

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Хіміко-технологічний факультет
Кафедра кібернетики хіміко-технологічних процесів.

«До захисту допущено»
В.о. завідувача кафедри
_____ Т.В.Бойко
(підпис)

“ ____ ” червня 2019 р.

Дипломний проект

на здобуття ступеня бакалавра

з напрямку підготовки (спеціальності) 6.050202(151) «Автоматизація та комп'ютерно- інтегровані технології»

на тему: «Комп'ютерне моделювання та автоматизація технологічної схеми виробництва аміаку у реакторі аксіально-радіального типу»

Виконав:

студент IV курсу, групи ХА-51

Вільбой Михайло Олексійович _____

Керівник:

доц. каф. КХТП, к.т.н., доц. Безносик Ю.О. _____

Консультанти:

з хімічної технології доц. каф. КХТП, к.т.н., доц. Безносик Ю.О. _____

(підпис)

з автоматизов. регулювання доц. каф. КХТП, к.т.н., доц. Бондаренко С.Г. _____

підпис

з охорони праці доцент каф. охорони праці, промислової
та цивільної безпеки, к.т.н., доц Полукаров Ю.О. _____

підпис

з організаційно-економічної частини доц. кафедри економіки і
підприємництва, к.х.н. доц. Підлісна О.А. _____

Нормативний контроль доц. каф. КХТП, к.т.н., доц. Шахновський А.М. _____

Рецензент _____

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

(підпис)

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

Студент _____
(підпис)

Київ – 2019 року

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Хіміко-технологічний факультет

Кафедра кібернетики хіміко-технологічних процесів .

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Напрямок підготовки (спеціальність) 6.050202 (151) "Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології"

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. завідувача кафедри

Т.В.Бойко

(підпис)

«19» лютого 2019 р

ЗАВДАННЯ

на дипломний проект студенту

Вільбою Михайлу Олексійовичу

1. Тема проекту Комп'ютерне моделювання та автоматизація технологічної схеми виробництва аміаку в реакторі аксіально-радіального типу, керівник проекту Безносик Юрій Олександрович, к.т.н., доц., затверджені наказом по університету від «05» травня 2019 р № 1221-с.

2. Термін подання студентом проекту 11 червня 2019 р

3. Вихідні дані до проекту _____

4. Зміст пояснювальної записки _____

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслеників, плакатів, презентацій тощо) _____

6. Консультанти розділів проекту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	Полукаров Ю. О. доц. каф. охорони праці, промислової та цивільної безпеки		
Організаційно-економічна частин	Підлісна О.А. доц. кафедри економіки і підприємництва		
Розрахунок матеріальних балансів ХТС	Безносик Ю.О. доц. кафедри кібернетики ХТП		
Розроблення схеми автоматизації ХТС	Бондаренко С.Г. доц. кафедри кібернетики ХТП.		

7. Дата видачі завдання 19 лютого 2019

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту (роботи)	Строк викон. етапів проекту	Примітка
1	Характеристика виробництва, продукції, сировини, допоміжних матеріалів. Комп'ютерно-інтегрований розрахунок матеріальних балансів схеми.		
2	Розрахунок основного апарата. Блок-схема обчислювального модуля (формат А1).		
3	Кресленик загального виду щита автоматизації (формат А1).		
4	Розробка рішень з контролю та керування виробництвом. Технологічна схема автоматизації (формат А1).		
5	Розробка рішень з охорони праці та економіки і управління виробництвом		
6	Оформлення пояснювальної записки, виконання ілюстративних матеріалів (презентації).		

Студент

_____ (підпис)

М.О.Вільбой

Керівник проекту

_____ (підпис)

Ю.О.Безносик .

РЕФЕРАТ

КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ, АВТОМАТИЗАЦІЯ, , СХЕМА АВТОМАТИЗАЦІЇ, СИНТЕЗ АМІАКА, МАТЕРІАЛЬНИЙ БАЛАНС, C#, CHEMCAD, РЕАКТОР АКСІАЛЬНО-РАДІАЛЬНОГО ТИПУ, АКСІАЛЬНА ЗОНА, РАДІАЛЬНА ЗОНА.

Пояснювальна записка 86 с., 18 рис., 20 табл., 3 додатка, 9 джерел.

Виконано проект комп'ютерного моделювання та автоматизації технологічної схеми виробництва аміаку у реакторі аксіально-радіального типу.

Метою проекту було виконання розрахунку параметрів процесу синтезу аміаку у реакторі аксіально-радіального типу за допомогою розробленого для цієї мети програмного модуля та проектування системи автоматизації.

В проекті представлена технологічна схема процесу виробництва аміаку. За технологічної схемою розглянута робота установки виробництва аміаку з реактором аксіально-радіального типу.

Комп'ютерний розрахунок матеріального балансу процесу виконано в програмі ChemCAD 7.

Було розроблено програмний модуль для розрахунку параметрів процесу синтезу аміаку у реакторі аксіально-радіального типу в середовищі C#.

Розроблено схему автоматизації процесу. Підібрано необхідні пристрої для контролю і регулювання. Схема автоматизації включила в себе 6 контурів регулювання, 6 контурів контролю, 1 контур контролю і сигналізації, і 1 контур сигналізації небезпечного рівня концентрації аміаку у повітрі.

Розраховано техніко-економічні показники для оцінки економічного ефекту від автоматизації виробництва.

Розглянуто заходи щодо охорони праці, та забезпечення комфортної роботи працівників з установкою.

РЕФЕРАТ

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ, АВТОМАТИЗАЦИЯ, СХЕМА АВТОМАТИЗАЦИИ, СИНТЕЗ АММИАКА, МАТЕРИАЛЬНЫЙ БАЛАНС, C#, CHEMCAD, РЕАКТОР АКСИАЛЬНО-РАДИАЛЬНОГО ТИПА, АКСИАЛЬНАЯ ЗОНА, РАДИАЛЬНАЯ ЗОНА.

Пояснительная записка 86 с., 18 рис., 20 табл., 3 приложения, 9 источников.

Выполнен проект компьютерного моделирования и автоматизации технологической схемы производства аммиака в реакторе аксиально-радиального типа

Целью проекта было выполнение расчета параметров процесса синтеза аммиака в реакторе аксиально-радиального типа с помощью разработанного для этой цели программного модуля и разработка системы автоматизации.

В проекте представлена технологическая схема процесса производства аммиака. По технологической схеме рассмотрена работа установки производства аммиака с реактором аксиально-радиального типа.

Компьютерный расчет материального баланса процесса был выполнен в программе ChemCAD 7.

Был разработан программный модуль для расчета параметров процесса синтеза аммиака в реакторе аксиально-радиального типа в среде разработки C#.

Разработана схема автоматизации процесса. Подобраны необходимые устройства для контроля и регулирования. Схема автоматизации включила в себя 6 контуров регулирования, 6 контуров контроля, 1 контур контроля и сигнализации и 1 контур сигнализации опасного уровня концентрации аммиака в воздухе.

Рассчитаны технико-экономические показатели для оценки экономического эффекта от проведения автоматизации производства.

Рассмотрены мероприятия по охране труда, и обеспечению комфортной работы рабочих с установкой.

ABSTRACT

COMPUTER MODELLING, AUTOMATION, AUTOMATION SCHEME, AMMONIA SYNTHESIS, MATERIAL BALANCE, C#, CHEMCAD, AXIAL-RADIAL TYPE REACTOR, AXIAL ZONE, RADIAL ZONE.

Explanatory note has 86 p., 18 fig., 20 tables, 3 appendixes, 9 sources.

The project of computer modelling and automation of axial-radial ammonia synthesis reactor has been developed.

The project presents technological scheme of ammonia production. Principals of axial-radial unit functioning are considered using technological scheme.

The aims of this project were calculation of ammonia synthesis process in axial-radial type reactor using specifically developed program module and development of automation system.

Computer calculation of the material balance is conducted using ChemCAD7 simulator.

Program module for calculation of parameters of ammonia synthesis in axial-radial reactor has been developed in C# programming environment.

Automation scheme for this process has been developed. Devices needed for control and regulation have been chosen. Automation scheme included 6 regulation, 6 control, 1 alarm and control and 1 alarm contours.

Calculation of technical-economical indicators has been conducted for evaluation of economical effect of automation.

Safety measures, and measures for comfort working conditions for workers have been considered,

ЗМІСТ

Перелік скорочень та умовних позначень	9
ВСТУП	10
1 Технологічна схема процесу виробництва аміаку у реакторі аксіально-радіального типу	11
1.1 Загальні відомості про синтез аміаку	11
1.2 Опис технологічної схеми процесу виробництва аміаку у реакторі аксіально-радіального типу	12
2 Розрахунок матеріальних балансів технологічної схеми у програмі ChemCAD	14
3 Комп'ютерне моделювання реактора аксіально радіального типу	21
3.1 Технічне завдання.....	21
3.2 Математичне забезпечення програмного модуля.....	22
3.3 Програмний модуль для розрахунку процесу виробництва аміаку у реакторі аксіально-радіального типу	29
4 Автоматизація технологічної схеми процесу виробництва аміаку	35
4.1 Розробка схеми автоматизації.....	35
4.2 Опис розробленої схеми автоматизації.....	38
5 Економіко-організаційні розрахунки.....	44
5.1 Класифікація виробничих процесів підприємства на основні, допоміжні, бічні, підсобні	44
5.2 Визначення оптимального виду руху предметів праці.....	45
5.3 Визначення середньорічної тривалості виробничого циклу, річного випуску продукції при обраному ВРПП.....	49
5.4 Розрахунок кількості одиниць обладнання (основні фонди), кількості працюючих (явочну та за списком), графік роботи підприємства (графік змінності)	49

					ДП ХА 5102 1490 001 ПЗ							
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата								
Розроб.		Вільбой М.О.			Комп'ютерне моделювання та автоматизація технологічної схеми виробництва аміаку у реакторі аксіально -радіального типу			Літ.	Арк.	Аркушів		
Перевір.									7	86		
Реценз.								КПІ ім. Ігоря Сікорського група ХТФ, гр. ХА-51				
Н. Контр.		Шахновський										
Затверд.		Безносик Ю.О.										

5.5 Чисельність персоналу: явочна і за списком.....	50
5.6 Визначення порядку технічного контролю на виробництві: об'єкти, суб'єкти, види і методи контролю, виконавці.....	53
5.7 Розрахунок оборотних засобів підприємства.....	54
5.8 Розрахунок техніко-економічних показників	56
5.9 Розрахунок економічної ефективності проведення автоматизації	57
6 Охорона праці	62
6.1 Виявлення і аналіз шкідливих і небезпечних факторів на проектуваному об'єкті. Заходи з охорони праці.....	62
6.1.1 Повітря робочої зони	62
6.1.2 Виробниче освітлення	65
6.1.3 Виробничий шум і вібрація.....	67
6.1.4 Електробезпека.....	67
6.1.5 Безпека технологічних процесів і обслуговування обладнання	68
6.2 Пожежна безпека.....	69
ВИСНОВКИ.....	72
Список використаних джерел	73
Додаток А.....	74
Додаток Б	77
Додаток В	81

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

РІВ – реактор ідеального витіснення

РІЗ - реактор ідеального змішування

ХТС –хіміко-технологічна система

ВРПП – види руху предметів праці

КВЕД – Класифікація видів економічної діяльності

САР – система автоматичного регулювання

					ДП ХА 5102 1490 001 ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

Аміак є простою сполукою, проте він володіє комплексом фізичних та хімічних властивостей, які роблять його дуже затребуваною речовиною майже у всіх галузях господарства. Він знаходить своє застосування в сільському господарстві, в якості сировини для виробництва азотних добрив, і навіть може бути використаний безпосередньо як добриво (аміачна вода). Його використовують і у важкій промисловості в якості середовища для травлення металів, сировини для виробництва вибухівки та полімерів, або в якості холодагенту для промислових холодильників.

