визначення основних теплофізичних властивостей теплоносіїв, а саме: щільності, динамічної в'язкості, теплоємності і теплопровідності [6–9].

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

$$Q = Q_{исп} = G_x \cdot r_x, \quad (2.1)$$

де $Q_{исп}$ – кількість теплоти, яка необхідна для випаровування аміаку;
 r_x – питома теплота пароутворення аміаку, $r_x = 1350 \cdot 10^3$ Дж/кг;

$$Q = \frac{2100}{3600} \cdot 1350 \cdot 10^3 = 787500 \text{ (Вт)}.$$

Витрата гарячого теплоносія (води технічної):

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

де c_2 – теплоємність води, $c_2 = 4,187 \cdot 10^3$ Дж/(кг·К);
 $t_{к2}$ – кінцева температура води.

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

Для наближених (навчальних) розрахунків орієнтовно приймають, що температура кипіння робочого тіла повинна бути на 5–15°C нижче температури охолоджуваного теплоносія [6]. Отже, за рекомендацією [6] приймаємо $t_{к2} = 40^\circ\text{C}$.

$$G_2 = \frac{787,5}{4,187 \cdot (55 - 40)} = 12,5 \text{ (кг/с)}.$$

Для визначення середньої різниці температур будемо температурну схему процесу випаровування аміаку (рис. 2.3).

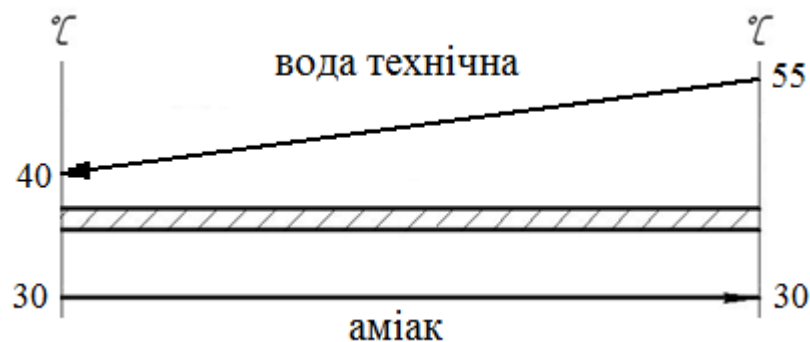


Рисунок 2.3 – Температурна схема процесу випаровування рідкого аміаку

Середню різницю температур визначаємо за рівнянням:

$$\Delta t_{CP} = \frac{\Delta t_B - \Delta t_M}{\ln \frac{\Delta t_B}{\Delta t_M}}, \quad (2.3)$$

де Δt_B і Δt_M – різниці температур теплоносіїв на кінцях теплообмінника; більша різниця температур дорівнює $\Delta t_B = 55 - 30 = 25^\circ\text{C}$; менша різниця температур становить $\Delta t_M = 40 - 30 = 10^\circ\text{C}$.

$$\Delta t_{CP} = \frac{25 - 10}{\ln \frac{25}{10}} = 16,4^\circ\text{C},$$

Орієнтовне значення коефіцієнта теплопередачі від води до киплячої рідини (випарники) за [6] становить 300–900 Вт/(м²·К). Попередньо задавшись усередненим значенням коефіцієнта теплопередачі $K = 600 \text{ Вт/(м}^2\cdot\text{К)}$, розраховуємо орієнтовну поверхню теплопередачі:

$$F = \frac{787500}{600 \cdot 16,4} = 80 \text{ (м}^2\text{)}.$$

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 134;
- 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 води; при усередненій температурі $\rho_2 = 989 \text{ кг/м}^3$ [6];
 n – число ходів теплоносія по трубному простору.

$$w_2 = \frac{12,5}{2 \cdot 989 \cdot 23 \cdot 10^{-2}} = 0,27 \text{ (м/с)}.$$

Враховуючи, що для води динамічний коефіцієнт в'язкості дорівнює $\mu_2 = 5,5 \cdot 10^{-4} \text{ Па} \cdot \text{с}$, коефіцієнт теплопровідності $\lambda_2 = 0,65 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$ і коефіцієнт об'ємного розширення теплоносія $\beta_2 = 4,49 \cdot 10^{-4} \text{ 1/К}$ визначаємо критерії:

– критерій Рейнольдса:

$$\text{Re} = \frac{0,27 \cdot 0,021 \cdot 989}{5,5 \cdot 10^{-4}} = 10375.$$

– критерій Прандтля:

$$\text{Pr} = \frac{5,5 \cdot 10^{-4} \cdot 4,187 \cdot 10^3}{0,65} = 3,54.$$

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

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

$$Nu_2 = 0,023 \cdot 10375^{0,8} \cdot 3,54^{0,4} = 62,2.$$

Коефіцієнт тепловіддачі α_2 визначаємо з рівняння (5):

$$\alpha_2 = \frac{62,2 \cdot 0,65}{0,021} = 1927 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}).$$

Коефіцієнт тепловіддачі зі сторони аміаку α_x визначаємо, попередньо розрахувавши значення безрозмірної функції b :

$$b = 0,75 + 7,5 \cdot \left(\frac{9}{595 - 9} \right)^{2/3} = 1,2.$$

Для аміаку: $\nu_x = 0,223 \text{ м}^2/\text{с}$, $\lambda_x = 0,455 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$, $\sigma_x = 0,0234 \text{ Н}/\text{м}$.

$$\alpha = 1,2 \cdot \frac{0,455^2 \cdot 30^2}{0,223 \cdot 0,0234 \cdot 30} = 1428 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}).$$

Далі визначаємо реальний коефіцієнт теплопередачі:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{1927} + \frac{0,002}{17,5} + \frac{1}{1428}} = 750 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}).$$

2.4 Конструктивні розрахунки апарату

Розрахункова поверхня випарника складе:

$$F_p = \frac{787500}{750 \cdot 16,4} = 64 \text{ (м}^2\text{)}.$$

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

Запас поверхні:

$$\Delta = \frac{F - F_p}{F} \cdot 100\% ; \quad (2.5)$$

$$\Delta = \frac{82 - 64}{82} \cdot 100\% = 21,9\% .$$

Отже, вибраний теплообмінний апарат забезпечує достатній запас поверхні.

Остаточно вибираємо випарник типу У 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 134;
- площа прохідного перетину одного ходу по трубах $s_{mp} = 23 \cdot 10^{-2} \text{ м}^2$.

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

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot V}{\pi \cdot w}} = \sqrt{\frac{4 \cdot G}{\pi \cdot \rho \cdot w}} , \quad (2.6)$$

де V і G – об'ємна і масова витрати рідини/пари відповідно, $\text{м}^3/\text{с}$ і $\text{кг}/\text{с}$;

ρ – густина потоку середовища, $\text{кг}/\text{м}^3$;

w – швидкість витікання середовища, $\text{м}/\text{с}$.

Рекомендовані швидкості руху теплоносіїв [6]:

– для рідини 0,1–0,5 $\text{м}/\text{с}$ при самопливі і 0,5–2,5 $\text{м}/\text{с}$ в напірних трубопроводах;

– для пари або газу 5–25 $\text{м}/\text{с}$.

