

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»**

Хіміко-технологічний факультет

(повна назва інституту/факультету)

Кафедра технології неорганічних речовин та загальної хімічної технології

(повна назва кафедри)

«До захисту допущено»

В.о. завідувача кафедри

Н.М. Толстопалова

(підпис)

(ініціали, прізвище)

“ ” 20 р.

Дипломний проект

на здобуття ступеня бакалавра

зі спеціальності 6.051301 Хімічна технологія та інженерія

(код і назва)

на тему: Відділення синтезу аміаку

Виконала: студентка IV курсу, групи ХН-22

(шифр групи)

Продан Аліна Ігорівна

(прізвище, ім'я, по батькові)

(підпис)

Керівник доц., к.т.н. Концевой Андрій Леонідович

(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

(підпис)

Консультант з автоматизації ст. викладач Лукінюк Михайло Васильович

(назва розділу)

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище, ініціали)

(підпис)

Консультант з економічної частини доц., к.т.н. Підлісна Олена Анатоліївна

(назва розділу)

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище, ініціали)

(підпис)

Консультант з охорони праці доц., к.т.н. Полукаров Юрій Олексійович

(назва розділу)

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище, ініціали)

(підпис)

Рецензент

(посада, науковий ступінь, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

(підпис)

Засвідчую, що у цьому дипломному
проекті немає запозичень з праць інших
авторів без відповідних посилань.

Студентка

(підпис)

Київ – 2016 року

ВІДОМІСТЬ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ

№ з/п	Формат	Позначення	Найменування	Кількість листів	Примітка
1	A4		Завдання на дипломний проект	2	
2	A4	ХН 2222 1440 000 ПЗ	Пояснювальна записка	106	
3	A1	ХН 2222 1440 001 ТС	Технологічна схема	1	креслення
4	A1	ХН 2222 1440 002 СК	Колона синтезу	1	креслення
5	A1	ХН 2222 1440 003 СхА	Схема автоматизації	1	креслення
6	A1	ХН 2222 1440 004 Іл	Економічні показники	1	ілюстрація

				ХН 2222 1440		
	ПІБ	Підп.	Дата			
Розробн.	Продан А.І.			Відділення синтезу аміаку	Лист 1	Листів 1
Керівн.	Концевой А.Л.					
Консульт.					НТУУ «КПІ» Каф. ТНР та ЗХТ Гр. ХН-22	
Н/контр.	Супрунчук В.І.					
Зав.каф.	Толстопалова Н.М.					

Пояснювальна записка до дипломного проекту

на тему: «Відділення синтезу аміаку».

Київ – 2016 року

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут»

Факультет хіміко-технологічний
(повна назва)

Кафедра технології неорганічних речовин та загальної хімічної технології
(повна назва)

Освітньо-кваліфікаційний рівень бакалавр
(повна ОКР)

Напрямок підготовки 6.051301 Хімічна технологія
(код і назва)

Професійне спрямування Хімічні технології неорганічних речовин
(повна назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

(підпис)

(ініціали, прізвище)

« ____ » _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ
на дипломний проект студентки

Продан Аліні Ігорівні
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту Відділення синтезу аміаку,
керівник проекту доц., к.т.н. Концевой А.Л.,
(науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ім'я, по батькові)

затверджені наказом по університету від « 8 » квітня 2016 р. № 1313

2. Термін подання студентом проекту 21 червня 2016 р.

3. Вихідні дані до проекту продуктивність 1500 т NH₃/добу, Концентрація компонентів в свіжому газі [компонент]_{св}, об'ємні частки, H₂, N₂, CH₄, Ar 0,7425; 0,2475; 0,0075; 0,0025, відповідно; тиск P=320 атм; продуктивність за аміаком R_о =62,5 т/год.; об'ємна частка NH₃ на виході з колони C_{кc}=0,15; об'ємна частка інертних газів (CH₄, Ar) в циркуляційному газі I_{ін} =0,125; температура на 1-й і 2-й ступені конденсації, T₁ = 313 К і T₂ = 273 К, відповідно.

4. Зміст пояснювальної записки Зміст проекту в цілому визначається даними Методичними рекомендаціями (МР) до виконання дипломного проекту, зміст пояснювальної записки конкретизується розділами МР. Технологічна частина: згідно розділам 1 – 6 МР. Автоматичне регулювання та контроль виробництва: згідно розділу 7 МР. Економіко-організаційні розрахунки: згідно розділу 8 МР. Охорона праці: згідно розділу 9 МР. Екологічна безпека виробництва: згідно розділу 10 МР. _____

5. Перелік графічного матеріалу:

- технологічна схема відділення (1 аркуш формату А1);
- схема дистанційного контролю та автоматичного регулювання технологічних параметрів (1 аркуш формату А1);
- креслення загального вигляду технологічного реактора зі складальними кресленнями вузлів реактора (1 аркуш формату А1);
- ілюстрація результатів розрахунку економіко-організаційної частини (1 аркуш формату А1).

6. Консультанти розділів проекту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1 – 6, 10	доц. Концевой А.Л.		
7	ст. викл. Лукінюк М.В.		
8	доц. Підлісна О.А.		
9	доц. Полукаров Ю.О.		

7. Дата видачі завдання 24 лютого 2016 р.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проєкту	Термін виконання етапів проєкту	Примітка
1	Обґрунтування та вибір способу і технологічної схеми виробництва. Описання технологічної схеми виробництва. Креслення технологічної схеми на форматі А4	29 лютого	
2	Характеристика продукції, сировини, допоміжних матеріалів, енергетичних носіїв. Характеристика прийнятого методу виробництва. Хімізм та теоретичні основи і обґрунтування норм технологічних режимів	5 березня 10 березня	
3	Визначення витратних коефіцієнтів з сировини, напівпродуктів, допоміжних матеріалів та енергетичних носіїв: розрахунок матеріального балансу виробництва; розрахунок теплового балансу виробництва; розрахунок витратних коефіцієнтів; багатоваріантні технологічні розрахунки	15 березня 20 березня 25 березня 30 березня	
4	Комп'ютерний набір технологічної частини пояснювальної записки	4 квітня	
5	Характеристика технологічного обладнання: розрахунок та вибір основних реакторів; розрахунок і вибір допоміжного технологічного обладнання	7 квітня 10 квітня	
6	Автоматичний контроль та керування виробництвом	20 квітня	
7	Економіко-організаційні розрахунки	30 квітня	
8	Екологічна безпека виробництва	10 травня	
9	Охорона праці виробничого процесу	20 травня	
10	Оформлення пояснювальної записки, виконання креслень та ілюстративних плакатів	25 травня	
11	Захист	21 червня	

Студентка

(підпис)

(ініціали, прізвище)

Керівник проєкту

(підпис)

(ініціали, прізвище)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка 106 с.; 6 рис.; 41 табл.; 1 додаток; 15 посилань.

Розроблено проект технологічного процесу синтезу аміаку з метою одержання технологічного рідкого аміаку. В проекті розглянуто характеристику продукції, сировини, допоміжних матеріалів, що виготовляють у відповідності до стандарту, розглянуто фізико-хімічні основи синтезу аміаку. Розраховано матеріальні та теплові баланси синтезу. Визначено витратні коефіцієнти з сировини, напівпродукту, допоміжних матеріалів. Наведено технічні вимоги до готової продукції – технологічного рідкого аміаку.

Наведено технологічну схему процесу та її опис, обґрунтовано норми технологічних режимів. Запрограмовані розрахунки в середовищах Excel. Проведені багатоваріантні розрахунки. Розраховано технологічний реактор – колону синтезу аміаку і вибрано допоміжне обладнання у відповідності з заданою продуктивністю виробництва. Наведена схема автоматичного контролю і керування процесом. Розроблено економіко-організаційну частину проекту, що показує собівартість продукту, а також рентабельність підприємства. Розроблено заходи, направлені на створення безпечних умов праці, пожежної безпеки. Наведено характеристику відходів та викидів, запропоновано рішення з охорони довкілля.

СИНТЕЗ, АМІАК, ЦИРКУЛЯЦІЙНА СУМІШ, АЗОТО-ВОДНЕВА СУМІШ, МАТЕРІАЛЬНИЙ БАЛАНС, КОЛОНА СИНТЕЗУ, БАЙПАС, КАТАЛІЗАТОР, ІНЕРТНІ ГАЗИ, ТЕПЛООБМІННИК

РЕФЕРАТ

Пояснительная записка 106 с.; 6 рис.; 41 табл.; 1 приложений; 15 ссылок.

Разработан проект технологического процесса синтеза аммиака с целью получения технологического жидкого аммиака. В проекте рассмотрено характеристику продукции, сырья, вспомогательных материалов, которые изготавливают в соответствии к стандартам, рассмотрено физико-химические свойства синтеза аммиака. Рассчитано материальный и тепловой баланс синтеза. Определены расходные коэффициенты по сырью, полупродукта, вспомогательных материалов. Приведены технические требования к готовой продукции – технологического жидкого аммиака.

Приведена технологическая схема процесса и ее описание, обоснованы нормы технологических режимов. Запрограммированы расчёты в среде Excel, проведены многовариантные расчеты. Рассчитано технологический реактор – колонну синтеза аммиака и выбрано вспомогательное оборудование в соответствии с заданной продуктивностью производства. Приведена схема автоматического контроля и регулирования процессом. Разработана экономико-организационную часть проекта, что показывает себестоимость продукта, а также рентабельность производства. Разработаны мероприятия, направление на создание безопасных условий труда, пожарной безопасности. Приведено характеристику отходов и выбросов, предложено решения с охраны окружающей среды.

СИНТЕЗ, АММИАК, ЦИРКУЛЯЦИОНАЯ СМЕСЬ, АЗОТО-
ВОДОРОДНАЯ СМЕСЬ, МАТЕРИАЛЬНЫЙ БАЛАНС, БАЙПАС,
КОЛОННА СИНТЕЗА, КАТАЛИЗАТОР, ИНЕРТНЫЕ ГАЗЫ,
ТЕПЛООБМЕНИК

ABSTRACT

The explanatory note 106 p.; 6 fig.; 41 tables; 1 appendix; 15 references.

The project develops a process of ammonia synthesis aimed at obtaining liquid technologic ammonia. The following criterias were scrutinized in the course of research: descriptions of products, raw materials, excipient materials, produced in compliance with all the standards. Physical and chemical factors of ammonia synthesis were viewed. Mass and thermal balance for synthesis process was calculated. Consumption indexes of raw materials, preproducts and excipient materials were determined. Technical requirements for liquid technologic ammonia end product were adduced.

We have demonstrated technologic scheme for the process and its explanation, as well as substantiated the norms for processing methods. The calculations were programed in Excel application, multi-variant calculations were accomplished. The process reactor, ammonia converter was calculated. Ancillary equipment was chosen in compliance with indicated synthesis productivity. A scheme for automatic control and process managing was devised. An economic-managerial basis of the project was elaborated, specifying net cost of the product and cost-effectiveness of production. Measures were enumerated for creation safe labor and fire safety conditions. The given characteristics of waste and emissions, solutions of environmental issues were proposed.

SYNTHESIS, AMMONIA, CIRCULATION MIXTURE, HYDROGEN-NYTROGEN MIXTURE, MASS BALANCE, BYPASS, AMMONIA CONVERTER, CATALYST, INERT GASES, HEATEXCHANGER

Зміст	Стор
Вступ.....	9
1 Обґрунтування та вибір способу виробництва	10
2 Характеристика продукції, сировини, допоміжних матеріалів, енергетичних носіїв	14
3 Характеристика і обґрунтування прийнятого методу виробництва. Хімізм та теоретичні основи і обґрунтування норм технологічного режимів	18
4 Опис технологічної схеми виробництва	27
5 Витратні коефіцієнти з сировини, напівпродукту, допоміжних матеріалів та енергоносіїв	31
5.1 Розрахунок матеріального балансу виробництва	31
5.2 Розрахунок енергетичного (теплового) балансу виробництва	40
6 Характеристика технологічного обладнання.....	42
6.1 Розрахунок та вибір основного реактору.....	42
6.2 Вибір допоміжного технологічного обладнання	52
7 Автоматичний контроль та керування виробництвом	58
8 Економіко-організаційні розрахунки	63
9 Охорона праці.....	75
10 Екологічна безпека виробництва.....	87
10.1 Аналіз джерел та кількості відходів, що утворюються	87
10.2 Можливі варіанти утилізації відходів на виробництві.....	92
10.3 Екологічний моніторинг	94
10.4 Розрахунок екологічних платежів	95
ВИСНОВКИ	98
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	100
ДОДАТОК А	103

					ХН 2222 1440 000 ПЗ		
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Да-			
Розроб.	Продан А.І.				Відділення синтезу аміаку	Літ.	Аркуші
Перевір.	Концевой А.Л.						8
Реценз.							
Н. Контр.	Супрунчук В.						
Затверд.	Толстопало-					НТУУ "КПІ", ХТФ, гр. ХН-22	

ВСТУП

Аміак є одним з основних продуктів хімічної промисловості, виробництво якого складає мільйони тон на рік. У зв'язку з великим попитом людства в продуктах зв'язаного азоту, світове виробництво аміаку відноситься до великотоннажних виробництв.

Сучасним методом фіксації атмосферного азоту є синтез аміаку з елементів, відкритий Габером у 1906 році. Інші методи фіксації азоту зараз практично не використовуються. У зв'язку з цим аміак є основною сировиною для одержання практично всіх інших продуктів зв'язаного азоту. До найбільш поширених з яких відносять азотну кислоту, її солі та добрива. У світовій практиці 80 % від загального обсягу виробництва аміаку використовується у виробництві мінеральних добрив.

Аміак також широко використовують для синтезу таких важливих полімерних матеріалів, як поліаміди, поліуретани та ін. Шляхом нітрування азотною кислотою різних органічних речовин (фенолу, бензолу, целюлози, гліцерину та ін.) отримують їх нітропохідні, які використовуються як вибухові речовини (нітробензол, тротил, амоніти та ін.), а також напівпродукти для синтезу барвників та інших.

В Україні аміак виробляється в основному на п'яти великих хімічних комбінатах на установках великої одиничної потужності агрегатів 600 і 1360 тон аміаку на добу. Більшість з них побудовані у 80-х роках минулого століття і на сьогоднішній час хоч і відповідають світовому рівню, але потребують негайної реконструкції та модернізації [1].

Метою даного проекту є вибір та обґрунтування технологічної схеми синтезу аміаку, вивчення фізико-хімічних основ процесу, розрахунок матеріального та теплового балансу. Розраховано технологічний реактор – колону синтезу і вибрано допоміжне обладнання у відповідності з заданою продуктивністю виробництва. Запрограмовані розрахунки в середовищах Excel.

					ХН 2222 1440 000 ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

1 ОБҐРУНТУВАННЯ ТА ВИБІР СПОСОБУ ВИРОБНИЦТВА

На даному етапі світовий розвиток промисловості синтезу аміаку має ряд пропозицій для його реалізації. Синтез аміаку проводять в основному на установках потужністю 1360-1500 т/добу; окремі агрегати мають потужність 2000 т/добу, проектується агрегати-3000 т/добу. В експлуатації знаходяться також побудовані раніше установки потужністю 600 т/добу.

Промислові схеми синтезу аміаку, незважаючи на різне технологічне та апаратурне оформлення, базуються на загальних принципах, що ґрунтуються на особливостях процесу:

- виділення аміаку з циркуляційного газу методом конденсації;
- видалення інертних компонентів, що накопичуються, з циклу шляхом відбору продувних газів;
- введення свіжого синтез-газу в цикл синтезу аміаку.

Але експлуатація систем синтезу важка із-за наявності багатьох регулюючих параметрів процесу. Найбільшу ефективність досягають при оптимізації цих процесів, таких, як тиск, температурний режим, склад газу, який подається в реактор синтезу аміаку, по основним компонентам і домішки (інерти). Оскільки реакція синтезу аміаку є зворотною, то повного перетворення азоту і водню в аміак за час їх одноразового проходження через реактор не відбувається. Рівновага процесу і кінетика його перебігу на промислових залізних каталізаторах обумовлюють можливість перетворення в аміак лише 20-40 % вихідної газової суміші. Для більш повного перетворення реакційних газів у аміак необхідна їх багаторазова циркуляція через реактор; при цьому аміак, що утворився, виділяється з газу, а газ, який залишився не прореагованим, доповнюється свіжим і отримана суміш знову направляється в реактор. Усі сучасні схеми синтезу аміаку є циркуляційними.

					ХН 2222 1440 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		10

Перехід до агрегатів більшої потужності 600-1500 т/доб. з використанням турбокомпресорів знову виникла потреба в вирішуванні питання про оптимальний тиск в синтезі аміаку. Такі фірми як «Келлог» і «Хеміко» доказували перевагу низьких тисків 150 атм, а потім (220÷240) атм. Хоча низькі тиски представлялись оптимальними на основі техніко-економічних розрахунків, є підстави вважати, що основною причиною зниження тиску в той час були обмежені (по тиску) можливості турбокомпресорів.

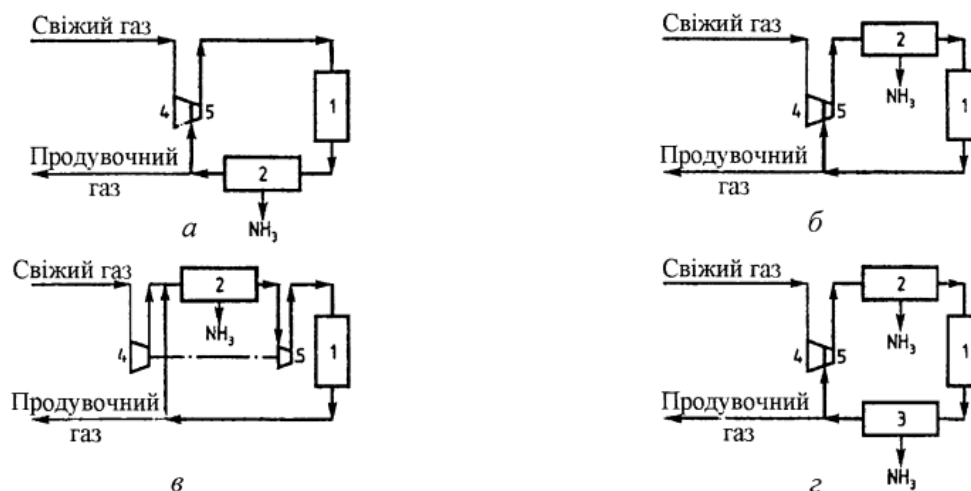
В якості критерію оптимальної роботи були прийняті приведенні затрати, які складаються з собівартості продукту і частки капіталовкладень з врахуванням нормативного коефіцієнту ефективності. Розрахунки показали, що найбільш економічними виявляється середній тиск порядку 300 атм. Приведенні затрати з пониженням тиску збільшуються, що пов'язано з великими енергоматеріальними і капітальними затратами на стадіях виділення аміаку з газової суміші.

Вибір високого тиску в процесі синтезу аміаку обумовлюється тим, що за принципом Ле Шательє рівновага зміщується в сторону продукту. Конденсація аміаку з газового середовища також полегшується, хоча при цьому має місце значна витрата енергії на компресію і завищені вимоги до машин, апаратів і арматури. При понижених тисках полегшується апаратурне оформлення процесу, знижується витрата на компресію, при цьому збільшуються енергозатрати на циркуляцію газу і виділення аміаку.

На рисунок 1.1 зображені структурні схеми різної організації циклів синтезу аміаку. Побудова схеми залежить від ступеня очищення свіжого синтез-газу. Якщо свіжий синтез-газ практично не містить кисневмісних каталітичних отрут, його доцільно вводити в цикл безпосередньо перед реактором синтезу аміаку (рисунку 1.1, а). Після реактора аміак виділяється охолодженням і конденсацією, а циркуляційний газ направляється в компресор рециркуляції. Це найкращий варіант з погляду мінімізації енерговитрат. Якщо свіжий син-

					ХН 2222 1440 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		11

тез-газ містить кисневмісні каталітичні отрути, то з огляду на можливість їхньої повної абсорбції рідким аміаком, стадію охолодження і конденсації розташовують між місцем введення свіжого синтез-газу і реактором синтезу аміаку (рисунку 1.1, б). Найменша витрата енергії досягається в часто використовуваній схемі (рисунку 1.1, в), в якій компресор рециклу розташовується відразу ж після конденсації аміаку. Двоступінчаста конденсація, що включає водяне чи повітряне охолодження при звичайних температурах і аміачне охолодження при знижених температурах (рисунку 1.1, г), має ряд переваг при середніх тисках синтезу 25-30 МПа. При високих тисках 45-50 МПа велика кількість аміаку може бути виділена лише водяним чи повітряним охолодженням [4].



а – цикл синтезу для чистого і сухого свіжого синтез-газу; *б* – відділення аміаку після компресора рециклу; *в* – виділення аміаку перед компресором рециклу; *г* – двоступінчаста конденсація аміаку;

1 – реактор з теплообмінником; 2 – виділення аміаку охолодженням і конденсацією; 3 – виділення аміаку конденсацією при звичайних температурах; 4 – компресор свіжого синтез-газу; 5 – компресор рециклу (циркуляційного газу)

Рисунок 1.1 – Основні типи циркуляції схем

В проекті розглянуто технологічну схему синтезу аміаку потужністю 1500 т/добу. Цей агрегат має двоступеневу конденсацію аміаку з азото-

					ХН 2222 1440 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		12

водневої суміші, яка є циркуляційним газом. В схемі використовується колона синтезу, яка забезпечена автотермічністю процесу для можливості створення близького до оптимального температурного режиму, високої продуктивності та підтримку регульованих параметрів. Тепло, яке виділилось після реакції іде на підігрів води, яка подається в котел для отримання пари, а також на підігрів циркуляційного газу в системі для подальшого синтезу.

					ХН 2222 1440 000 ПЗ	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

2 ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОДУКЦІЇ, СИРОВИНИ, ДОПОМІЖНИХ МАТЕРІАЛІВ, ЕНЕРГЕТИЧНИХ НОСІЇВ

Товарний продукт синтезу аміаку є аміак рідкий технічний. Якість рідкого аміаку регламентується стандартом, який передбачає випуск продукту трьох марок: А - для азотування, як холодоагент, для створення захисних атмосфер; А_к - для постачань на експорт і транспортування по магістральному аміакопроводу; Б - для переробки в добрива і застосування в сільському господарстві безпосередньо як азотне добриво.

Аміак рідкий технічний повинен бути виготовлений відповідно до вимог ГОСТ 6221-90 і повинен відповідати нормам, які наведені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Аміак рідкий технічний, характеристики за ГОСТ 6221-90

№ п/п	Назва показника	Норма для марки		
		А	А _к	Б
1	Масова частка аміаку, %, не менше	99,9	99,6	99,6
2	Масова частка азоту, %, не менше	-	82	82
3	Масова частка води (залишок після випаровування)	-	0,2-0,4	0,2-0,4
4	Масова частка води (метод Фішера), %, не більше	0,1	-	-
5	Масова концентрація оливи, мг/дм ³ , не більше	2	2	8
6	Масова концентрація заліза, мг/дм ³ , не більше	1	1	2
7	Масова частка загального хлору, млн ⁻¹ (мг/кг), не більше	-	0,5	-
8	Масова частка оксиду вуглецю (IV), млн ⁻¹ (мг/кг), не більше	-	40±10	-

Допускається масова частка води в рідкому аміаку марки А_к, який транспортується в цистернах, і марки Б менше 0,2% і доведення її до норми 0,2-0,4% на припортових заводах.

Властивості наведені в таблиці 2.2: аміак рідкий технічний – безбарвна прозора рідина, відноситься до важкогорючих речовин. При нормальному

					ХН 2222 1440 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		14

атмосферному тиску і температурі аміак переходить в газоподібний стан. Газоподібний аміак утворює з повітрям вибухонебезпечні суміші.

Таблиця 2.2 – Властивості аміаку

Характеристика	Показник
Молекулярна формула	NH ₃
Молярна маса, г/моль	17,0306
Зовнішній вигляд	Безбарвний із різким запахом
Густина, г/см ³	0,6942
Температура плавлення, °C	-77,73
Температура кипіння, °C	-33,4

Упаковка: наливання проводиться в спеціальні залізничні цистерни, автоцистерни, сталеві балони.

Транспортування: здійснюється залізничним транспортом в спеціальних цистернах, в критих вагонах, універсальних контейнерах, а також автомобільним транспортом в спеціальних автоцистернах і сталевих балонах відповідно до правил перевезень вантажів, що діють на транспорті даного вигляду.

Сировиною для даного виробництва є азото-воднева суміш (АВС), в якій співвідношення азоту і водню 1:3. У свою чергу азот добувають з повітря, а водень із природного газу, отже доцільно буде розглянути вимоги саме до цих компонентів сировини.