Щорічне виробництво аміаку у світі перевищує 180 млн. тон, що свідчить про високу актуальність розробки методик синтезу. Створюються більш активні каталізатори, що працюють при менших температурах, та забезпечують вищий ступінь перетворення вихідної суміші в аміак.

Також окрім хімічних методів збільшення виходу аміаку із синтезу існують і алгоритмічні підходи до покращення протікання процесу. Тобто із застосуванням сучасних методів управління, та із попереднім комп'ютерним розрахунком процесу можна значно збільшити виробництво аміаку при тих самих енергетичних та матеріальних затратах. Адже можуть бути розроблені більш складні алгоритми пуску процесу, регулювання потоків рециклу, та регулювання температурних режимів, що значно зменшить втрати при виробництві, та дозволяють уникнути зайвого нагрівання або охолодження сировини та апаратів.

					ДП ХА 5102 1490 001 ПЗ	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

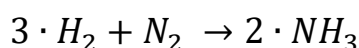
1. ТЕХНОЛОГІЧНА СХЕМА ПРОЦЕСУ ВИРОБНИЦТВА АМІАКУ У РЕАКТОРІ АКСІАЛЬН РАДІАЛЬНОГО ТИПУ

1.1 Загальні відомості про синтез аміаку

З початку XX сторіччя виробництво аміаку базується на принципі прямого синтезу із азоту і водню у присутності каталізатора.

Будь-яка технологічна схема процесу синтезу аміаку базується на принципі циркуляції, тобто процес йде неперервно, а залишки вихідної суміші повертаються до зони реакції по рециркуляційним трубопроводам.

Реакція синтезу аміаку:



Виробництво аміаку, не дивлячись на простоту реакції, є процесом, що потребує великої кількості енергії, адже у реакторі потрібно підтримувати температурний режим від 350 до 500 °С, та тиск близько 340 атм. Такі екстремальні умови потребують включення у схему цілого каскаду теплообмінних апаратів, та компресора високого тиску, і відповідно великої потужності.

Також великих матеріальних і енергетичних затрат потребує процес відновлення каталізатора.

					ДП ХА 5102 1490 001 ПЗ	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.2 Опис технологічної схеми процесу виробництва аміаку у реакторі аксіально-радіального типу

Технологічна схема процесу виробництва аміаку у реакторі аксіально-радіального типу зображена на Рис. 1.1.

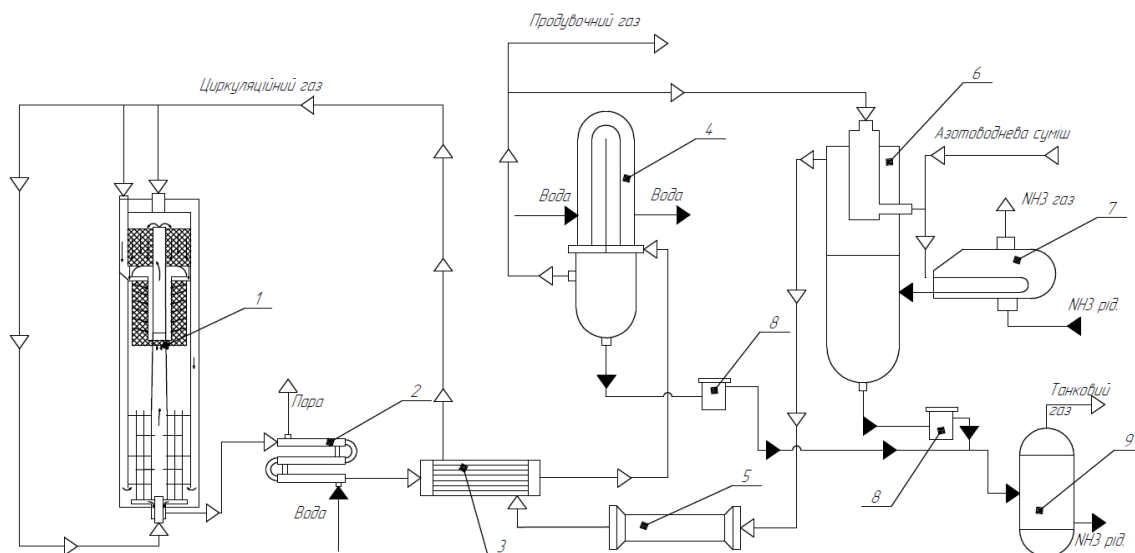


Рисунок 1.1 – Технологічна схема процесу виробництва аміаку у реакторі аксіально-радіального типу:

1 – реактор; 2 – паровий котел; 3 – теплообмінник; 4 – конденсатор-сепаратор; 5 – відцентровий компресор високого тиску; 6 – теплообмінник з сепаратором; 7 – випарник; 8 – магнітний фільтр; 9 – збірник;

В даному агрегаті азотоводневу суміш, що містить 0,3% аміаку під тиском 31,5 МПа змішують з циркуляційним газом, що виходить із апарату 6, і подають в трубний простір випарника 7. Рідкий аміак, що використовується у якості охолоджувача, направляють у міжтрубний простір випарника 7. Він охолоджує суміш свіжої суміші і циркуляційного газу до температури 15 °С.

Охолоджений газ разом із сконденсованим аміаком потрапляє в сепараційну частину теплообмінника з сепаратором 6, де відділяється рідкий аміак, а газова фаза, проходячи по міжтрубному простору апарата 6,

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДП ХА 5102 1490 001 ПЗ

Арк.

12

нагрівається до 30 °С та поступає в відцентровий компресор 5, у якому газ доводиться до тиску 34,5 МПа.

Газ під тиском 34,5 МПа та з температурою 30 °С поступає теплообмінник 3, у міжтрубному просторі якого нагрівається до температури 200 °С, та направляється до реактору синтезу. Перед реактором потік розділяють на три. Основний потік потрапляє в кільцевий зазор між корпусом реактора та корпусом каталізаторної коробки, спускається до низу апарату та проходить теплообмінник, що розташований там. Другий потік направляють у нижню частину апарату для регулювання температури. Третій потік направляють до радіальної зони для змішування з потоком, що пройшов синтез в аксіальній зоні.

Нагріта до 420 °С суміш поступово проходить два шари каталізатора, де проходить реакція синтезу аміаку, потрапляє до нижнього теплообмінника, де охолоджуються приблизно до 380 °С.

Після виходу з реактора суміш переходить до парового котла 2, де генерується насичена пара під тиском 3,8 МПа. На виході з котла суміш має температуру 200 °С. Наступним апаратом до якого потрапляє суміш є теплообмінник 3, на виході з якого суміш має температуру 60 °С. Охолодження суміші до 30 °С відбувається у конденсаторі-сепараторі 4. Також в сепараційній частині цього апарата відбувається конденсація аміаку, який потім направляється до збірника 9 через магнітний фільтр 8, який очищує аміак від каталізаційного пилу. У збірнику тиск аміаку зменшують до 1,8 МПа, після чого його передають на склад.

					ДП ХА 5102 1490 001 ПЗ	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2 РОЗРАХУНОК МАТЕРІАЛЬНИХ БАЛАНСІВ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ У ПРОГРАМІ CHEMCAD

В даному розділі виконується розрахунок матеріальних балансів процесу за допомогою програми-симулятора ChemCad. Дана програма дозволяє отримати дані витрат по всім заданим потокам у схемі. Вихідні дані для розрахунку приведені у таблиці нижче.

Таблиця 2.1 – Вихідні дані до розрахунку матеріального балансу

Витрата сировини, кг/год	25 000
Молярні частки компонентів	H_2 – 3 N_2 – 1

Далі представлено основні стадії збірки та налаштування схеми у програмі ChemCad.

Схема у програмі ChemCad має наступний вигляд:

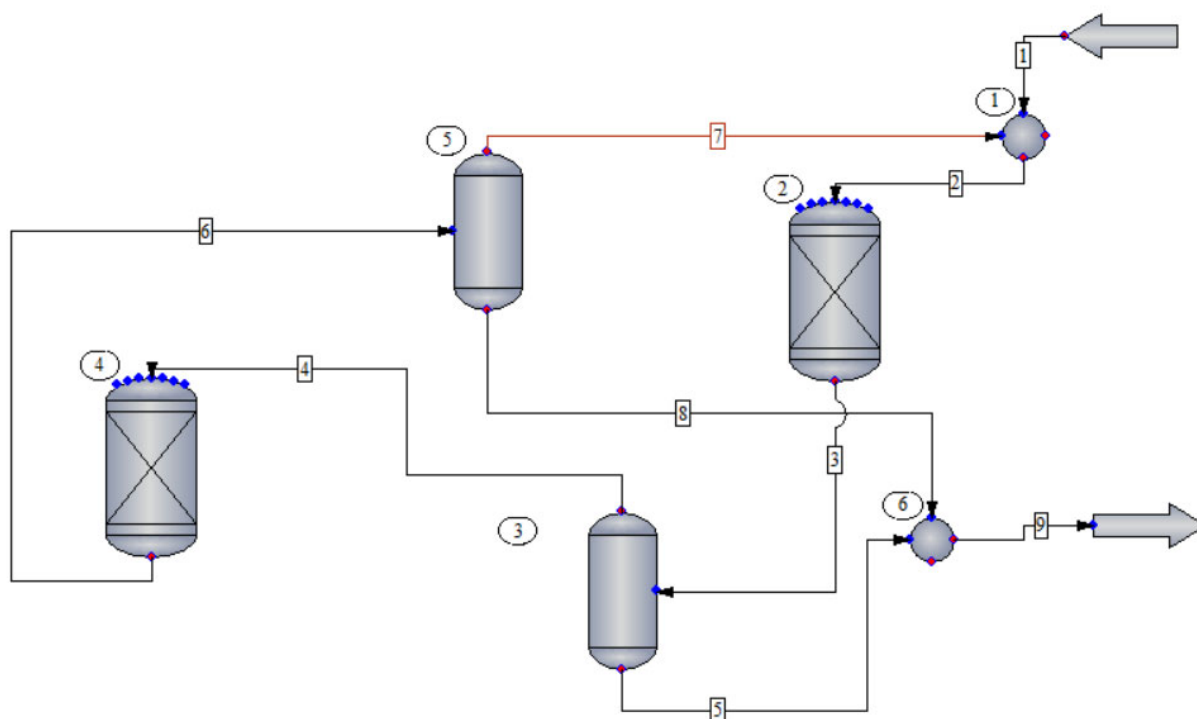


Рисунок 2.1 – Схема у програмі ChemCad

У цій схемі присутні наступні елементи:

- 1 – змішувач циркуляційного газу і свіжої азотоводневої суміші;
- 2 – холодний теплообмінник, що представлений у вигляді реактора, тому що в ньому вже починається реакція синтезу, і частина азотоводневої суміші переходить в аміак;
- 3 – сепаратор для відділення сконденсованого в апараті 2 аміаку і направлення його до змішувача 6;
- 4 – власне реактор аксіально-радіального типу в якому відбувається синтез аміаку;
- 5 – Конденсатор – сепаратор для відділення сконденсованого аміаку та направлення його до змішувача 6;
- 6 - змішувач для об'єднання потоків з двох сепараторів та подальшого направлення їх у збірник;

Варто відмітити, що у схемі не представлені теплообмінники. Це зроблено для спрощення схеми, та ніяк не вплине на розрахунок матеріального балансу, оскільки теплообмінники є виключно тепловими об'єктами і ніяк не впливають на матеріальний склад потоків що входять до них або виходять із них.