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

Діаметр патрубку для входу рідкого аміаку в апарат:

$$d_{x.вх} = \sqrt{\frac{4 \cdot 2100 / 3600}{3,14 \cdot 595 \cdot 0,5}} = 0,05 \text{ (м)}.$$

Діаметр патрубку для виходу парів аміаку:

$$d_{x.вих} = \sqrt{\frac{4 \cdot 2100 / 3600}{3,14 \cdot 9 \cdot 5}} = 0,129 \text{ (м)}.$$

Діаметр патрубку для входу і виходу води:

$$d_z = \sqrt{\frac{4 \cdot 12,5}{3,14 \cdot 989 \cdot 0,8}} = 0,142 \text{ (м)}.$$

За отриманими значеннями приймаємо стандартні патрубки:

- для входу рідкого аміаку $D_y = 50$ мм;
- для виходу парів аміаку $D_y = 150$ мм;
- для входу води технічної $D_y = 150$ мм;
- для виходу води технічної $D_y = 150$ 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 [11].

Гідравлічний розрахунок проводимо у відповідності до методики, що викладена у [11].

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

$$\Delta P = \Sigma \Delta P_{TP} + \Sigma \Delta P_M + \Sigma \Delta P_Y + \Sigma \Delta P_G, \quad (2.7)$$

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

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

$\Sigma\Delta P_M$ – сума втрат напору в місцевих опорах, Па;

$\Sigma\Delta P_y$ – 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:

$$\Delta P_{TP} = \lambda_{TP} \cdot \frac{L}{d_E} \cdot \frac{w_z^2 \cdot \rho_z}{2}, \quad (2.8)$$

де λ_{TP} – коефіцієнт опору тертя.

$$\lambda_{TP} = 0,11 \cdot \left(\frac{\Delta}{d_E} + \frac{68}{\text{Re}} \right)^{0,25}, \quad (2.9)$$

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.

$$\lambda_{TP} = 0,11 \cdot \left(\frac{0,1}{0,021} + \frac{68}{10375} \right)^{0,25} = 0,1626;$$

$$\Delta P_{TP} = 0,1626 \cdot \frac{6}{0,021} \cdot \frac{0,27^2 \cdot 989}{2} = 1675 \text{ (Па)}.$$

Гідравлічні втрати тиску в місцевих опорах визначаємо за формулою:

$$\Delta P_M = \xi \cdot \frac{w_z^2 \cdot \rho_z}{2}, \quad (2.10)$$

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 $\xi_4 = 1,4$ [11]).

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

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

$$\Delta P_M = 5,9 \cdot \frac{0,27^2 \cdot 989}{2} = 213 \text{ (Па)}.$$

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:

$$\Delta P = 1675 + 213 = 1888 \text{ (Па)}.$$

2.6 Розрахунок і вибір допоміжного обладнання

Розрахунок і вибір збірника продукційної кислоти (поз. СБ на рис. 2.1).

Ємність для зберігання продукційної кислоти розраховуємо, виходячи з 3–5 годинного резерву робочого часу і з урахуванням коефіцієнта заповнення $\psi = 0,8 \dots 0,85$. Приймаємо $\psi = 0,82$.

Розрахунковий об'єм ємності:

$$V_{EP} = \frac{G \cdot \tau}{\psi \cdot \rho}, \quad (2.11)$$

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

τ – резерв робочого часу, $\tau = 3$ год.;

ρ – густина вихідної суміші, $\rho = 1200$ кг/м³.

$$V_{EP} = \frac{60000 \cdot 3}{0,82 \cdot 1200} = 183 \text{ (м}^3\text{)}.$$

Для збергання продукційної кислоти вибираємо 2 ємності. Задаємося стандартизованим діаметром ємності $D = 4,0$ м, тоді її висота складе:

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

$$H = \frac{V_{EP}}{0,785 \cdot D^2}; \quad (2.12)$$

$$H = \frac{183}{2 \cdot 0,785 \cdot 4,0^2} = 7,3(\text{м}).$$

Розрахунок і вибір насоса для подачі абсорбента в колону (поз. Н-2 на рис. 2.1). Для всмоктуючого і нагнітального трубопроводів приймемо однакову швидкість плину рідини, що дорівнює $w = 2 \text{ м/с}$.

Діаметр трубопроводу визначаємо за рівнянням:

$$d = \sqrt{\frac{V}{0,785 \cdot w}}, \quad (2.13)$$

де V – об’ємна витрата вихідної суміші, $\text{м}^3/\text{с}$.

$$d = \sqrt{\frac{0,013}{0,785 \cdot 2}} = 0,090(\text{м}).$$

Визначаємо критерій Рейнольдса для рідини в трубопроводі:

$$\text{Re} = \frac{w \cdot d \cdot \rho_p}{\mu}; \quad (2.14)$$

$$\text{Re} = \frac{2 \cdot 0,090 \cdot 1200}{0,95 \cdot 10^{-3}} = 227368,$$

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

$$e = \frac{\Delta}{d} = \frac{2 \cdot 10^{-4}}{0,090} = 0,0022.$$

Далі отримаємо:

$$\frac{1}{e} = 455; \quad 560 \cdot \frac{1}{e} = 254800; \quad 10 \cdot \frac{1}{e} = 4550;$$

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

Для зони, що є автотельною по відношенню до Re :

$$\lambda = 0,11 \cdot e^{0,25}; \quad (2.15)$$

$$\lambda = 0,11 \cdot 0,0022^{0,25} = 0,024.$$

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

Для всмоктуючої лінії:

1) вхід у трубу (приймаємо з гострими кроями) $\xi_1 = 0,5$;

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

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

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

Для нагнітальної лінії:

1) вентиля проточні, 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:

$$h_{П.ВС.} = \left(\lambda \cdot \frac{l}{d_E} + \Sigma \xi \right) \cdot \frac{w^2}{2 \cdot g}, \quad (2.16)$$

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

$$h_{П.ВС.} = \left(0,024 \cdot \frac{8}{0,090} + 2,7 \right) \cdot \frac{2^2}{2 \cdot 9,81} = 0,99 \text{ (м)}.$$

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

Втрачений напір в нагнітальній лінії знаходимо за формулою (2.16):

$$h_{\Pi.НАГ.} = \left(0,024 \cdot \frac{12}{0,090} + 5,6 \right) \cdot \frac{2^2}{2 \cdot 9,81} = 1,79 \text{ (м)}.$$

Загальні втрати напору:

$$h_{\Pi} = h_{\Pi.ВС.} + h_{\Pi.НАГ.}; \quad (2.17)$$

$$h_{\Pi} = 0,99 + 1,79 = 2,78 \text{ м}.$$

Знаходимо напір насоса за рівнянням:

$$H = \frac{P_2 - P_1}{\rho_p \cdot g} + H_G + h_{\Pi}, \quad (2.18)$$

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

H_G – геометрична висота підйому рідини.

$$H = \frac{0,3 \cdot 10^6}{1200 \cdot 9,81} + 12,3 + 2,78 = 40 \text{ (м)}.$$

Корисну потужність насоса визначаємо за рівнянням:

$$N_{\Pi} = \rho_p \cdot g \cdot Q \cdot H, \quad (2.19)$$

де Q – подача (витрата), $Q = 0,013 \text{ м}^3/\text{с}$;

H – напір насоса.

$$N_{\Pi} = 1200 \cdot 9,81 \cdot 0,013 \cdot 40 = 6121 \text{ (Вт)}.$$

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

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

$$N = \frac{N_{II}}{\eta_{пер} \cdot \eta_n}, \quad (2.20)$$

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

Отримуємо:

$$N = \frac{6121}{1 \cdot 0,6} = 10202 \text{ (Вт)}.$$

Вибираємо відцентровий насос марки ЦНС 65-80 з такими параметрами:

- об'ємна подача насоса 65 м³/год.;
- напір насоса 80 м;
- потужність, споживана насосом 17,5 кВт;
- частота обертання 3000 об/хв.