До азоту як сировинного компоненту застосовуються вимоги відповідно до ГОСТ 9293-74, наведеним в таблиці 2.3. За цим стандартом газоподібний азот – це інертний газ без кольору і запаху густиною 1,25046 кг/м³ при 0 °C і тиску 101,3 кПа. Питомий об'єм газоподібного азоту дорівнює 860,4 дм³/кг при тиску близько 105 Па і температурі 290 °C.

					ХН 2222 1440 000 ПЗ	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

Таблиця 2.3 – Азот, вимоги по ГОСТ 9293-74

Найменування показника	Норма для марки газоподібного і рідкого азоту					
	особливої чистоти		підвищеної чистоти		технічного	
	1-й сорт	2-й сорт	1-й сорт	2-й сорт	1-й сорт	2-й сорт
1. Об'ємна частка азоту %, не менше	99,999	99,996	99,99	99,95	99,6	99,0
2. Об'ємна частка кисню %, не більше	0,0005	0,001	0,001	0,05	0,4	1,0
3. Об'ємна частка водяної пари в газоподібному азоті %, не більш	0,0007	0,0007	0,0015	0,004	0,009	Витримує випробування за п. 3.6 ГОСТ 9293-74
4. Об'ємна частка водню %, не більш	0,0002	0,001	Не нормується			
5. Вміст масла в газоподібному азоті	Не визначається		Витримує випробування за п. 3.7 ГОСТ 9293-74			
6. Вміст масла, механічних домішок і вологи в рідкому азоті	Витримує випробування за п. 3.8 ГОСТ 9293-74					

Фізико-хімічні властивості компонентів газу представлені у таблиці 2.4. Азот за стандартних умов газ, безбарвний, без запаху. В атмосферному повітрі складає 79 %. Не підтримує дихання, тому є смертельним для людини.

Водень за стандартних умов газ, безбарвний, без запаху. Легший за повітря, вибухонебезпечний. Межі вибуховості суміші з повітрям: 4% нижня, 75% верхня.

Аргон за стандартних умов газ, без запаху, безбарвний. Інертний газ. В атмосферному повітрі складає 1 %.

					ХН 2222 1440 000 ПЗ	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

Метан за стандартних умов газ, безбарвний, без запаху. Вибухонебезпечний. Межа вибуховості у суміші з повітрям: 5% нижня, 15% верхня.

Таблиця 2.4 – Фізико-хімічні властивості компонентів

Газ	Молярна маса, г/моль	Молярний об'єм, м ³ /моль	Т плавлення, К	Т кипіння, К
азот	28,0134	22,403	63,15	77,35
аргон	39,948	22,39	83,75	87,25
водень	2,0149	22,412	13,95	20,66
метан	16,043	22,38	90,65	111,55
аміак	17,0306	22,08	195,27	238,7

Таким чином, загальні вимоги до якості готової продукції, сировини та матеріалів наводяться у таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 – Фізико-хімічні властивості сировини, матеріалів, продукції

Найменування сировини, матеріалів, готової продукції	Стандарти або технічні вимоги	Показники обов'язкові до контролю	Регламентовані показники з допустимими відхиленнями
Аміак рідкий технічний	ГОСТ 6221-90	Масова частка аміаку, %	99,6-99,9
Азот газоподібний	ГОСТ 9293-74	Об'ємна частка азоту, %	99,0-99,95
		Об'ємна частка водяної пари, %	0,004-0,009
		Вміст масла	Не містить

Отже, дана технологія має стабільно забезпечувати задані показники якості продукту, за умови дотримання показників якості сировини.

					ХН 2222 1440 000 ПЗ	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

3 ХАРАКТЕРИСТИКА І ОБГРУНТУВАННЯ ПРИЙНЯТОГО МЕТОДУ ВИРОБНИЦТВА. ХІМІЗМ ТА ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ І ОБГРУНТУВАННЯ НОРМ ТЕХНОЛОГІЧНОГО РЕЖИМІВ

Синтез аміаку з водню і азоту описується зворотною рівноважною реакцією, яка протікає зі зменшенням об'єму і виділенням тепла:



У промисловості для підвищення швидкості реакції процес здійснюють при підвищених температурах і в присутності каталізаторів.

Відповідно до принципу Ле Шательє зрушенню рівноваги такої реакції вправо, тобто вбік утворення аміаку, сприяють зниження температури і підвищення тиску. Це переконливо підтверджується графічною залежністю, наведеною на рисунку 3.1.

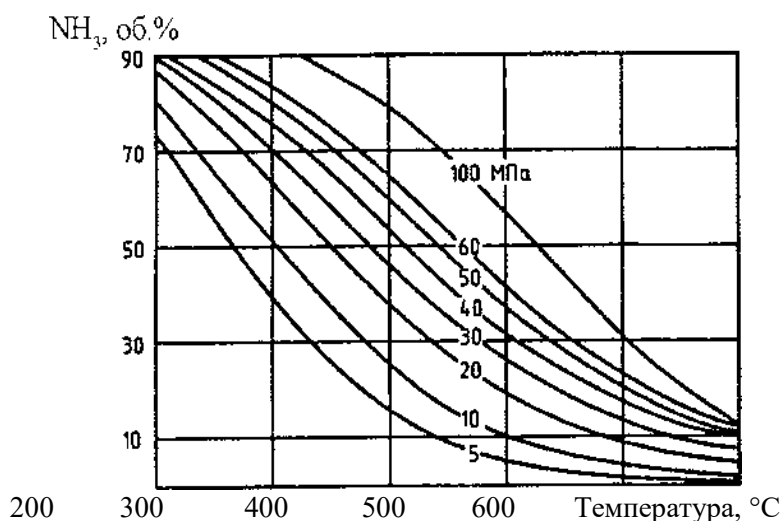


Рисунок 3.1 - Залежність рівноважних концентрацій аміаку від температури і тиску синтезу

А. Ларсон і Р. Додж визначили експериментально рівноважні концентрації аміаку для азотоводневої суміші стехіометричного складу.

Константа рівноваги реакції синтезу аміаку, що відповідає рівнянню (3.1), частіше усього в літературі визначається по рівнянню [4]:

$$K_p = \frac{P_{NH_3}}{P_{N_2}^{0.5} \cdot P_{H_2}^{1.5}} \quad (3.2)$$

де $P_{NH_3}, P_{N_2}, P_{H_2}$ - рівноважні парціальні тиски аміаку, азоту і водню, кПа.

Несприятливий вплив на стан рівноваги робить неминуча наявність у промисловому синтез-газі (азотоводневій суміші) домішок інертних компонентів – метану й аргону. Не беручи участь у реакціях і поступово накопичуючись у циклі, вони розбавляють реакційну суміш і дуже істотно зменшують рівноважну концентрацію аміаку.

До зниження рівноважного вмісту аміаку приводить також відхилення азотоводневої суміші від стехіометричного складу $H_2 : N_2 = 3:1$.

Швидкість і механізм процесу на окремих стадіях, а також залежність їх від температури й інших параметрів можуть різко відрізнятися.

Було встановлено, що адсорбція водню на поверхні різних металевих каталізаторів, що застосовуються у синтезі аміаку, протікає з великою швидкістю при низьких температурах, коли реакції синтезу і розкладання аміаку ще не йдуть. З іншого боку існує уявлення, що гідрування азоту, адсорбованого на поверхні каталізатора при високих температурах, протікає також з великою швидкістю і при температурах, значно більш низьких, ніж температура реакції. Отже, адсорбція і десорбція водню, а також гідрування адсорбованого азоту не можуть бути стадіями процесу, що лімітують, синтезу аміаку у вивчених умовах.

З іншої сторони, встановлено, що хемосорбція азоту на залізі й інших каталізаторах протікає і при високих температурах. Причому швидкість адсорбції азоту близька до швидкостей реакції синтезу аміаку, а швидкість десорбції азоту до швидкості розкладання аміаку на залізі. Крім того, було

					ХН 2222 1440 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		19

встановлено, що швидкість адсорбції азоту на залізі із суміші його з воднем і з аміаком дорівнює швидкості адсорбції чистого азоту. Отже, інші компоненти реакції не заважають адсорбції азоту.

Таким чином, можна зробити висновок, що в синтезі аміаку, якщо система не дуже далеко знаходиться від рівноваги, лімітуючою стадією є хемосорбція азоту, а при розкладанні аміаку – десорбція азоту.

Ці уявлення про механізм реакції синтезу і розкладання аміаку на залізоному катализаторі були покладені в основу загальної кінетичної інтерпретації процесу Тьомкіним - Пижевим. Основні положення їх теорії зводяться до наступного:

- реакція протікає за участю адсорбованого азоту;
- стадія, що визначає швидкість – хемосорбція азоту;
- адсорбовані атоми азоту рівноважні з молекулами аміаку і водню;
- існує лінійна залежність енергетичних параметрів від частини поверхні, заповненої атомами азоту.

Така теорія дає можливість проводити розрахунки кінетики процесу синтезу аміаку за рівнянням Тьомкіна-Пижева [4]:

$$V = K_{\text{дес}} \cdot \left(\frac{\alpha \cdot K \cdot (P_{\text{NH}_3})^2}{P_{\text{N}_2}^3} \right)^{h/f}, \quad (3.3)$$

де $K_{\text{дес}}$ – константа швидкості десорбції; α – ступінь покриття поверхні катализатора азотом, h, f – константи, P_{NH_3} , P_{N_2} – парціальні тиски відповідно аміаку і азоту, кПа.

Тепловий ефект реакції. Утворення аміаку з азоту і водню відбувається з виділенням значної кількості тепла. В адіабатичних умовах при утворенні 1 % об. аміаку температура реакційної суміші підвищується в середньому на 14,5 °С. Сумарний тепловий ефект синтезу аміаку визначається двома величинами: позитивним тепловим ефектом реакції $Q_p = -\Delta H$ нега-

					ХН 2222 1440 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		20

тивною теплою змішування аміаку, що утворився, з азотоводною сумішшю $Q_{см}$. Величина Q_p залежить тільки від температури і тиску; величина $Q_{см}$ - від температури, тиску і концентрації аміаку в суміші. При низьких тисках значення $Q_{см}$ дуже малі, при високих тисках вони істотно зростають і їх необхідно враховувати.

Каталізатори, механізм і кінетика синтезу аміаку.

Каталізатор синтезу аміаку можна назвати “серцем установки”. При заданих продуктивності і тиску він не тільки прямо визначає область робочих температур і тим самим багато в чому тип реактора, але й побічно, через вимоги до чистоти газу, впливає на попередні стадії одержання синтез-газу. І хоча часткові витрати на каталізатор у порівнянні із загальними витратами на сучасних агрегатах незначні, економічність усього виробництва багато в чому залежить від властивостей каталізатора синтезу аміаку.

Вимоги до промислового каталізатора синтезу аміаку:

1. Висока каталітична активність при можливо більш низьких температурах, що дозволяє використовувати зрушення рівноваги реакції (3.1) у бік утворення NH_3 при зниженні температури.
2. Стійкість до дії каталітичних отрут - речовин, що у вигляді домішок містяться навіть у добре очищеному синтез-газі та в сировині для приготування каталізатора, які різко знижують активність каталізатора.
3. Висока стійкість (збереження активності при перегрівих або тривалій роботі при високих температурах) і механічна міцність на роздавлювання і стирання.
4. Тривалий термін служби, що істотно визначається відповідністю каталізатора вимогам 2 і 3. Цей показник має особливо важливе значення для агрегатів великої одиничної потужності, в яких через жорсткі робочі умови можлива передчасна дезактивація каталізатора. Вона призводить до простою агрегату для заміни каталізатора, недоробці аміаку і погіршенню економіч-

					ХН 2222 1440 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		21

них показників виробництва.

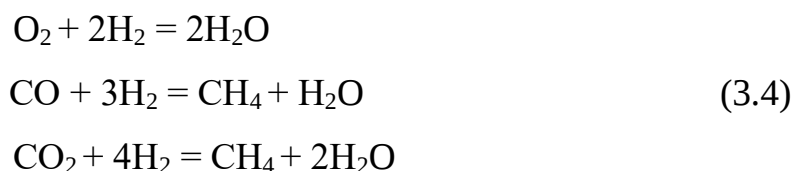
Каталізаторами, що істотно прискорюють синтез аміаку, є метали VI, VII, VIII груп періодичної системи, серед яких найбільшою активністю характеризуються Fe, Re, Mo, V, та ін. У даний час в усьому світі в промисловості знайшли застосування залізні плавлені багатокомпонентні каталізатори. Пористе залізо, отримане відновленням магнетиту Fe_2O_3 при температурі 300-400 °C, має високу активність. Воно має кристалічну кубічну структуру, властиву Fe_3O_4 , але не затримує атомів кисню. В таких кристалах знаходяться енергетично неврівноважені атоми заліза; створюване ними енергетичне поле і визначає каталітичну активність заліза.

Для того щоб при тривалій роботі каталізатора зашкодити переходу його активних центрів у неактивний стан, до складу каталізатора при його виготовленні вводять спеціальні активуючі добавки - промотори. Структуроутворюючі промотори (Al_2O_3 , SiO_2 , MgO) збільшують питому поверхню каталізатора, підвищують його термостійкість та стійкість до каталітичних отрут, але знижують питому каталітичну активність.

Дезактивація каталізатора. Дезактивація каталізатора виявляється в зменшенні виходу аміаку в результаті зниження активності і питомої поверхні каталізатора. Цей процес залежить від хімічного складу каталізатора і складу реагуючої суміші, а також від умов експлуатації. Дезактивація обумовлена отруєнням каталізатора і рекристалізаційними процесами в каталізаторі.

У промислових умовах реакційна суміш містить, як правило, кисневмісні сполуки - O_2 , CO, CO_2 . У процесі синтезу аміаку вони гідруються за реакціями (3.4) з утворенням водяної пари, яка є отрутою для каталізатора.

					ХН 2222 1440 000 ПЗ	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		



Приймається, що в присутності водяної пари встановлюється рівновага, при цьому частина поверхні каталізатора займається активним киснем, що і зменшує утворення аміаку.



Вміст кисневмісних сполук у промислових умовах, як правило, не перевищує 100-150 см³/м³, чи 100-150 ppm (1 ppm - це 1 мільйонна частка). При такій їх концентрації короткочасне отруєння практично зворотне: активність каталізатора цілком відновлюється при роботі на чистому газі.

Для збереження високої активності каталізатора протягом усього періоду експлуатації необхідно в промислових умовах забезпечити гранично можливе з економічної та технічної точок зору очищення азотоводневої суміші від кисневмісних з'єднань. Гранично припустима концентрація CO+CO₂ у свіжому синтез-газі не повинна перевищувати 20 ppm. Таке очищення азотоводневої суміші від кисневмісних отрут здійснюють шляхом промивання газу рідким азотом чи каталітичним способом (перед каталізом) у колоні передкаталізу за реакціями (3.4) з наступною конденсацією водяної пари у водяному холодильнику.

У процесі експлуатації особлива увага звертається на потрапляння в синтез-газ мастил з компресорного відділення. Мастила – суміш вуглеводів з незначним вмістом сірчаних з'єднань, які розкладаючись при високих температурах, викликають незворотне отруєння, що призводить до стійкої втрати активності каталізатора [4].

Вплив режимних параметрів на швидкість синтезу аміаку.

Вибір оптимальних умов проведення того або іншого каталітичного процесу в промислових реакторах визначається різними факторами, проте

					ХН 2222 1440 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		23

вирішальне значення мають термодинамічні характеристики процесу.

Швидкість реакції синтезу аміаку залежить від тиску, температури і складу реакційної суміші.

Концентрація аміаку. Швидкість прямої реакції синтезу обернено пропорційна парціальному тиску аміаку i , отже, його мольній частці, а для оберненої реакції розкладання характерна пряма пропорційність. Таким чином, із підвищенням концентрації аміаку, загальна швидкість реакції падає (реакція "гальмується аміаком"). Саме цим гальмуванням пояснюється підвищення продуктивності процесу з ростом об'ємної швидкості. Збільшення об'ємної швидкості призводить до зменшення приросту концентрації аміаку i , тим самим, до збільшення середньої швидкості процесу. При низьких температурах із підвищенням тиску росте не тільки відносний ступінь перетворення, але й абсолютне утримання аміаку в газовій суміші на виході з реактора. Такий ефект впливу тиску, можливо, теж пов'язаний із гальмуванням реакції воднем. Очевидно, при низьких температурах значна частина працюючої поверхні заповнена хемосорбованим воднем. При високих температурах виходи аміаку досягаються на сумішах, близьких до стехіометричних, тобто в умовах найбільш рівноважних значень концентрацій аміаку.

Тиск. Швидкість прямої реакції синтезу пропорційна тиску у ступені 1,5, а швидкість оберненої реакції - розкладання аміаку - обернено пропорційна тиску у ступені 0,5. Зі збільшенням тиску швидкість реакції збільшується. Як відомо, утворення аміаку з азоту і водню – реакція (3.1) екзотермічна при температурі 500 °С і тиску 30 МПа, супроводжується значним зменшенням об'єму при постійному тиску. Тим самим ще раз підтверджується висновок, що утворенню аміаку сприяє високий тиск і низькі температури.

Інертні домішки. Як відомо присутність інертних домішок у суміші рівнозначна зниженню загального тиску, із збільшенням їх концентрації швидкість реакції зменшується. Вплив інертних домішок на швидкість реакції ви-

					ХН 2222 1440 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		24

ражається (якщо відкинути другорядні фактори) у тому, що кожний відсоток цих домішок збільшує ефективну мольну частку аміаку на 2 %. А оскільки в першому наближенні швидкість реакції обернено пропорційна ефективній мольній частці аміаку, то кожний відсоток інертних домішок зменшує швидкість реакції на 2%.

Температура. Температура впливає на константи швидкостей прямої й оберненої реакції. Цю залежність виражає закон Арреніуса [4]:

$$k = k_0 \cdot e^{-\frac{E_A}{R \cdot T}}, \quad (3.6)$$

де E_A — енергія активації прямої або оберненої реакції, кДж/кмоль, R - універсальна газова стала, кДж/(кмоль·К); k_0 - предекспоненційний множник.

З вираження закону Арреніуса випливає, що з ростом температури константи швидкості швидко зростають. Константи швидкості прямої й оберненої реакції пов'язані з константою рівноваги, оскільки вона є відношення константи швидкості прямої реакції до оберненої.

Залежність константи рівноваги від температури в першому наближенні виражається законом Вант-Гоффа [4]:

$$K_p = B \cdot e^{\frac{Q_p}{R \cdot T}}, \quad (3.7)$$

де B - константа рівноваги, (кПа) $^{\Delta n}$, B - константа рівняння Вант-Гоффа, Q_p - тепловий ефект реакції синтезу, кДж/моль.

Підвищення температури в області низьких температур приводить до переважного збільшення швидкості прямої реакції. При подальшому збільшенні температури спостерігається переважне зростання швидкості зворотної реакції. При деякій температурі, названій оптимальною, швидкість реакції синтезу аміаку досягає максимуму, потім знижується. У цих випадках за оптимальну температуру треба приймати максимально допустиму темпера-

					ХН 2222 1440 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		25

туру по каталізатору. Оптимальна температура залежить від складу реакційної суміші. З підвищенням вмісту аміаку і зменшенням вмісту азоту і водню оптимальна температура зменшується. Чим глибше пройшла реакція, тим більша степінь перетворення і тим менша оптимальна температура [6].

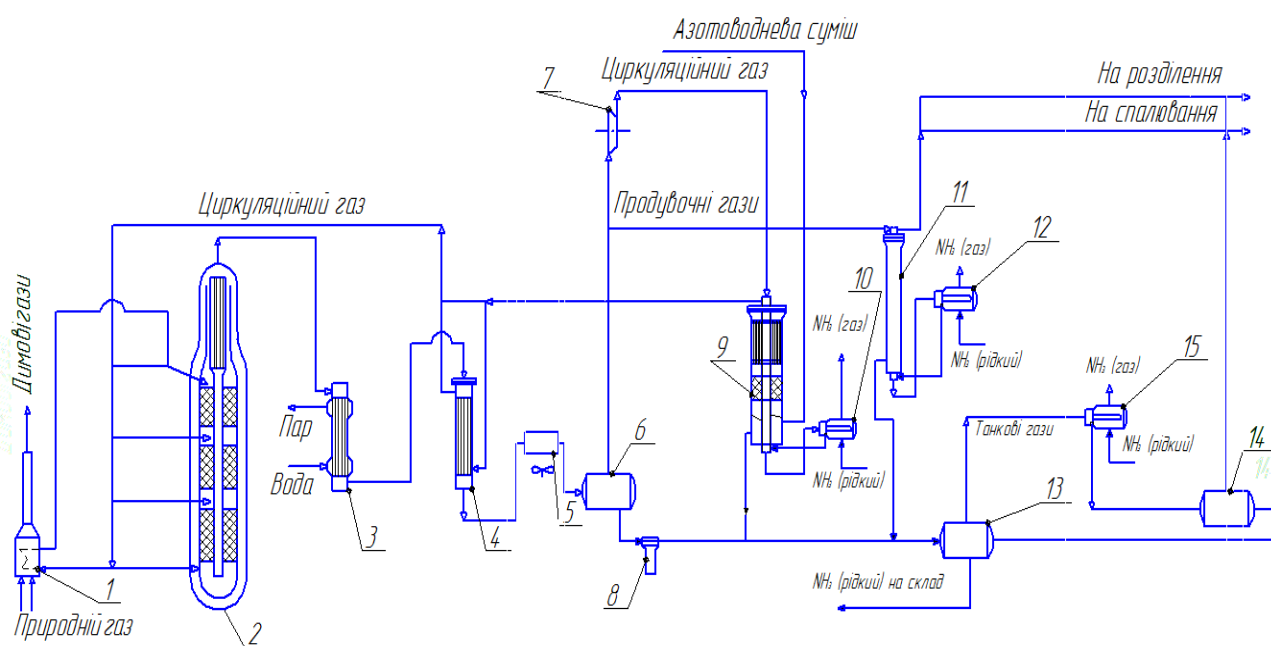
Аналізуючи всі параметри та умові проведення реакції можна сказати:

- реакція супроводжується значним зменшенням об'єму при постійному тиску, тим самим ще раз підтверджується висновок, що утворенню аміаку сприяє високий тиск (320 атм);
- температуру процесу слід встановлювати за оптимальним температурним режимом, тобто рекомендується дотримуватись температури, вищої за температуру запалення каталізатора (410-420 °C) і не більше температури спікання (560-580 °C), оптимальним є діапазон 430-530 °C;
- реакція синтезу аміаку обов'язково проводиться на залізному каталізаторі, рекомендується промотований каталізатор для більшої активності та стійкості;
- співвідношення водню до азоту повинно становити 3:1 для максимального виходу аміаку при високих тисках.

					ХН 2222 1440 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		26

4 ОПИС ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ ВИРОБНИЦТВА

Принципова схема синтезу аміаку приведена на рисунку 4.1.



1 – вогневий підігрівач; 2 – колона синтезу; 3 – водяний підігрівач; 4 – виносний теплообмінник; 5 – повітряне охолодження; 6, 14 – сепаратор; 7 – циркуляційний компресор; 8 – магнітний фільтр; 9, 11 – конденсаційні колони; 10, 12, 15 – випарник; 13 – збірник рідкого аміаку

Рисунок 4.1 – Принципова технологічна схема синтезу аміаку

В представленій технологічній схемі азотоводневу суміш зжимають в трьохступінчатому центробіжному компресорі до тиску 32 МПа і після охолодження в повітряному холодильнику до 40°C направляють в конденсаційну колону 9. Тут свіжий газ, барботуючи через шар рідкого аміаку, очищається від залишкових H_2O , CO_2 , слідів масла з компресорного відділення та одночасно насичується аміаком 3-5 %.

Потім газ змішується з циркуляційним газом в сепарційній частині колони. Суміш газів проходить крізь корзину з кільцями Рашига для відділення крапель аміаку, піднімається по трубкам теплообмінника, де

					ХН 2222 1440 000 ПЗ	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

охолоджує газ в міжтрубному просторі, нагріваючись до 35-45°C і виходить з конденсаційної колони у виносний теплообмінник 4. В міжтрубному просторі теплообмінника газ нагрівається до 140-190°C (зустрічним газом, який рухається по трубкам) і направляється в колону синтезу 2.