Перш ніж переходити до налаштування окремих об'єктів у симуляторі потрібно задати систему вимірювань та задати речовини, що будуть використані у технологічному процесі.

					ДП ХА 5102 1490 001 ПЗ	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для вибору системи вимірювань потрібно перейти до пункту меню Format та підпункту Engineering Units та обрати Common SI.

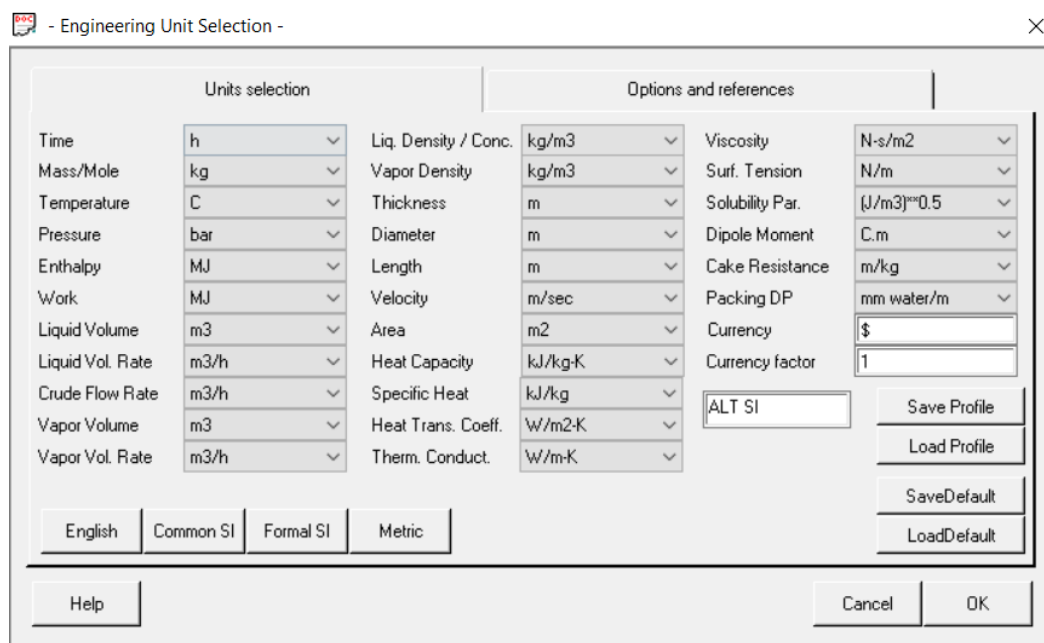


Рисунок 2.2 – Вікно налаштувань системи вимірювань у ChemCad

Для того, щоб задати необхідні речовини потрібно перейти до пункту меню Thermophysical підпункту Select Components та обрати зі списку всі необхідні речовини.

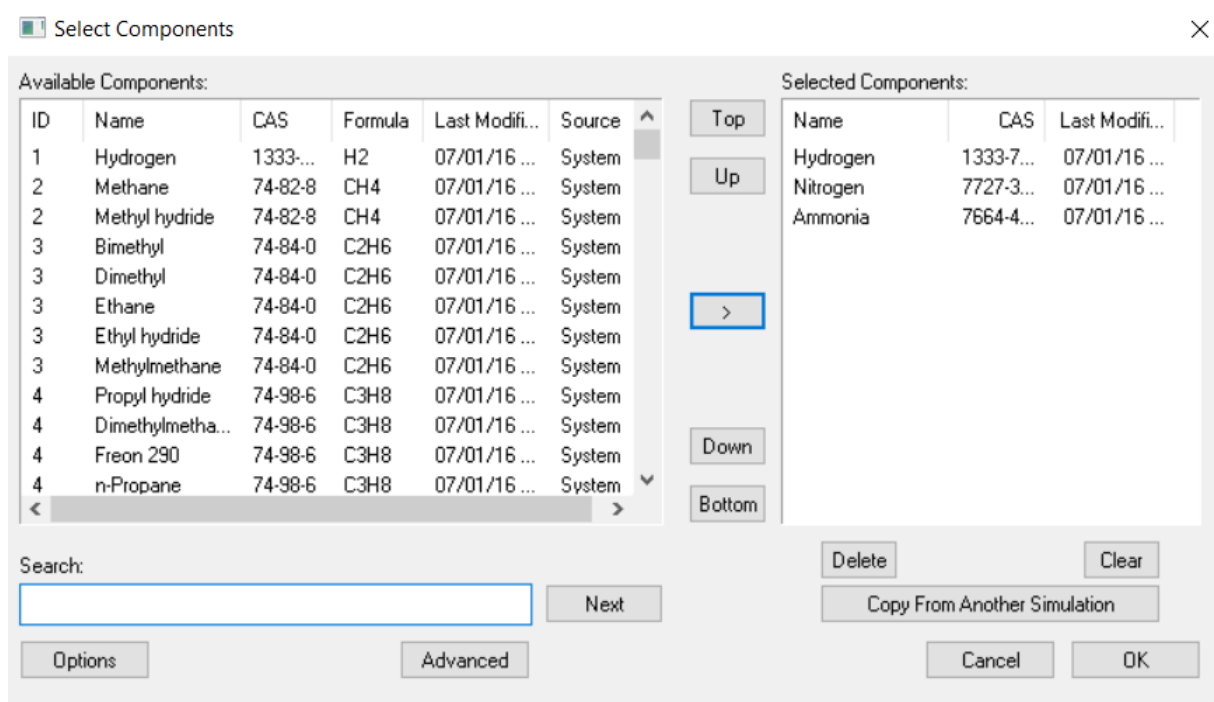
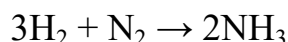


Рисунок 2.3 – Вікно вибору необхідних речовин у ChemCad

Після цього можна переходити власне до налаштувань апаратів у схемі.

Реактор 4 та теплообмінник 2 представлені у симуляторі за допомогою реакторів типу Equilibrium reactor (EREA). Даний тип моделі дозволяє симулювати процес перебігу декількох хімічних реакцій, та визначати ці реакції задаючи коефіцієнт перетворення. В даному випадку маємо лише одну реакцію синтезу аміаку із азоту та водню.



Для того, щоб налаштувати реактор перейдемо до пункту Edit UnitOp Data, та задамо наступні налаштування для реактора 4:

- Режим роботи ізотермічний (температура 430 °C);
- Коефіцієнт перетворення 0.15;
- Стехіометричні коефіцієнти відповідно до рівняння, наведеного вище;

Рисунок 2.4 – Налаштування реактора у програмі ChemCad

Налаштування теплообмінника 2 аналогічні, змінений лише коефіцієнт перетворення до 0,06 , та режим роботи обрано загальним.

Перейдемо до налаштувань сепараторів. Для представлення сепараторів у ChemCad існує апарат з назвою Component Separator (SEP). Для налаштування

цього сепаратора є лише два параметри це доля відділеної речовини та температура вихідних потоків.

Задамо значення цих параметрів відповідно до технологічної схеми.

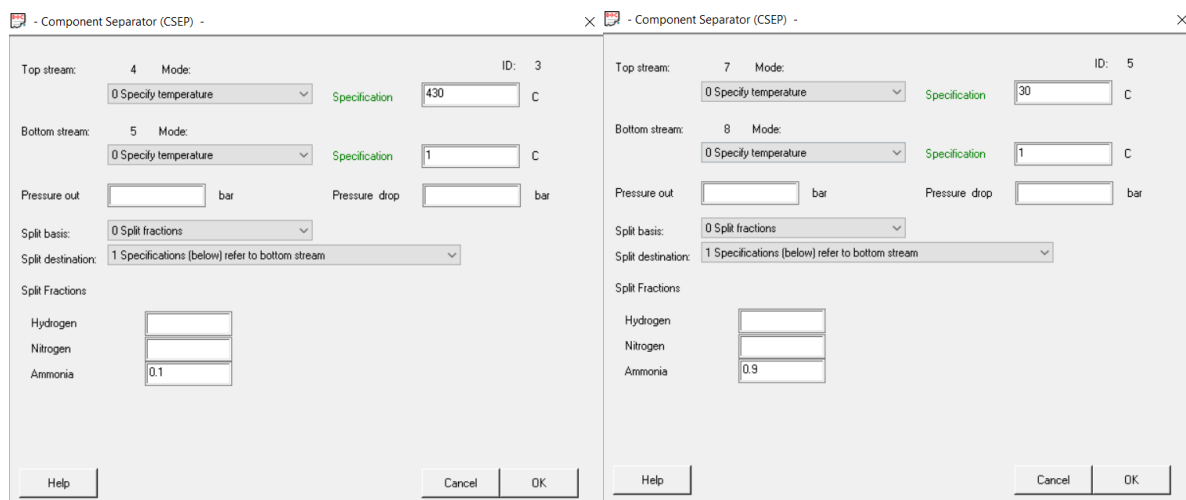


Рисунок 2.5 – Налаштування сепараторів 3 та 5

Останнім кроком буде налаштування вхідного потоку відповідно до завдання на розрахунок матеріального балансу. Для цього розрахуємо масу газів у азотоводневій суміші.

Співвідношення масових частин азоту та водню у суміші впливає із стехіометричних коефіцієнтів реакції синтезу аміаку. Переведемо молярні частки газів у суміші у масові. Згідно до періодичної таблиці елементів молярна маса атому азоту дорівнює $14 \frac{\text{г}}{\text{моль}}$, а водню $1 \frac{\text{г}}{\text{моль}}$. Для молекул азоту та водню молярна маса складає $28 \frac{\text{г}}{\text{моль}}$ та $2 \frac{\text{г}}{\text{моль}}$ відповідно.

Згідно до рівняння реакції стехіометричне співвідношення складає 3 молі водню на 1 моль азоту. Відповідно маємо 6 грамів водню на 28 грамів азоту.

Маємо необхідні дані, щоб провести розрахунок масових часток речовин у суміші.

Масова частка водню:

$$\omega_{H_2} = \frac{6}{6 + 28} = 0,1764$$

					ДП ХА 5102 1490 001 ПЗ	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Масова частка водню:

$$\omega_{H_2} = \frac{28}{6 + 28} = 0,8236$$

Знаючи масові частки компонентів суміші та її кількість можемо розрахувати масу окремих компонентів.

Маса водню:

$$25\,000 \cdot 0,1764 = 4411 \text{ кг}$$

Маса азоту:

$$25\,000 \cdot 0,8236 = 20\,589 \text{ кг}$$

Задамо отримані значення для вхідного потоку.