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

Таблиця 3.1 – Основні фізико-механічні властивості сталі 12Х18Н10Т

Показник	Значення
Модуль пружності E, МПа	200000
Модуль зсуву G, МПа	77000
Щільність ρ , кг/м ³	7850
Межа міцності σ_B , МПа	не менше 360
Межа текучості σ_T , МПа	не менше 180
Відносне звуження ψ , %	56
Відносне подовження δ , %	25
Твердість по Брінеллю, НВ	115
Зварюваність	без обмежень

Таблиця 3.2 – Основні фізико-механічні властивості сталі 35

Показник	Значення
Модуль пружності E, МПа	200000
Модуль зсуву G, МПа	74000
Щільність ρ , кг/м ³	7850
Межа міцності σ_B , МПа	не менше 420
Межа текучості σ_T , МПа	не менше 250
Відносне звуження ψ , %	40
Відносне подовження δ , %	16
Твердість по Брінеллю, НВ	156
Зварюваність	без обмежень, окрім хіміко-термічно оброблених деталей

Висока агресивність азотної кислоти та сполук на її основі по відношенню до чистих металів, сталей і сплавів вимагає застосування для апаратурного

оформлення азотнокислотного виробництва полімерних матеріалів, кислототривких в'язучих на основі фенолоформальдегідних смол і рідкого скла, матеріалів на основі каучуків та інших [14].

3.2 Розрахунки на міцність, стійкість та герметичність

Розрахунок проводимо відповідно до методики, що викладена у [15]. Приймаємо робочий тиск у міжтрубному просторі 1,2 МПа.

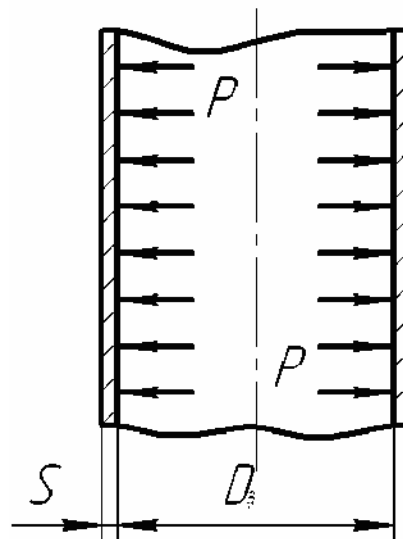


Рисунок 3.1 – Розрахункова схема циліндричної обичайки

Знаходимо величину нормативного допустимого напруження для сталі 12X18H10T 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:

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

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

де $\sigma_T^{20} = 280 \text{ МПа}$ – межа плинності сталі 12Х18Н10Т при температурі 20°C.

$$[\sigma]_{II} = \frac{280}{1,1} = 254,5 \text{ (МПа)}.$$

Далі визначаємо розрахунковий тиск:

$$P_p = P + P_r, \quad (3.3)$$

де $P = 1,2 \text{ МПа}$ – робочий тиск;

P_r – гідростатичний тиск середовища.

Гідростатичний тиск середовища:

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

$$P_r = 9,81 \cdot 595 \cdot 0,518 = 0,003 \text{ (МПа)};$$

$$P_p = 1,2 \text{ (МПа)}.$$

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

$$P_{II} = \max \left\{ \frac{1,25 \cdot P_p \cdot [\sigma]_{20}}{[\sigma]}, 0,5 \right\}, \quad (3.5)$$

де $[\sigma]_{20} = \sigma_{20}^* = 196 \text{ МПа}$ – допустиме напруження сталі 12Х18Н10Т при 20°C.

$$P_{II} = \max \left\{ \frac{1,25 \cdot 1,2 \cdot 196}{202} = 1,46 \text{ МПа}, 0,5 \text{ МПа} \right\} = 1,46 \text{ (МПа)}.$$

Розрахункова товщина циліндричної обичайки:

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

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

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

$$S_p^H = \max \left\{ \begin{array}{l} \frac{1,2 \cdot 800}{2 \cdot 1 \cdot 202 - 1,2} = 2,38 \\ \frac{1,46 \cdot 800}{2 \cdot 1 \cdot 254,5 - 1,46} = 2,3 \end{array} \right\} = 2,38 \text{ (мм)}.$$

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;

c_2 – прибавка для компенсації мінусового допуску;

c_3 – технологічна прибавка.

Приймаємо, що $c_2 = c_3 = 0$. Прибавку для компенсації корозії та ерозії визначаємо за рівнянням:

$$c_1 = \Pi \cdot \tau, \quad (3.9)$$

де $\Pi = 0,1$ мм/рік – проникність матеріалу;

$\tau = 10$ років – термін роботи апарата.

$$c = c_1 = 0,1 \cdot 10 = 1,0 \text{ мм};$$

$$S_H = 2,38 + 1,0 = 3,38 \text{ мм}.$$

					XI.T.00.00.00 ПЗ	Лист
						40
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Приймаємо із запасом міцності $S_{II} = 5$ мм.

Розрахункова товщина еліптичного днища (рис. 3.2):

$$S_P^E = \max \left\{ \begin{array}{l} \frac{P_p \cdot D}{2 \cdot \phi \cdot [\sigma] - 0,5 \cdot P_p} \\ \frac{P_{II} \cdot D}{2 \cdot \phi \cdot [\sigma]_{II} - 0,5 \cdot P_{II}} \end{array} \right\}; \quad (3.10)$$

$$S_P^E = \max \left\{ \begin{array}{l} \frac{1,2 \cdot 800}{2 \cdot 1 \cdot 202 - 0,5 \cdot 1,2} = 2,38 \\ \frac{1,46 \cdot 800}{2 \cdot 1 \cdot 254,5 - 0,5 \cdot 1,46} = 2,3 \end{array} \right\} = 2,38 \text{ (мм)}.$$

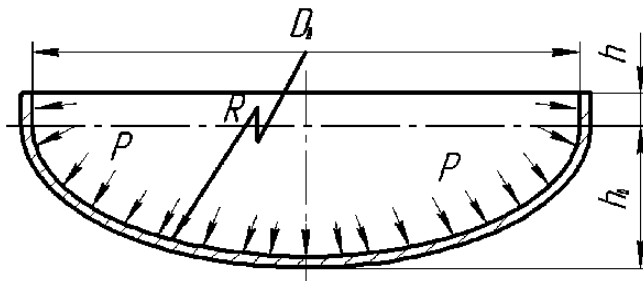


Рисунок 3.2 – Розрахункова схема еліптичного днища

Виконавча товщина еліптичного днища:

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

$$S_E = 2,38 + 1,0 = 3,38 \text{ мм}.$$

Так само приймаємо $S_E = 5$ мм.

Розрахунок опори апарата (рис. 3.3).

Знаходимо масу обичайки кожуха:

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

де $\rho = 7800$ кг/м³ – щільність сталі.