Перед колоную синтеза газова суміш, яка містить 3,3% (NH₃) поділяється на декілька потоків. Основний потік газу іде в низз колони синтезу, піднімається по кільцевому зазору між корпусом колони і каталізаторною коробкою і попадає в теплообмінник, який розміщується над каталізаторною коробкою в корпусі меншого діаметру. В міжтрубному просторі теплообмінника газ нагрівається до 400-440°C за рахунок теплообміну з газом, який виходить з каталізаторної коробки, і поступає надалі в каталізаторну зону, де відбувається утворення аміаку з азотоводневої суміші. Три лінії слугують для введення в колону синтезу газа перед кожною полицею для регулювання температури реакції. П'яту лінію з'єднують з вогневим підігрівачем 1, використовують в період пуску для розогріву системи.

Проходячи послідовно три шари каталізатора, газова суміш, яка містить 14-16% аміаку при температурі 480-530°C по центральній трубці піднімається вгору, проходячи по трубкам теплообмінника, де охолоджується до 335°C і виходить з колони синтезу. Далі газова суміш проходить по трубкам підігрівача води 3, охолоджується до 215°C, нагріваючи при цьому живильну воду від 102 до 286°C, проходить по трубкам виносного теплообмінника 4, охолоджуючись до 60-75°C, і поступає в повітряний холодильник 5.

Аміак, який сконденсувався при охолодженні газової суміші до 30-40°C, відділяється в сепараторі 6, проходить магнітний фільтр 8, де очищається від каталізаторного пилу, дроселюється до 2 МПа і видається в збірник 13.

					ХН 2222 1440 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		28

Газова суміш, яка містить 10-12% аміаку подають з сепаратора в циркуляційне колесо компресора 7, де дожимають до 32 МПа, компенсуя втрати тиску в системі і подають на вторинну конденсаційну систему, яка складається з конденсаційної колони і випарника рідкого аміаку 10.

В конденсаційну колону 9 газ вводять зверху, він проходить міжтрубний простір теплообмінника, охолоджуюсь газом, який іде по трубкам до 20-25°C, і поступає в випарник 10, де охолоджується до мінус 5-0°C аміаком, киплячим в міжтрубному просторі випарника мінус 12°C. Суміш охолодженого циркуляційного газу і сконденсованого аміака подають в сепараційну частину конденсаційної колони 9, де проходить відділення рідкого аміака від газу. Циркуляційний газ змішують з азотоводневою сумішю і цикл повторяється. Рідкий аміак із конденсаційної колони 9 при температурі мінус 5 – мінус 2°C дроселюється до 2 МПа і видається в збірник 13.

Метан і аргон, які містяться в вихідній газовій суміші, накопичуються в циклі синтезу і понижують ефективний тиск азотоводневої суміші. Для підтримання на певному рівні концентрації інертів (метану та аргону) частину циркуляційного газу постійно виводять з системи продувкою, яку проводять після первинної конденсації аміака на виході із сепаратора 6.

Продувочні газу під тиском 29,5 МПа направляють в конденсаційну колону 11, де вони проходять по міжтрубному простору теплообміннику і поступають в трубки випарника 12, в міжтрубному просторі, якого кипить аміак при мінус 34°C. Продувочні газу охолодженні до мінус 28°C повертають в сепараційну частину конденсаційної колони для віділення рідкого аміака. Вони проходять по трубкам теплообмінника, нагріваючись при цьому до 35-40°C газом, який йде по міжтрубному просторі. Після чого газу направляються на використання. Вміст аміаку в продувочному газі після охолодження знижується до 2%. Рідкий аміак з конденсаційної колони 11

					ХН 2222 1440 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		29

дроселюється до 2 МПа і направляється в збірник 13. В результаті зниження тиску в збірнику проходить виділення газів, які розчинилися в рідкому аміаку, при тиску 31,5 і 29,5 МПа. Ці гази (водень, азот, метан, аргон, аміак) охолоджують в випарнику 15 до температури мінус 28°C аміаком, який кипить при мінус 34°C. Аміак, який сконденсувався відділяють в сепараторі 14, а газову фазу, яка містить до 7% аміаку змішують з продувними газами, з яких видалений аміак, і направляють на установку виділення аргону і водню або на спалювання в трубчатій печі. Рідкий аміак з сепаратора 14 направляють в збірник рідкого аміаку 13 і потім на склад в ізотермічне сховище.

					ХН 2222 1440 000 ПЗ	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

5 ВИТРАТНІ КОЕФІЦІЄНТИ З СИРОВИНИ, НАПІВПРОДУКТУ, ДОПОМІЖНИХ МАТЕРІАЛІВ ТА ЕНЕРГОНОСІЇВ

5.1 Розрахунок матеріального балансу виробництва

Реакція синтезу аміаку $3\text{H}_2 + \text{N}_2 \leftrightarrow 2\text{NH}_3$ є оборотною, тому ступінь перетворення компонентів азотоводневої суміші (АВС) в аміак за час її одnorазового проходження через колону синтезу на залізних каталізаторах під середнім тиском 30 – 32 МПа не перевищує 40%. Для повнішого перетворення АВС в аміак необхідна її багатократна циркуляція через колону синтезу і організація продування системи з метою виводу інертних газів (запобігання їх накопичення і, відповідно, зменшення продуктивності колони синтезу). Негативний вплив інертів позначається на термодинамиці (зсув рівноваги в бік вихідних речовин внаслідок зменшення ефективного тиску процесу синтеза) і кінетиці процесу - зменшення швидкості реакції внаслідок зменшення парціального тиску водню і азоту. При цьому частина інертних газів і АВС розчиняються в рідкому аміаку, що конденсується на двох ступенях – на 1 ступені завдяки охолодженню водою, на 2 ступені завдяки охолодженню аміаком, що випаровується. На рисунку 1 надано принципову схему синтезу аміаку [2].

Вихідні дані.

Концентрація компонентів в свіжому газі [компонент]_{св}, об'ємні частки, H_2 , N_2 , CH_4 , Ar 0,7425; 0,2475; 0,0075; 0,0025, відповідно; тиск $P=320$ атм; продуктивність за аміаком $R_o=62,5$ т/год.; об'ємна частка NH_3 на виході з колони $C_{\text{кв}}=0,15$; об'ємна частка інертних газів (CH_4 , Ar) в циркуляційному газі $I_{\text{ин}}=0,125$; температура на 1-й і 2-й ступені конденсації,

$T_1 = 313 \text{ K}$ і $T_2 = 273 \text{ K}$, відповідно .

					ХН 2222 1440 000 ПЗ	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

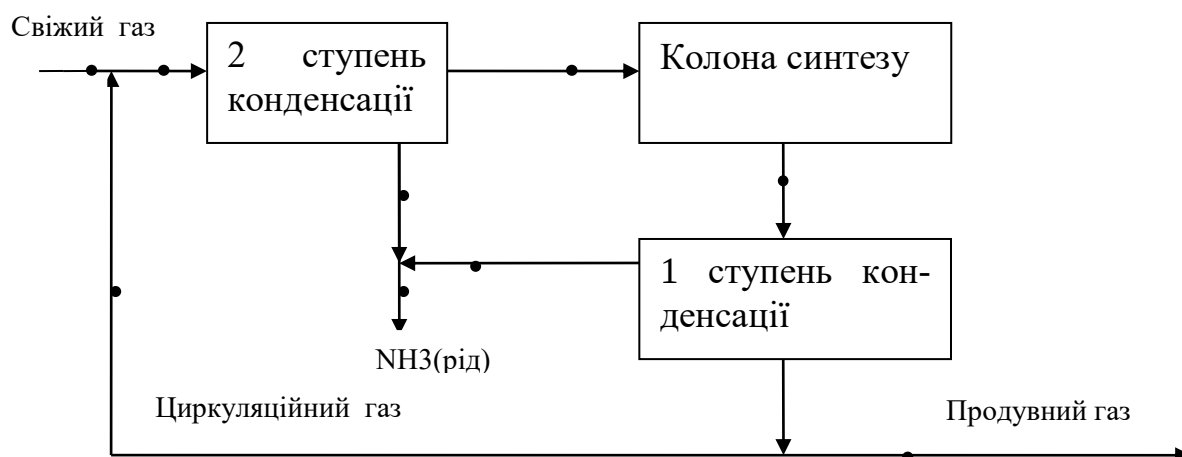


Рисунок 5.1 - Схема матеріальних потоків в установці синтезу аміаку

Алгоритм розрахунку.

1) Попередні розрахунки

Розчинність Ar під атмосферним тиском, $\text{м}^3/\text{м}^3\text{NH}_3$, на 1-й і 2-й ступенях конденсації, відповідно:

$$\begin{aligned}
 a_{1Ar} &= (0.085 + 0.0014 \cdot (T_1 - 273)) \cdot 0.001; \\
 a_{1Ar} &= (0.085 + 0.0014 \cdot (313 - 273)) \cdot 0.001 = 0,000141; \\
 a_{2Ar} &= (0.085 + 0.0014 \cdot (T_2 - 273)) \cdot 0.001; \\
 a_{2Ar} &= (0.085 + 0.0014 \cdot (273 - 273)) \cdot 0.001 = 0,000085
 \end{aligned} \tag{5.1}$$

Розчинність CH_4 при атмосферному тиску, $\text{м}^3/\text{м}^3\text{NH}_3$, на 1-й і 2-й ступенях конденсації, відповідно:

$$\begin{aligned}
 a_{1CH_4} &= (0.185 + 0.0035 \cdot (T_1 - 273)) \cdot 0.001; \\
 a_{1CH_4} &= (0.185 + 0.0035 \cdot (313 - 273)) \cdot 0.001 = 0,000325; \\
 a_{2CH_4} &= (0.185 + 0.0035 \cdot (T_2 - 273)) \cdot 0.001; \\
 a_{2CH_4} &= (0.185 + 0.0035 \cdot (273 - 273)) \cdot 0.001 = 0,000185
 \end{aligned} \tag{5.2}$$

Розчинність ABC під атмосферним тиском, $\text{м}^3/\text{м}^3\text{NH}_3$, на 1-й і 2-й ступенях конденсації, відповідно:

$$a_{1ABC} = 0.00007 + 0.0000242 \cdot \frac{T_1 - 273 - 20}{20} + 0.0000025 \cdot \left(\frac{T_1 - 273 - 20}{20} \right)^2;$$

					ХН 2222 1440 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		32

$$a_{1ABC} = 0.00007 + 0.0000242 \cdot \frac{313 - 273 - 20}{20} + 0.0000025 \cdot \left(\frac{313 - 273 - 20}{20} \right)^2 = 0.0000967, \quad (5.3)$$

$$a_{2ABC} = 0.00007 + 0.0000242 \cdot \frac{T_2 - 273 - 20}{20} + 0.0000025 \cdot \left(\frac{T_2 - 273 - 20}{20} \right)^2;$$

$$a_{2ABC} = 0.00007 + 0.0000242 \cdot \frac{273 - 273 - 20}{20} + 0.0000025 \cdot \left(\frac{273 - 273 - 20}{20} \right)^2 = 0.0000483$$

Об'ємна частка аміаку в циркуляційному газі після 1 і 2 ступені конденсації, відповідно:

$$a_{1NH_3} = 10^{\left(\frac{4.1856 + 5.98768 / \sqrt{P} - 1099.54 / 313}{273} \right)} / 100;$$

$$a_{1NH_3} = 10^{\left(\frac{4.1856 + 5.98768 / \sqrt{320} - 1099.54 / 313}{273} \right)} / 100 = 0.10172 \quad (5.4)$$

$$a_{2NH_3} = 10^{\frac{4.1856 + 5.98768 / \sqrt{P} - 1099.54}{273}} / 100;$$

$$a_{2NH_3} = 10^{\frac{4.1856 + 5.98768 / \sqrt{320} - 1099.54}{273}} / 100 = 0.031096$$

Витрата аміаку, м³/год:

$$V = \frac{R_0 \cdot 1000}{17} \cdot 22.4 = \frac{62.5 \cdot 1000}{17} \cdot 22.4 = 8235294. \quad (5.5)$$

Згідно рівняння синтезу витрата ABC, м³/год.:

$$S_0 = 2 \cdot V = 2 \cdot 8235294 = 16470588. \quad (5.6)$$

2) Завдання початкових наближень.

Задати початкові наближення витрат газу, м³/год.:

- для свіжого: $V_{св}=0$;

- для продувного: $V_{пр} = S_0 \cdot ([CH_4]_{св} + [Ar]_{св}) / I_{ін}$;

- для циркуляційного: $V_{ц}=0$;

- для рідкого NH₃ відповідно на 2-й і 1-й ступенях конденсації:

$$A_1 = 0.5 \cdot V; \quad A_2 = 0.5 \cdot V.$$

Задати початкові наближення концентрацій газу, частки:

					ХН 2222 1440 000 ПЗ	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

- CH_4 і Ar в циркуляційному газі (відповідно після 1-ої ($[\text{CH}_4]_1, [\text{Ar}]_1$) і 2-ої ($[\text{CH}_4]_2, [\text{Ar}]_2$) ступені конденсації):

$$[\text{CH}_4]_1 = [\text{CH}_4]_2; \quad [\text{Ar}]_1 = [\text{Ar}]_2;$$

при цьому початкове наближення об'ємної частки відповідно CH_4 і Ar в газі після 2 ступені конденсації (точка 8) дорівнює:

$$[\text{CH}_4]_2 = I_{\text{in}} \cdot ([\text{CH}_4]_{\text{св}} / ([\text{CH}_4]_{\text{св}} + [\text{Ar}]_{\text{св}})); \quad (5.7)$$

$$[\text{Ar}]_2 = I_{\text{in}} \cdot ([\text{Ar}]_{\text{св}} / ([\text{CH}_4]_{\text{св}} + [\text{Ar}]_{\text{св}})). \quad (5.8)$$

3) Рішення системи рівнянь

Парціальний тиск АВС після 1 ступені конденсації, атм:

$$P_1 = P \cdot (1 - a_{1\text{NH}_3} - [\text{CH}_4]_1 - [\text{Ar}]_1); \quad (5.9)$$

$$P_1 = 247,449.$$

Парціальний тиск АВС після 2 ступені конденсації, атм:

$$P_2 = P \cdot (1 - a_{2\text{NH}_3} - [\text{CH}_4]_2 - [\text{Ar}]_2); \quad (5.10)$$

$$P_2 = 276,021.$$

Об'єм інертних газів, що розчиняються в рідкому аміаку відповідно з 1 і 2 ступені конденсації, м^3 газу/ м^3 NH_3 :

$$V_{1\text{in}} = P \cdot (a_{1\text{CH}_4} \cdot [\text{CH}_4]_1 + a_{1\text{Ar}} \cdot [\text{Ar}]_1); \quad (5.11)$$

$$V_{1\text{in}} = 0,0107782;$$

$$V_{2\text{in}} = P \cdot (a_{2\text{CH}_4} \cdot [\text{CH}_4]_2 + a_{2\text{Ar}} \cdot [\text{Ar}]_2); \quad (5.12)$$

$$V_{2\text{in}} = 0,0052705.$$

Витрати свіжого $V_{\text{св}}$, продувного $V_{\text{пр}}$ і циркуляційного газу $V_{\text{ц}}$, $\text{м}^3/\text{год.}$:

$$V_{\text{св}} = S_0 + A_2 \cdot (V_{2\text{in}} + a_{2\text{ABC}} \cdot P_2) + A_1 \cdot (V_{1\text{in}} + a_{1\text{ABC}} \cdot P_1) + V_{\text{пр}} \cdot (1 - a_{1\text{NH}_3}); \quad (5.13)$$

$$V_{\text{св}} = 17479247;$$

$$V_{\text{пр}} = (V_{\text{св}} \cdot ([\text{CH}_4]_{\text{св}} + [\text{Ar}]_{\text{св}}) - A_2 \cdot V_{2\text{in}} - A_1 \cdot V_{1\text{in}}) / I_{\text{in}}; \quad (5.14)$$

$$V_{\text{пр}} = 8851,2027;$$

$$V_{\text{ц}} = V \cdot (1 + C_{\text{кс}}) / (C_{\text{кс}} - a_{2\text{NH}_3}) - V_{\text{св}} + A_2 \cdot (1 + V_{2\text{in}} + a_{2\text{ABC}} \cdot P_2); \quad (5.15)$$

					ХН 2222 1440 000 ПЗ	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

$$V_y = 665414,94 .$$

Конденсується аміаку на 2 ступені конденсації (точка 4), м³/год:

$$A_2 = (V_y \cdot (a_{1NH_3} - a_{2NH_3}) - V_{cv} \cdot a_{2NH_3}) / (1 - a_{2NH_3} \cdot (1 + V_{2in} + a_{2ABC} \cdot P_2)) ; \quad (5.16)$$

$$A_2 = 42919,709.$$

Конденсується аміаку на 1 ступені конденсації (точка 3), м³/год:

$$A_1 = V - A_2 - V_{np} \cdot a_{1NH_3} ; \quad (5.17)$$

$$A_1 = 38532872.$$

Об'ємна частка метану в циркуляційному газі,:

$$[CH_4]_1 = (V_{cv} \cdot [CH_4]_{cv} - A_2 \cdot a_{2CH_4} \cdot P \cdot [CH_4]_2) / (V_{np} + A_1 \cdot a_{1CH_4} \cdot P) ; \quad (5.18)$$

$$[CH_4]_1 = 0.0872662.$$

Об'ємна частка аргону в циркуляційному газі:

$$[Ar]_1 = I_{in} - [CH_4]_1 ; \quad (5.19)$$

$$[Ar]_1 = 0.0377338.$$

Об'ємна частка метану в газі на вході в колонну синтезу:

$$[CH_4]_2 = (V_{cv} \cdot [CH_4]_{cv} + V_y \cdot [CH_4]_1) / (V_{cv} + V_y - A_2 \cdot (1 + V_{2in} + a_{2ABC} \cdot P_2 - a_{2CH_4} \cdot P)) ; \quad (5.20)$$

$$[CH_4]_2 = 0.0743141.$$

Об'ємна частка аргону в газі на вході в колонну синтезу:

$$[Ar]_2 = (V_{cv} \cdot [Ar]_{cv} + V_y \cdot [Ar]_1) / (V_{cv} + V_y - A_2 \cdot (1 + V_{2in} + a_{2ABC} \cdot P_2 - a_{2Ar} \cdot P)) ; \quad (5.21)$$

$$[Ar]_2 = 0.0320258.$$

Рівняння (5.7) - (5.21) в середовищі *Excel* розв'язуються методом ітерації.

4) Складання таблиць витрат і складу матеріальних потоків

Розрахунок об'ємів H_2 , N_2 в точці 2 ведеться з урахуванням об'ємних часток метану $[CH_4]_1$, аргону $[Ar]_1$ і аміаку a_{1NH_3} в циркуляційному газі (відповідає складу продувного):

					ХН 2222 1440 000 ПЗ	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

$$V_{H_2} = V_{np} \cdot (1 - [CH_4]_1 - [Ar]_1 - a_{1NH_3}) \cdot 3/4; \quad V_{N_2} = V_{np} \cdot (1 - [CH_4]_1 - [Ar]_1 - a_{1NH_3}) / 4.$$

Розрахунок об'ємів компонентів в точці 3 ведеться з урахуванням розчинності АВС, метану і аргону - $a_{1ABC}, a_{1CH_4}, a_{1Ar}$; об'єму аміаку, який видається з 1-ї ступені конденсації - A_1 ; тиску - P_1, P і об'ємних часток компонентів в даній точці:

$$V_{H_2} = a_{1ABC} \cdot A_1 \cdot P_1 \cdot 3/4; \quad V_{N_2} = a_{1ABC} \cdot A_1 \cdot P_1 / 4;$$

$$V_{CH_4} = a_{1CH_4} \cdot A_1 \cdot P \cdot [CH_4]_1; \quad V_{Ar} = a_{1Ar} \cdot A_1 \cdot P \cdot [Ar]_1; \quad V_{NH_3} = A_1.$$

Розрахунок об'ємів компонентів в точці 4 ведеться з урахуванням розчинності - $a_{2ABC}, a_{2Ar}, a_{2CH_4}$; об'єму аміаку, який видається з 2-ї ступені конденсації - A_2 ; тиску - P_2, P і об'ємних часток компонентів в даній точці:

$$V_{H_2} = a_{2ABC} \cdot A_2 \cdot P_2 \cdot 3/4; \quad V_{N_2} = a_{2ABC} \cdot A_2 \cdot P_2 / 4;$$

$$V_{CH_4} = a_{2CH_4} \cdot A_2 \cdot P \cdot [CH_4]_2; \quad V_{Ar} = a_{2Ar} \cdot A_2 \cdot P \cdot [Ar]_2; \quad V_{NH_3} = A_2.$$

Розрахунок об'ємів компонентів в точці 9 ведеться з урахуванням кількості аміаку на вході в колону синтезу (точка 8), до якої додається синтезований в колоні аміак в кількості $R_o \cdot 1000$, кг/год і V , м³/год. Витрата водню і азоту на синтез $R_o \cdot 1000$, кг/год і V , м³/год аміаку визначається згідно стехіометрії реакції синтезу аміаку, їх витрата в точці 9 дорівнює витраті в точці 8 мінус витрата на синтез. Витрати інертних газів, звісно, визначаються витратами в точці 8. Перевірка: об'ємна частка аміаку дорівнює C_{kc} .

Рішення системи рівнянь:

P1	247,44902	Парціальний тиск АВС після 1 ступені конденсації, атм
P2	276,02056	Парціальний тиск АВС після 2 ступені конденсації, атм
V1ін	0,0107782	Об'єм інертних газів, що розчиняються в рідкому аміаку 1 ст. конденсації, м3 газу/м3 NH3
V2ін	0,0052705	Об'єм інертних газів, що розчиняються в рідкому аміаку 2 ст. конденсації, м3 газу/м3 NH3
Vсв	174792,47	Витрата свіжого газу, м3/год

					ХН 2222 1440 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		36

V _{пр}	8851,2027	Витрата продувного газу, м3/год
V _ц	665414,94	Витрата циркуляційного газу, м3/год
A2	42919,709	Конденсується аміаку на 2 ступені конденсації(точка 4), м3/год
A1	38532,872	Конденсується аміаку на 1 ступені конденсації(точка 3), м3/год
[CH ₄]1	0,0872662	Об'ємна частка метану в циркуляційному газі
[Ar]1	0,0377338	Об'ємна частка аргону в циркуляційному газі
[CH ₄]2	0,0743141	Об'ємна частка метану в газі на вході в колону синтезу
[Ar]2	0,0320258	Об'ємна частка аргону в газі на вході в колону синтезу

Далі наведено таблиці матеріального балансу для кожної з 9-ти точок схеми.