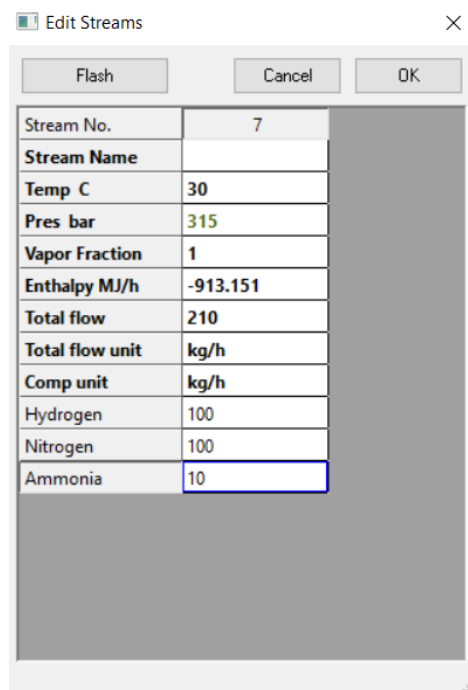
Stream No.	1
Stream Name	
Temp C	1
Pres bar	315
Vapor Fraction	1
Enthalpy MJ/h	-1983.881
Total flow	25000
Total flow unit	kg/h
Comp unit	kg/h
Hydrogen	4411
Nitrogen	20589
Ammonia	0

Рисунок 2.6 – Конфігурація вхідного потоку

Далі перейдемо до конфігурації трубопроводів. Найважливішим параметром при цьому буде номер трубопроводу, оскільки він визначає послідовність розрахунку схеми. Потоки потрібно нумерувати починаючи від входу сировини до схеми. Для зміни номеру потрібно у контекстному меню трубопроводу обрати пункт Edit ID. На рисунку 2.1 нумерація трубопроводів

виконана правильно, оскільки вхідний потік має номер 1, а вихідний номер 9 та всі останні розташовані у порядку зростання від східного до вихідного.

Можемо переходити до власне розрахунку матеріальних балансів. Для цього потрібно задати очікувані значення витрати речовин у потоці 7, оскільки саме його програма визначила як потік рециклу, та запустити симуляцію за допомогою пункту меню Run.



Edit Streams	
Flash Cancel OK	
Stream No.	7
Stream Name	
Temp C	30
Pres bar	315
Vapor Fraction	1
Enthalpy MJ/h	-913.151
Total flow	210
Total flow unit	kg/h
Comp unit	kg/h
Hydrogen	100
Nitrogen	100
Ammonia	10

Рисунок 2.7 – Конфігурація потоку 7

Після проведення симуляції можемо отримати звіти з усією необхідною інформацією за допомогою пункту меню Report.

Отримаємо звіт по матеріальним балансам (Mass and Energy Balances) та звіт по всім потокам (Stream Report → All Streams).

На основі отриманих звітів складемо дві таблиці першу для оцінки витрати речовин у всіх потоках, а іншу тільки для входу та виходу (остаточний баланс).

Таблиця 2.2 – витрати речовин по потокам

№ потоку	1	2	3	4
Витрата H_2 , кг/год	4411,0	37912,3	35654,8	35654,8
Витрата N_2 , кг/год	20589,0	77119,7	66506,8	66506,8
Витрата NH_3 , кг/год	0,0	2600,2	15413,3	13871,9
№ потоку	5	6	7	8
Витрата H_2 , кг/год	0,0	33501,3	33501,3	0,0
Витрата N_2 , кг/год	0,0	56530,7	56530,7	0,0
Витрата NH_3 , кг/год	1541,3	26001,7	2600,2	23401,6
№ потоку	9			
Витрата H_2 , кг/год	0,0			
Витрата N_2 , кг/год	0,0			
Витрата NH_3 , кг/год	24942,9			

Таблиця 2.3 – Матеріальний баланс процесу синтезу аміаку

Прихід		Витрата	
Речовина	Кількість, кг	Речовина	Кількість, кг
H_2	4411,0	H_2	0,0
N_2	20589,0	N_2	0,0
NH_3	0,0	NH_3	24942,9
Всього	25000,0	Всього	24942,9

Можна зробити висновок що розрахунок матеріального балансу процесу синтезу аміаку у реакторі аксіально-радіального типу виконано з достатньою точністю. Нев'язка матеріального балансу (57,1 кг) не виходить за межі точності, встановленої у ChemCad.

3 КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ РЕАКТОРА АКСІАЛЬНО-РАДІАЛЬНОГО ТИПУ

3.1 Технічне завдання

Розробити програмний модуль для конструктивного розрахунку реактора аксіально-радіального типу для виробництва аміаку.

Вихідні дані для розрахунку:

1. Об'ємна витрата газового потоку на вході в реактор, $\frac{\text{нм}^3}{\text{год}}$
2. Об'ємна витрата байпасного потоку, $\frac{\text{нм}^3}{\text{год}}$;
3. Об'єм каталізатора в аксіальній частині, м^3 ;
4. Об'єм каталізатора в радіальній частині, м^3 ;
5. Параметр теплообміну через стінку зовнішньої трубки Фільда;
6. Параметр теплообміну через стінку внутрішньої трубки Фільда;
7. Ступінь активності каталізатора;
8. Тиск у реакторі, атм;
9. Температура потоку на вході до реактора, К;

Результати розрахунку :

1. Температура по об'єму каталізатора у аксіальній частині, К;
2. Ступінь перетворення по об'єму каталізатора у аксіальній частині;
3. Доля аміаку у суміші по об'єму каталізатора у аксіальній частині;
4. Температура по об'єму каталізатора у радіальній частині, К;
5. Ступінь перетворення по об'єму каталізатора у радіальній частині;
6. Доля аміаку у суміші по об'єму каталізатора у радіальній частині;

Вимоги до програмного модуля:

1. Наявність полів для введення даних;
2. Виведення триманих результатів розрахунку на форму;
3. Графічне та текстове виведення інформації;
4. Розроблений у середовищі MS Visual Studio;

					ДП ХА 5102 1490 001 ПЗ	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.2 Математичне забезпечення програмного модуля

Даний об'єкт є складеним з точки зору математичного моделювання, адже складається з трьох основних зон:

- Аксіальна зона реактора;
- Зона змішування основного і байпасного потоків;
- Радіальна зона реактора;

В радіальній зоні відбувається процес синтезу аміаку із азотноводневої суміші, що рухається згори донизу через шар каталізатора. Цей процес є класичним прикладом, що розраховують за допомогою моделі РІВ.

В зоні змішування відбувається об'єднання потоку, що вже пройшов реакцію в аксіальній зоні, та потоку що був поданий напряму на вхід радіальної частини.

В радіальній зоні також відбувається процес синтезу аміаку, проте напрям руху суміші радіальний, тобто від стінок каталізаторної коробки до центру. Цей процес також описують за допомогою моделі РІВ.

В якості методу розв'язання систем рівнянь було обрано числовий метод Рунге-Кутта 4-го порядку. Основною перевагою використання такого методу, з точки зору комп'ютерного розрахунку, є те, що комп'ютеру, фактично, не доводиться мати справу із розрахунком похідної напряму, все обчислення заключається у ітеративному обчисленні значення однієї функції з подальшим домноженням його на певні коефіцієнти, які розраховуються за наступними формулами:

$$\begin{aligned}K_1 &= f(x_i, y_i); \\K_2 &= f\left(x_i + \frac{h}{2}, y_i + \frac{h}{2} \cdot K_1\right); \\K_3 &= f\left(x_i + \frac{h}{2}, y_i + \frac{h}{2} \cdot K_2\right); \\K_4 &= f(x_i + h, y_i + h \cdot K_3);\end{aligned}$$

Де h – величина кроку, $f(x,y)$ – загальний вигляд функції, y – шукана величина, x – аргумент функції

Власне значення шуканої функції розраховується за наступною формулою :

$$y_{i+1} = y_i + \frac{h}{2} \cdot (K_1 + 2 \cdot K_2 + 2 \cdot K_3 + K_4);$$

Математична модель даного апарату побудована з врахування наступних допущень:

1. Процес адіабатичний, тобто відсутній теплообмін з навколишнім середовищем;
2. Питомі теплоємності речовин не змінюються;
3. Нерухомий шар каталізатора підпорядковується квазі-гомогенній моделі, тобто розглядається як однорідний шар з неперервним розподілом температури і концентрації;
4. Впливом падіння тиску суміші при проходженні шару каталізатора можна знехтувати;
5. Процес синтезу аміаку відбувається в стаціонарному режимі;

З врахування допущень запишемо модель для аксіальної частини реактора:

$$\begin{cases} \frac{dx}{dz} = \frac{1}{F_0} \cdot W(x, T) \\ \frac{dT}{dz} = \frac{\Delta T_{ад}}{F_0} \cdot W(x, T) - A_1 \cdot (T - T_1) \\ \frac{dT_1}{dz} = A_1 \cdot (T_1 - T) + A_2 \cdot (T_1 - T_2) \\ \frac{dT_2}{dz} = A_2 \cdot (T_1 - T_2) \end{cases}$$

Граничні умови:

$$\begin{cases} X|_{z=0} = 0; \quad T|_{z=0} = T_1|_{z=0} \\ T_1|_{z=0} = T_{п}; \quad T_1|_{z=1} = T_2|_{z=1}; \quad T_2|_{z=0} = T_0 \end{cases}$$

					ДП ХА 5102 1490 001 ПЗ	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Де: z – координата об'єму реактора; x – ступінь перетворення; F_0 – молярний потік суміші; W – швидкість процесу утворення аміаку; T – температура в шарі каталізатора; $\Delta T_{\text{ад}}$ – величина адіабатичного нагріву; A_1 – параметр теплообміну через стінку зовнішньої трубки Фільда; A_2 – параметр теплообміну через стінку внутрішньої трубки Фільда; T_1 – температура газу у зовнішній трубці; T_2 – температура газу у внутрішній трубці;

Дана модель включає в себе чотири рівняння. Перше рівняння описує зміну ступеня перетворення по висоті шару каталізатора, друге рівняння описує зміну температури в шарі каталізатора залежності від його висоти, третє та четверте рівняння описують зміну температури в зовнішніх та внутрішніх трубках фільда від висоти шару каталізатора.

Додаткові розрахунки, що мають бути виконані для забезпечення моделі всіма необхідними значеннями включають:

- Розрахунок величини молярного потоку суміші F_0 ;
- Розрахунок величини адіабатичного нагріву $\Delta T_{\text{ад}}$;
- Розрахунок величин параметрів теплообміну A_1 та A_2 ;

Для розрахунку величини молярного потоку суміші використовують наступну формулу [2]:

$$F_0 = \frac{V_0}{22,4 \cdot V_{\text{ка}}};$$

Де: V_0 – об'ємна витрата газової суміші, $V_{\text{ка}}$ – об'єм каталізатора у аксіальній частині реактора;

Для розрахунку величини адіабатичного нагріву використовують наступну формулу [2]:

$$\Delta T_{\text{ад}} = 14,5 \cdot x \cdot 100;$$

					ДП ХА 5102 1490 001 ПЗ	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для розрахунку величини швидкості реакції використовують наступну формулу [2]:

$$W(x,T) = \frac{x \cdot V_0 \cdot T}{V_{ка}}$$

Де: x – поточне значення ступеня перетворення; T – поточне значення температури у шарі каталізатора;

Для розрахунку величин параметрів теплообміну у трубках Фільда використовують наступні формули [2]:

$$A_1 = \frac{3600 \cdot T_1}{F_0 \cdot C_p};$$

$$A_2 = \frac{3600 \cdot T_2}{F_0 \cdot C_p};$$

Де: C_p – тепловий ефект реакції, постійна величина;

Результати розрахунку аксіальної частини наведені на рис 3.1

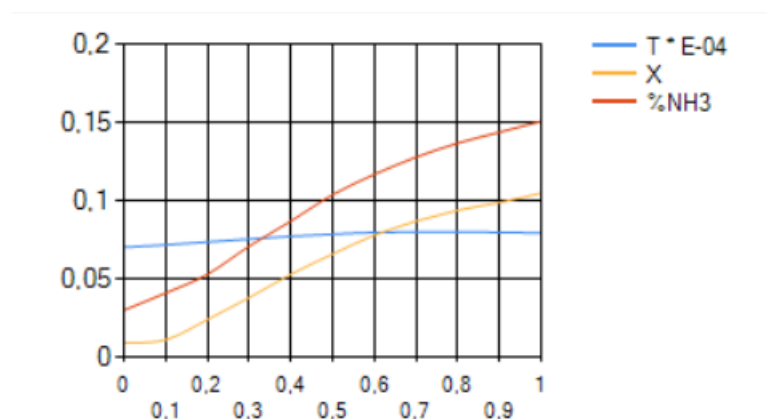


Рисунок 3.1 – Результати розрахунку аксіальної частини реактора

Варто зауважити, що значення температури були масштабовані за допомогою коефіцієнта 10^{-4} задля зручного розташування на графіку.