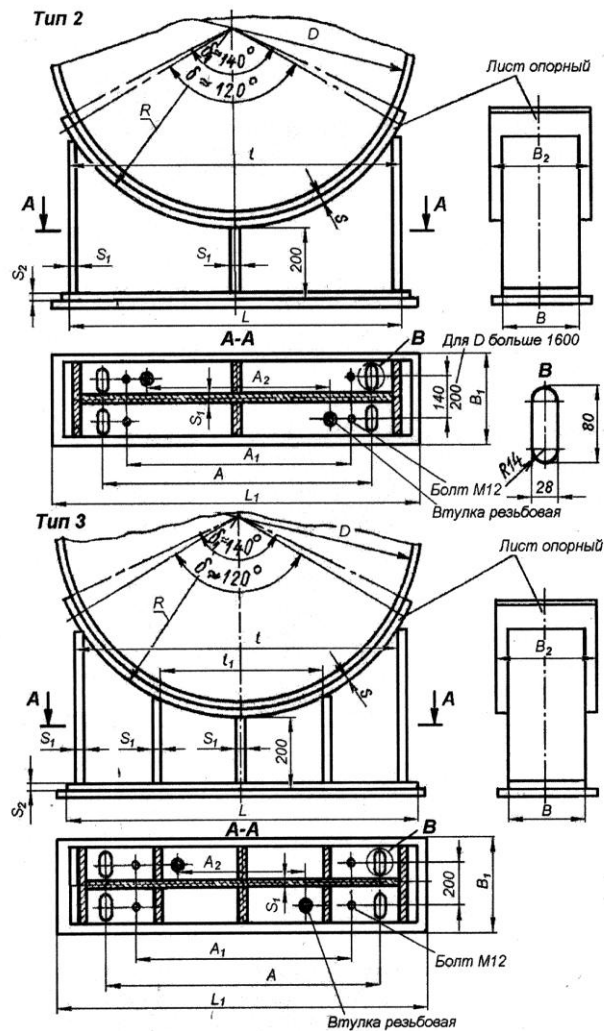


Рисунок 3.3 – Конструктивна схема стандартної сідлової опори

$$m_k = \left[\frac{3,14 \cdot (0,8 + 2 \cdot 0,005)^2}{4} - \frac{3,14 \cdot 0,8^2}{4} \right] \cdot 6 \cdot 7800 = 590 \text{ (кг)}.$$

Маса еліптичного днища і кришки відповідно (згідно [15]):

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

$$m_{E_{дн}} = 1,24 \cdot 0,8^2 \cdot 0,005 \cdot 7800 = 31 \text{ (кг)};$$

$$m_{E_{кр}} = 1,24 \cdot 0,5^2 \cdot 0,005 \cdot 7800 = 12 \text{ (кг)}.$$

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	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		42

$$m_{mp} = \frac{3,14}{4} \cdot (0,025^2 - 0,021^2) \cdot 6 \cdot 134 \cdot 7800 = 905 \text{ (кг)}.$$

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.

$$m_{\phi} = \frac{3,14 \cdot 0,51^2}{4} \cdot 0,06 \cdot 7800 = 96 \text{ (кг)}.$$

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 аміаку в апараті складе:

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

$$m_x = 1,2 \cdot 595 \cdot 0,65 = 464 \text{ (кг)}.$$

Сила тяжіння апарату в робочому стані:

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

$$G = 9,81 \cdot (590 + 31 + 12 + 905 + 96 + 464) = 20581 \text{ (Н)}.$$

Приймаємо кількість опор $n = 2$ шт.

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

Навантаження на одну опору складе:

$$Q = \frac{G}{n}; \quad (3.19)$$

$$Q = \frac{20581}{2} = 10290,5 \text{ (Н)}.$$

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.

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

4 БУДІВЕЛЬНО-МОНТАЖНА ЧАСТИНА

4.1 Обґрунтування компоновання основного та допоміжного обладнання [16]

Під компонованням виробництва розуміють розміщення технологічного обладнання та споруд, що забезпечує нормальний перебіг технологічного процесу, безпеку експлуатації устаткування, нормальні умови для монтажу і ремонту апаратури при оптимальному обсязі будівництва. Із метою індустріалізації і найкоротшого терміну будівництва об'єкта, компоновання самого промислового будинку необхідно виконувати з урахуванням максимальної уніфікації будівельних елементів, застосовуючи сучасні типові деталі і конструкції.

За функціональним призначенням промислові будівлі поділяють на:

- виробничі (цехи, що випускають готову продукцію або напівфабрикати);
- підсобно-виробничі (експериментальні, інструментальні, ремонтні);
- енергетичні (котельні, ТЕЦ, компресорні та інші станції);
- складські, транспортні;
- санітарно-технічні (насосні станції, очисні споруди тощо);
- допоміжні (заводууправління, КБ, медпункт, приміщення для навчальних занять).

Усі будівлі і споруди по вогнестійкості поділяють на п'ять ступенів, кожна ступінь вогнестійкості будівлі або споруди визначається двома показниками:

1) групою займистості застосовуваних будівельних матеріалів конструкцій (всі будівельні матеріали та конструкції за ступенем займистості діляться на негорючі, вогнестійкими і згораючі);

2) межею вогнестійкості окремих конструктивних елементів будівель чи споруд. Межа вогнестійкості – це час в годинах, протягом якого конструкція здатна чинити опір дії вогню до втрати стійкості і несучих можливостей.

Промислові будівлі і споруди хімічних підприємств проектують зазвичай II класу і не нижче третього ступеня вогнестійкості.

За вибуховою, вибухопожежною та пожежною небезпекою всі виробництва відповідно до СНіП поділяють на шість категорій: А, Б, В, Г, Д, Е.

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

До категорії А відносять виробництва, в яких технологічний процес найбільш пожежо- і вибухонебезпечний (тобто можливе утворення повітряних вибухонебезпечних сумішей). Вибух таких сумішей може статися від виниклої іскри, різкого удару, детонації і може призвести до часткового або повного руйнування конструкцій будівлі (у виробництві вибухових речовин, цехах багатьох хімічних і нафтохімічних галузей та ін.).

До категорії Б відносять такі виробництва, де в повітрі можливе накопичення горючого або вибухонебезпечного пилу, горючих рідин з температурою спалаху парів до 120°C, вибух яких не руйнує конструкції будівель (виробництва пиловугільного палива, борошна, цукрової пудри та ін.).

До категорії В відносять виробництва, в яких застосовують тверді згораючі матеріали і речовини, рідини з температурою спалаху парів більше 61°C; речовини, здатні горіти при взаємодії з водою, киснем повітря або один з одним (деревообробні, столярні, меблеві, бавовнооброблюючі, трикотажні і текстильні фабрики та ін.).

До категорій Г, Д і Е відносять виробництва, пов'язані з обробкою негорючих матеріалів (ливарні, плавильні і ковальські цехи, теплові електростанції, механічні, інструментальні цехи).

За поверховістю промислові будівлі та споруди поділяють на одноповерхові, багатоповерхові та комбіновані. На практиці значного поширення набули одноповерхові промислові будівлі, як більш економічні, зважаючи на те, що горизонтальне переміщення сировини і напівфабрикатів значно дешевше і простіше багаторазового вертикального. Крім того, відпадає необхідність в проектуванні дорогих сходів і підйомників, вартість стін і фундаментів нижче, ніж в багатоповерхових будинках, полегшується оздоровлення повітряного середовища за допомогою максимального використання природної вентиляції. Однак при одноповерховій забудові дорожча вартість опалення за рахунок збільшення площі тепловтрат та займаної території.

При розміщенні самого хімічного устаткування розрізняють три варіанти компоновки:

– закритий (в промислових будівлях);

					XI.T.00.00.00 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		46

- відкритий (на відкритих залізобетонних постаментах);
- змішаний.

У закритому варіанті велике значення мають правильно запроектовані об'ємно-планувальні та конструктивні рішення промислових будівель, оскільки від них значною мірою залежать можливості розташування технологічного устаткування, рівень організації технологічних процесів, комплексної механізації і власне, автоматизації виробництва. При проектуванні необхідно передбачати розвиток підприємства (вдосконалення технологічних процесів та обладнання) на достій тривалу перспективу.