Таблиця 5.1 – Матеріальний баланс в точці 1 (свіжий газ)

Компонент	кг/год	%мас.	м3/год	%об.
H ₂	11587,8	17,197452	129783,4	74,25
N ₂	54076,42	80,254777	43261,14	24,75
CH ₄	936,3882	1,3896931	1310,944	0,75
Ar	780,3235	1,1580776	436,9812	0,25
Всього	67380,94	100	174792,5	100

Таблиця 5.2 – Матеріальний баланс в точці 2 (продувний газ)

Компонент	кг/год	%мас.	м3/год	%об.
H ₂	458,3332	10,349246	5133,331	57,99586
N ₂	2138,888	48,29648	1711,11	19,33195
CH ₄	551,722	12,457982	772,4108	8,726619
Ar	596,41	13,467045	333,9896	3,773381
NH ₃	683,3093	15,429247	900,3605	10,17218
Всього	4428,662	100	8851,203	100

Таблиця 5.3 – Матеріальний баланс в точці 3 (після 1ст. конденсації)

Компонент	кг/год	%мас.	м3/год	%об.
H2	61,74287	0,2060808	691,5202	1,734428
N2	288,1334	0,9617103	230,5067	0,578143
CH4	249,7944	0,8337453	349,7122	0,877126
Ar	117,1502	0,3910153	65,60412	0,164544
NH3	29243,7	97,607448	38532,87	96,64576
Всього	29960,52	100	39870,21	100

Таблиця 5.4 – Матеріальний баланс в точці 4 (після 2 ст. конденсації)

Компонент	кг/год	%мас.	м3/год	%об.
H2	38,31674	0,1166171	429,1475	0,985882
N2	178,8115	0,5442131	143,0492	0,328627
CH4	0,001317	4,009E-06	0,001844	4,24E-06
Ar	66,76335	0,2031944	37,38747	0,08589
NH3	32572,99	99,135971	42919,71	98,5996
Всього	32856,89	100	43529,3	100

Таблиця 5.5 – Матеріальний баланс в точці 5 (циркуляційний газ)

Компонент	кг/год	%мас.	м3/год	%об.
H2	34456,53	10,349246	385913,1	57,99586
N2	160797,1	48,29648	128637,7	19,33195
CH4	41477,31	12,457982	58068,23	8,726619
Ar	44836,86	13,467045	25108,64	3,773381
NH3	51369,77	15,429247	67687,22	10,17218
Всього	332937,6	100	665414,9	100

Таблиця 5.6 – Матеріальний баланс в точці 6 (перед 2 ст. конденсації)

Компонент	кг/год	%мас.	м3/год	%об.
H2	46044,33	11,501924	515696,5	61,37729
N2	214873,6	53,675646	171898,8	20,4591
CH4	42413,69	10,594986	59379,17	7,067204
Ar	45617,18	11,395221	25545,62	3,040395
NH3	51369,77	12,832223	67687,22	8,056013
Всього	400318,5	100	840207,4	100

Таблиця 5.7 – Матеріальний баланс в точці 7 (після обох ст. конденсації)

Компонент	кг/год	%мас.	м3/год	%об.
H ₂	100,0596	0,1592865	1120,668	1,343734
N ₂	466,9449	0,7433368	373,5559	0,447911
CH ₄	249,7957	0,3976537	349,714	0,419324
Ar	183,9136	0,2927748	102,9916	0,123492
NH ₃	61816,69	98,406948	81452,58	97,66554
Всього	62817,4	100	83399,51	100

Таблиця 5.8 – Матеріальний баланс в точці 8 (перед колоною синтезу)

Компонент	кг/год	%мас.	м3/год	%об.
H ₂	46006,02	12,519951	515267,4	64,67699
N ₂	214694,8	58,426437	171755,8	21,559
CH ₄	42413,69	11,542345	59379,17	7,453345
Ar	45550,42	12,395965	25508,23	3,201824
NH ₃	18796,77	5,1153019	24767,51	3,108848
Всього	367461,6	100	796678,1	100

Таблиця 5.9 – Матеріальний баланс в точці 9 (після колони синтезу)

Компонент	кг/год	%мас.	м3/год	%об.
H ₂	34976,61	9,5184371	391738	54,84029
N ₂	163224,2	44,419373	130579,3	18,2801
CH ₄	42413,69	11,542345	59379,17	8,312624
Ar	45550,42	12,395965	25508,23	3,570955
NH ₃	81296,77	22,123879	107120,5	14,99604
Всього	367461,6	100	714325,2	100

5.2 Розрахунок енергетичного (теплого) балансу виробництва

Тепловий баланс враховує кількості теплоти внесені й винесені з апарату, теплоту фізичних процесів (розчинення, абсорбція та інше), теплоту хімічних, перетворень (екзо- і ендотермічні реакції), кількість теплоти яка підводиться чи відводиться з апарату (з димовими газами, пером, холодильниками усередині апарату та інше), втрати тепла в навколишнє середовище. Тепловий баланс розраховую за результатами розрахунку матеріального балансу.

1) Прихід тепла в колону синтезу.

Прихід тепла в колону синтезу складається з суми тепла газу, що поступає в колону (Q_{ex}) і тепла, що виділяється в ході реакції (Q_p):

$$Q_{np} = Q_{ex} + Q_p. \quad (5.22)$$

Тепловий ефект реакції синтезу аміаку, що залежить від температури та тиску, можна обрахувати за рівнянням [2]:

$$q = 9157,1 + 0,545 \cdot \frac{840,6}{T} + \frac{459734000}{T^3} \cdot P + 5,347 \cdot T + 2,525 \cdot 10^{-4} \cdot T^2 - 1,692 \cdot 10^{-6} \cdot T^3; \quad (5.23)$$

де T – абсолютна температура ($T = 740,5$ К); P – тиск (320 атм).

$$q = 9157,1 + \left(0,545 + \frac{840,6}{740,5} + \frac{459734000}{740,5^3} \right) \cdot 320 + 5,34 \cdot 740,5 + 2,525 \cdot 10^{-4} \cdot 740,5^2 - 1,692 \cdot 10^{-6} \cdot 740,5^3 = 13462,7643 \frac{\text{ккал}}{\text{кмоль}} = 56365,9017 \frac{\text{кДж}}{\text{кмоль}};$$

q – тепловий ефект реакції синтезу NH_3 при 740,5 К та 320 атм, кДж/кмоль.

Розрахуємо теплоту реакції для нашої продуктивності:

$$Q_p = \frac{62500}{17} \cdot 56365,9017 = 206862528 \frac{\text{кДж}}{\text{год}}. \quad (5.24)$$

Розрахуємо фізичну теплоту газової суміші на вході в колону синтезу:

$$Q_{ex} = V_{ex} \cdot C_{p_{ex}} \cdot T_{ex} / 22.4; \quad (5.25)$$

					ХН 2222 1440 000 ПЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

де $V_{\text{вх}}$ – об’єм газової суміші на вході в колону синтезу за результатами розрахунку матеріального балансу з таблиці 5,8; $V_{\text{вх}} = 796678,1 \text{ м}^3/\text{год}$; $C_{p_{\text{вх}}}$ – молярна теплоємність газової суміші на вході в колону синтезу при 170°C , $\text{кДж}/(\text{кмоль}\cdot\text{гр})$, розраховується за правилом адитивності:

$$Q_{\text{вх}} = \frac{796678,1}{22,4} \cdot 30,246 \cdot 170 = 182832077 \frac{\text{кДж}}{\text{год}};$$

$$Q_{\text{пр}} = 206862528 + 182832077 = 389694605 \text{ кДж}. \quad (5.26)$$

2) Витрати тепла в колоні синтезу.

Втрати тепла в навколишнє середовище приймаємо 1,25% від загального приходу тепла в колоні, тоді кількість теплоти на виході з колони складемо [1]:

$$Q_{\text{вих}} = Q_{\text{пр}} \cdot 0,9875 \quad (5.27)$$

$$Q_{\text{вих}} = 389694605 \cdot 0,9875 = 381900713 \text{ кДж}.$$

Температура газової суміші на виході з колони синтезу:

$$T_{\text{вих}} = \frac{Q_{\text{вих}} \cdot 22,4}{C_{p_{\text{вих}}} \cdot V_{\text{вих}}}; \quad (5.28)$$

де $V_{\text{вих}}$ – кількість газової суміші на виході з колони; за даними матеріального балансу з таблиці 5.9; $V_{\text{вих}} = 714325,2 \text{ м}^3/\text{год}$; $C_{p_{\text{вих}}}$ – теплоємність газової суміші на виході з колони, $\text{кДж}/(\text{кмоль}\cdot\text{гр})$.

$$T_{\text{вих}} = \frac{381900713 \cdot 22,4}{32,52 \cdot 714325,2} = 368^\circ\text{C}.$$

					ХН 2222 1440 000 ПЗ	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

6 ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ

6.1 Розрахунок та вибір основного реактору

Колона синтезу аміаку є основним технологічним апаратом відділення синтезу аміаку. Тепловий баланс колони розраховується на основі даних загального матеріального балансу відділення синтезу. Принципове розташування колони синтезу аміаку у відділенні синтезу аміаку представлено на рисунку 6.1

Представлення технологічного вузла колони синтезу на рисунку 6.1 є спрощеним, оскільки відображає лише вхідний та кінцевий потоки, не розкриваючи ходу газу у колоні. На цьому етапі важливо відзначити точки схеми, що визначатимуть режим матеріальних потоків у колоні синтезу: точки 8 і 9.

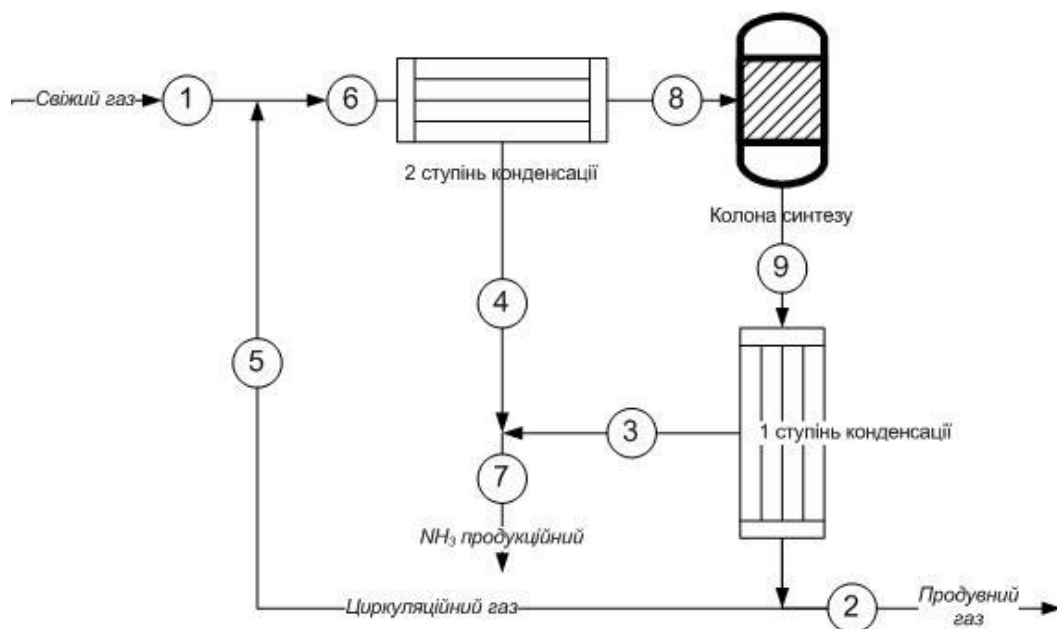


Рисунок 6.1 – Принципова схема відділення синтезу аміаку

Вихідні дані:

1. Вектори параметрів вихідного та кінцевого потоків

					ХН 2222 1440 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		42

Таблиця 6.1 – Склад газу на вході в колону синтезу (Точка 8)

Компонент	кг/год	%мас.	м3/год	%об.
H ₂	46006,02	12,519951	515267,4	64,67699
N ₂	214694,8	58,426437	171755,8	21,559
CH ₄	42413,69	11,542345	59379,17	7,453345
Ar	45550,42	12,395965	25508,23	3,201824
NH ₃	18796,77	5,1153019	24767,51	3,108848
Всього	367461,6	100	796678,1	100

Таблиця 6.2 – Склад газу на виході з колони синтезу (Точка 9)

Компонент	кг/год	%мас.	м3/год	%об.
H ₂	34976,61	9,5184371	391738	54,84029
N ₂	163224,2	44,419373	130579,3	18,2801
CH ₄	42413,69	11,542345	59379,17	8,312624
Ar	45550,42	12,395965	25508,23	3,570955
NH ₃	81296,77	22,123879	107120,5	14,99604
Всього	367461,6	100	714325,2	100

2. Початкові температури газових потоків

Початкова температура газового потоку $t_{\text{поч}} = 170\text{ }^{\circ}\text{C}$. $t_{\text{кінц}} = 400\text{ }^{\circ}\text{C}$.

3. Температурний профіль колони синтезу:

Полка	Т входу	Т виходу
1	400	530
2	460	530
3	405	480

Температурним профілем задаються з технологічних міркувань.

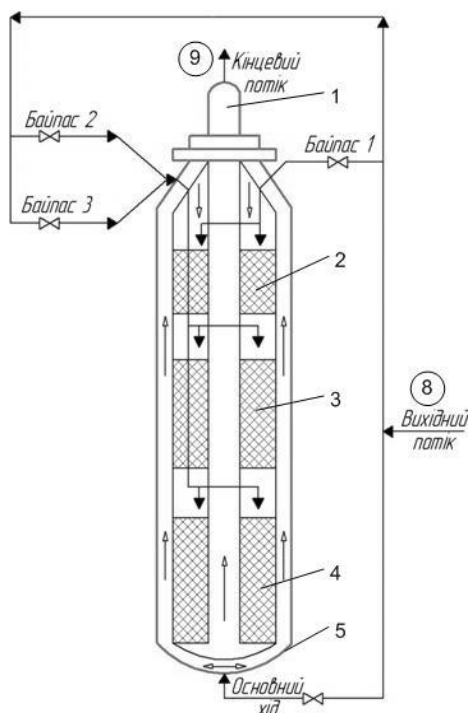
4. Продуктивність за аміаком $R_0 = 62.5\text{ т/год}$.5. Значення тиску $P = 320\text{ атм}$.

Алгоритм розрахунку.

Важливим параметром при здійсненні синтезу аміаку є співвідношення витрат у колоні синтезу за основним ходом та байпасами. Роль байпасів у такому випадку полягає в регулюванні температурного режиму колони. Це є важливим для забезпечення максимального виходу продукту та попередження спікання каталізатора. Відповідні розрахунки можна здійснити за схемою

					ХН 2222 1440 000 ПЗ	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

на рисунку 6.2, застосовуючи як вихідні дані параметри точок 8 і 9 матеріального балансу та результати загального теплового балансу.



1 – теплообмінник, 2 – перший шар каталізатора, 3 – другий шар каталізатора, 4 – третій шар каталізатора, 5 – корпус високого тиску

Рисунок 6.2 – Схема матеріальних потоків у колоні синтезу

Для визначання температурного режиму колоні задають систему рівнянь [2]. Початкові умови такої системи можуть задаватися наступним чином:

$$G_0 = V_{\text{поч}}; G_1 = 0,7 \cdot G_0; G_{1\text{байпас}} = 0,1 \cdot G_0; G_{2\text{байпас}} = 0,2 \cdot G_0; \quad (6.1)$$

де G_0 – загальна витрата газу, що надходить, $\text{м}^3/\text{год}$ (з матеріального балансу);

G_1 – витрата газу, що подається до колоні за основним ходом, $\text{м}^3/\text{год}$;

$G_{1\text{байпас}}, G_{2\text{байпас}}$ – витрата газу, що подається на байпас, $\text{м}^3/\text{год}$.

Систему рівнянь вирішують за допомогою методу підбору параметрів задаючись такими рівностями:

$$G_0 = G_1 + G_{1\text{байпас}} + G_{2\text{байпас}} - \text{загальний баланс колоні.} \quad (6.2)$$

					ХН 2222 1440 000 ПЗ	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

$$G1b = (G1) \cdot \frac{Tp_{1,2} - Tp_{2,1}}{Tp_{2,1} - T_{поч}} = (G1) \cdot \frac{530 - 460}{460 - 170} - \text{перший байпас.} \quad (6.3)$$

$$G2b = (G1 + G1b) \cdot \frac{Tp_{2,2} - Tp_{3,1}}{Tp_{3,1} - T_{поч}} = (G1 + G1b) \cdot \frac{530 - 405}{405 - 170} - \text{другий байпас.} \quad (6.4)$$

Таблиця 6.3 – Об'ємні витрати байпасних потоків

	м3/год.	% об.
Основний потік	418832,9	52,58
Перший байпас	101097,6	12,70
Другий байпас	276558,8	34,72
Всього	796489,3	100

Розрахуємо матеріальні та теплові розрахунки колони синтезу. Маючи об'ємні витрати основного потоку маємо склад та кількість газу на першу полицю.

$$V(H_2) = G_1 \cdot \%(H_2)_{\text{вході}} = 418832,9 \cdot 64,69 = 270954,1805 \text{ м}^3/\text{год.} \quad (6.5)$$

Розрахунок об'ємних витрат інших компонентів проводять аналогічно за формулою 6.11.

Таблиця 6.4 – Склад газу на вході в першу полицю

Компонент	кг/год	%мас.	м3/год	%об.
H2	24192,20771	12,5245478	270952,7	64,69232
N2	112896,9693	58,4478895	90317,58	21,56411
CH4	22232,26615	11,5098664	31125,17	7,431406
Ar	23952,6306	12,4005163	13413,47	3,202583
NH3	9884,259656	5,11718003	13023,97	3,109585
Всього	193158,3334	100	418832,9	100

Маючи температури з температурного профілю колони, а саме

$T_{\text{вх}} = 400 \text{ } ^\circ\text{C}$, $T_{\text{вих}} = 530 \text{ } ^\circ\text{C}$. Розраховуємо:

1. Теплоємності компонентів за двох температур аналогічно 5.1 – 5.4.
2. Теплоємність газової суміші за правилом адитивності для газу на вході на першу полку.

					ХН 2222 1440 000 ПЗ	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

3. Кількість теплоти яку внесе газова суміш аналогічно 5.5.
4. Середню теплоти полиці $T_{\text{сер}} = (T_{\text{вх}} + T_{\text{вих}})/2$.
5. Задатися в пустій комірці кількістю аміаку, який утвориться на даній полиці.
6. Теплоту, яка виділиться внаслідок реакції аналогічно 5.7.
7. Знаходимо кінцеву температуру аналогічно формулі 5.9, якщо вона відрізняється від 530 °С, то за допомогою функції підбору параметру, підбираємо, значення утворення аміаку, щоб температура стала 530.
8. Після того, як маємо склад газу на виході з першої полиці (перше приближення), знаходимо теплоємність газової суміші на виході з полки за правилом адитивності, аналогічно пункту 2.
9. Проводимо підбір параметра утворення аміаку, але вже встановлюємо температуру 530 °С, з врахуванням зміни теплоємності від температури, та з врахуванням зміни кількості моль в результаті протікання реакції.

Таблиця 6.5 – Склад газу на виході з першої полиці

Компонент	кг/год	%мас.	м3/год	%об.
H2	20461,1861	10,59296057	229165,284	58,61385
N2	95485,53513	49,433816	76388,4281	19,53795
CH4	22232,26615	11,50986642	31125,1726	7,960919
Ar	23952,6306	12,40051629	13413,4731	3,430778
NH3	31026,71543	16,06284072	40882,2603	10,4565
Всього	193158,3334	100	390974,619	100

Склад газу на другу полицю розраховується:

$$V(\text{H}_2) = V(\text{H}_2)_{\text{вих.1полки}} + G_{\text{байпасу}} \cdot \%(\text{H}_2)_{\text{виході}} \quad (6.7)$$

Інші об'ємні витрати розраховуються аналогічно.

					ХН 2222 1440 000 ПЗ	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

Таблиця 6.6 – Склад газу на вході в другу полицю.

Компонент	кг/год	%мас.	м3/год	%об.
H2	26300,68451	10,87551	294567,667	59,86269
N2	122736,5277	50,75238	98189,2222	19,95423
CH4	27598,67522	11,50987	38638,1453	7,852129
Ar	29734,30006	12,40052	16651,208	3,3838952
NH3	33412,57121	14,46172	44025,9762	8,9470558
Всього	239782,7587	100	492072,218	100

Таблиця 6.7 – Склад газу на виході з другої полиці.

Компонент	кг/год	%мас.	м3/год	%об.
H2	23753,55572	9,7249154	266039,824	56,238826
N2	110849,9267	45,382938	88679,9414	18,746275
CH4	27598,67522	11,509866	38638,1453	8,1678145
Ar	29734,30006	12,400516	16651,208	3,5199407
NH3	47846,30102	20,981763	63044,5378	13,327143
Всього	239782,7587	100	473053,657	100

Теплові та матеріальні розрахунки проводять за температур, якими задавались в температурному профілі, аналогічно методиці наведеній вище.

Після проведення матеріального і теплового розрахунку ми маємо отримати склад та витрату газу з третьої полиці і він повинен співпадати з таблицею точки 9. (Таблиця 5.9).

Таблиця 6.8 – Склад газу на виході з третьої полиці.

Компонент	кг/год	%мас.	м3/год	%об.
H2	34976,77341	9,521932	391739,862	54,854955
N2	163224,9426	44,435683	130579,954	18,284985
CH4	42278,82162	11,509866	59190,3503	8,2883677
Ar	45550,41711	12,400516	25508,2336	3,5718933
NH3	81295,82461	22,132003	107119,204	14,999799
Всього	367326,7793	100	714137,604	100

Правильність даного розрахунку закладається не тільки в рівності таблиці 6.8 і таблиці 5.9, а й виконанні теплового балансу верхнього теплообмінника.

					ХН 2222 1440 000 ПЗ	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

Весь розрахунок колони синтезу в основному залежить від концентрації аміаку, яку бажають отримати на виході, чим більша концентрація на виході тим більше буде відбуватися перегрів останньої полиці, тому що розрахунок передбачений на задану продуктивність, с заданим температурним профілем, якщо зміниться концентрація на виході порушиться температурний профіль останньої полиці, а цього допускати не можна. Тому, якщо потрібно буде отримати іншу концентрацію аміаку на виході з колони, потрібно буде задатися іншим температурним профілем, або ускладнювати колону додатковим теплообмінником.

Розрахунок верхнього теплообмінника базується на тепловому балансі, який має дві теплоти входу, та дві теплоти виходу, і три температури з чотирьох ми знаємо, завдання знайти четверту, та подивитися, чи теплообмінник може забезпечити температуру входу на першу полицю 400 °С, та задовольнити температурний профіль.

Для розрахунку теплового балансу потрібно розрахувати:

1. Теплоємність газової суміші основного потоку на вході в теплообмінник за температури 200 °С, температура підскочили на 30 °С, під час підйому основного потоку по кільцевому зазору між корпусом високого тиску та каталізаторною коробкою.
2. Кількість теплоти яку внесе з собою основний потік аналогічно 5.5.
3. Температура входу кінцевого потоку береться з розрахунку колони синтезу, як кінцева температура третьої полиці.
4. Провести розрахунок теплоємності газової суміші та кількість теплоти, яку внесе кінцевий потік.
5. Температура кінцевого потоку, яку буде мати після теплообмінника, беремо з теплового балансу колони синтезу 368 °С. І для даної темпе-

					ХН 2222 1440 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		48

ратури розраховуємо теплоємність суміші та кількість теплоти, яку винесе газова суміш аналогічно 5.5.

6. Маючи дві теплоти входу та теплоту виносу, можна розрахувати кінцеву температуру основного потоку, тобто ту температуру з якою він буде поступати на першу полицю, аналогічно 5.9. Враховуючи теплоємність при кінцевій температурі. $T = 420\text{ }^{\circ}\text{C}$, отже якщо врахувати 2% втрат, то температура буде майже такою ж, як і в температурному профілі $400\text{ }^{\circ}\text{C}$. Тобто даний теплообмінник зможе задовольнити умови температурного профілю.

Якщо температури співпадають ,тоді розрахунок байпасних потоків, матеріальний та тепловий розрахунок колони синтез зроблено вірно.

Розрахунок об'єму каталізатору.

Маючи матеріальний баланс по полицям колони, можна розрахувати кількість каталізатору необхідна для даної колони синтезу [1].

Допоміжні величині, які будуть використовуватись в подальших розрахунках: $L_1 = 0,5$; $L_2 = 1,5$; $L_3 = 1$; $d = -1$ для реакції синтезу аміаку,

$\beta = 1,256 \cdot 10^{-4}$ та $I = -2,1986$ – емпіричні коефіцієнти.

Спочатку розраховуємо константу рівноваги:

$$\log Kp_i = \left(\frac{2074,8}{T_{ceri}} \right) - 2,4943 \cdot \log(T_{ceri}) - \beta \cdot T_{ceri} + 1,8567 \cdot 10^{-7} \cdot T_{ceri}^2 - I, \quad (6.8)$$

$$\log Kp_1 = \left(\frac{2074,8}{465} \right) - 2,4943 \cdot \log(465) - 1,256 \cdot 10^{-4} \cdot 465 + 1,8567 \cdot 10^{-7} \cdot 465^2 + 2,1986 = -0,01115$$

де – $T_{сер}$ знаходиться, як середнє арифметичне, між температурою на вході та виході з полиці.