Оскільки розрахунок зони змішування не включений у цикл, то його виконують за спрощеними формулами, а саме:

Розрахунок ступеня перетворення на вході в радіальну частину:

$$x_p = \frac{V_0}{V_0 \cdot V_2} \cdot x_k + \frac{V_2}{V_0 \cdot V_2} \cdot 0.03;$$

Де: V_0 – витрата суміші на вході до реактора; V_2 – витрата байпасного потоку, x_k – ступінь перетворення на виході з аксіальної частини; 0,03 – вміст аміаку в байпасній суміші;

Розрахунок температури потоку на вході в радіальну частину:

$$T_p = \frac{V_0}{V_0 \cdot V_2} \cdot T_k + \frac{V_2}{V_0 \cdot V_2} \cdot T_0;$$

Де: T_k – температура суміші на виході з аксіальної частини; T_0 – температура байпасного потоку;

Перейдемо до математичного опису радіальної частини. Математична модель радіальної частини реактора аксіально-радіального типу виглядає наступним чином:

$$\begin{cases} \frac{dx}{dz} = \frac{1}{F_p} \cdot W(x, T) \\ \frac{dT}{dz} = \frac{\Delta T_{ад}}{F_p} \cdot W(x, T) \end{cases}$$

Граничні умови:

$$\begin{cases} X|_{z=0} = X_p; \\ T|_{z=0} = T_p; \end{cases}$$

Де: z – координата об'єму реактора; x – ступінь перетворення; F_p – молярний потік суміші; W – швидкість процесу утворення аміаку; T – температура в шарі каталізатора; $\Delta T_{ад}$ – величина адіабатичного нагріву; T_k – температура суміші

					ДП ХА 5102 1490 001 ПЗ	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

на виході з аксіальної частини; X_p - ступінь перетворення на вході в радіальну частину; T_p - температура суміші на вході в радіальну частину;

Аналогічно до розрахунку у аксіальній зоні розраховують величину $\Delta T_{ад}$, проте розрахунок F_p дещо відрізняється.

Формула для розрахунку F_p [2]:

$$F_p = \frac{V_p}{\cos 30^\circ} \cdot \frac{1}{22,4 \cdot V_{кр}} \cdot 0.03;$$

$$V_p = V_0 + V_2;$$

Де: V_p – об’ємна витрата змішаного потоку; $V_{кр}$ – об’єм каталізатора у радіальній частині реактора;

Результати розрахунку радіальної частини приведені на рис 3.2.

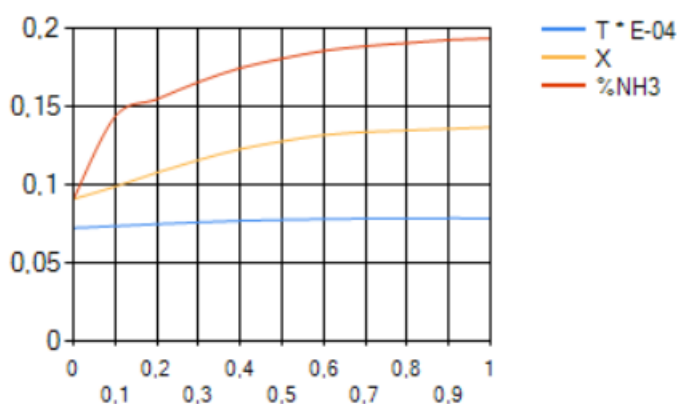


Рисунок 3.2 – Результати розрахунку радіальної частини реактора.

Розрахунки проводились безпосередньо у програмному модулі, написаному у середовищі C#, структура та особливості роботи з модулем наведені у наступному підрозділі.

3.3 Програмний модуль для розрахунку процесу виробництва аміаку у реакторі аксіально-радіального типу.

Програмний модуль призначений для розрахунку параметрів процесу синтезу аміаку, а саме ступені перетворення x , температури в шарі каталізатора T , та концентрації аміаку в суміші C_{NH_3} .

Модуль має послідовну структуру. Така структура впливає з побудови реактора, який розраховується у якому дві активні зони розташовані одна за одною.

Алгоритм програмного модуля наведено на рисунку 3.3

					ДП ХА 5102 1490 001 ПЗ	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

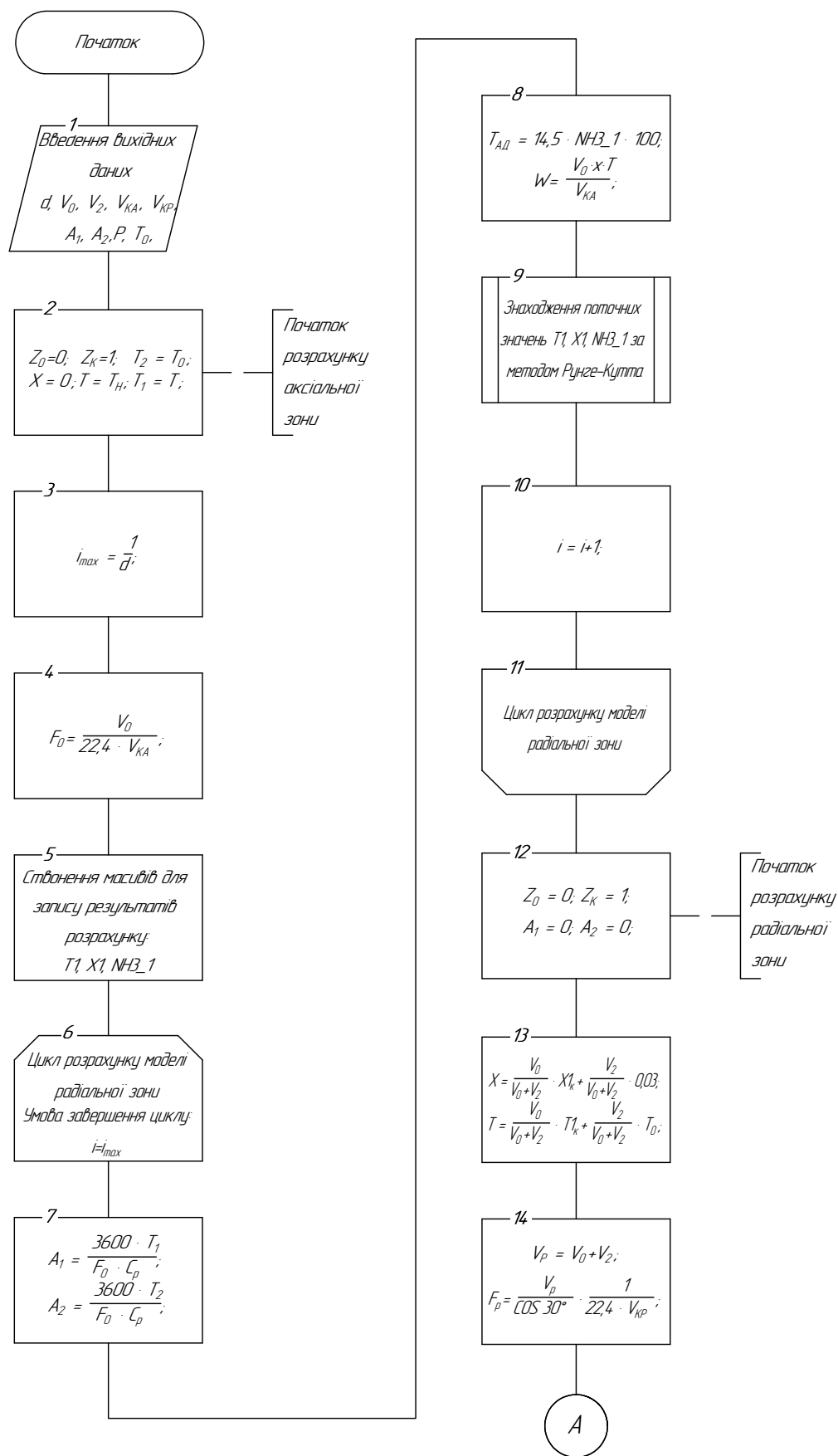


Рисунок 3.3, аркуш 1 - Блок схема алгоритму обчислювального модулю

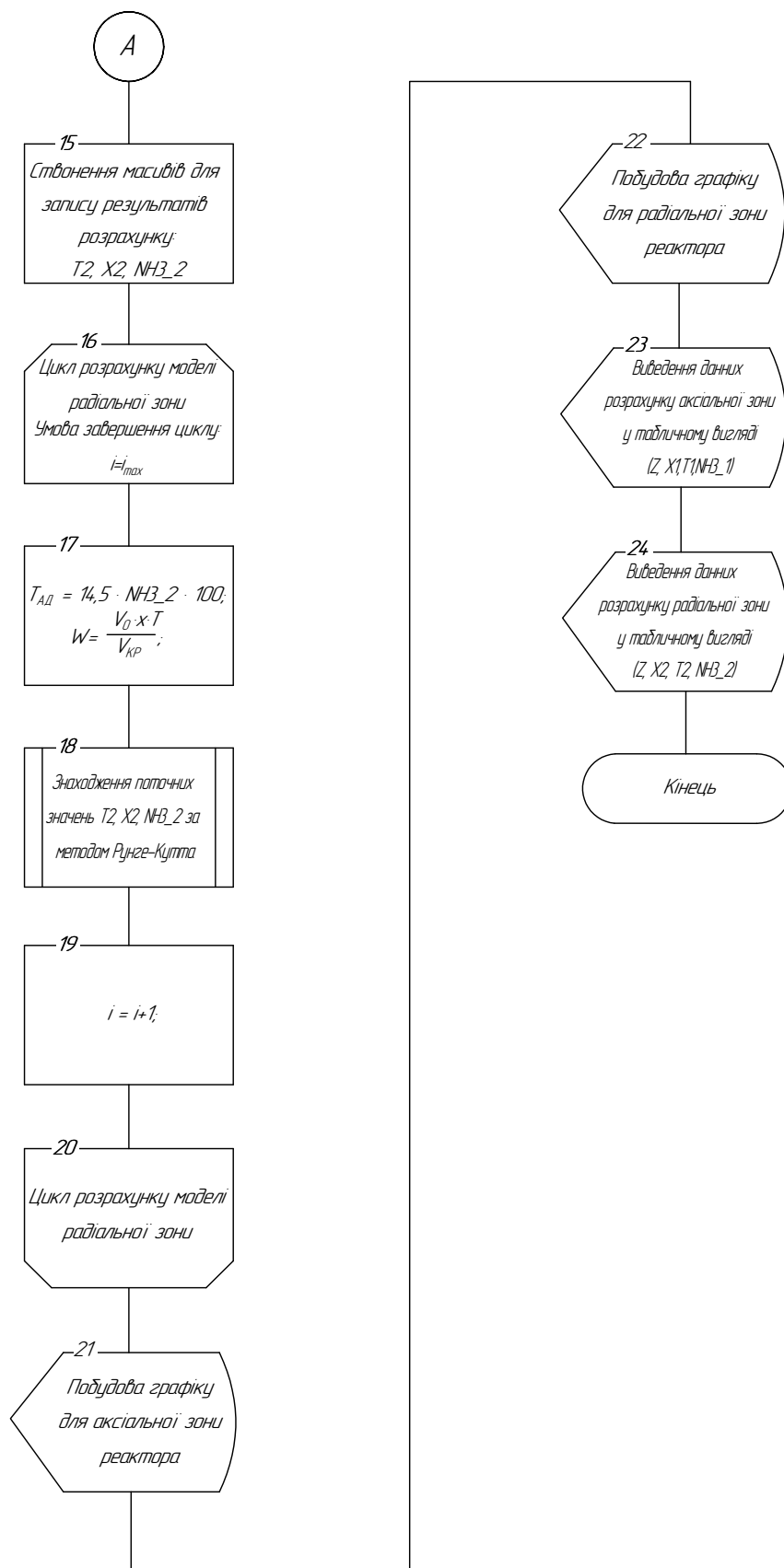


Рисунок 3.3, аркуш 2

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДП ХА 5102 1490 001 ПЗ

Арк.