У закритому варіанті компоювання виробництва важливим завданням є забезпечення в промислових будівлях необхідних кліматичних, світлотехнічних та акустичних умов, які відповідали б характеру виробництва. На підприємствах таких галузей промисловості, як виробництво надчистих речовин, штучного волокна, плівок, оргскла й інших, технологія виробництва потребує постійно підтримувати на заданому рівні температуру, вологість, чистоту повітря всередині приміщень і достатню освітленість. Промислові будівлі таких виробництв проектують безфонарними (в окремих випадках без вікон), з герметизацією і штучним освітленням. Підтримання необхідних параметрів (температури, вологості, тиску, чистоти повітря) забезпечується вентиляцією та кондиціонуванням повітря, створенням штучного клімату. Виробничі приміщення (з постійним перебуванням працюючих) без природного освітлення повинні бути обладнані установками ультрафіолетового випромінювання і фотарії.

У нашому випадку найбільш раціональним є змішаний варіант компоювки. При цьому абсорбційна колона розташовується на відкритому майданчику, а решта устаткування – в двоповерховому будинку (див. рис. 4.1). Таке розміщення колон дозволить знизити поверховість будівельної конструкції. Згруповане і розміщене обладнання разом із будівельними конструкціями (обсяг і площа їх визначається компоюванням) утворюють виробничі приміщення. У загальному випадку в цеху розрізняють три види виробничих приміщень: основні, допоміжні та обслуговуючі.



Рисунок 4.1 – Змішаний варіант компонування
цеху виробництва слабкої азотної кислоти

Розроблені проекти важливих об'єктів розглядаються і затверджуються технічною радою проектної організації. Проект з розробленими кошторисами передається замовнику для узгодження з генеральною будівельно-монтажною організацією. Після всіх погоджень приступають до підготовки робочої документації.

4.2 Проведення монтажних та ремонтних робіт основного технологічного обладнання [17, 18]

При прийманні фундаментів під монтаж устаткування необхідно перевірити, чи відповідають проекту форма готового фундаменту, його розміри і основні його висотні відмітки. Фактичні висотні відмітки отримують при геодезичній зйомці. Після цього перевіряють правильність розміщення фундаментних болтів на фундаменті, їх розміри, наявність на них двох гайок. Різьблення фундаментних болтів має бути захищено від механічних ушкоджень і покрито мастилом для захисту від корозії. Допускаються наступні відхилення:

- по відмітках верхніх торців фундаментних болтів +20 мм;
- по розмірах в плані +20 мм;
- по осях анкерних болтів у плані ± 5 мм;
- по осях заставних анкерних пристроїв у плані ± 10 мм.

					XI.T.00.00.00 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		48

Висотні відмітки фундаменту не повинні перевищувати проектні. Завищений фундамент необхідно зрубати на відповідну висоту. Заниження висотних відміток фундаменту допускається до 30 мм, оскільки в цьому випадку монтоване устаткування можливо встановити на проектній відмітці, застосовуючи металеві підкладки або клини. Якщо фундамент занижений більше, ніж вказано вище, його необхідно додатково бетонувати.

Випарник із паровим простором відноситься до кожухотрубних теплообмінників. Технологія монтажу апаратів такої конструкції залежить від місця і способу їх установки. Вони можуть бути встановлені на відкритому майданчику, на постаменті чи в середині будівлі, а також горизонтально чи вертикально.

У нашому випадку мова йде про горизонтальний апарат, який розміщений на відкритому майданчику на нульовій позначці. Фундаменти виконують у вигляді двох залізобетонних стовпів з анкерними болтами під опори. При монтажі встановлюють нерухому і рухому опори. Гайки на болтах не закручують повністю (залишають зазор 1–2 мм), щоб апарат міг вільно переміщуватись в горизонтальному напрямку. При установці опор, які мають змогу переміщуватися, перевіряють рівномірність прилягання ковзенок до опорних поверхонь і їх перпендикулярність осі апарата. Горизонтальність апарату перевіряють за рівнеміром.

У деяких випадках при монтажі проводять контрольне розбирання (ревізію) кожухотрубних теплообмінників. При цьому перевіряють наявність прокладок, комплектність знімних деталей, правильність їх взаємного розташування.

Для виявлення дефектів у розвальцьовуванні і обварці трубок трубний пучок спресовують (при знятій розподільній камері і кришці) шляхом подачі води в міжтрубний простір. При цьому також оглядають корпус теплообмінника. Дефекти розвальцьовування або обварки усувають.

Горизонтальне обладнання монтують за допомогою одного або двох (спарених) кранів. Спосіб підйому і вантажопідйомність кранів вибирають в залежності від розміру і маси обладнання, висоти і конфігурації фундаменту або постаменту під обладнання, наявності розташованих поруч будівельних конструкцій та ін.

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

Горизонтальні апарати особливо великої маси і при підйомі на значну висоту часто монтують за допомогою двох кранів. Монтаж починають з підйому апарата із вихідного горизонтального положення без відриву його від землі.

На рис. 4.2 показані найбільш сприятливі умови роботи кранів при монтажі апаратів.

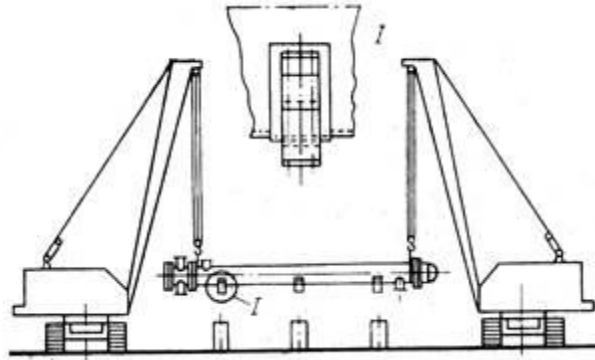


Рисунок 4.2 – Схема монтажу горизонтального теплообмінника за допомогою двох кранів

Коли установка одного з кранів із зовнішньої сторони фундаментів неможлива, монтаж апаратів виконують лише маневруванням стріли крана. У тих випадках, коли при підйомі апаратів неможливо розташувати крани із зовнішньої сторони фундаментів і проїхати між фундаментами, збільшують виліт стріли кранів або переміщують крани з піднятим апаратом у межах їх вантажної характеристики.

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

Найбільш поширеними дефектами поламаних теплообмінників є наступні:

або якщо відбувається поява природного нагару (наприклад, при роботі з вихлопними газами).

Варіанти вирішення:

- механічне очищення;
- хімічне очищення.

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

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

5. Покриття вапном (накипом) чи іншими відкладеннями. Ця проблема може виникнути в тому випадку, якщо один з теплоносіїв є рідина (вода) з невідповідним для даного процесу хімічним складом (наприклад, надмірно мінералізована). Варіанти вирішення: очистка за допомогою спеціальних хімічних засобів.

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

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

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

За допомогою кольорової дефектоскопії визначають протяжність і положення кінців тріщин, виявлених в корпусі. Ці кінці до заварки засвердлюють свердлами діаметром 3–4 мм. Некрізні тріщини глибиною не більше 0,4 товщини стінки розправляються під заварку односторонньою вирубкою на максимальну глибину тріщини зі зняттям крайок під кутом 50–60°. При тріщині понад 100 мм зварювання проводять оберненоступеневим методом. Наскрізні і некрізні тріщини глибиною більше 0,4 товщини стінки обробляють на всю товщину вирубкою

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

зубилом або газорізкою. При появі гніздових тріщин пошкоджені місця вирізають і закривають латками без гострих кутів. Латки вваривать в рівень з основним металом. Площа латки не повинна перевищувати площі листа апарату.

Надійність ліквідації поверхневих дефектів контролюють магнітною або ультразвуковою дефектоскопією. Допускається глибина пошкодження в межах 10–20 % товщини стінки в залежності від розмірів ушкодження.

Усі поверхні ущільнювачів слід контролювати магнітною або ультразвуковою дефектоскопією на відсутність тріщин. Після ремонту конденсатора його піддають гідравлічним або пневматичним випробуванням.