За допомогою функції підбору параметрів, необхідно знайти рівноважний ступінь перетворення, за формулою:

					ХН 2222 1440 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		49

$$K_{pi} = \left(\frac{P}{1 + N_{2^i \text{ vhid}} \cdot x_{pi} \cdot \frac{d}{L_1}} \right)^d \cdot \frac{\left(NH_{3^i \text{ vhid}} + N_{2^i \text{ vhid}} \cdot x_{pi} \cdot \frac{L_3}{L_1} \right)^{L_3}}{\left(N_{2^i \text{ vhid}} - N_{2^i \text{ vhid}} \cdot x_{pi} \right)^{L_1} \cdot \left(H_{2^i \text{ vhid}} - N_{2^i \text{ vhid}} \cdot x_{pi} \cdot \frac{L_2}{L_1} \right)^{L_2}} \quad (6.9)$$

$$Kp_1 = \left(\frac{320}{1 + 0.2156 \cdot 0.941 \cdot \frac{-1}{0.5}} \right)^{-1} \cdot \frac{\left(0.031 + 0.2156 \cdot 0.941 \cdot \frac{1}{0.5} \right)^1}{(0.2156 - 0.2156 \cdot 0.941)^{0.5} \cdot \left(0.6469 - 0.2156 \cdot 0.941 \cdot \frac{1.5}{0.5} \right)^{1.5}} =$$

$$= 0.975.$$

Після того, як буде відомий рівноважний ступінь перетворення, розраховується рівноважна концентрація аміаку на даній полиці:

$$x_{ri} = \frac{NH_{3^i \text{ vhid}} + N_{2^i \text{ vhid}} \cdot x_{pi} \cdot \frac{L_3}{L_1}}{1 + N_{2^i \text{ vhid}} \cdot x_{pi} \cdot \frac{d}{L_1}} = \frac{NH_{3^i \text{ vhid}} + N_{2^i \text{ vhid}} \cdot x_{pi} \cdot 2}{1 - N_{2^i \text{ vhid}} \cdot x_{pi} \cdot 2} \quad (6.10)$$

$$x_{r1} = \frac{0.031 + 0.2156 \cdot 0.941 \cdot 2}{1 - 0.2156 \cdot 0.941 \cdot 2} = 0.736.$$

За методу протягування потрібно вирішити інтеграл, розв'язок якого дасть час контакту газової суміші:

$$\tau_n = \int_{X_{i0}}^{X_i} \frac{1}{\frac{Ks \cdot (1 - b \cdot X_i)^{2.5} \cdot (1 + X_i)^3}{P^{0.5} \cdot (1 - I_{inert})^{1.5} \cdot X_i} \cdot \left[\frac{x_{ri}^2}{(1 - b \cdot x_{ri})^4} - \frac{X_i^2}{(1 - b \cdot X_i)^4} \right]} dX_i, \quad (6.11)$$

$$\tau_1 = \int_{0.031}^{0.104} \frac{1}{\frac{0.0022 \cdot (1 - 1.237 \cdot 0.031)^{2.5} \cdot (1 + 0.031)^3}{320^{0.5} \cdot (1 - 0.1063)^{1.5} \cdot 0.031} \cdot \left[\frac{0.736^2}{(1 - 1.237 \cdot 0.736)^4} - \frac{0.031^2}{(1 - 1.237 \cdot 0.031)^4} \right]} dX_i$$

$$\text{де } b = \frac{1 + I_{iner}}{1 - I_{iner}} = \frac{1 + 0.106}{1 - 0.106} = 1.237; Ks = 9400 \cdot \frac{723.16}{465} \cdot e^{\frac{-170000}{8.31} \left(\frac{1}{465} - \frac{1}{723.16} \right)} = 0.0022.$$

I_{iner} - концентрація інертних газів (метану і аргону).

					ХН 2222 1440 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		50

Межі інтегрування початкова концентрація аміаку (вхід на полку) та кінцева концентрація аміаку (вихід з полки).

Об'єм каталізатора знаходиться за формулою:

$$V_{kat} = \tau \cdot V_{vхid1} = 1.46 \cdot 10^{-5} \cdot 4188329 = 6.12 \text{ м}^3. \quad (6.12)$$

Аналогічно знаходимо об'єм каталізатору на другій та третій полці, результати наведені в таблиці 6.9.

Таблиця 6.9 – Розподіл каталізатора у колоні

Номер полиці	V, м ³
1	6,12
2	8,45
3	16,87
ВСЬОГО	31,43

На основі виконаних розрахунків, вибирається існуюча колона синтезу, яка буде задовольняти умови продуктивності та об'єми каталізатору.

Обираємо колону синтезу аміаку продуктивністю 1500 т/доба. Призначається для проведення процесу синтезу амоніаку із азоту і водню при тиску 18,0-33,0 МПа (180-330 кгс/см²). Вертикальний циліндричний апарат з корпусом високого тиску з вбудованим внутрішнім теплообмінником. У корпусі колони синтезу вмонтована каталізаторна коробка, яка поділена на три полиці, в які завантажено залізний каталізатор.

Загальний об'єм каталізатора – 31,43 м³.

На кожну полицю є автономний вхід холодного газу.

Розрахункові температури:

- перед першою полкою – 400 °С;
- перед другою полкою – 460 °С;
- перед третьою полкою – 405 °С.

Розрахунковий тиск – 32,0 МПа.

Внутрішній діаметр корпусу колони – 2440 мм.

Внутрішній діаметр каталізаторної коробки – 2210 мм.

					ХН 2222 1440 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		51

Висота корпусу колони – 22000 мм.

- висота першого шару каталізатору – 1595 мм;
- висота другого шару каталізатору – 2203 мм;
- висота третього шару каталізатору – 4400 мм.

Внутрішній теплообмінник колони: міжтрубний простір – синтез-газ.

Розрахункова температура – 530 °С.

Трубний простір – синтез-газ.

Зовнішній діаметр – 880 мм.

Довжина – 4800 мм.

Поверхня теплообміну – 144 м².

Креслення загального виду колони виконано на ХН 2222 1440 002.

6.2 Вибір допоміжного технологічного обладнання

1) Пусковий підігрівач.

Вертикальний зварний апарат, що складається із корпусу низького тиску, змієвиків високого тиску, футерований. Призначений для підігріву синтез-газу під час пуску колони синтезу, а також нагріву газу при порушенні автоматичного режиму в колоні синтезу. При нормальній роботі колони синтезу аміаку підігрівач відключений.

Кількість пальників – 4 штук. Внутрішній діаметр корпусу - 3530 мм. Кількість витків змієвика – 46. Труба змієвика Ду 101,6 x 18 мм. Поверхня теплообміну – 134 м².

2) Водяний підігрівач.

Вертикальний кожухотрубний теплообмінник. По трубному простору проходить синтез-газ, а по міжтрубному вода.

Масова витрата газу за матеріальним балансом складає 367326,78 кг/год (G_1). Температура газу на вході в підігрівач 335 °С, на виході 215 °С. Температура води на вході 100 °С, на виході 210 °С.

					ХН 2222 1440 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		52

Розрахункова схема представлена на рисунку 6.3.

Газ: 335 => 215

H_2O : 100 <= 210

Рисунок 6.3 – Розрахункова схема

Прийmemo в трубному просторі індекс "1" – для гарячого теплоносія, а в між трубному просторі індекс "2" – для холодного теплоносія.

Більша різниця температур:

$$\Delta t_{\delta} = t_{1n} - t_{2n} = 335 - 100 = 235 \text{ }^{\circ}\text{C}. \quad (6.13)$$

Меньша різниця температур:

$$\Delta t_{\text{м}} = t_{1\kappa} - t_{2\kappa} = 215 - 210 = 5 \text{ }^{\circ}\text{C}. \quad (6.14)$$

Середньологарифмічна різниця температур:

$$\Delta t_{\text{сер}} = \frac{\Delta t_{\delta} - \Delta t_{\text{м}}}{\ln \frac{\Delta t_{\delta}}{\Delta t_{\text{м}}}} = \frac{235 - 5}{\ln \frac{235}{5}} = 59.7 \text{ }^{\circ}\text{C}. \quad (6.15)$$

Враховуючи втрати холоду в розмірі 5 % витрата теплоти:

$$Q = 1.05 \cdot G_1 \cdot C_{p1} \cdot (t_{1n} - t_{1\kappa}) = 36732678 \cdot 1.40 \cdot (335 - 215) = 6488559668 \text{ кВт}. \quad (6.17)$$

Витрати води:

$$G_2 = \frac{Q}{1.05 \cdot C_{p2} \cdot (t_{2\kappa} - t_{2n})} = \frac{6488559668}{1.05 \cdot 4.32 \cdot (210 - 100)} = 13654376 \text{ кг/год}. \quad (6.18)$$

де $C_{p1} = 1,40 \text{ кДж/кг} \cdot \text{гр}$ та $C_{p2} = 4,32 \text{ кДж/кг} \cdot \text{гр}$ – питома теплоємність АВС та води [15].

За даними розрахунку водяний підігрівач має внутрішній діаметр кожуха – 1600 мм, довжина – 16,85 м. 1722 трубок діаметром 22x3,5 мм, поверхня теплообміну – 925 м². Корпус виготовлений із сталі 22Х3М, трубки – із сталі 12Х18Н10Т. Маса апарату 180,3 т.

3) Виносний теплообмінник.

Вертикальний кожухотрубний апарат, в якому по трубному простору проходить охолоджена АВС, по між трубному свіжа АВС.

					ХН 2222 1440 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		53

За аналогічними розрахунками виносний теплообмінник маємо висотою 19,36 м, внутрішній діаметр 1600 мм з товщиною стінки 140 мм. Має 7112 трубок діаметром 12х1,5 мм, поверхня теплообміну 3200 м². К трубним решіткам прикріплені камери з патрубками. Корпус виготовлений із сталі 22ХМ3, трубки – із сталі 12Х18Н10Т. маса апарату 186,4 т.

4) Повітряний холодильник.

Застосовується для охолодження АВС, яка виходить із виносного теплообмінника. Тип апарату – горизонтальний. Блок складається із шести апаратів повітряного охолодження, а кожен апарат із трьох секцій. Осьові вентилятори встановлені під кожним апаратом.

Поверхня теплообміну однієї секції – 2550 м², всього – 15 300 м². Об'єм секції – 0,68 м³, допустима температура – 75 °С, тиск – 35,2 МПа (352 кгс/см²). Коефіцієнт обертання 9,0.

5) Конденсаційна колона

Вертикальний циліндричний апарат високого тиску з вбудованим теплообмінником і сепаратором. Призначений для відділення рідкого аміаку із циркуляційного газу, що надходить в колону синтезу.

Допустима температура – мінус 5 °С, максимально можливий тиск – 37,0 МПа (370 кгс/см²). Внутрішній діаметр – 2000 мм. Товщина стінки 195 мм. Висота – 18,9 м. Теплообмінник з перегородками в міжтрубному просторі. Діаметр трубок 14х2 мм (7800 шт). поверхня теплообміну 2120 м².

6) Випарник аміаку.

Горизонтальний кожухотрубний теплообмінник з U-подібними трубками. Міжтрубний простір – аміак охолоджуючий. Трубний простір – синтез газ.

Апарат висотою 14,23 м і діаметром 3200 мм. Має 900 трубок високого тиску з діаметром 22х3,5 мм. Поверхня теплообміну 940 м². Допустима тем-

					ХН 2222 1440 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		54

пература від мінус 15 °С до 70 °С, максимально можливий тиск – 37,0 МПа (370 кгс/см²).

7) Центробіжний компресор

Призначений для стискання АВС до 32 МПа. Компресор повинен подавати $m_{ABC} = 67380,9$ кг/год. Необхідне число ступенів стискання 3.

Теоретична витрата роботи розраховано за формулою:

$$L_{ad} = np_1 v_1 \frac{k}{k-1} \left[\left(\frac{p_{кон}}{p_1} \right)^{\frac{k-1}{kn}} - 1 \right] = nRT_1 \frac{k}{k-1} \left[\left(\frac{p_{кон}}{p_1} \right)^{\frac{k-1}{kn}} - 1 \right] =$$

$$= 3 \cdot 962,4 \cdot 303 \cdot \frac{1,33}{1,33-1} \left[\left(\frac{320}{25} \right)^{\frac{1,33-1}{1,33 \cdot 3}} - 1 \right] = 84495236 \text{ Дж / кг.} \quad (6.19)$$

де n – необхідна ступінь стискання, R – газова стала, Дж/(кг·К), k – показник адіабати.

Потужність, що витрачається, обчислюємо за формулою:

$$N_1 = \frac{m_{ABC} \cdot L_{ad}}{3600 \cdot 1000 \cdot \eta} = \frac{67380,9 \cdot 84495236}{3600 \cdot 1000 \cdot 0,7} = 225927 \text{ кВт.} \quad (6.20)$$

Також на одному валу центральний циркуляційний компресор, призначений для стискання циркуляційного газу в системі з 28 МПа до 32 МПа. Компресор повинен подавати $m_{цир} = 400318,5$ кг/год.

Теоретична витрата роботи розраховано за формулою:

$$L_{ad} = np_1 v_1 \frac{k}{k-1} \left[\left(\frac{p_{кон}}{p_1} \right)^{\frac{k-1}{kn}} - 1 \right] = nRT_1 \frac{k}{k-1} \left[\left(\frac{p_{кон}}{p_1} \right)^{\frac{k-1}{kn}} - 1 \right] =$$

$$= 1 \cdot 9233 \cdot 303 \cdot \frac{1,33}{1,33-1} \left[\left(\frac{320}{280} \right)^{\frac{1,33-1}{1,33 \cdot 1}} - 1 \right] = 4055503 \text{ Дж / кг.} \quad (6.21)$$

Потужність, що витрачається, обчислюємо за формулою:

$$N_2 = \frac{m_{ABC} \cdot L_{ad}}{3600 \cdot 1000 \cdot \eta} = \frac{400318,5 \cdot 4055503}{3600 \cdot 1000 \cdot 0,7} = 6442,4 \text{ кВт.} \quad (6.22)$$

					ХН 2222 1440 000 ПЗ	Арк.
						55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

Сумарна потужність компресора становить:

$$N = 225927 + 6442,4 = 290352 \text{ кВт.} \quad (6.23)$$

Витрата пару при номінальній потужності розраховуємо за формулою:

$$Q = \frac{N}{\eta \cdot (i_1 - i_2)} \cdot 3600 = \frac{290352}{0,7 \cdot (3374 - 2627)} \cdot 3600 = 220309 \text{ кг/с.} \quad (6.24)$$

де η - к.к.д компресора, i_1 - питома ентальпія пару при 100 атм і температурі 500 °С, кДж/кг, i_2 - питома ентальпія перегрітого пару при 0,3 атм і температурі 70 °С.

На основі розрахованих даних за довідковими даними можемо підібрати компресор [7] Номінальна потужність – 32 000 кВт. Витрата пару при номінальній потужності 350 т/год, частота обертання – 11300 хв⁻¹.

8) Сепаратор.

Сепаратор рідкого аміаку призначений для сепарації аміаку, який сконденсувався при охолодженні газу. В сепараційну частину потрапляє газ, і за рахунок зміни швидкості газу відбувається відділення газу від крапель.

За даними матеріального балансу розділу 5 витрата газу $V_0 = 714325,5 \text{ м}^3/\text{год}$. Знайдемо робочий об'єм газу:

$$V_1 = \frac{p_0 \cdot V_0 \cdot T_1}{T_0 \cdot p_1} = \frac{1 \cdot 714325,5 \cdot 348}{293 \cdot 320} = 2651,3 \text{ м}^3/\text{год.} \quad (6.25)$$

$$V_2 = \frac{V_1}{3600} = \frac{2651,3}{3600} = 0,74 \text{ м}^3/\text{с.} \quad (6.26)$$

Для проведення розрахунку задаємося стандартними розмірами сепаратора. Всі розрахунки проводимо в середовищі Excel, і методом підбору даних визначаємо оптимальні розміри сепаратору, які будуть задовольняти технологічну схему. Наведені розрахунки проводяться з використанням обраних габаритів сепаратору.

Площа перерізу внутрішньої труби:

$$F_1 = \pi r^2 = 3,14 \cdot 0,2^2 = 0,13 \text{ м}^2. \quad (6.27)$$

					ХН 2222 1440 000 ПЗ	Арк.
						56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

Об'єм внутрішньої труби:

$$V_v = \pi r^2 h = 3.14 \cdot 0,2^2 \cdot 2.1 = 0.26 \text{ м}^3. \quad (6.28)$$

Загальний переріз сепаратору:

$$F_2 = \pi r^2 = 3.14 \cdot 0,6^2 = 1,13 \text{ м}^2. \quad (6.29)$$

Загальний переріз сепаратору з урахуванням внутрішньої труби:

$$F_3 = F_2 - F_1 = 1,13 - 0,13 = 1,01 \text{ м}^2. \quad (6.30)$$

Лінійна швидкість газового потоку у внутрішній трубі:

$$W_1 = \frac{V_2}{F_1} = \frac{0,74}{0.13} = 5.86 \text{ м/с}. \quad (6.31)$$

Загальний об'єм сепаратора:

$$V_3 = F_2 \cdot H - V_v = 1.13 \cdot 3 - 0.26 = 3.13 \text{ м}^3. \quad (6.32)$$

Лінійна швидкість газового потоку у повному об'ємі сепаратору:

$$W_2 = \frac{V_2}{F_3} = \frac{0.74}{1.01} = 0.73 \text{ м/с}. \quad (6.33)$$

Час перебування газу у внутрішній трубі:

$$\tau_2 = \frac{V_2}{V_v} = \frac{0.74}{0.266} = 0.36 \text{ с}. \quad (6.34)$$

Час перебування газу у всьому об'ємі сепаратора:

$$\tau_1 = \frac{V_2}{V_3} = \frac{0.74}{3.13} = 0.24 \text{ с}. \quad (6.35)$$

За даними розрахунку підбираємо горизонтальний апарат діаметром 1200 мм і довжиною 3 м. Газ входить в трубу діаметром 400 мм.

					ХН 2222 1440 000 ПЗ	Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

7 АВТОМАТИЧНИЙ КОНТРОЛЬ ТА КЕРУВАННЯ ВИРОБНИЦТВОМ

Складність і висока швидкість протікання технологічних процесів у виробництві синтетичного аміаку, їх чутливість до порушень режиму, а також підвищена вибухо-пожежонебезпечність і шкідливість умов роботи спричиняють підвищену увагу до питань автоматизації усіх етапів виробництва. Автоматичний контроль та керування технологічними процесами покликані забезпечити високу якість продукції, раціональне використання сировини та енергії, подовження термінів міжремонтного пробігу устаткування, зменшення чисельності технічного персоналу.

Особливої уваги потребує питання автоматизації відділення синтезу аміаку. Це пояснюється тим, що саме у цьому відділенні проводиться основний процес технології – синтез, а отже від забезпечення стабільності нормативних параметрів залежить якість цільового продукту.

Процеси у відділенні синтезу аміаку є чутливими до змін майже усіх технологічних факторів, що певною мірою ускладнює задачі автоматизації, робить їх багаторівневими.

Метою написання цього розділу є визначення загальних засад реалізації принципів автоматичного контролю та керування відділення синтезу аміаку, створення варіанту апаратурного оформлення технологічної схеми засобами автоматизації і як наслідок отримання основи для підготовки повного проектного рішення з автоматизації розглянутого об'єкту.

7.1 Аналіз технологічного процесу синтезу аміаку як об'єкта автоматизації

Об'єктами автоматизації відділення синтезу аміаку являє собою технологічна схема з 10 апаратів.

					ХН 2222 1440 000 ПЗ	Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

До переліку параметрів, що потребують контролю або регулювання включено: температуру, рівень заповнення апарату.

Надзвичайно важливо проводити контроль параметрів у схемі синтезу аміаку, оскільки дотримання прийнятних значень цих параметрів свідчить про коректність ведення усього процесу.

На підставі аналізу особливостей технологічного процесу синтезу аміаку, його апаратурного оформлення та норм технологічного режиму необхідно забезпечити такий рівень автоматизації виробництва (див. п. 4):

- контроль і регулювання температури у колоні синтезу (420...440 °С);
- контроль і регулювання температури у трубопроводі з азотно-водневою сумішшю (185...195 °С);
- контроль і регулювання температури у трубопроводі з продукційною сумішшю (215 °С);
- контроль і регулювання рівня рідкого аміаку в сепараторі, конденсаційній колоті та збірнику (200...600 мм);
- контроль і регулювання температури у трубопроводі з рідким аміаком (мінус 5...0 °С).

Параметри контролю та регулювання виробництва наведено у табл. 7.1.

Таблиця 7.1 – Параметри контролю та керування виробництвом

№ пор.	Назва стадії процесу (технологічний об'єкт), місце заміру параметра	Назва контрольованого чи регульованого параметра	Норми технологічного режиму та допустимі відхилення	Вимоги до рівня автоматизації (контроль, регулювання, сигналізація)
1	2	3	4	5
1	Колона синтезу	Температура	420...440 °С	контроль, регулювання
2	Трубопровід з продукційною сумішшю	Температура	215 °С	контроль, регулювання
3	Трубопровід з азотно-водневою сумішшю	Температура	185...195 °С	контроль, регулювання

					ХН 2222 1440 000 ПЗ	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

1	2	3	4	5
4	Трубопровід з продукційною сумішшю	Температура	40 °С	контроль, регулювання
5	Сепаратор	Рівень	200...600 мм	контроль, регулювання
6	Конденсаційна колона	Рівень	200...600 мм	контроль, регулювання
7	Трубопровід з рідким аміаком	Температура	-5...0 °С	контроль, регулювання
8	Збірник рідкого аміаку	Рівень	200...600 мм	контроль, регулювання

7.2 Опис розробленої схеми автоматизації відділення синтезу аміаку

Для забезпечення нормальної роботи усього технологічного устаткування, збільшення продуктивності виробництва, підвищення якості продукту, стабілізації, контролю та реєстрації технологічних параметрів, а також мінімізації можливих помилок технологічного персоналу розроблено схему автоматизації, що призначена вирішувати всі ці завдання [8,9]. Схема автоматизації включає низку контурів автоматичного контролю та регулювання режимних параметрів технологічного процесу.

Для контролю та регулювання температури азото-водневої суміші в колоні синтезу розроблено контур 1, що складається з первинного перетворювача температури (поз.1-1), вторинного автоматичного показувального та реєструвального мікропроцесорного приладу (1-2), електричного виконавчого механізму (1-3), перетворювача нормувального (1-4), магнітного пускача безконтактного (МП1).

Контур 3 застосовують для контролю та регулювання температури в трубопроводі з азото-водневою сумішшю. Контур містить первинний вимірювальний перетворювач температури (3-1), вторинний показувальний і ре-

					ХН 2222 1440 000 ПЗ	Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

єструвальний прилад із вбудованим пневматичним пропорційно-інтегральним регулятором (3-2), пневматичний виконавчий механізм (3-3), перетворювач нормувальний (3-4), перетворювач електропневматичний (3-5).

Для контролю та регулювання температури в трубопроводі з продукційною сумішшю забезпечує контур 2, температуру продукційної суміші у трубопроводі здійснює контур 4, які включають первинний вимірювальний перетворювач температури (2-1), (4-1), вторинний показувальний і реєструвальний прилад із вбудованим регулятором (2-2), (4-2), електричний виконавчий механізм (2-3), (4-3), перетворювач нормувальний (2-4), (4-4), магнітний пускач безконтактний (МП2), (МП3).

Для контролю та регулювання рівня рідкого аміаку в сепараторі розроблено контур 5, що складається з акустичного рівнеміра з вимірювальним первинним перетворювачем (5-1), проміжного вимірювального перетворювача акустичного рівнеміра (5-2), показувального та реєструвального пневматичного вторинного приладу із вбудованим пневматичним пропорційно-інтегральним регулятором (5-3), пневматичного виконавчого механізму (5-4), перетворювача електропневматичного (5-5).

Контур 6 застосовують для контролю та регулювання рівень аміаку в конденсаційній колоні, та рівень рідкого аміаку в збірнику здійснює контур 8, які включають рівнемір акустичний з вимірювальним первинним перетворювачем (6-1), (8-1), проміжний вимірювальний перетворювач акустичного рівнеміра (6-2), (8-2), автоматичний показувальний та реєструвальний вторинний прилад із вбудованим пневматичним пропорційно-інтегральним регулятором (6-3), (8-3), пневматичний виконавчий механізм (6-4), (8-4), перетворювач електропневматичний (6-5), (8-5).

Контур 7 застосовують для контролю та регулювання температури рідкого аміаку в трубопроводі. Контур містить термоперетворювач опору з уніфікованим вихідним сигналом (7-1), вторинний показувальний і реєструваль-

					ХН 2222 1440 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		61

ний прилад із вбудованим регулятором (7-2), виконавчий механізм електричний однообертовий (7-3), нормувальний перетворювач (7-4), магнітний пускач безконтактний (МП4) [10,11].

Висновок: У цьому розділі пояснювальної записки розроблено схему автоматизації відділення синтезу аміаку.

Представлена схема автоматизації технологічного процесу дає можливість контролювати рівень аміаку і температуру АВС на всій схемі; температуру води, яка подається на охолодження АВС у теплообмінник.

Специфікація на використанні технічні засоби автоматизації наведена в додатку А.

					ХН 2222 1440 000 ПЗ	Арк.
						62
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

8 ЕКОНОМІКО-ОРГАНІЗАЦІЙНІ РОЗРАХУНКИ

8.1 Схема організації цеху синтезу аміаку

Аміак є одним з основних продуктів хімічної промисловості, виробництво якого складає мільйони тон на рік. У зв'язку з великим попитом людства в продуктах зв'язаного азоту, світове виробництво аміаку відноситься до великотоннажних виробництв.

Проектом передбачено розробка відділення синтезу аміаку. Метою даного виробництва є отримання рідкого аміаку технічного.

Організаційна структура підприємства.

На підприємстві працює:

- Начальник цеху (1 особа);
- Інженер (1 особа);
- Технолог (1 особа);
- Енергетик (1 особа);
- Механік (1 особа);
- Начальник зміни (5 осіб);
- Помічник начальника зміни (5 осіб);
- Апаратники (20 осіб);
- Робочі (50 осіб);
- Менеджер з постачання (1 особа);
- Завідуючий складом (1 особа);
- Бухгалтер (1 особа);
- Економіст (1 особа);
- Охоронець (15 осіб);
- Прибиральник (7 осіб);
- Водій вантажника (5 осіб).