31

Як видно із блок-схеми наведеної вище алгоритм програмного модуля передбачає послідовне виконання наступних основних кроків :

- Введення вихідних даних (1);
- Задання граничних умов для розрахунку аксіальної зони (2);
- Обрахунок додаткових параметрів i_{max} та F_0 (3-4);
- Створення масивів для запису результатів розрахунку аксіальної зони (5);
- Цикл розрахунку аксіальної зони (6-11);
- Задання граничних умов для розрахунку радіальної зони (12);
- Обрахунок додаткових параметрів V_p , F_p , X , T (13-14);
- Створення масивів для запису результатів розрахунку радіальної зони (15);
- Цикл розрахунку радіальної зони (16-20);
- Виведення результатів розрахунку у графічній та табличній формі (21-24);

Обчислювальний модуль було розроблено у середовищі Visual Studio на мові C#.

Структура обчислювального модуля наступна:

- Файли форм – MyForm1;
- Файл проекту – WindowsFormsApplication6;

Основні елементи модуля зведено у таблицю 3.1

Таблиця 3.1 – основні елементи програмного модуля

Елемент	Назва	Призначення
Форма (Form)	MyForm1.h	Основна форма модуля, містить елементи вводу даних, та елементи відображення результатів
Кнопка (Button)	Button1	Кнопка, по натисканню якої відбувається розрахунок моделі, та будуються графіки

Продовження таблиці 3.1

Кнопка (Button)	Button2	Кнопка, по натисканню якої відбувається очищення всіх полів введення і виведення
Кнопка (Button)	Button3	Кнопка, по натисканню якої відбувається заповнення всіх полів оптимальними значеннями
Таблиця (DataGridView)	DataGridVie w1	Елемент для відображення результатів розрахунку аксіальної частини реактора
Таблиця (DataGridView)	DataGridVie w2	Елемент для відображення результатів розрахунку радіальної частини реактора
Графік (Chart)	Chart1	Елемент для відображення графіку з результатами розрахунку аксіальної частини реактора
Графік (Chart)	Chart2	Елемент для відображення графіку з результатами розрахунку аксіальної частини
Напис (Label)	Label1 – Label10	Елементи відображення назв для полів введення даних
Напис (Label)	Label11 – Label12	Елементи відображення назв для полів виведення даних, тобто для графіків і таблиць
Текстове поле (TextBox)	V0; V2; VKA; VKR; A1; A2; BETA; P; T0; textBox1;	Поля для введення даних користувачем

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДП ХА 5102 1490 001 ПЗ

Арк.

33

В даному модулі передбачено три процедури – це натискання кнопки «виконати розрахунок», яка виконує процес розрахунку математичних моделей двох частин реактора послідовно із застосуванням метода Рунге-Кутта 4-го порядку. Натискання кнопки очистити поля переводить програму до початкового вигляду, тобто очищує всі поля введення і поля виведення інформації. Натискання кнопки «Ввести оптимальні значення заповнює всі поля введення інформації оптимальними значеннями для даної технологічної схеми.

Далі на рис 3.3 наведено типовий вигляд програми після виконання розрахунку.

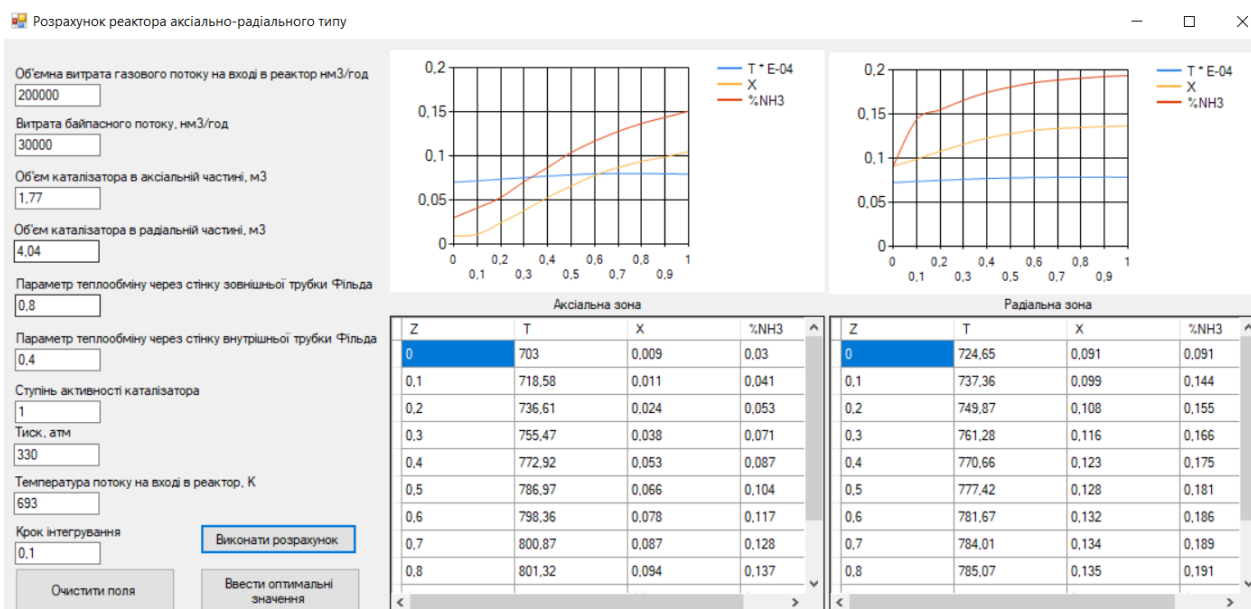


Рисунок 3.4 – Вигляд програмного модулю після виконання розрахунку

Даний програмний модуль забезпечує розрахунок основних параметрів процесу синтезу аміаку із задовільною точністю, якщо потрібно підвищити точність, то можна скористатись можливістю зміни кроку інтегрування. Код програмного модулю наведено у додатку Б.

4 АВТОМАТИЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ ПРОЦЕСУ ВИРОБНИЦТВА АМІАКУ

4.1 Розробка схеми автоматизації

З сучасними темпами розвитку виробництв, та зростанням конкуренції серед підприємств не можна не звернути увагу на автоматизацію, як можливість для поліпшення якості продукції та зменшення його собівартості внаслідок скорочення втрат.

САР –це система, метою якої є підтримання постійних режимів роботи обладнання, тобто збереження таких основних технологічних параметрів як витрата, тиск, температура та рівень у балансі, або зміна цих параметрів за певним законом, якщо цього потребує технологічний процес.

Проте в сучасному світі система автоматичного керування стала не лише опцією, від якої можна відмовитись задля економії. З появою більш складних систем керування, в розпорядженні яких знаходяться сотні, а подекуди й тисячі технологічних параметрів, з'явилися процеси , які просто не можуть бути виконані в ручному режимі, і вони потребують обов'язкової автоматизації.

Процес синтезу аміаку теоретично можна провести без використання засобів автоматизації, як це робили на початку ХХ сторіччя, але таке виробництво буде неконкурентноспроможним на сучасному ринку.

Метою процесу є отримання рідкого аміаку у заданій кількості та заданої якості, для досягнення цього потрібно провести аналіз технологічної схеми.

Під час процесу синтезу аміаку основними параметрами, які впливають на перебіг процесу та на якість продукції можна вважати температуру у активній зоні реактору, температуру у верхній частині реактору (важливо для ініціації синтезу) , та температуру на виходах теплообмінних апаратів (для зрідження аміаку) , також у схемі присутній відцентровий компресор, який розвиває тиск 34,5 МПа, і тому він потребує дуже швидкого управління.

Це основні параметри для яких потрібно створити контури автоматичного управління.

					ДП ХА 5102 1490 001 ПЗ	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Також аналіз схеми показав, що у схемі присутні інші апарати, які не є основними, але тим не менш потребують такого управління або контролю.

Наведемо список всіх другорядних контурів:

- регулювання температури аміаку на виході з парового котла;
- регулювання температури азотоводневої суміші на виході з випарника ;
- контроль витрати азотоводневої суміші на вході до реактора;
- контроль витрати аміаку на виході з конденсатора-сепаратора;
- контроль витрати аміаку на виході з теплообмінника з сепаратором;
- контроль витрати азотоводневої суміші на вході до установки;
- контроль витрати аміаку на виході зі збірника;
- контроль і сигналізація тиску у реакторі;
- контроль температури у теплообміннику з сепаратором;
- сигналізація концентрації аміаку у виробничому приміщенні;

Параметри контролю та керування процесом синтезу аміаку наведені у таблиці 4.1

Таблиця 4.1 – параметри контролю та керування процесом

№ п/п	Найменування стадії процесу, місце заміру параметра	Найменування параметра, що контролюється чи регулюється	Норми технологічного режиму та допустимі відхилення	Вимоги до рівня автоматизації (контроль, регулювання, сигналізація)
1	2	3	4	5
1	Активна зона реактора	Температура	500 ± 25 °C	Контроль, регулювання

Продовження таблиці 4.1

1	2	3	4	5
2	Верхня частина реактора	Температура	440 ± 22 °C	Контроль, регулювання
3	Вихід аміаку з парового котла	Температура	200 ± 10 °C	Контроль, регулювання
4	Вихід аміаку з конденсатора-сепаратора	Температура	30 ± 5 °C	Контроль, регулювання
5	Вихід азотоводневої суміші з випарника	Температура	15 ± 5 °C	Контроль, регулювання
6	Вихід азотоводневої суміші з відцентрового компресора	Тиск	$34,5 \pm 1,5$ МПа	Контроль, регулювання
7	Трубопровід живлення реактора	Витрата	$25\,000 \pm 500$ кг/год	Контроль
8	Вихід аміаку з конденсатора-сепаратора	Витрата	$16\,000 \pm 400$ кг/год	Контроль
9	Вихід аміаку з теплообмінника з сепаратором	Витрата	$9\,000 \pm 300$ кг/год	Контроль