					XI.T.00.00.00 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		53

5 ІНФОРМАЦІЙНЕ ТА АПАРАТУРНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ АВТОМАТИЗОВАНОГО КЕРУВАННЯ

У стандартній конфігурації МСКУ-М задіяні наступні блоки:

- РГ1, РГ2 – вхідні й вихідна гальванічні розв'язки;
- АЦП і ЦАП – аналого-цифровий і цифро-аналоговий перетворювач;
- ЦИП – цифро-імпульсний перетворювач;
- ЦДП і ДЦП – цифро-дискретний і дискретно-цифровий перетворювач;
- АЛГО – блок алгоритмічного перетворювача сигналу.

Реміконт працює лише з уніфікованими струмовими сигналами.

На пульті оператора (ПО) розташовані пристрої контролю (ПК), панелі ручного керування (РК), схема сигналізації (С).

Оскільки виробництво азотної кислоти є пожежо- та вибухонебезпечним, то для регулювання необхідно використовувати пневматичні виконавчі механізми типу «МІМ». На виході сигналу з УВК необхідно встановити електропневмоперетворювач ЕПП-63.

У даній кваліфікаційній роботі запропоновано використовувати АСКТП на базі мікропроцесорного керуючого обчислювального комплексу Реміконт. При впровадженні АСКТП для керування виробництвом скорочується собівартість продукції за рахунок зниження видаткових норм на сировину, енергоресурси на одиницю продукції, поліпшується якість продукції, полегшується робота оперативного персоналу при веденні технологічного процесу.

5.1 Вибір та обґрунтування параметрів контролю, регулювання та вимірювання

Для ведення технологічного процесу випаровування аміаку оператор-технолог повинен мати можливість у будь-який час одержувати інформацію про хід технологічного процесу. Для цього в даній роботі пропонується вимірювати й виводити на щит оператора в ЦПК наступну інформацію: температуру, тиск, рівень рідини в апараті та, відповідно, витрати теплоносіїв.

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

Дана АСКТП розроблена як інструмент оператора для підвищення ефективності та зручності роботи. Вона оперативно надає технологічному персоналу інформацію щодо стану об'єкта управління, реєструє протікання технологічного процесу отримання парів аміаку 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.

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.

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.

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

кож для вимірювання гідростатичного рівня рідини в ємностях. Перетворювач SITRANS P серії ZD – перетворювач надлишкового та абсолютного тиску з цифровим індикатором.

Сигналізація. Для оповіщення оперативного персоналу про відхилення технологічного процесу від норми передбачена автоматична сигналізація, що спрацьовує в наступних випадках:

- max і min витрата аміаку і води технічної;
- max і min температури теплоносіїв;
- max рівень рідини в апараті.

					XI.T.00.00.00 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		57

6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

6.1 Аналіз потенційних небезпек та шкідливостей під час роботи установки виробництва слабкої азотної кислоти контактним способом [19, 20]

Охорона праці – це система законодавчих актів і соціально-економічних, технічних, гігієнічних і організаційних заходів, що відповідають їм, забезпечують безпеку, збереження здоров'я та працездатності людини в процесі праці.

Проектуючи будь-яке виробництво необхідно керуватися принципом більшого полегшення умов праці робітників, відвертання нещасних випадків на виробництві, унеможливлення профзахворювань, виникнення пожеж, аварій тощо.

При виробництві азотної кислоти вживаються аміак, оксиди вуглецю, водень та інші речовини як у чистому вигляді, так і у вигляді різних сумішей. Багато із цих речовин володіють токсичними властивостями, або є вогнебезпечними, або утворюють вибухові суміші.

Основні фізико-хімічні властивості речовин наведено у табл. 6.1.

Таблиця 6.1 – Основні фізико-хімічні властивості речовин, вживаних у виробництві слабкої азотної кислоти

Найменування з'єднання	Емпірична формула	Структурна формула	Агрегатний стан	Температура кипіння, °C
Азотна кислота	HNO_3	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \\ \text{H} \equiv \text{N} - \text{O} \\ \\ \text{O} \end{array}$	рідина	120
Вуглекислий газ	CO_2	$\text{C}=\text{O}=\text{O}$	Газ	–
Оксид вуглецю	CO	$\text{C}=\text{O}$	Газ	-191,5
Водень	H_2	$\text{H} \equiv \text{H}$	Газ	-252,8
Аміак	NH_3	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{N} - \text{H} \\ \\ \text{H} \end{array}$	Газ	-33,4

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

Азотна кислота (HNO_3) – рідина жовтуватого кольору з характерним запахом. Густина продукційної (58 % HNO_3) кислоти при 20°C – $1,356 \text{ г/см}^3$. Азотна кислота, потрапляючи на шкіряний покрив або слизові оболонки, викликає опіки. Тваринні і рослинні тканини під дією азотної кислоти руйнуються.

Пари азотної кислоти, аналогічно оксидам азоту, викликають роздратування дихальних шляхів, задишку, руйнування зубів, при попаданні в очі викликає важкі опіки аж до омертвіння рогівки ока. Пари азотної кислоти отруйні навіть при малих концентраціях, при великих концентраціях викликають задуху.

Гранично-допустима масова концентрація (ГДК) пари азотної кислоти в робочій зоні виробничих приміщень – 2 мг/м^2 .

При опіках очей азотною кислотою необхідно промити їх рясним струменем води, а потім потерпілого направити до медпункту. У разі попадання азотної кислоти на тіло людини необхідно промити уражене місце великою кількістю води. Для надання подальшої допомоги слід негайно відправити потерпілого до медпункту.

Оксид вуглецю – газ без запаху, кольору і смаку, сильно отруйний. Отруйна дія оксиду вуглецю пояснюється тим, що він легко з'єднується з гемоглобіном крові, роблячи її нездатною переносити кисень від легенів до тканин.

Водень – безбарвний газ. Належить до палих, пожаро- та вибухонебезпечних газів. Отруйних властивостей не має. При дефіциті кисню – задушливий газ. Межі вибуху водню становлять $4,0\text{--}75,0 \%$ об.

В атмосфері чистого газоподібного кисню можливо самозаймання органічних матеріалів. Рідкий аміак, азотна кислоти характеризуються палючою дією. При потраплянні цих речовин на людину – на найбільшу небезпеку наражаються очі.

Вибухонебезпечними ділянками у виробництві азотної кислоти є [2]:

Відділення конверсії аміаку. При збільшенні концентрації аміаку в суміші з повітрям в зоні каталізатора можуть відбуватися вибухи, руйнівна дія яких поширюється на суміжну апаратуру.

Котел-утилізатор, який при перегріванні, нестачі води або з інших причин може вибухнути.

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

Нітрозні вентилятори. На лопатках нітрозних вентиляторів іноді спостерігається відкладення амонійних солей азотної кислоти. Зіткнення обертових частин ротора з такими відкладеннями на статорі може призвести до вибуху і руйнування агрегату. Утворення і накопичення цих солей можуть відбуватися в період зтяжного пуску контактного апарату, коли можливі проскоки аміаку через каталізатор і подальше утворення солей азотної кислоти при знижених температурах.

Контактне відділення представляє певну небезпеку вибуху, оскільки при утриманні аміаку в повітрі понад 15 % об. суміш стає вибухонебезпечною. Для попередження небезпеки вибуху служить, встановлений на лінії подачі аміаку від газгольдера до вентилятора, автоматичний вентилятор, який припиняє подачу аміаку при відключенні електричного струму. Також для зменшення небезпеки витоків аміаку служать автоматичні газоаналізатори. Приміщення, в якому розміщують контактний апарат відноситься до категорії Д, а зона в радіусі 5 м від контактного апарату відноситься до категорії Б.