					ХН 2222 1440 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		63

8.2 Технологічна підготовка виробництва

Виробничі процеси підприємства поділяються на основні, бічні, допоміжні та підсобні наведені у таблиці 8.1.

Таблиця 8.1 – Класифікація виробничих процесів цеху

Основні	1. Аналіз сировини; 2. Підготовка синтез газу; 3. Синтез аміаку; 4. Аналіз готової продукції; 5. Продаж продукції; 6. Постачання на виготовлення азотної кислоти.
Допоміжні	1. Обслуговування обладнання; 2. Ремонт.
Підсобні	1. Стажування і навчання працівників; 2. Забезпечення деталями для ремонту обладнання; 3. Постачання паливних та енергоресурсів.
Бічні	1. Утилізація відходів.

Вибрана колона синтезу має продуктивність 1500 т/добу і все допоміжне обладнання підібрано таким чином, щоб при їх експлуатації не виникало часу простою на жодній із стадій. Оскільки підприємство безперервне і за один цикл обробляється приблизно 198 м³/с синтез газу, то ми маємо паралельний ВРПП.

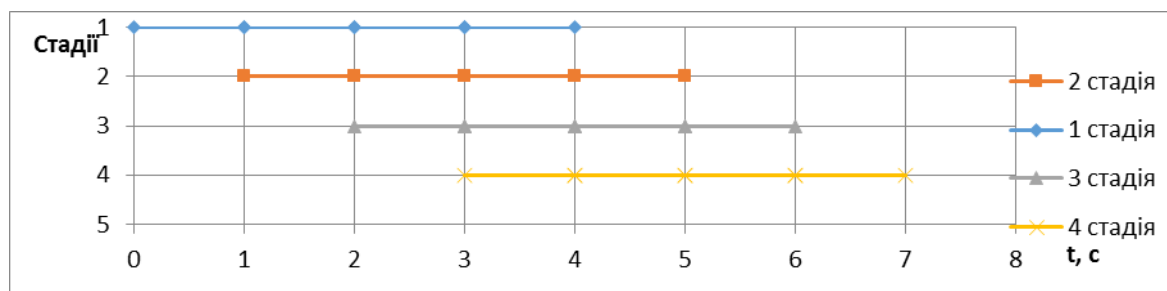
При паралельному ВРПП зайнятість усіх працівників проводиться в повному обсязі, дозволяє надати максимальну кількість продукції за день і найпродуктивніше використовується приміщення та обладнання.

Таблиця 8.2 – Тривалість операцій виробничого процесу

№	Назва операції	Час виконання, год
1	Підігрів АВС	1
2	Синтез газу	1
3	Перший ступінь конденсації	1
4	Другий ступінь конденсації	1

					ХН 2222 1440 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		64

Паралельний ВРПП. Час роботи цілодобово, в 4 зміни по 6 годин, без перерв.



8.3 Чисельність персоналу

Явочна чисельність – максимально допустима чисельність працівників, необхідна для виконання обсягу робіт та для повної комплектації робочих місць за зміну.

Режим роботи чотири змінний, тривалість зміни 6 годин для робочого персоналу та спеціалістів. Для керуючого персоналу та фахівців робочий тиждень має вигляд: 6 днів на тиждень, режим роботи однозмінний тривалість робочої зміни 6,5 годин.

Для робочого персоналу маємо – зміна складається з начальника зміни (1), помічник начальника зміни (1), апаратник (4), робочій (10), охоронець (3) – це ті які мають чотири змінний графік роботи, а адміністративно-управлінський персонал працює – начальник цеху (1), інженер (1), технолог (1), електрик (1), механік (1), менеджер з постачання (1), завідуючий складом (1), бухгалтер (1), економіст (1), а також водії (5) і прибиральниці (7).

Отже, явочна кількість адміністративно-управлінського персоналу:

$$Ч_{яв} = 1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 5 + 7 = 20 \text{ осіб.} \quad (8.1)$$

Явочна кількість робочого персоналу:

$$Ч_{яв} = (1 + 1 + 1 + 4 + 10 + 3) \cdot 4 = 80 \text{ осіб.} \quad (8.2)$$

Чисельність за списком – потреба підприємства у працівниках, крім штатної, для виконання непланових робіт, заміна хворих, відсутніх у відпус-

					ХН 2222 1440 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		65

тках або відсутні з інших поважних причин; також сюди включають консультантів, сумісників і т.д.

$$\mathcal{C}_{\text{сп}} = \mathcal{C}_{\text{яв}} \cdot K_{\text{пер}}; \quad (8.3)$$

$$K_{\text{пер}} = \frac{T_{\text{підп}}^{\text{рік}}}{T_{\text{прац}}^{\text{норм}}} = \frac{8760}{1821} = 5. \quad (8.4)$$

де $K_{\text{пер}}$ – коефіцієнт перерахунку; $T_{\text{рік}}$ – річний робочий час підприємства, діб; $T_{\text{прац}}$ – річний робочий час підприємства з урахуванням святкових вихідних, хвороб та відпусток.

Тоді чисельність за списком становить:

$$\mathcal{C}_{\text{сп}} = 20 \cdot 5 + 21 = 120 \text{ осіб.} \quad (8.5)$$

Тривалість роботи підприємства на рік:

$$T_{\text{підп}}^{\text{рік}} = 365 \cdot 24 = 8760 \text{ год/рік;} \quad (8.6)$$

Тривалість роботи працівника:

$$T_{\text{прац}}^{\text{шкід}} = \frac{365 - T_{\text{св}}}{7} \cdot 36 = \frac{365 - 11}{7} \cdot 36 = 1821 \text{ год/рік;} \quad (8.7)$$

Кількість бригад:

$$N = \frac{T_{\text{підп}}^{\text{рік}}}{T_{\text{прац}}^{\text{шкід}}} = \frac{8760}{1821} = 5 \text{ бригади.} \quad (8.8)$$

Отже, щоб забезпечити безперервний процес роботи підприємства потрібно 5 бригад. Графік змінності наведений в таблиці 8.3

Графік змін на підприємстві: 1-а зміна: 02.00 – 08.00 год;

2-а зміна: 08.00 – 14.00 год; 3-я зміна: 14.00 – 20.00 год; 4-я зміна: 20.00 – 02.00 год

					ХН 2222 1440 000 ПЗ	Арк.
						66
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

Таблиця 8.3 – Графік змінності робочого персоналу

Бри- гади	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
1	1	1	1	1	1	в	2	2	2	2	2	в	3	3	3	3	3	в	4	4	4	4	4	в	в	1	1	1	1	1	в
2	в	2	2	2	2	2	в	3	3	3	3	3	в	4	4	4	4	4	в	в	1	1	1	1	1	в	2	2	2	2	2
3	2	в	3	3	3	3	3	в	4	4	4	4	4	в	в	1	1	1	1	1	в	2	2	2	2	2	в	3	3	3	3
4	3	3	в	4	4	4	4	4	в	в	1	1	1	1	1	в	2	2	2	2	2	в	3	3	3	3	3	в	4	4	4
5	4	4	4	в	в	1	1	1	1	1	в	2	2	2	2	2	в	3	3	3	3	3	в	4	4	4	4	4	в	в	1

Фактична тривалість роботи працівника за рік, які працюють позмінно:

$$T_{\text{прац}}^{\text{факт}} = \frac{365}{T_{\text{зм/об}}} (T_{\text{зм/об}} - T_{\text{вих}}) \cdot t_{\text{зм}} = \frac{365}{25} (25 - 5) \cdot 6 = 1752 \text{ год}; \quad (8.9)$$

Недопрацювання робітника за рік:

$$T_{\text{недопр}} = 1821 - 1752 = 69 \text{ год}. \quad (8.10)$$

Тривалість роботи адміністративно-управлінського персоналу:

$$T_{\text{прац}}^{\text{норм}} = \frac{365 - T_{\text{св}}}{7} \cdot 40 - (T_{\text{св}}^* - 1) \cdot 1 = \frac{365 - 11}{7} \cdot 40 - (8 - 1) \cdot 1 = 2016 \text{ год/рік}; \quad (8.11)$$

Графік змінності адміністративно-управлінського персоналу 1-а зміна:

09.30 – 16.00 год, наведений у таблиці 8.4.

Таблиця 8.4 – Графік змінності адміністративно-управлінського персоналу

Бриг	Пн	Вт	Ср	Чт	Пт	Сб	Нд
I	1	1	1	1	1	1	В

Фактична тривалість роботи адміністративно-управлінського персоналу:

$$T_{\text{прац}}^{\text{факт}} = \frac{365}{T_{\text{зм/об}}} (T_{\text{зм/об}} - T_{\text{вих}}) \cdot t_{\text{зм}} = \frac{365}{7} (7 - 1) \cdot 6,5 = 2034 \text{ год}; \quad (8.12)$$

Переpracювання робітника за рік:

$$T_{\text{пер}} = 2034 - 2016 = 18 \text{ год}. \quad (8.13)$$

Режим роботи підприємства безперервний 365 днів/рік, по чотири зміни на день, тривалість зміни 6 годин у шкідливих умовах праці. Технологічна схема виробництва вимагає певного технічного нагляду, ремонту і перезавантаження каталізатору. Ці заходи буде доцільно проводити у літній період року, тому що аміак є сировиною для нітратних добрив, які використовують в осінній та зимовий період. Графік ремонтних робіт представлено у таблиці 8.5.

Таблиця 8.5 – Графік ремонтних робіт

Назва	Ремонтні нормативи		Місяць/Рік ремонтів					Тривалість простою, діб	Ефективний час роботи, діб
	t, діб	T, діб	1	2	3	4	5		
Капітальний ремонт	1825	60					червень-липень	60	1645
Поточний ремонт	365	30	червень	червень	червень	червень		120	

де $t_{п,к}$ – період між двома однаковими ремонтами;

П – поточний ремонт;

К – капітальний ремонт;

$T_{п,к}$ – тривалість простою обладнання;

$a_{к,п}$ – кількість ремонтів за 5 років.

Розрахуємо кількість капітальних, поточних та середніх ремонтів на 5 років:

					ХН 2222 1440 000 ПЗ	Арк.
						68
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

$$a_k = \frac{365 \cdot 24}{t_k} = \frac{365 \cdot 5}{1825} = 1 \text{ ремонт}; \quad (8.14)$$

$$a_n = \frac{365 \cdot 24}{t_n} - a_k = \frac{365 \cdot 5}{365} - 1 = 4 \text{ ремонт}. \quad (8.15)$$

Період простою під час ремонтів за 5 років:

$$T_{\text{пр}} = a_k \cdot T_k + a_n \cdot T_n = 1 \cdot 60 + 4 \cdot 30 = 180 \text{ діб}. \quad (8.16)$$

Період ефективного часу роботи:

$$T_{\text{еф}} = T_{\text{підп}}^{\text{рік}} - T_{\text{пр}} = 365 \cdot 5 - 180 = 1645 \text{ діб}. \quad (8.17)$$

8.4 Контроль виробництва

Технічний контроль – сукупність методів, заходів та засобів, які забезпечують відповідність якості продукції яка випускається вимогам стандартів і нормативів. Об'єктом технологічного контролю є технологічний процес. Контроль поділяють на вхідний, заключний, проміжний.

Вхідний контроль – перевірка якості продукції, що надходить на підприємство, як сировини. На даному підприємстві це визначення якості вихідної сировини (вміст природного газу та повітря). Цей контроль проводиться в лаборанти підприємства. Вони зобов'язані вести журнал вхідного контролю.

Проміжний контроль – це перевірка технологічної дисципліни при виконанні технологічного процесу. Виконується головним технологом, який веде журнал проміжного контролю.

Заклучний контроль – це оцінка якості готової продукції в нашому випадку аміаку. Основна мета цього контролю – виявлення браку. Заклучний контроль проводять технолог та начальник лабораторії. Результати заклучного контролю заносять до журналу заклучного контролю, згідно якого оформляється паспорт на продукцію.

					ХН 2222 1440 000 ПЗ	Арк.
						69
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

8.5 Матеріальна, документальна та організаційно-технічна підготовка виробництва

Оборотні засоби – матеріальні цінності і грошові засоби, які у розпорядженні підприємства, використовуються в процесі виготовлення продукції і повертаються підприємством в ході продажу.

До оборотних засобів відносять:

- Електроенергія.
- Запасні частини.
- Оренда приміщення.
- Заробітна плата.

1. Заробітна плата працівника:

- Начальник цеху (1 особа) – 15 000 грн/міс;
- інженер (1 особа) – 14 000 грн/міс;
- технолог (1 особа) – 13 000 грн/міс;
- енергетик (1 особа) – 12 000 грн/міс;
- механік (1 особа) – 12 000 грн/міс;
- бухгалтер (1 особа) – 12 000 грн/міс;
- менеджер з постачання (1 особа) – 10 000 грн/міс;
- завідуючий складом (1 особа) – 5 000 грн/міс;
- начальник зміни (5 осіб) – 10 000 грн/міс;
- помічник начальника зміни (5 осіб) – 8 000 грн/міс;
- робочій (50 осіб) – 4 000 грн/міс;
- апаратчики (20 осіб) – 8 500 грн/міс;
- економіст (1 особа) – 6 000 грн/міс;
- охоронець (15 осіб) – 4 000 грн/міс;
- прибиральниця (7 осіб) – 3 000 грн/міс;
- водій навантажувач (5 осіб) – 4 000 грн/міс;

Сумарна заробітна плата – 661 000 грн/міс або 7 932 000 грн/рік;

					ХН 2222 1440 000 ПЗ	Арк.
						70
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

$$\text{ФОП} = 1,37 \cdot 3\text{П} = 1,37 \cdot 7\,932\,000 = 10\,866\,840 \text{ грн/рік.} \quad (8.18)$$

2. Вартість сировини:

Витрати на сировину включають у себе витрати наведені у таблиці 8.6.

Таблиця 8.6 – Витрати на сировину

Компонент	кг/год	%мас.	м3/год	%об.
H ₂	11587,8	17,197452	129783,4	74,25
N ₂	54076,42	80,254777	43261,14	24,75
CH ₄	936,3882	1,3896931	1310,944	0,75
Ar	780,3235	1,1580776	436,9812	0,25
Всього	67380,94	100	174792,5	100

Сумарна ринкова вартість закупки природного газу складає 10 грн/м³ для вилучення H₂, N₂ добувають із повітря безкоштовно, а метан та аргон в систему потрапляють як інерти, які потім видаляють продувкою. Згідно матеріального балансу розділу 5 за 1 секунду витрачається 36,1 м³ газу. Звідси загальний отриманий об'єм синтез газу:

$$V_{\Gamma} = 36,1 \cdot 3600 \cdot 24 \cdot 329 = 1\,024\,769\,726 \text{ м}^3. \quad (8.19)$$

Тоді витрати на сировину складатимуть:

$$\text{СС} = 1\,024\,769\,726 \cdot 10 = 10\,247\,697\,264 \text{ грн/рік.} \quad (8.20)$$

3. Витрати на запасні частини для ремонту – 500 000 грн/рік.

4. Витрати на заміну каталізаторів – 1 000 000 грн/рік.

5. Вартість оренди:

- Виробничих будівель і складських приміщень – 120 000 грн/міс
- Офісного приміщення – 70 000 грн/міс

Сумарні витрати на оренду 190 000 грн/міс або 2 280 000 грн/рік.

6. Кількість затраченої теплової енергії відділення складає 15 000 Гкал/рік, що за ринковою вартістю 1 Гкал коштує 375,5 грн. Сумарні витрати на теплову енергію складають:

$$\text{ТЕ} = 15\,000 \cdot 375,5 = 5\,632\,500 \text{ грн/рік.} \quad (8.21)$$

7. Оборотноі засоби становлять:

					ХН 2222 1440 000 ПЗ	Арк.
						71
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

$$063 = 5\,632\,500 + 2\,280\,000 + 1\,000\,000 + 500\,000 + 10\,247\,697\,264 + 10\,866\,840 = 10\,267\,976\,604 \text{ грн/рік}$$

(8.22)

Основні фонди – це засоби праці, які багаторазово використовуються у виробництві, не змінюють свою форму тривалий час, а їх вартість враховується у вартість готової продукції.

До основних фондів належать:

- будівлі і споруди
- машини і обладнання
- транспорт
- виробничий інвентар
- не матеріальні активи

Амортизацію розраховано:

$$A = \frac{\Phi_{\text{пп}} + K + P - Л}{T_{\text{експ}}} \quad (8.23)$$

де A – амортизація, грн/рік; $\Phi_{\text{пп}}$ – повна початкова вартість, грн; K – витрати на капітальні ремонти, грн; P – витрати на поточні ремонти, грн; $Л$ – ліквідаційна вартість, грн; $T_{\text{експ}}$ – плановий період експлуатації, років.

Таблиця 8.7 – Основні фонди

Обладнання	Кіл.	Термін експлуатації, років	Повна початкова вартість одиниці, грн	Ліквідаційна вартість одиниці, грн	Амортизація, грн/рік
1	2	3	4	5	6
Вогневий підігрівач	1	5	170 000	20 000	30 000
Колона синтезу	1	5	4 000 000	2 000 000	400 000
Водяний підігрівач	1	5	900 000	450 000	90 000
Виносний теплообмінник	1	5	700 000	300 000	80 000
Повітряний теплообмінник	1	5	200 000	50 000	30 000
Фільтр	1	5	10 000	5 000	1 000
Сепаратор	2	5	800 000	250 000	220 000

					ХН 2222 1440 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		72

Закінчення таблиці 8.7

1	2	3	4	5	6
Конденсаційна колона	2	5	2 000 000	2 000 000	400 000
Випарник	3	5	700 000	300 000	240 000
Компресор	1	5	200 000	50 000	30 000
Збірник рідкого аміаку	1	5	1 000 000	500 000	100 000
Загальна вартість трубопроводів у цеху	1	5	800 000	200 000	120 000
Елементи автоматизації		5	500 000	250 000	50 000
Нематеріальні активи		5	80 000	25 000	11 000
Транспорт		5	500 000	200 000	60 000
Інвентар		5	10 000	3 000	1 400
Всього			16 770 000		1 863 400

8.6 Розрахунок собівартості, прибутку та часу повернення капіталовкладень

1) Річний випуск продукції:

$$V_{\text{прод}}^{\text{рік}} = 1500 \cdot 329 \cdot 25\,000 = 12\,337\,500\,000 \text{ грн/рік.}$$

де 25 000 грн. – вартість 1 т аміаку; 1500 т – кількість тонн виробу аміаку за добу; 329 – кількість робочих днів, з урахуванням ремонтних робіт.

2) Собівартість продукції:

$$C = A + O_{\phi}З = 1\,863\,400 + 10\,267\,976\,604 = 10\,269\,840\,004 \text{ грн/рік.}$$

3) Капіталовкладення:

$$K = O\Phi + O_{\phi}З = 16\,770\,000 + 10\,267\,976\,604 = 10\,284\,746\,604 \text{ грн.}$$

4) Прибуток за рік становить:

$$\Pi = \Pi - C = 12\,337\,500\,000 - 10\,269\,840\,004 = 2\,067\,659\,996 \text{ грн/рік.}$$

5) Рентабельність:

$$P = \frac{\Pi}{C} \cdot 100 = \frac{2\,067\,659\,996}{9\,672\,633\,940} \cdot 100 = 20,1 \, \%$$

					ХН 2222 1440 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		73

6) Коефіцієнт економічної ефективності:

$$E = \frac{\Pi}{K} = \frac{2\,067\,659\,996}{10\,284\,746\,604} = 0,20 \, \%$$

7) Термін повернення капіталовкладень:

$$T = \frac{K}{\Pi} = \frac{10\,284\,746\,604}{2\,664\,866\,060} = 4,9 \text{ років.}$$

8) Фондовіддача виробничих фондів:

$$\Phi B = \frac{B}{OF} = \frac{12\,337\,500\,000}{16\,770\,000} = 735,69 \text{ грн/грн.}$$

9) Фондоємність продукції:

$$\Phi E = \frac{1}{\Phi B} = \frac{1}{735,69} = 0,001 \frac{\text{грн}}{\text{грн.}}$$

					ХН 2222 1440 000 ПЗ	Арк.
						74
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

9 ОХОРОНА ПРАЦІ

Як впливає з технологічної частини проекту в проектованому виробництві обертаються шкідливі пожежонебезпечні речовини і матеріали, використовується механічна, теплова енергії та енергія стислого газу.

Внутрішньо цехове обладнання представлене підйомними механізмами: козовими кранами. Технічні рішення в проекті прийняті з урахуванням вимог охорони праці та пожежної безпеки виробництва.

В даному розділі на підставі аналізу всіх можливих небезпечних і шкідливих виробничих факторів, виявлених на проектованому об'єкті, розроблені заходи, направлені на створення здорових і безпечних умов праці, пожежної безпеки.

9.1 Виявлення і аналіз виробничих (шкідливих і небезпечних) факторів на проектованому об'єкті. Заходи з охорони праці

9.1.1 Повітря робочої зони

Роботи, що виконуються на запроектованому цеху за затратами фізичної енергії відносяться до категорії середньої важкості (згідно ДСН 3.3.6.042-99).

У таблиці 9.1 наведені прийняті проектом гігієнічні норми метеорологічних умов у приміщенні цеху, що проектується.

Таблиця 9.1 - Санітарні оптимальні норми параметрів мікроклімату.

Період року	Категорія робіт	Температура повітря, °С	Фактичне значення температури повітря, °С	Відносна вологість повітря, %	Фактичне значення відносної вологості повітря, %	Швидкість руху повітря, м/с	Фактичне значення швидкості руху
Холодний	II б	17 - 19	18	60 - 40	50	0,2	0,2
Теплий		20 - 22	21	60 - 40	50	0,3	0,3

					ХН 2222 1440 000 ПЗ	Арк.
						75
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

Температура зовнішньої поверхні технологічного обладнання не перевищуватиме температуру повітря в цеху більше ніж на 2 °С.

$$t_{\text{поверх}} = t_{\text{навк.сер.}} + 2^{\circ} \text{C}$$

$$t_{\text{поверх}} = 23 + 2 = 25^{\circ} \text{C}$$

де $t_{\text{навк.сер.}}$ – оптимальне значення температури повітря робочої зони в теплий період року.

В таблиці 9.2 представлені короткі санітарні характеристики проектового цеху для виробництва вентиляційних решіток.

Таблиця 9.2 – Санітарні норми

Назва виробничої ділянки	Шкідливі речовини, що виділяються, причини їхнього виділення	Група шкідливої речовини, характеристика шкідливого впливу	ГДК, мг/м ³	Клас небезпечності	ЗІЗ	Долікарська допомога	Методи контролю вмісту шкідливих речовин	Клас виробництва	Санітар-на група виробництва
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Трубо-провід	Азото-воднева суміш	Помірно шкідливий, токсичний набряк легень.	20	III	Респіра-тор «РПГ-67»	Винести на свіже повітря, при відсутності дихання – штучне дихання	Газоана лізатори УГ-1, УГ-2,	4	II
Сепаратор	Аміак (протікання)	Малошкідливий, подразнює, вражає верхні дихальні шляхи і легені	20	IV	Респіра-тор «РПГ-67»	Винести на свіже повітря, при відсутності дихання – штучне дихання	Газоана лізатори УГ-1, УГ-2,		

По способу організації повітрообміну передбачена загальнообмінна, місцева й комбінована вентиляція. Передбачається схема вентиляції згори до

					ХН 2222 1440 000 ПЗ				Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-					76

низу. У приміщенні цеху передбачена загальнообмінна припливно-витяжна вентиляція та місцева припливно-витяжна вентиляція. Додатково передбачені витяжні шафи.

Тепловиділення у виробничих приміщеннях нейтралізують шляхом теплової ізоляції частин чотирьохступінчатого компресора, та центрального циркуляційного компресора. Для захисту рук від опіків при ремонтах, а також при огляді обладнання робітники користуються спеціальними рукавицями або надолонниками.

При порушенні технологічної роботи цеху, можливі протікання аміаку, а також синтез газу. Проводяться попередні і періодичні (один раз на рік) огляди.

Проектом передбачено проводити наступні заходи. Проведення два рази на місяць контролю вмісту у повітрі робочої зони шкідливих речовин і параметрів. Використання термографів для безперервного контролю температури. Визначення відносної вологості повітря за допомогою стаціонарного (психрометр Августа), а також аспіраційного психрометра М-34. Встановлення чашечних анемометрів для спостереження за швидкістю руху повітря у приміщенні цеху.

У таблиці 9.2 наведена коротка санітарна характеристика цеху відповідно до ГОСТу 12.1.005.88.

9.1.2 Виробниче освітлення

За ДБН В. 2.5-28-06 роботи в цеху за зоровими умовами відносяться до розряду Vг.