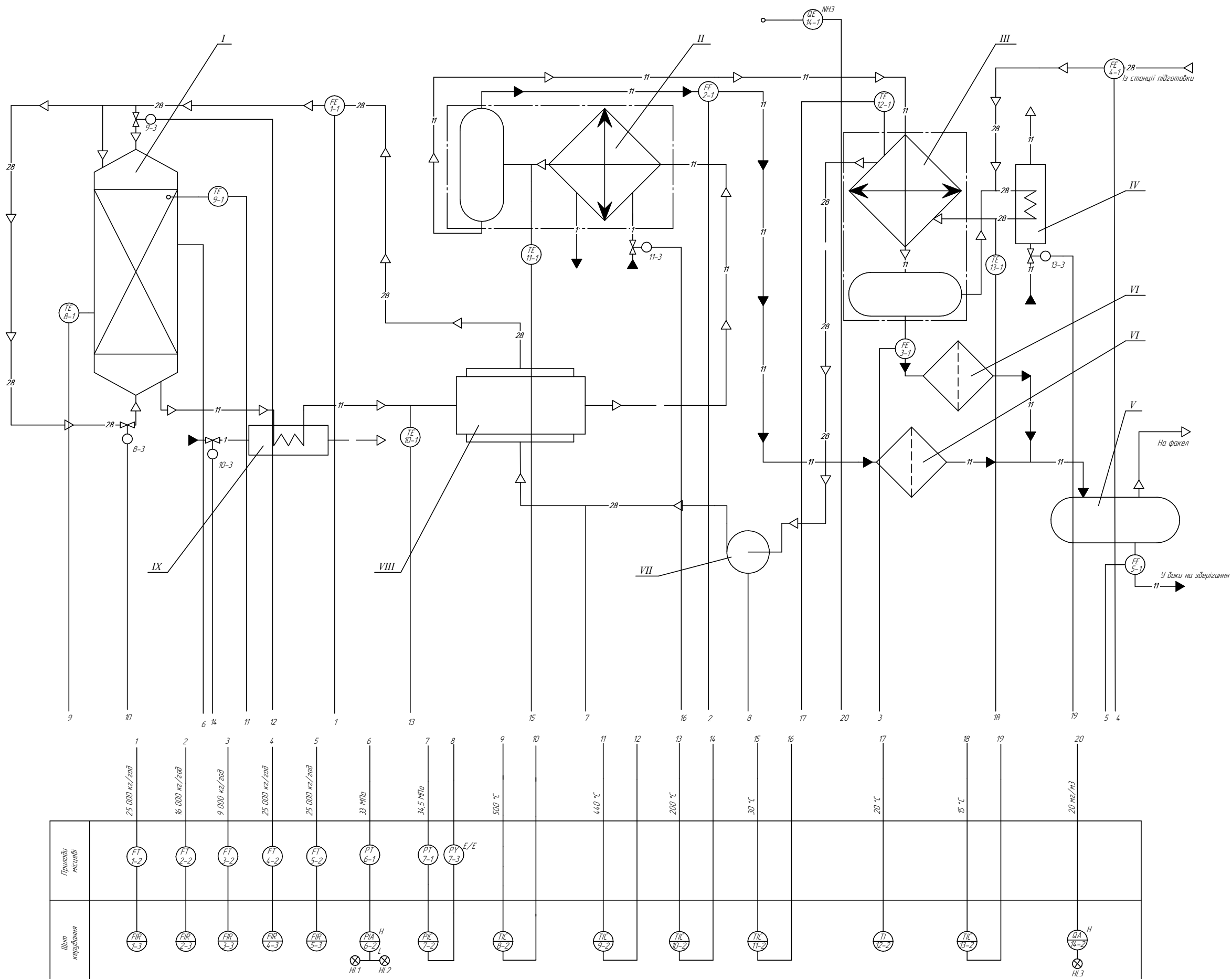
Продовження таблиці 4.1

1	2	3	4	5
10	Трубопровід живлення установки	Витрата	$25\,000 \pm 500$ кг/год	Контроль
11	Вихід зі збірника	Витрата	$25\,000 \pm 500$ кг/год	Контроль
12	Реактор	Тиск	$33 \pm 1,5$ МПа	Контроль, сигналізація
13	Теплообмінник з сепаратором	Температура	20 ± 5 °С	Контроль
14	Верхня частина приміщення	Концентрація	20 мг/м ³	Сигналізація

Згідно з розробленою схемою, та керуючись створеною таблицею підібрані технічні засоби автоматизації, які мають відповідну шкалу вимірювання, необхідний клас точності та достатню швидкодію, якщо цього потребує процес.

4.2 Опис розробленої схеми автоматизації

Схема автоматизації наведена на рисунку 4.1. Схема включає в себе 6 контурів керування, 6 контурів контролю, 1 контур контролю та сигналізації та 1 контур сигналізації небезпечного вмісту аміаку у приміщенні.



Позначення	Найменування
- 1 -	Вода
- 2 -	Пара
- 11 -	Аміак
- 28 -	Азотнабоднаєба суміш

Позначення	Найменування	Кількість
I	Колана синтеза	1
II	Конденсатор-сепаратор	1
III	Теплообмінник з сепаратором	1
IV	Випарник	1
V	Зібрник	1
VI	Магнітний фільтр	2
VII	Відцентровий компресор	1
VIII	Теплообмінник	1
IX	Паровий котел	1

Рисунок 4.1 - Схема автоматизації процесу синтезу аміаку

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДП ХА 5102 1490 001 ПЗ

Контроль та регулювання температури: в якості пристрою вимірювання температури в реакторі (поз. 8-1, 9-1) обрано термоперетворювач з уніфікованим вихідним сигналом 4...20 мА з захисною гільзою 4.819.016. Цей пристрій призначений для вимірювання температури газів та рідин. Захисна гільза дозволяє пристрою працювати за тиску до 50 МПа. Для регулювання використовується ПІД-регулятор (поз. 8-2, 9-2, 10-2, 11-2, 13-2) з вихідним сигналом 4...20 мА. Виконавчий механізм (поз. 8-3, 9-3) має стандартний вхід 4...20 мА.

В якості пристрою вимірювання температури в трубопроводі після конденсатора-сепаратора, після випарника, та в теплообміннику з сепаратором використано мідний термоперетворювач опору (поз.11-1, 12-1, 13-1). Перетворювач передає сигнал на ПІД – регулятор (поз. 8-2, 9-2, 10-2, 11-2, 13-2), який в свою чергу керує виконавчим механізмом зі стандартним входом 4...20 мА (поз. 10-3, 11-3,12-3).

Контроль витрати: Для контролю витрати азотноводневої суміші та аміаку в якості звужуючих пристроїв використані діафрагми з умовним діаметром 125 мм (поз.1-1, 4-1, 5-1). Перепад тиску, створений діафрагмою вимірюється безшкальним дифманометром (поз.1-2, 4-2, 5-2), сигнал з якого передається на вторинний показувальний і реєструвальний прилад(поз.1-3 , 4-3, 5-3).

Для контролю витрати зрідженого аміаку у трубопроводах після теплообмінних апаратів в якості звужуючих пристроїв використовують діафрагми з умовним діаметром 100 мм (поз. 2-1) та 80 мм (поз. 3-1). Перепад тиску, створений діафрагмою вимірюється безшкальним дифманометром (поз. 2-2, 3-2), сигнал з якого передається на вторинний показувальний і реєструвальний прилад(поз. 2-3, 3-3).

Контроль і регулювання тиску: для виміру тиску у реакторі та в трубопроводі після відцентрового компресора у якості перетворювача використано тензорезистивний прилад зі стандартним вихідним сигналом

					ДП ХА 5102 1490 001 ПЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4...20 мА (поз. 6-1, 7-1). В якості вторинного приладу для контуру контролю тиску у реакторі використано показувально-реєструвальний прилад зі стандартним входом 4...20 мА (поз. 6-2). В якості регулятора тиску у трубопроводі після відцентрового компресора використовується ПІД-регулятор (поз. 7-2), який отримує стандартний сигнал та виробляє регулюючий вплив, що далі переходить до частотного перетворювача (поз. 7-3).

Контроль концентрації: в якості первинного перетворювача використано газоаналізатор повітря робочої зони зі стандартним виходом 4...20 мА (поз. 14-1). Оскільки цей газоаналізатор має максимально допустиму за паспортом довжину кабелю між датчиком та блоком індикації у 1200 м, то необхідність у вторинному перетворювачі відпадає.

Стандартний сигнал з первинного перетворювача направляється на сигналізуючий прилад (поз. 14-2) із лампою (поз. НЛ3).

Розроблена схема дозволяє успішно керувати процесом синтезу аміаку у реакторі аксіально-радіального типу з дотриманням всіх технологічних вимог до продукту.

Також було розроблено щит автоматизації, загальний вигляд якого представлено на рисунку 4.2. Креслення щита було виконано з РМЗ–82-90 На щит винесені всі щитові прилади, регулятори, а також сигнальні лампи.

Щит дозволяє оператору слідкувати за роботою контурів керування, а також контролювати значення тих параметрів, які не потребують регулювання.