У **абсорбційних відділеннях** відбувається постійне забруднення повітря оксидами азоту, які постійно проникають у приміщення із сусідніх газоходів і кислотопроводів, від насосів, місць взяття проб тощо. В абсорбційному відділенні також можливі аварії, що пов'язані з викидом газів. Найбільш небезпечними місцями по аваріях є скляні з'єднання кислотопроводів від веж до буферних баків, а також кислотопроводи, які знаходяться під високим тиском, де при несправності або пошкодженні системи також можуть бути прориви великих об'ємів кислоти.

Виробництво азотної кислоти пов'язано з такими шкідливими речовинами як аміак і нітрозні гази. Одним із найбільш несприятливих факторів виробництва азотної кислоти є забруднення зовнішнього повітря на території підприємства, а також внутрішніх приміщень оксидами азоту і різними отруйними парами, а також викиди кислоти.

Азотна кислота є дуже небезпечною корозійно-активною речовиною. Азотна кислота «димить», тобто випускає токсичні пари. Найбільш небезпечними сполуками є двоокис азоту, оскільки він, внаслідок своєї повільної розчинності у воді, що покриває слизові оболонки дихальних шляхів, має значний прихований

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

період між моментом надходження отруйних газів в організм і початком розвитку хворобливих явищ, переважно в органах дихання.

Після вдихання оксидів азоту постраждалий не відчуває ніякого роздратування дихальних шляхів і тільки через 20–30 хвилин у нього виникає кашель, задишка, біль у грудях. Ці первинні явища часто проходять при виході потерпілого із загазованого приміщення на свіже повітря, а потім через годину або кілька годин знову наростає задишка, з'являються кашель, біль у грудях, все більше посилюється утруднення дихання, розвиваються синюшність і важкі, небезпечні для життя явища набряку легенів.

Тетраоксид азоту, ангідрид азотної кислоти, пари та аерозоль азотної кислоти діють також задушливим чином на органи дихання людини. Нижчі оксиди азоту: закис азоту і ангідрид азотної кислоти мають переважно судинорозширювальні властивості, а інколи характеризуються наркотичною дією.

Систематичний вплив перевищених гранично допустимих концентрацій, але ще не здатних на гостре отруєння концентрацій двоокису азоту та інших вищих оксидів азоту веде до розвитку важких хронічних захворювань дихальних шляхів – хронічних бронхітів, токсичного пневмосклерозу, часто ускладнених астмою.

Таблиця 6.2 – Гранично допустимі концентрації токсичних газів і парів в повітрі робочих приміщень [20]

Речовина	Концентрація, мг/м ³
Аміак	20
Гас	300
Оксиди азоту	5
Оксид вуглецю	20
Ртуть металева	0,01

Густина аміаку менша густини повітря при однаковій температурі. За певних умов у деяких випадках відзначалося утворення хмар повітряно-аммічної су-

міші, яка важче навколишнього повітря. Утворені хмари мов би «стелилися» по землі [19].

Межі вибуховості для газоподібного аміаку [20]: у повітрі: НМВ = 15,5 % об.; ВМВ = 27 % об.; у кисні: НМВ = 15 % об.; ВМВ = 79 % об.

Для забезпечення безпечного режиму роботи у виробництві неконцентрованої азотної кислоти необхідно суворе виконання технологічного регламенту, інструкцій з охорони праці по робочих місцях, інструкції з охорони праці та промислової безпеки відділення, інструкцій по окремим видам робіт.

Обслуговуючий персонал допускається до роботи лише у спецодязі та спецвзутті, зобов'язаний мати при собі справні засоби індивідуального захисту. Засоби захисту (індивідуальний протигаз) обов'язково перевіряється щозміни перед початком роботи.

Особи, які обслуговують механізми, повинні знати правила Держміськтехнагляду, що відносяться до обслуговуваного обладнання; особи, які обслуговують котлонадзорне обладнання – правила котлонагляду.

Не допускати порушення нормального технологічного режиму на всіх стадіях процесу.

Роботи вести тільки на справному обладнанні, оснащеному всіма необхідними і справно діючими запобіжними пристроями, контрольно-вимірювальними і регулювальними приладами, сигналізаціями і блокуваннями.

При здачі в ремонт обладнання та комунікацій, в яких можливе скупчення аміаку, проводити продування обладнання і комунікацій азотом до відсутності в продувному азоті горючих з'єднань.

Перед заповненням апаратів і комунікацій аміаком після їх ремонту проводити продування азотом до вмісту кисню в продувному азоті не більше 3,0 % об.

Не допускати ремонт комунікацій, арматури, обладнання, що знаходяться під тиском. Ремонт повинен проводитися після скидання тиску і відключення ремонтної ділянки заглушками. Устаткування, комунікації, які підлягають ремонту, повинні бути продуті або промиті.

Щоб уникнути гідравлічних ударів подачу пари в холодні паропроводи виконувати повільно, забезпечивши достатній їх підігрів зі скиданням конденсату

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

по всій довжині трубопроводу. Вихід сухої пари з дренажу свідчить про достатній прогрів трубопроводу.

Не допускати включення ел.оборудованія при несправному заземленні.

Не допускати ремонт обладнання з електроприводом без зняття напруги з електродвигунів.

Ремонт і налагодження КВП та електрообладнання дозволяється здійснювати лише силами служб КВП і електриків.

Користуватися відкритим вогнем у виробничих і складських приміщеннях забороняється:

– вогневі роботи проводяться тільки при наявності наряду-допуску, підписаного начальником цеху і затвердженого начальником управління, групою цехів по ПМУ після узгодження з інженером з охорони праці;

– куріння дозволяється лише у спеціально відведених для цих цілей місцях.

Усі обертові частини устаткування (напівмуфти), крильчатки обертових вентиляторів, на валах електродвигунів повинні мати надійне кріплення і огорожені, і пофарбовані в червоний колір.

Фланцеві з'єднання кислотних ліній повинні бути захищені захисними кожухами.

Підтягування болтів фланцевих з'єднань трубопроводів, а також проведення робіт на обладнанні, що знаходиться під тиском, не допускається.

Апарати, що працюють під тиском, повинні задовольняти вимогам, викладеним в технічних умовах і правилах будови і безпечної експлуатації посудин і комунікацій, що працюють під тиском.

Вентиляція повинна бути у справному стані і перебувати постійно в роботі.

Обслуговування вантажопідйомних механізмів, посудин, що працюють під тиском, проводиться тільки особами, спеціально навченими і що мають спеціальне посвідчення.

Підходи до аварійних шаф, пожежних сповіщувачів, пожежного інвентарю не допускається захарашувати сторонніми предметами, утримувати їх необхідно в чистоті і у справному стані.

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

Відкриті прорізи в перекриттях, майданчиках, перехідні містки повинні мати огорожі висотою 1 м. У нижній частині огорожі повинен розташовуватися бортик або захисна смуга висотою 15 см.

Усі контрольно-вимірювальні прилади і системи автоматики і блокування повинні знаходитися у справному стані.

Для запобігання відкладення нітрит-нітратних солей на внутрішніх поверхнях апаратів і трубопроводів, лопатях роторів, стінках компресорів та інших деталях і апаратах не допускати тривалого розпалювання контактних апаратів (більше 20 хвилин).

Робочі місця для проведення ремонтних та інших робіт і проходи до них на висоті 1,3 м і більше повинні бути огорожені. При неможливості або недоцільності влаштування огорожень роботи на висоті 1,3 м і вище, а також при роботі з приставних сходів на висоті більше 1,3 м, необхідно застосовувати запобіжні пояси. При цьому у місцях проведення робіт мають перебувати допоміжні робочі, готові надати допомогу працюючому на висоті. Місце закріплення карабіна визначає керівник робіт.