Проектом передбачено три види освітлення: природне, штучне і суміщене освітлення.

Система природного освітлення – комбіноване освітлення.

Штучне освітлення представлено системою загального рівномірного освітлення і здійснюється в цеху за допомогою газорозрядних ламп низького

					ХН 2222 1440 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		77

тиску (люмінесцентні типу ЛБ-40). Світильники - пиловологонепроникні ЛПО-01.

Проектом передбачена робота аварійного, евакуаційного, ремонтного і охоронного освітлення, яке представлено люмінесцентними лампами.

У виробничих і побутових приміщеннях прийнята система загального рівномірного освітлення. Для оцінки освітленості у виробничих приміщеннях передбачено фотоелектричний люксметр Ю-116. Норми параметрів освітлення, згідно ДБН В. 2.5-28-06 приведені у таблиці 9.3.

Таблиця 9.3 - Норми виробничого освітлення

Робоче місце	Характеристика зорової роботи	Розряд та підрозряд зорової роботи	Освітленість, лк		КПО, єн, %		
			Штучне освітлення		Природне освітлення		Суміщене освітлення
			Комбіноване	Загальне	Верхнє	Бокове	
Литтєва машина	Малої точності	VГ	-	100	3	1	1,8

9.1.3 Виробничий шум і вібрація

За ДСН 3.3.6.0.37-99 - рівень звуку не повинен перевищувати 50 дБА. В проектуваному виробництві як обладнання використовуються: колони синтезу, компресори, конденсаційні колони, теплообмінники, сепаратори, трубопроводи. Джерелом шуму на виробництві можуть бути: компресори. Для зниження рівня шуму, на робочому місці оператора під час очищення, проектом прийнято ці механізми закрити кожухами із звуконепроникного матеріалу. Найбільш шумне місце – це ділянка компресорне відділення, рівень звуку досягає 70 дБА, згідно ДСН 3.3.6.0.37-99 допустимий рівень звуку 80 дБА

					ХН 2222 1440 000 ПЗ	Арк.
						78
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

Службами відділу охорони праці періодично проводяться виміри виробничого шуму, вібрації на робочих місцях, котрі вимірюються за допомогою приладів ВШВ-2, ВШВ-2п вимірниками шуму і вібрації, а також універсальним віброакустичним комплектом фірм RFT (ГДР) і «Бюль і Кеер» (Данія)

Передбачено істотне ослаблення шуму якісним монтажем окремих вузлів машин і своєчасним проведенням планового запобіжного ремонту.

Для зниження шуму на шляху його розповсюдження передбачається облицьовування частини внутрішніх поверхонь звукопоглинальними матеріалами (пінопласт).

Джерелами вібрації можуть бути: компресор. Для зменшення шкідливого впливу вібрації компресора він встановлюється на окремих станинах і обшивається окремими кожухами.

Рівень загальної технологічної вібрації згідно ДСН 3.3.6.039-99 для таких октавних смуг 1, 2, 4, 8, 16, 32, 63 Гц не повинен перевищувати 109, 107, 98, 93, 91, 91, 91 дБ відповідно.

Віброізоляція здійснюється шляхом установки джерел вібрації на віброізолятори, а також гнучких вставок у комунікаціях повітроводів.

Застосовують гумові, пружинні, комбіновані віброізолятори. Для зменшення вібрації кожухів, огорож та інших деталей, вироблених із сталевих листів, коливання яких часто відбуваються у резонансному режимі, застосовують вібропоглинання. Воно досягається нанесенням на вібруючу поверхню матеріалів, що володіють великим внутрішнім тертям (гуми, пластиків, вібропоглинаючих мастик) і розсіюючих енергію коливань. В будівлі передбачені будівлі для насосного обладнання для зниження рівня шуму та вібрації.

					ХН 2222 1440 000 ПЗ	Арк.
						79
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

9.1.4 Електробезпека

Цех, який проектується, відноситься до класу приміщень з особливою небезпекою, оскільки присутні дві умови особливої небезпеки:

- Наявність струмопровідної підлоги (металева та бетонна);
- Можливість одночасного дотику людини до неструмовідних частин електроустановки і металоконструкцій, що мають контакт із землею.

Ураження електричним струмом можливе у результаті впливу дотику до відкритих струмопровідних елементів обладнання, що опинилися під напругою в результаті порушення ізоляції, а також ураження кроковою напругою та через електричну дугу.

Найбільш часто відбувається однофазний дотик людини до мережі змінного струму. Розрахунок сили струму, який проходить через тіло людини, розраховується за формулою:

$$I_{\text{л}} = \frac{U_{\text{ф}} \cdot 10^3}{R_{\text{л}} + R_0}, \text{mA},$$

$$U_{\text{д}} = I_{\text{л}} \cdot R_{\text{л}}, \text{В};$$

де $R_{\text{л}}$ – опір тіла людини,

$R_{\text{л}} = 2 \div 4 \text{ кОм}$; $R_0 = 4$ – опір заземлення нейтралі джерела струму, Ом;

$I_{\text{л}}$ – електричний струм, який проходить через людину;

$U_{\text{ф}} = 220 \text{ В}$ – фазна напруга.

Згідно з ГОСТ 12.1.038-82 гранично допустимі значення становлять: $I_{\text{л}} = 6 \text{ мА}$ і $U_{\text{д}} = 36 \text{ В}$ змінного струму в аварійному режимі при $\tau > 1 \text{ с}$ та $I_{\text{л}} = 0,3 \text{ мА}$ і $U_{\text{д}} = 2 \text{ В}$ при нормальному режимі при $\tau \leq 10 \text{ хв/добу}$. $R_{\text{л}} = 2000 \text{ Ом}$, $R_0 = 4 \text{ Ом}$. Тоді згідно з рівняннями:

$$I_{\text{л}} = \frac{220 \cdot 10^3}{3000 + 4} = 73,23 \text{ мА},$$

$$U_{\text{д}} = 73,23 \cdot 3 = 219,72 \text{ В}.$$

Отже, розраховані значення $I_{\text{л}}$ і $U_{\text{д}}$ значно перевищують наведені вище но-

					ХН 2222 1440 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		80

рмативні значення. Це свідчить про те, що при порушенні вимог ПУЕ в цеху можливі електротравми з тяжкими наслідками.

На проектуваному підприємстві з метою збереження здоров'я персоналу всі струмоведучі частини обладнання, до яких можливий дотик персоналу, ізольовані (опір ізоляції електропроводів вище 0.5 М (Ом)).

Як захист від ураження електрикою розраховано занулення.

Перевіряємо умови забезпечення вимикальної здатності занулення:

$$I_{к.з} \geq 3 \cdot I_{пн.вст}^H$$

Визначаємо номінальний струм електродвигуна

$$I_{ел.дв}^H = \frac{1000 \cdot P}{\sqrt{3 \cdot U_n \cdot \cos \alpha}} = \frac{1000 \cdot 10}{\sqrt{3 \cdot 380 \cdot 0.9}} = 17.1 \text{ А};$$

де Р - номінальна потужність двигуна, кВт;

U_н - номінальна напруга, В;

cos α - коефіцієнт потужності.

Значення зовнішнього індуктивного опору петлі фаза-нуль для розрахунку береться 0.6 Ом/км.

Визначаємо пусковий струм двигуна:

$$I_{ел.дв}^{пус} = 7.5 \cdot I_h = 7.5 \cdot 17.1 = 128.2 \text{ А}.$$

Розраховуємо номінальний струм плавкої вставки:

$$I_{пл.вс}^H = \frac{I_{ел}^{пус}}{\alpha} = \frac{128.2}{2} = 64.1 \text{ А};$$

де α - коефіцієнт режиму роботи електродвигуна; α = 2 - з нечастими пусками двигуна.

Визначаємо очікуване значення I_{к.з}:

					ХН 2222 1440 000 ПЗ	Арк.
						81
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

$$I_{к.з} \geq 3 \cdot I_{пл.вс}^H = 3 \cdot 64.1 = 192.3 \text{ А.}$$

Вибираємо стандартне значення перетину нульового дроту 4x10 мм і розрахуємо густину струму δ :

$$\delta = \frac{I_{к.з}}{\alpha} = \frac{192.3}{4 \cdot 40} = 1.6 \frac{\text{А}}{\text{мм}^2}.$$

За табличними даними знаходимо активні і індуктивні опори сталевих провідників. Для цього задаємося перетином і завдовжки нульового l_n і фазового l_ϕ сталевих провідників:

l_n - 50 м; перетин 4x40 мм; $S = 160 \text{ мм}^2$;

l_ϕ - 100 м; перетин $\Phi = 8 \text{ мм}$; $S = 50.27 \text{ мм}^2$.

Перетин нульового провідника і його матеріал вибирається при умові, що повна провідність нульового провідника була не менше ніж 50% повній провідності фазового дроту:

$$\frac{1}{R_n + X_n} \geq \frac{R_\phi + X_\phi}{2}.$$

Активний опір фазового і активного опору нульового дроту вибирається залежно від площі перетину і густини струму:

$$R_\phi = r \cdot l_\phi = 6.4 \cdot 0.1 = 0.64 \text{ Ом};$$

$$R_n = r \cdot l_n = 1.81 \cdot 0.05 = 0.09 \text{ Ом}.$$

Визначаємо внутрішні індуктивні опори фазового і індуктивного провідників X_ϕ і X_n :

$$X_\phi = X_w \cdot l_\phi = 3.84 \cdot 0.1 = 0.38 \text{ Ом};$$

$$X_n = X_w \cdot l_n = 1.08 \cdot 0.05 = 0.054 \text{ Ом};$$

де X_w - індуктивний опір провідника, Ом; l - довжина провідника, км

					ХН 2222 1440 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		82

Зовнішній індуктивний опір петлі фаза-нуль $X_1 = 0.6 \text{ Ом/км}$.

Загальна довжина петлі фаза-нуль $1.5 \cdot 100 = 150 \text{ м} = 0.15 \text{ км}$

тоді $X_1 = 0.6 \cdot 0.15 = 0.09 \text{ Ом}$.

Розраховуємо опір петлі фаза-нуль по залежності:

$$\begin{aligned} Z_T &= \sqrt{(R_\phi + R_n)^2 + (X_\phi + X_n + X_1)^2} = \\ &= \sqrt{(0.064 + 0.009)^2 + (0.38 + 0.054 + 0.09)^2} = 0.778 \text{ Ом} \end{aligned}$$

де Z_T - опір трансформатора, Ом

Виконуємо перевірку умови надійного спрацьовування захисту:

$$\begin{aligned} I_{к.з} &\geq 3 \cdot I_{пл.вс}^H \geq 462 \geq 3 \cdot 64.1 \text{ А}; \\ 462 &\geq 192.3. \end{aligned}$$

Висновок: Струм $I_{к.з}$ більше ніж в 3 рази перевищує величину струму плавкої вставки, тому при замиканні на корпус плавка вставка перегорить впродовж 5-7 секунд. Завдяки цьому відбудеться відключення пошкодженої фази.

За значенням номінального I вибираємо плавку вставку серії ПН - 100 з номінальним $I = 80 \text{ А}$ при напрузі мережа 380 В.

9.1.5 Безпека технологічних процесів і обслуговування обладнання

В проектуваному виробництві використовується різноманітне обладнання: транспортні засоби (електрокари), колони синтезу, трубчаті печі, трубопроводи та компресора, яке з точки зору техніки безпеки створює небезпеку.

Для уникнення травм робітників транспортні шляхи, призначені для цехового транспорту і проходи на території підприємства проектуються таким чином, щоб транспорт було видно заздалегідь; або ж використовують звукові сигнали.

Конструкцією колони синтезу передбачено зручність і безпеку її обслу-

					ХН 2222 1440 000 ПЗ	Арк.
						83
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

говування і ремонту, монтажу та демонтажу механізмів, вузлів і оснащення.

Частини компресорів, що нагріваються до температури понад 25 ° С, теплоізовані або закриті кожухом.

Причиною травматизму, смерті може бути падіння важких частин оснащення, тому операції знімання та установки форм максимально механізовані.

Певну небезпеку складає протікання аміаку з трубопроводів, при цьому виникає ризик удушенню, втрати свідомості, смерті.

Трубопроводи, які використовуються для подачі синтез газу на різні стадії синтезу аміаку, регулярно перевіряють на зношування та герметичність.

9.2 Пожежна безпека

Джерелами займання можуть бути відкритий вогонь, розпечені або нагріті стінки апаратів та обладнання, іскри електрообладнання, що можуть виникнути в результаті теплового або механічного пошкодження цілісності ізоляції; іскри удару і тертя деталей машин і обладнання, а також прямий удар блискавки в будівлю. За захистом від блискавки виробнича будівля відноситься до III категорії. Будівлі захищаються від прямих ударів блискавки блискавковідводами (стержневі, вкриті ізоляцією). Для захисту від занесення високих потенціалів блискавки по трубопроводам – заземленням їх, перед входом до будівлі.

У якості захисту від дії статичної електрики використане заземлення. Для захисту електрообладнання від загорання застосовуються пристрої захисного вимкнення (реле типу ЕЛ-1, ЕЛ-12.), передбачена ізоляція електропроводки (гетинакс, текстоліт).

По ступеню вогнестійкості виробнича будівля відноситься до 1 групи. У виробничому корпусі і на території проектного заводу передбачаються наступні протипожежні заходи:

					ХН 2222 1440 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		84

- у виробничому корпусі передбачено 6 виходів, що забезпечують евакуацію людей при пожежах;
- через кожні 5,0-7,5 м по ланцюгу зовнішнього водопроводу встановлені гідранти;
- передбачені внутрішній протипожежний трубопровід;
- улаштуванням протипожежних перепон у будівлях, системах вентиляції, опалювальних та кабельних комунікаціях;
- вода береться з водопровідної мережі даного підприємства;
- із зовнішньої сторони будівлі встановлено два пожежні сходи.

На проектованому підприємстві передбачається пожежна сигналізація і зв'язок. Протипожежні розриви між будівлями складають 10м.

Для уникнення іскор удару чи тертя рухомі частини обладнання своєчасно змащуються. Для гасіння пожежі передбачений внутрішній протипожежний водопровід, в приміщенні знаходяться ємності з піском і пожежні щити. Показники пожежо- та вибухонебезпечності речовин та матеріалів наведено у таблиці 9.4.

					ХН 2222 1440 000 ПЗ	Арк.
						85
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

Таблиця 9.4 – Показники пожежо- та вибухонебезпечності речовин та матеріалів

Назва ділянки, установки	Речовини, що обертаються у виробництві	Агрег. стан реч. при нормальних умовах	Горючість, займистість, вибухонебезпечність	Показники пожежо- та вибухонебезпечності	Межа спалаху	Вибухонебезпечні суміші з повітрям		Засоби пожежогасіння	Категорія об'єкту і тип зони захисту від блискавки згідно СН 305-97
				Температура самозаймання, °C	% об'ємних	Категорія	Група		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Колона синтезу	АВС	Газ без кольору та запаху	Горючий, займистий, вибухонебезпечний	573	5-15	II-C	T1	Інертні розчинники	III-A
	Водень	Газ без кольору та запаху	Горючий	610	12,5-74	II-C	T1	Інертні розчинники	
	Аміак	Газ з удушливим запахом	Горючий	580	14-28	II-A	T1	Інертні розчинники	

10 ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ВИРОБНИЦТВА

На сьогодні, згідно міжнародних нормативів, кращим підходом до охорони навколишнього середовища є стратегія «чистого виробництва», яка передбачає, насамперед, модернізацію виробництв для підвищення ефективності переробки сировини, зменшення викидів та скидів шкідливих речовин. Даний підхід оснований на реалізації принципів сталого розвитку.

Вирішення проблеми починається з ефективної роботи підрозділів з охорони довкілля на кожному підприємстві. В значній мірі рівень екологічної безпеки кожного підприємства залежить від правильної організації заходів по охороні навколишнього середовища на виробництві, а значить і від кваліфікації працівників даного сектора.

Для вирішення складних задач захисту навколишнього середовища необхідно готувати фахівців, які, крім загальних підходів охорони довкілля, будуть добре орієнтуватися в організації систем охорони навколишнього середовища безпосередньо на підприємствах, включаючи їх реорганізацію та модернізацію, та реально можуть створити умови екологічної безпеки виробництв.

10.1 Аналіз джерел та кількості відходів, що утворюються

Екологічна безпека є одним з головних питань у виробництві аміаку. Слід зауважити, що будь-яка безпека створюється за рахунок впровадження заходів, які мають попереджувати основні фактори ймовірної небезпеки. Великотоннажне виробництво аміаку характеризують такі викиди в довкілля: 1) гази, які містять у собі аміак, оксиди азоту та вуглецю та інші домішки 2) стічні води з конденсату, продуктів промивання реакторів і систем охолодження. Відносна концентрація токсичних домішок виробництва аміаку як оксиду вуглецю і оксидів азоту в відведених газах невисока, але відбувається відно-

					ХН 2222 1440 000 ПЗ	Арк.
						87
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

влення оксидів азоту до елементного азоту, усунення навіть незначних викидів розробляються спеціальні заходи.

Принципова технологічна схема відділення синтезу аміаку продуктивністю 1500 т/добу зображена у розділі 4 на рисунку 4.1. Загальна характеристика сировини та продукції виробництва наведено у розділі 2.

Свіжа газова суміш спочатку подається в відділення турбокомпресії де стаскається до 320 атм, і далі направляється на конденсаційну колону, де газ очищається від H_2O та CO_2 за рахунок циркуляційного газу, який конденсується в рідкий аміак. Потім очищений газ нагрівається до температури не вище ніж 195 С і потрапляє у нижню колону синтезу аміаку. Газ підіймається на верх колони и проходить теплообмінник, де нагрівається до температури 400-440 С за рахунок тепла газу, вихідного із колони. Щоб підтримувати температуру в колоні в підігрівачі газу спалюємо природній газ. Газ, якій пройшов чотири шари каталізатора проходить багатостадійну систему охолодження, де конденсується аміак. Циркуляційний газ надходить на компресію і через конденсаційну колону потрапляє до випарника рідкого аміаку. Аміачний газ іде до споживача, а сконденсований аміак проходячи через конденсаційну колону, де циркуляційний газ змішується зі свіжим потоком і замикає цикл, потрапляє до сепаратора де розділяється газ і рідкий аміак. За рахунок дроселювання рідкого аміаку виділяються танкові гази H_2 , N_2 , Ar , CH_4 . Проаналізувавши схему, відходи у відділенні аміаку наведенні в таблицях 10.1, 10.2 [17].

					ХН 2222 1440 000 ПЗ	Арк.
						88
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

Таблиця 10.1 – Характеристика газоподібних відходів

Найменування викиду, відділення, апарат.	Об'ємна витрата відхідних газів, $\times 10^3 \text{ м}^3/\text{год}$	Періодичність	Характеристика викидів			Примітки
			Температура, °C	Масова концентрація компонентів викиду, $\text{мг}/\text{м}^3$ або $\text{г}/\text{м}^3$, або %	Допустима маса компо- нентів в одиницю часу, $\text{кг}/\text{год}$ не більше	
1	2	3	4	5	6	7
Танкові і про- дувні гази	Не бі- льше 14,0	Постійно	Не бі- льше 40	Аміак не більше 1%	-	Використовується в пальниках труб- частої печі
Разові викиди з компресорів, при пусках і зупинках, при підривах запо- біжних клапа- нів	Не бі- льше 3,0	Періоди- чно	Не бі- льше 40	Аміак не більше 3,1%	71	Викидаються в атмосферу
Викиди через аварійні свічі агрегатів син- тезу аміаку при пусках і зупин- ках	Не бі- льше 12	Періоди- чно по 2-3 рази на годину	Не бі- льше 40	Аміак не більше $58,5 \text{ г}/\text{м}^3$	702	Викидаються в атмосферу
Викиди газу на факел при пус- коналагоджу- вальних опера- ціях і запуску	180	Періоди- чно при пусках і зупинках	Не бі- льше 300	Аміак не більше $20 \text{ мг}/\text{м}^3$ Оксиду вуглецю не більше $20 \text{ мг}/\text{м}^3$	-	Викидаються в атмосферу
Димові гази	Не бі- льше 12	Постійно	Не бі- льше 240	Оксиду вуглецю не більше $20 \text{ мг}/\text{м}^3$	-	Викидаються в атмосферу

Таблиця 10.2 - Характеристика твердих відходів

Найменування відходів, відділення, апарат	Куди складається, транспорт, тара	Маса відходів, кг/добу не більше	Періодичність утворення	Характеристика твердих і рідких відходів		Примітки
				Масова доля компоненту, %	Фізичні показники густини, т/м ³	
Каталізатор СА-1	Вивозиться на спеціальну площадку, перевантажується в залізничні вагони	34,2	Перевантаження виконується 1 раз на 4 роки	-	Гранули темного кольору 2,7	Вивозиться на переробку масою 50т 1 раз на 4 роки
Каталітичний пил на магнітний фільтрах	Очищається та вивозиться разом за каталізатором	0,6	Очистка проводиться 1 раз на 4 роки	-	Пил темного кольору разом з оливою 2,1	Вивозиться на переробку масою 1т 1 раз на 4 роки
Олива з компресорного відділу	Передається в відділення регенерації масел	3,5	Очистка проводиться 1 раз на 4 роки	-	Олива 0,93	Передається в відділення регенерації масел 5т 1 раз на 4 роки

За цими даними екологічного паспорту можна сказати, що виробництво аміаку є шкідливим для навколишнього середовища. Це обумовленню не тільки викидами в атмосферу, а й наявністю твердих відходів, які необхідно утилізувати. Через токсичну дію аміаку на навколишнє середовище його вміст у газових викидах і стічних водах обов'язково повинен контролюватися на виробництві. Гранично допустимі концентрації аміаку у повітрі, ґрунті, воді не повинна перевищувати 0,2 мг/м³.

					ХН 2222 1440 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		90

Найбільш небезпечні хімічні фактори виробництва:

- аміак;
- моноетаноламін;
- природний газ
- азотно-воднева суміш.

Аміак (NH_3) – безбарвний газ с різким специфічним запахом. При невеликих концентраціях подразнює верхні дихальні шляхи та очі, викликає ядуху. При високих концентраціях збуджує центральну нервову систему, що призводить до судом. При гострих отруєннях може настати смерть від набряку легенів та серцевої недостатності. При попаданні аміаку в очі можлива утрата зору. Суміш с киснем повітря вибухонебезпечна.

Межі вибуховості (в об'ємних %) з повітрям: 15,5-27,0.

Густина по відношенню до повітря при 0 °C и 760 мм рт. ст. – 0,597.

Наявність газоподібного аміаку у повітрі біля 3 % об'ємних призведе до миттєвого опіку шкіри з утворенням пухирів.

Азотно-воднева суміш, складається з водню, азоту, невеликої кількості метану, оксиду і двооксиду вуглецю, не має запаху. Внаслідок наявності водню горить та утворює вибухонебезпечні суміші з повітрям. Межі вибуховості (в об'ємних %) с повітрям: 4-75 %. При великих концентраціях в атмосфері викликає ядуху із-за недостатчі кисню у повітрі.

Температура самоспалаху 510 °C (по водню). Легше повітря.

Азот (N_2) – безбарвний газ, без запаху. Густина по відношенню до повітря - 0,97%. Не горить и не підтримує горіння. Азот знижує вміст кисню у повітрі. При високих концентраціях після 1-2 вдихів спричиняє втрату свідомості і ядуху.

У зв'язку з великою хімічною інертністю в нормальних умовах застосовується як головний засіб пожеже гасіння і як інертне середовище при продувках апаратів від горючих газів, кисню.

					ХН 2222 1440 000 ПЗ	Арк.
						91
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

Окис вуглецю (CO) – безбарвний газ, горючий, без запаху, входить до складу конвертованого газу. Густина по відношенню до повітря – 0,968. Межі вибуховості з повітрям – 11,5 – 75 %.

Допустима концентрація окису вуглецю у виробничих приміщеннях - 20мг/м³. На організм людини спричиняє отруйну дію внаслідок утворення при вдиханні з'єднань з гемоглобіном крові, не здатних поглинати кисень, в результаті чого настає кисневий голод.

ВИСНОВОК: Виробництво аміаку дуже шкідливе для навколишнього середовища. Воно має велику кількість шкідливих речовини для здоров'я людини, і тому потребує уваги для екологічної безпеки. Це можна здійснити за допомогою постійного контролю за обладнаннями та персоналом, залучення фінансування для підвищення безпеки працюючих на підприємстві.

10.2 Можливі варіанти утилізації відходів на виробництві

10.2.1 Утилізація танкових і продувних газів

В промисловості використовують різні методи утилізації продувних і танкових газів циклу синтезу аміаку: в якості палива після виділення аміаку; виділення аміаку і водню з використанням охолоджуючого газу в якості палива; розділення суміші газів з отриманням чистого аргону, водню, метану, аміаку у вигляді водного розчину.