Запобіжні пояси проходять випробування перед введенням в експлуатацію, а також в процесі експлуатації через кожні 6 місяців. На запобіжному поясі повинна бути бирка із зазначенням реєстраційного номера та дати наступного випробування.

При роботі з азотною кислотою (відбір проб, огляд комунікацій, пуск насосів продукційної кислоти і т. п.) необхідно застосовувати індивідуальні засоби захисту органів дихання та зору (фільтруючий протигаз з коробкою марки «М», захисні окуляри з гумовою напівмаскою або захисний щиток з оргскла), гумові кислотозахисні рукавички, спеціальний кислотозахисний одяг.

При виявленні будь-яких несправностей у роботі устаткування, дефектів опор, стін і т. п. своєчасно інформувати начальника відділення чи механіка цеху. При необхідності зупинити обладнання і підготувати його до здачі в ремонт.

При кожній зупинці агрегату в ремонт робити розтин нижнього люка окислювача і при наявності солей амонію на розподільній решітці та на стінках – ви-

конувати пропарювання його гострою парою. Роботи з парою, паровим конденсатом виконувати у спецодязі, спецвзутті, рукавицях.

Таким чином, при суворому дотриманні технологічного режиму, інструкцій з техніки безпеки при виробництві азотної кислоти створюються цілком безпечні умови праці.

6.2 Розрахунок потенційно-небезпечного фактору

Під вентиляцією розуміють сукупність заходів та засобів призначених для забезпечення на постійних робочих місцях та зонах обслуговування виробничих приміщень метеорологічних умов та чистоти повітряного середовища, що відповідають гігієнічним та технічним вимогам. Основне завдання вентиляції – вилучати із приміщення забруднене або нагріте повітря та подавати свіже.

Вентиляція класифікується за такими ознаками [19]:

- за способами переміщення повітря – природна, штучна (механічна) та суміщена (природна та штучна одночасно);
- за напрямком потоку повітря – припливна, витяжна, припливно-витяжна;
- за місцем дії – загальнообмінна, місцева, комбінована.

Природна та штучна вентиляції повинні відповідати наступним санітарно-гігієнічним вимогам [19]:

- створювати в робочій зоні приміщення нормовані метеорологічні умови праці (температуру, вологість та швидкість руху повітря);
- повністю усувати із приміщень шкідливі гази, пари, пил та аерозолі або розчиняти їх до гранично допустимих концентрацій;
- не вносити в приміщення забрудненого повітря ззовні або шляхом засмокування забрудненого повітря із суміжних приміщень;
- не створювати на робочих місцях протягів чи різкого охолодження;
- бути доступним для управління та ремонту під час експлуатації;
- не створювати під час експлуатації додаткових незручностей (наприклад, шуму, вібрації, попадання дощу, снігу).

Аварійна вентиляція використовується у виробничих приміщеннях, де можливе виділення у повітря великої кількості шкідливих та вибуховонебезпечних

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

речовин внаслідок порушення технологічного режиму або аварії. Аварійна вентиляція, як правило, передбачається витяжною, яка за годину забезпечує не менше, як восьмикратний повний обмін повітря в цих приміщеннях з урахуванням роботи механічної витяжної вентиляції. При цьому слід пам'ятати, що механічна витяжна вентиляція компенсувати аварійну не може.

Розрахунок аварійної вентиляції передбачає визначення аварійного повітрообміну за час, за який концентрація шкідливої речовини повинна бути знижена до гранично-допустимого значення за допомогою аварійної вентиляційної системи.

Розрахунок вентиляції по надлишку шкідливих речовин.

Вихідні дані до розрахунку:

- кількість аміаку, що викидається $G = 1$ г/год.;
- концентрація аміаку в приходному повітрі $C_n = 0$ мг/м³;
- концентрація аміаку в приміщенні $C_b = \text{ГДК} = 20$ мг/м³ (згідно «ГДК шкідливих речовин у повітрі робочої зони»).

Матеріальний баланс:

$$G = L \cdot (C_b - C_n). \quad (6.1)$$

Таким чином, необхідна кількість приходного повітря:

$$L_1 = \frac{G}{\text{ГДК}} = \frac{1}{20 \cdot 10^{-3} \cdot 3600} = 0,014 \frac{\text{м}^3}{\text{с}} = 50,4 \frac{\text{м}^3}{\text{год.}} \quad (6.2)$$

Розрахунок вентиляції по надлишку тепла.

Надлишок тепла в приміщенні $Q_{\text{надл}} = 145$ кДж/с [2];

Теплоємність і густина повітря $c = 1,02$ кДж/(кг·К) $\rho = 1,293$ кг/м³ [2];

Температура приходного повітря $t_{\text{прих}} = 10^\circ\text{C}$;

Температура повітря, що викидається $t_{\text{вик}} = 30^\circ\text{C}$;

Необхідна кількість приходного повітря:

$$L_2 = \frac{Q_{\text{надл}}}{c \cdot \rho \cdot (t_{\text{вик}} - t_{\text{прих}})} = \frac{145}{1,02 \cdot 1,293 \cdot (30 - 10)} = 5,49 \frac{\text{м}^3}{\text{с}} = 19764 \frac{\text{м}^3}{\text{год.}} \quad (6.3)$$

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

Таким чином, вибір вентилятора здійснюється виходячи з максимальної необхідної подачі повітря в приміщення L_2 .

Для здійснення вентиляції цеху вибираємо відцентровий вентилятор В-Ц14-46-5К-02 з наступними характеристиками:

- подача повітря $Q = 5,55 \text{ м}^3/\text{с} = 19980 \text{ м}^3/\text{год.}$;
- частота обертів $n = 24,1 \text{ с}^{-1}$;
- електродвигун А02-71-4 потужністю 22 кВт.

					XI.T.00.00.00 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		67

технологии. Гидромеханические и тепловые процессы и аппараты / Ю. И. Дытнерский. – Москва : Химия, 1995. – 400 с.

11. Машины и аппараты химических производств. Примеры и задачи / Под общ. ред. В. Н. Соколова. – Ленинград : Машиностроение, 1982. – 384 с.

12. Лащинский А. А. Основы конструирования и расчета химической аппаратуры / А. А. Лащинский, А. Р. Толчинский. – Ленинград : Машиностроение, 1970. – 752 с.

13. Лащинский А. А. Конструирование сварных химических аппаратов : Справочник / А. А. Лащинский. – Ленинград : Машиностроение, 1981. – 382 с.

14. Марочник сталей и сплавов / В. Г. Сорокин, А. В. Волосникова, С. А. Вяткин [и др.]. – Под общ. ред. Сорокина В. Г. – Москва : Машиностроение, 1989. – 640 с.

15. 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. – Ленинград : Машиностроение, 1984. – 301 с.

16. Дистанційний курс «Проектування хімічних виробництв і основи САПР» / «Компонування виробництва» [Електронний ресурс]. – Режим доступу : https://elearning.sumdu.edu.ua/free_content/lectured:f43ede4f2c1341b4c42f8f9ad8b986f4c38640aa/latest//4642/tema.pdf

17. 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.

18. Ермаков В.И. Ремонт и монтаж химического оборудования / В.И. Ермаков, В.С. Шейн. – Ленинград : Химия, 1981. – 368 с.

19. Пряников В. И. Техника безопасности в химической промышленности В. И. Пряников. – Москва : Химия, 1990. – 346 с.

20. Фокин Л. М. Синтез аммиака / Л. М. Фокин. – Москва : Гостехиздат, 1963. – 312 с.

					XI.T.00.00.00 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		69