Я пропоную утилізувати танкові і продувні гази методом конденсації з них аміаку. Гази охолоджують аміаком який випарувався при низькому тиску. Основні показники продувних газів циклу синтезу аміаку представлені в таблиці 10.3 [6].

Таблиця 10.3 - Показники продувних газів

Назва відділення	Витрати, м3/год	Температура, °C	Тиск, МПа	Склад, 5 (об.)				
				NH3	H2	N2	CH4	Ar
Синтез аміаку потужністю 1500 т/добу	8692	40	28.0	11.36	53.36	17.19	13.03	4.46

					ХН 2222 1440 000 ПЗ	Арк.
						92
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

Після виділення аміаку газу використовуються в якості палива для трубчастої печі первинного риформінгу, що дозволяє заощаджувати природний газ. Але в цілях більш глибокого виділення аміаку з газів використовують метод абсорбції. Це абсорбція газів водою з отриманням аміачної води з концентрацією аміаку 25%. Аміачну воду використовують як товарний продукт або проводять десорбцію і виділяють аміак з отриманням його в рідкому стані. Показники танкових та продувних газів після конденсації представлені в таблиці 10.4.

Таблиця 10.4 - Показники танкових та продувних газів

Назва відділення	Гази	Витрати, м3/год	Температура, °C	Тиск, МПа	Склад, 5 (об.)				
					NH3	H2	N2	CH4	Ar
Синтез аміаку потужністю 1500 т/добу	Продувні	7865	-27	28,0	2,03	59	19,66	14,38	4,93
	Танкові	1438	-21	4,0	4,54	46,77	15,59	28,0	5,1

10.2.2 Утилізація газів CO, CO₂

В системі синтезу аміаку існує утворення у баку збірника танкових газів, які утворюються при розрідженні з 300 атм до 18 атм. Викиди таких газів дуже негативно позначаються на навколишньому середовищі. Основні компоненти танкових газів – оксид азоту, аміак і водяна пара. Водяна пара ніякої цінності не представляє і може бути легко видалений зіткненням газу з прохолодною поверхнею. Решту компонентів необхідно утилізувати. Можна проводити низькотемпературну каталітичну очистку. Це дозволяє удосконалення систем очищення танкових газів до приведення показників за аміаком та оксидами азоту до 0,05 г/м³, 0,1 г/м³.

10.2.3 Утилізація відпрацьованого каталізатора

Кожен каталізатор має свій термі служби. В процесі довгої експлуатації каталізатора відбувається спікання активного компонента, із-за цього він втрачає свою механічну стійкість. Доводиться кожні 4-5 років перезаванта-

					ХН 2222 1440 000 ПЗ	Арк.
						93
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

жувати каталізатор в колону синтезу аміаку. Для утилізації відпрацьованого каталізатора СА-1 застосовують декілька способів: селективне вилучення цінних компонентів, для споживання в різноманітних процесах; використання відпрацьованих каталізаторів в якості сировини для переплавках в печах, щоб отримати новий залізний каталізатор. Це дозволить звільнити місцевість його зберігання.

10.2.4 Утилізація відпрацьованого масла

У процесі експлуатації масел в них накопичуються продукти окислення, забруднення та інші домішки, які різко знижують якість масел. Масла, що містять забруднюючі домішки, нездатні задовольняти потреби і повинні бути замінені свіжими маслами. Відпрацьовані масла збирають і піддають регенерації з метою збереження цінної сировини, що є економічно вигідним. Залежно від процесу регенерації отримують 2-3 фракції базових масел. Середній вихід регенованого масла з відпрацьованого, що містить близько 2-4% твердих забруднюючих домішок і воду, до 10% палива, складає 70-85% залежно від застосовуваного способу регенерації.

Для відновлення відпрацьованих масел застосовуються різноманітні технологічні операції, засновані на фізичних, фізико-хімічних і хімічних процесах і полягають в обробці олії з метою видалення з нього продуктів старіння і забруднення. В якості технологічних процесів звичайно дотримується наступна послідовність методів: механічний, для видалення з олії вільної води та твердих забруднень; теплофізичний (випарювання, вакуумна перегонка); фізико-хімічний (коагуляція, адсорбція). Ці методи дозволяють значно заощадити кошти на виробництві.

10.3 Екологічний моніторинг

Відділенні синтезу аміаку постійно сприяє забрудненню навколишнього середовища різноманітними газовими та твердими відходами наведеними у таблиці 10.1, 10.2. Для максимального покращення екологічного стану на

					ХН 2222 1440 000 ПЗ	Арк.
						94
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

підприємстві вводять різноманітні заходи нагляду, аналізу викидів газу, твердих речовин і т.д. Заходи, які забезпечують охорону водних ресурсів і повітряного басейну в разі виникнення аварійних ситуацій, проведення ремонтних робіт обладнання або несприятливих метеорологічних умов [17].

1. Для забезпечення охорони повітряного басейну в період пусків і зупинок агрегатів синтезу аміаку, при аварійних ситуаціях здійснюється скид газів на факельну установку для спалювання горючих компонентів синтез-газу.
2. Діє система аварійного скиду рідкого аміаку при підвищенні рівня рідкого аміаку в збірнику більше 80% в сховище цеху рідкого аміаку.
3. Під час підготовки до ремонту агрегатів синтезу аміаку проводиться дренавання рідкого аміаку із колон і трубопроводів в збірник рідкого аміаку, звідки рідкий аміак подається в сховище цеху рідкого аміаку.
4. Передбачена система збору газового конденсату із апаратів в разі планових зупинок агрегатів і після відновлення каталізаторів на агрегатах підготовки синтез-газу в збірник, звідки після розбавлення і охолодження оборотною водою, вода скидається в промзливову каналізацію.

10.4 Розрахунок екологічних платежів

Щорічні норми утворення відходів виробництва представлені в таблиці 10.5 [16].

					ХН 2222 1440 000 ПЗ	Арк.
						95
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

Таблиця 10.5 - Щорічні норми утворення відходів виробництва

Назва відходів, су- мішей, склад. Апарат, або стадія, де утворюються	Напрямок викорис- тання, утилізація. Метод очищення або знешкодження	Утворення відходів, т/рік	Ставка податку, грн/т	Податок, грн/рік
---	---	------------------------------	-----------------------------	---------------------

1	2	3	4	5
Тверді відходи				
Відпрацьований каталізатор синтезу аміаку: Масова частка, %: - оксиду заліза (FeO) 29-36; - оксиду заліза (Fe ₂ O ₃) 55-65	Передається в цех складського господар- ства для подальшої реалізації	36	74,17	2670,12
Відпрацьовані оли- ви, %: механічних домі- шок до 1; Масова частка во- ди до 2;	Передається в відді- лення регенерації ма- сел	114,547	517,57	59286
Газоподібні відходи				
Продувка інертів	В атмосферу	8,5	111,26	95,71
Викид під час скидання тиску пі- сля зупинки агре- гату	В атмосферу	11,5	480,47	5525,5
Разом				76999,5

Висновок: На сьогоднішній день синтезу аміаку є одним з найнебезпечніших хімічних виробництв, а промислові відходи - це найбільш значи- мий фактор забруднення навколишнього середовища. У зв'язку з чим, утилі- зація відходів, що утворюються в сфері виробництва, має найважливіше зна- чення для вирішення екологічних проблем, а також раціонального ресурсо- споживання. Не можна забувати про те, що відходи хімічного виробництва можуть становити значну небезпеку при зборі, розміщенні та транспортуван- ні їх на утилізацію. Але переробка відходів, що є в багатьох випадках цінною сировиною для виготовлення товарної продукції, економічно доцільна, якщо

					ХН 2222 1440 000 ПЗ	Арк.
						96
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

вартість отриманих виробів перевищує витрати на утилізацію. Широке застосування у всіх галузях технологій утилізації може стати вирішальним фактором поліпшення екологічної обстановки в країні. Однак залучення у виробничий процес вторинних матеріальних ресурсів при усій своїй доцільності сьогодні стримується економічними можливостями суспільства.

					<i>ХН 2222 1440 000 ПЗ</i>	Арк.
						97
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

ВИСНОВКИ

В даному дипломному проекті обрано технологічну схему синтезу аміаку з продуктивність 1500 т/добу, під тиском 320 атм. Концентрація аміаку на виході з колони становить 15 %.

В проекті розглянуто характеристику виробленої продукції за діючими стандартами, що дає можливість конкурувати продукції на міжнародних ринках світу. Представлено фізико-хімічні основи синтезу аміаку, на підставі яких розраховано матеріальний та тепловий баланс синтезу, а також розраховано колону синтезу, як головний апарат, показано технологічну схему процесу синтезу аміаку.

Всі розрахунки запрограмовані в середовищі MS Excel. В програму входило розрахунок матеріального балансу газу в схемі по дев'яти точкам, це дало цифрові дані про склад газу на вході і виході колони, які в подальшому використовувались для теплового розрахунку колони синтезу.

Головним розрахунком цього проекту - колону синтезу, як основний апарат технологічної схеми аміаку, з урахуванням трьох полок каталізатору з різним об'ємом загрузки. На першій полиці 6,12 м³, на другій 8,45 м³, на третій 16,87 м³.

Розроблена схема автоматизації цілком задовольняє поставлені цілі проекту та задачі автоматизації, враховує всі особливості даного технологічного процесу. Встановлено контроль та регулювання температури свіжої АВС, температури газу у колоні синтезу аміаку перед каталізаторною коробкою, рівня рідкого аміаку у конденсаційній колоні та в сепараторах, температури газу в усіх теплообмінних апаратах.

Економіко-організаційною частиною проекту забезпечено аналіз та оцінку економічної ефективності. Розрахована собівартість продукту, а також

					ХН 2222 1440 000 ПЗ	Арк.
						98
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

рентабельність та термін повернення коштів. Рентабельність складає 20 %, термін повернення коштів 4.9 років.

В розділі охорони праці викладено вимоги безпеки праці на здоров'я людини від шкідливих факторів. При дотриманні цих вимог, встановлені в проекті, безпека праці людини на виробництві гарантується.

Приділено особливу увагу розділу екологічної безпеки, що відповідає за рівень екологічності виробництва в цілому. Розглянуто всі можливі відходи на виробництві та методи їх утилізації, що зменшить вплив шкідливих речовин на навколишнє середовище.

					<i>ХН 2222 1440 000 ПЗ</i>	Арк.
						99
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Концевой А.Л. Алгоритмізація і програмування науково-технічних та технологічних розрахунків. Навчальний посібник для студентів спеціальності 7.05130101, 8.05130101 «Хімічні технології неорганічних речовин». (Свідоцтво НМУ № Е12/13-096). / А.Л. Концевой, С.А. Концевой. - Київ, НТУУ «КП», 2013. – 286 с.

2. Концевой А.Л. Прикладні розділи технології неорганічних речовин. Навчальний посібник для студентів хіміко-технологічного факультету напряму 6.051301 професійного спрямування «Хімічні технології неорганічних речовин». (Свідоцтво НМУ № Е13/14-036). / А.Л. Концевой, С.А. Концевой. - Київ, НТУУ «КП», 2013. – 303 с.

3. Методы расчетов по технологии связанного азота [Текст] / Под общ. ред. Атрощенко В. И. – К. : Вища шк., 1978. – 311 с.

4. ТОВАЖНЯНСЬКИЙ Л. Л. Технологія зв'язаного азоту: підручник / Л. Л. ТОВАЖНЯНСЬКИЙ, О. Я ЛОБОЙКО та ін. – Харків.: НТУ “ХПР”, 2007. – 536 с. – ISBN 978-966-384-070-3.

5. Производство аммиака / Семенов В.П., Киселев Г.Ф., Орлов А.А., Семенова Т.А., Овчиников В.И., Коновалов В.М. / Под ред. В. П. Семенова. – М. : Химия, 1985. – 365 с.

6. Яновський, М. А. Технологія аміаку: навчальний посібник / М. А. Яновський, І. М. Демиденко Б. І. Мельников, О. Я. Лобойко, Г. М. Корона. – Дніпропетровськ: УДХТУ, 2004.–300с. - ISBN 966-8018-03-6.

7. Жаворонков, Н. М. Справочник азотчика: В 2 ч. / под ред. Н. М. Жаворонкова. - М.: Химия, 1986. – Ч. 1. - 512 с.

8. Лукінюк М. В. Контроль і керування хіміко-технологічними процесами: У 2 кн. Кн. 1. Методи та технічні засоби автоматичного контролю хіміко-технологічних процесів: навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл., які на-

					<i>ХН 2222 1440 000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		100

вчаються за на-прямом підготовки: «Хімічна технологія та інженерія» / М. В. Лукінюк. – К.: НТУУ «КПІ», 2012. – 336 с. : іл. – Біблігр.: с. 328–330. – 300 пр. – ISBN 978-966-622-520-0. – ISBN 978-966-622-530-9 (Кн. 1).

9. Лукінюк М. В. Контроль і керування хіміко-технологічними процесами: У 2 кн. Кн. 2. Керування хіміко-технологічними процесами: навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл., які навчаються за напрямом: «Хімічна технологія та інженерія» / М. В. Лукінюк. – К.: НТУУ «КПІ», 2012. – 336 с. : іл. – Біблігр.: с. 331–332. – 300 пр. – ISBN 978-966-622-520-0. – ISBN 978-966-622-531-6 (Кн. 2).

10. Бабіченко А. К. Промислові засоби автоматизації: навч. посіб.: У 2 ч. / А. К. Бабіченко, В. І. Тошинський, В. С. Михайлов та ін. ; за заг. ред. А. К. Бабіченка. – Харків: НТУ «ХПІ», 2003. – Ч. 1. Вимірювальні пристрої. – 470 с. : іл. – Бібліогр.: с. 467. – 500 пр. – ISBN 966-593-232-2.

11. Бабіченко А. К. Промислові засоби автоматизації: навч. посіб.: У 2 ч. / А. К. Бабіченко, В. І. Тошинський, В. С. Михайлов та ін. ; За заг. ред. А. К. Бабіченка. – Харків: НТУ «ХПІ», 2003 р. – Ч. 2. Регульовальні і виконавчі пристрої. – 658 с. : іл. – Бібліогр.: с. 644–645. – 500 пр. – ISBN 966-593-292-6.

12. Підлісна, О.А. Методичні вказівки до виконання організаційно-економічної частини дипломних проектів для студ. хіміко-технологічних спеціальностей усіх форм навчання / Уклад.: О.А. Підлісна, В.В. Янковий, М.П. Дорошенко. – К.: ІВЦ „Видавництво „Політехніка”, 2002 – 28 с. – Бібліогр. с. 25-27. - 300 пр.

13. Ткачук, К. Н. Основи охорони праці: підручник. / К. Н. Ткачук, М. О. Халімовський, В. В. Зацарний, Д. В. Зеркалов; за ред. К. Н. Ткачука і М. О. Халімовського. – К.: Основа. 2006 – 448 с.

					ХН 2222 1440 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		101

14. Макаров, Г.В. Охрана труда в химической промышленности. / Г. В. Макаров, А. Я. Васин, Л. К. Маринина и др. – М.: Химия, 1989. 496 с.: ил. – ISBN 5-7245-0246-1.

15. Павлов К.Ф., Примеры и задачи по курс процессов и аппаратов. / Романков П.Г., Носков А.А. – Л.:Химия,1987, 576 с.

16. Податковий кодекс України [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://www.nalogovij-kodeks.com.ua/> , вільний. - Загол. з екрана. – Мова рус.

17. Регламент отдаления синтеза аммиака предприятия ПАТ „РІВНЕАЗОТ” міста Рівне, 2014, 256 с.

					<i>ХН 2222 1440 000 ПЗ</i>	Арк.
						102
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

ДОДАТОК А

					ХН 2222 1440 000 ПЗ	Арк.
						103
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

Таблиця А.1 - Специфікація устаткування, виробів і матеріалів

Позиція на схемі	Назва параметра	Середовище, місце відбору інформації	Граничне значення параметра	Місце монтажу	Назва, технічна характеристика	Тип, марка моделі	Завод-виробник	Кількість
1	2	3	4	5	6	7	8	9
УСТАТКУВАННЯ ТА ПРИЛАДИ								
1-1	Температура	Азото-воднева суміш (АВС)	420...440 °С	Колона синтезу	Термоперетворювач опору платиновий, НСХ 50П, 100П, діапазон вимірювання (-220)...500 °С, $P_{\max} = 25$ МПа, довжина монтажної частини 80...2000 мм, захисна арматура – сталь 12Х18Н10Т; інерційність 8 с, клас допуску А,В	ТСП-1287	НВО «Електро-термія», Приладобудівний з-д, м. Луцьк	1
2-1		Продукційна суміш	215 °С	Трубопровід 30	Термоперетворювач опору платиновий, НСХ 50П, 100П, діапазон вимірювання (-50)...250 °С, $P_{\max} = 25$ МПа, довжина монтажної частини 80...500 мм, захисна арматура – сталь 12Х18Н10Т; інерційність 30 с, клас допуску 2	ТСП-1288		1
3-1		Азото-воднева суміш (АВС)	185...195 °С	Трубопровід 28				1
4-1		Продукційна суміш	40 °С	Трубопровід 30				1
7-1			Рідкий аміак	-5...+0 °С	Трубопровід 27	Термоперетворювач опору мідний з уніфікованим вихідним сигналом, НСХ 50М, захисна арматура – сталь 10Х18Н10Т, діапазон вимірювання (-25)...25 °С, $P_{\max} = 50$ МПа, довжина монтажної частини 200...1250 мм; основна похибка 0,5 %; $I_{\text{вих}}=0...5$ мА	ТСМУ-0288	НВФ «АГАТ-1», м. Харків
1-2	Температура	Азото-воднева суміш (АВС)	420...440 °С	Щит керування	Автоматичний показувальний і реєструвальний МІКРОПРОЦЕСОРНИЙ вторинний прилад, з вбудованим ПІД-регулятором: $I_{\text{вих}} = 4...20$ мА; вхідні сигнали: 0...10 мВ, 0...100 мВ, 0...1 В, 0...5 мА, 4...20 мА; НСХ перетворювачів: термоелектричних – В, К, L, S, А-1; опору – 50П, 100П ($W_{100}=1,385; 1,391$), 50М, 100М; 0-10 мГн, ± 10 мГн (в комплекті з НП-П10); вихідні сигнали: $I_{\text{вих}}=4...20$ мА, $P_{\text{вих}} = 20...100$ кПа в компл. з ЭП-1324, інтерфейс RS-485	ДИСК-250М *	ІЗАТ «Промышленная Группа „Метран”», м. Челябинськ	1
2-2		Азото-воднева суміш (АВС)	215 °С					1
4-2		Продукційна суміш	40 °С					1
7-2		Рідкий аміак	-5...+0 °С					1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
1-3	Температура	Азото-воднева суміш (АВС)	420...440 °С	Трубопровід 28	Механізм виконавчий електричний однообертовий: 6,3 – номінальний обертовий момент на вихідному валу, Н·м; 12,5 – номінальний час повного ходу вихідного валу, с; 0,25 – номінальний повний хід вихідного валу	МЭО-6,3/12,5-0,25-99	Севанський завод електричних виконавчих механізмів, м. Севан	1
2-3		Вода	215 °С	Трубопровід 1				1
4-3		Продукційна суміш	40 °С	Трубопровід 3				1
7-3		Рідкий аміак	-5...+0 °С	Трубопровід 27				1
1-4	Температура	Азото-воднева суміш (АВС)	420...440 °С	Щит керування	Перетворювач нормувальний, вхідні сигнали: 0...5 мА, 4...20 мА, а також від ТП НСХ В, К, L, S, R та ТО НСХ 50П,100П, 50М, 100М; клас точності 0,4 (0,5) – залежно від діапазону вимірювання ТП, ТО; I _{вих} = 0...5 (4...20 мА), U _{вих} = 0...10 В; цифровий інтерфейс RS-485	П282	НВО «Електротермія», м. Луцьк	1
2-4		Азото-воднева суміш (АВС)	215 °С					1
3-4		Азото-воднева суміш (АВС)	185...195 °С					1
4-4		Продукційна суміш	40 °С					1
7-4		Рідкий аміак	-5...+0 °С					1
3-2	Температура	Азото-воднева суміш (АВС)	420...440 °С	Щит керування	Автоматичний показувальний і реєструвальний вторинний прилад із вбудованими пневматичним пропорційно-інтегральним регулятором; вхідні сигнали: 0...50 мВ, 0...100 мВ, 0...5 В, 0...10 В, 0...5 мА, 4...20 мА; НСХ перетворювачів: термоелектричних – В, К, L, S, опору – 50П, 100П, 50М, 100М; Р _{вих} = 20...100 кПа	ДИСК-250В4	ЗАТ «Промышленная группа „Метран”», м. Челябинськ	1
3-3	Температура	Циркуляційна суміш	185...195 °С	Трубопровід 29	Механізм виконавчий мембранний пневматичний прямої дії з позиціонером ПП-1.25 і боковим дублером; робоча хода штока (залежно від діаметра мембрани: 160, 200, 250, 320, 400, 500 мм) 10, 16, 25, 40,60 мм; Р _{живл} = 0, 25 МПа	МИМП ППХ*05	ВАТ «Прикарпат-промарматура», м. Івано-Франківськ	1

Продовження таблиці А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
5-1, 6-1, 8-1	Рівень	Рідкий аміак	200...600 мм	Сепаратор Конденсаційна колона Збірник рідкого аміаку	Первинний вимірювальний перетворювач акустичного рівнеміра ЭХО-5Н температура контролюваного середовища (-40)...80 °С, температура навколишнього до АП повітря (-30)...50 °С, діапазон вимірювання 0...6,0 м; граничнодопустима основна похибка $\pm 1,5\%$	АП-91	ТОВ «Старо- русприбо», м. Стара Руса	3
5-2, 6-2, 8-2	Рівень	Рідкий аміак	200...600 мм	Місцевий	Проміжний вимірювальний перетворювач акустичного рівнеміра ЭХО-5Н, Івих= 0...5 (4...20) мА	ППИ- 5Н	ТОВ «Старо- русприбор», м. Стара Руса	3
5-5, 6-5, 8-5	Рівень	Рідкий аміак	200...600 мм	Місцевий	Перетворювач електропневматичний, Івх = 0...5 мА, Рвих =20...100 кПа; граничнодопустима основна похибка $\pm 0,5$; Ржив= 140 кПа	МТМ 810	ТОВ НВП «Мікротерм», м. Сіверодо- нецьк	3
3-5	Температура	Азото-воднева суміш (АВС)	420...440°С	Щит керування				1
5-3, 6-3, 8-3	Рівень	Рідкий аміак	200...600 мм	Щит керування	Автоматичний показувальний і реєструвальний вторинний прилад із вбудованими пневматичним пропорційно-інтегральним регулятором; вхідні сигнали: 0...50 мВ, 0...100 мВ, 0...5 мА, 4...20 мА; НСХ перетворювачів: термоелектричних – В, К, L, S, опору– 50П, 100П, Рвих = =20...100 кПа	ДИСК- 250В4	ЗАТ «Промышлен- ная группа „Мет- ран”», м. Челябінськ	3
5-4, 6-4, 8-4	Рівень	Рідкий аміак	200...600 мм	Трубопровід 27	Механізм виконавчий мембранний пневматичний прямої дії з позиціонером ПП-1.25 і боковим дублером; робоча хода штока (залежно від діаметра мембрани: 160, 200, 250, 320, 400, 500 мм) 10, 16, 25, 40,60 мм; Рживл = =0, 25 МПа	МИМП ППХ*05	ВАТ «Прикар- пат-промарма- тура», м. Івано-Фран- ківськ	3

1	2	3	4	5	6	7	8	9
ЕЛЕКТРОАПАРАТИ								
МП1, МП2, МП3, МП4	-	-	-	Місцевий	Магнітний пускач безконтактний (на семісторах), реверсивний, для керування електричними виконавчими механізмами, у приводі яких використано однофазні електродвигуни; температура довкілля (-10)...50 °С, відносна вологість до 80 %; керувальний сигнал $U_{вх} = 24 \pm 6$ В, $U_{жив} = 220$ В, 50/60 Гц, $W_{жив} = 10$ В·А	ПБР-2М	ПО «Электроприбор», м. Чебоксари	4
SA1, SA2, SA3, SA4	-	-	-	Місцевий	Кнопка запобіжного вимикання; номінальна робоча напруга: змінна (частота 50/60 Гц) 660 В, постійна – 440 В, номінальний тепловий струм – 10 А	КМЕ-5111 УЗ	ТОВ «Кам'янець-Подільський електромеханічний завод»	4