					ДП ХА 5102 1490 001 ПЗ	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

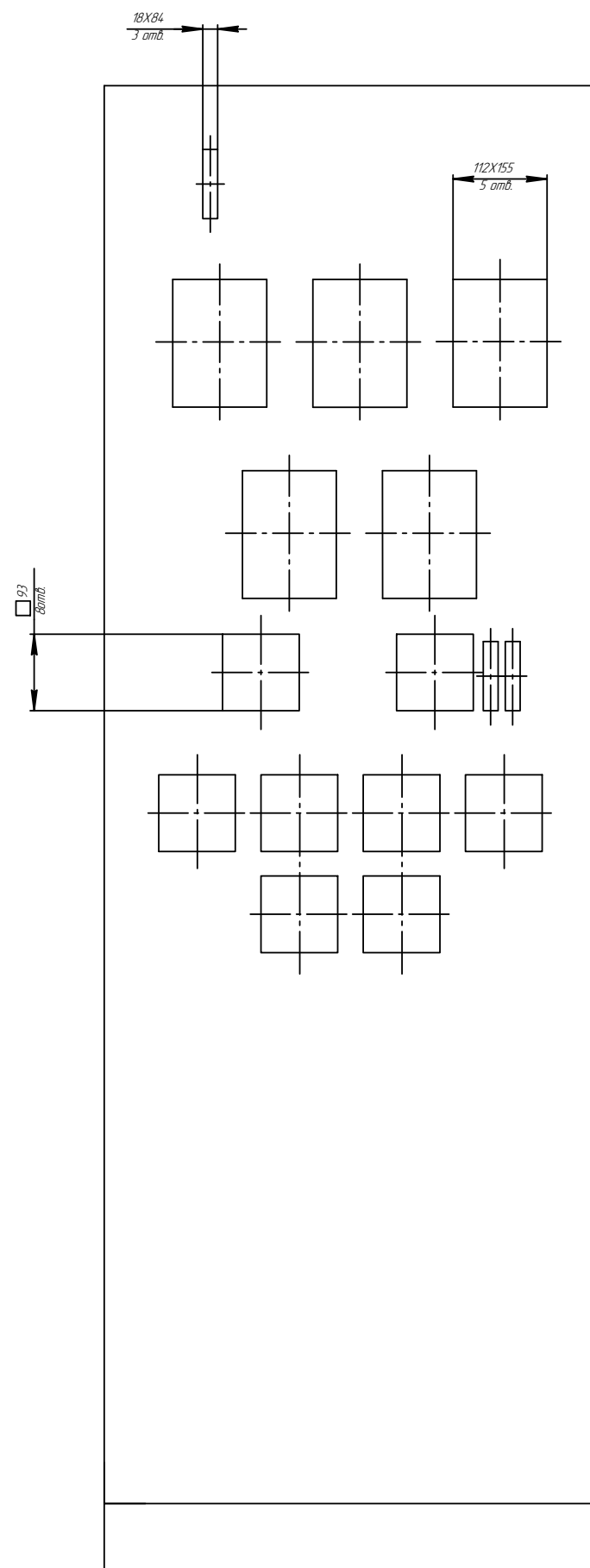
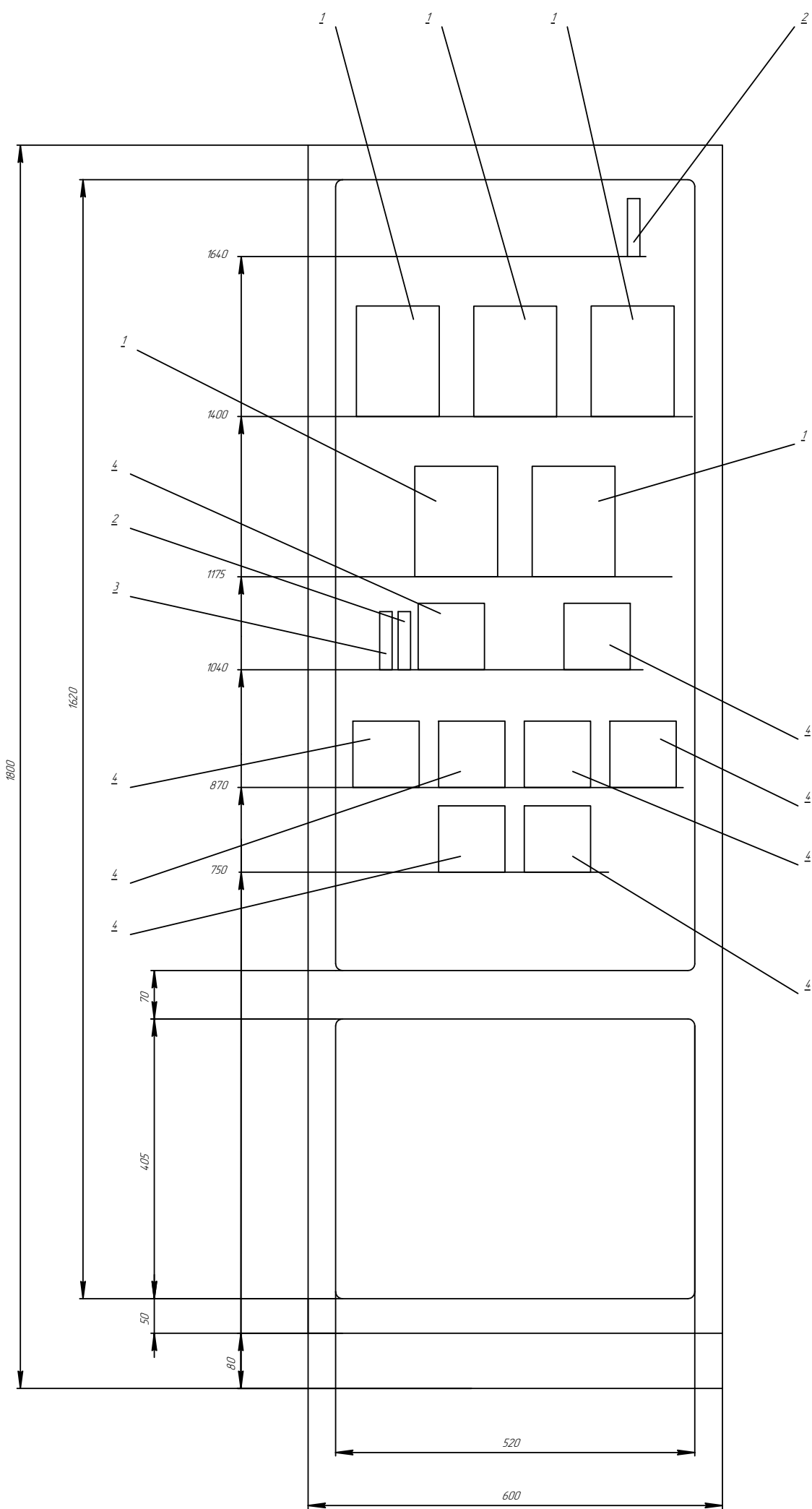


Рисунок 4.2 - Загальний вид щита автоматизації

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДП ХА 5102 1490 001 ПЗ

Арк.

42

На щиті керування, у верхній його частині, під позицією 1 знаходяться пневматичні показуючі прилади марки ФК0072. Ці прилади використовуються для відображення значень витрат у різних технологічних трубопроводах системи. Використано саме пневматичні прилади, оскільки вони спрощують організацію схеми, адже не потребують додаткового перетворення сигналу у електричний.

Для контурів керування витратами у схемі було підібрано прилад марки ТРМ212, який забезпечує регулювання за ПД – законом, та відображення поточного значення регульованої величини на цифровому дисплеї. Даний прилад має стандартний вхід та вихід у 4...20 мА, що спрощує його включення у систему, та забезпечує адекватне регулювання технологічних параметрів процесу.

Для контуру контролю тиску у реакторі окрім показуючого приладу передбачені також сигнальні лапи верхнього та нижнього допустимих тисків. Включення цього контуру у систему здійснено через те, що нормальний робочий тиск у реакторі складає 330 атм, що є потенційно небезпечним значенням, особливо при різкому зростанні або скиданні його.

Також згідно до вимог безпеки на підприємстві передбачено контур сигналізації небезпечного рівня вмісту аміаку у повітрі. Цей контур складається з газоаналізатора ОКА-Т-NH₃, та сигнальної лампи червоного кольору. Чутливий елемент газоаналізатора встановлено під стелею приміщення, оскільки аміак легший за повітря, і у разі витoku накопичується у верхній частині приміщення.

					ДП ХА 5102 1490 001 ПЗ	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5– ОРГАНІЗАЦІЙНІ РОЗРАХУНКИ

Оскільки метою проекту є зокрема автоматизація процесу виробництва аміаку, то задля визначення економічного ефекту від автоматизації потрібно спочатку провести розрахунок техніко-економічних показників виробництва без встановленої системи автоматичного управління.

5.1 Класифікація виробничих процесів підприємства на основні, допоміжні, бічні, підсобні;

Виробничі процеси залежно від відношення до кінцевої продукції поділяються на: основні, допоміжні, побічні, підсобні.

Таблиця 5.1 - Основними процесами виробництва аміаку

Назва процесу	Час на виконання, хв
1. Підготовка газової суміші.	10
2. Подача газової суміші до установки.	15
3. Реакція синтезу аміаку у основному реакторі.	120
4. Відділення аміаку від непрореагованого газу.	15
5. Реакція синтезу аміаку у теплообміннику.	15
6. Виділення аміаку з теплообмінника.	15
7. Відвід аміаку до резервуара-накопичувача.	15
8. Перекачування до цистерн.	15
9. Транспортування і зберігання.	20

Допоміжні процеси – енергозбереження, обслуговування, ремонт технологічного обладнання, підготовчі стадії до виробництва.

Бічні процеси – це процеси по переробленню відходів виробництва, сюди також включають утилізацію тепла.

Підсобні процеси забезпечують існування основних і допоміжних процесів (прибирання, транспортування, складські операції всіх видів тощо);

5.2 Визначення оптимального виду руху предметів праці

Вид руху предметів праці – порядок проходження предмету праці через всі стадії виробничого процесу. Існують такі основні види руху предметів праці, як:

- послідовний;
- паралельний;
- синхронізований;

Послідовний рух предметів праці, це такий рух, під час якого обробка продукції проводиться послідовно на кожній стадії з наступною передачею на чергову стадію цієї партії предметів, що обслуговується.

Для послідовного ВРПП тривалість виробничого циклу рівна:

$$T_{\text{вц}}^{\text{посл}} = n \sum_{i=1}^m t_i$$

де n – кількість виробів за робочий день,

m – кількість операцій

t_i - тривалість операцій

$$n(10 + 15 + 120 + 15 + 15 + 15 + 15 + 15 + 20) \leq (24 \cdot 60)$$

$$n = T_{\text{вц}}^{\text{посл}} / \sum_{i=1}^m t_i = 1440 / 240 = 6$$

Звідси, фактична тривалість виробничого циклу при послідовному ВРПП буде рівна:

$$T_{\text{вц}}^{\text{посл}} = 6(10 + 15 + 120 + 15 + 15 + 15 + 15 + 15 + 20) = 1440 \text{ хв}$$

					ДП ХА 5102 1490 001 ПЗ	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Отже, при послідовному ВРПП підприємство за 1440 хвилин зможе виготовити 6 партії продукції, використовуючи 1 лінію обладнання при 2 операторах на лінію. Робочий час використовується нераціонально.

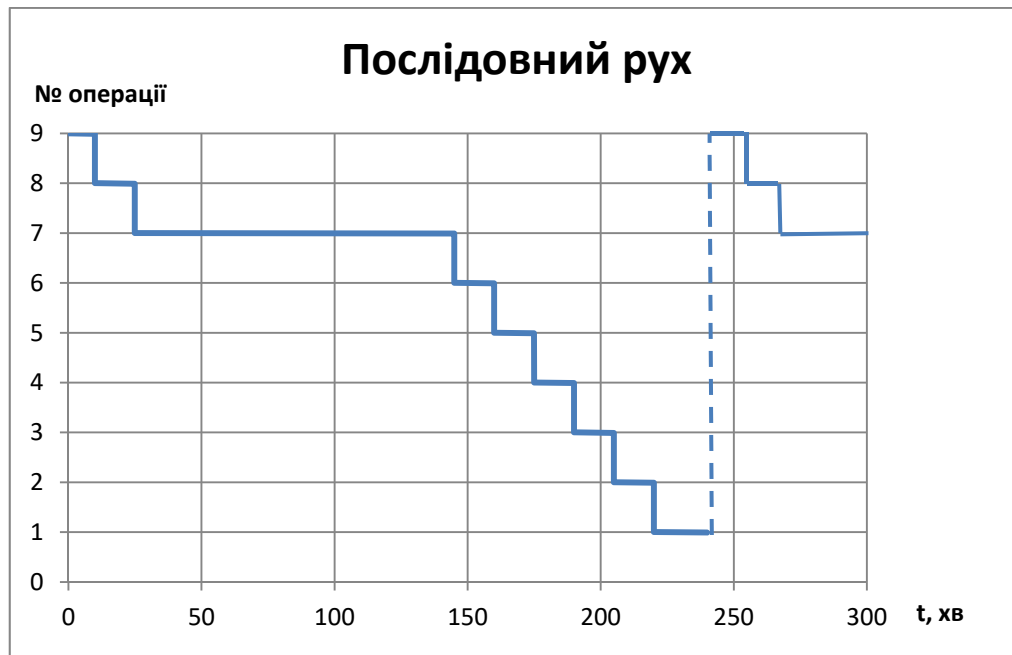


Рисунок 5.1 – Послідовний рух предметів праці

Паралельний рух предметів праці використовується безпосередньо в безперервних процесах при масовому виробництві продукції. Продукція передається з попередньої на наступну операцію, не очікуючи закінчення обробки всієї партії. Для паралельного ВРПП тривалість виробничого циклу рівна:

$$T_{\text{вц}}^{\text{пар}} = \sum_{i=1}^m t_i + (n - 1)t_{\text{max}}$$

де t_{max} – тривалість найдовшої операції

$$(10 + 15 + 120 + 15 + 15 + 15 + 15 + 15 + 20) + (n - 1) \cdot 120 \leq (24 \cdot 60)$$

$$n = \left(T_{\text{вц}}^{\text{пар}} - \sum_{i=1}^m t_i \right) / t_{\text{max}} + 1 = \frac{[1440 - 240]}{120} + 1 = 11$$

Звідси, фактична тривалість виробничого циклу при паралельному ВРПП буде рівна:

$$T_{\text{вц}}^{\text{пар}} = (10 + 15 + 120 + 15 + 15 + 15 + 15 + 15 + 20) + (11 - 1)120 = 1440 \text{ хв}$$

Отже, при паралельному ВРПП підприємство за 1440 хвилин зможе виготовити 11 партій, використовуючи 2 лінії обладнання та 4 оператора лінії.

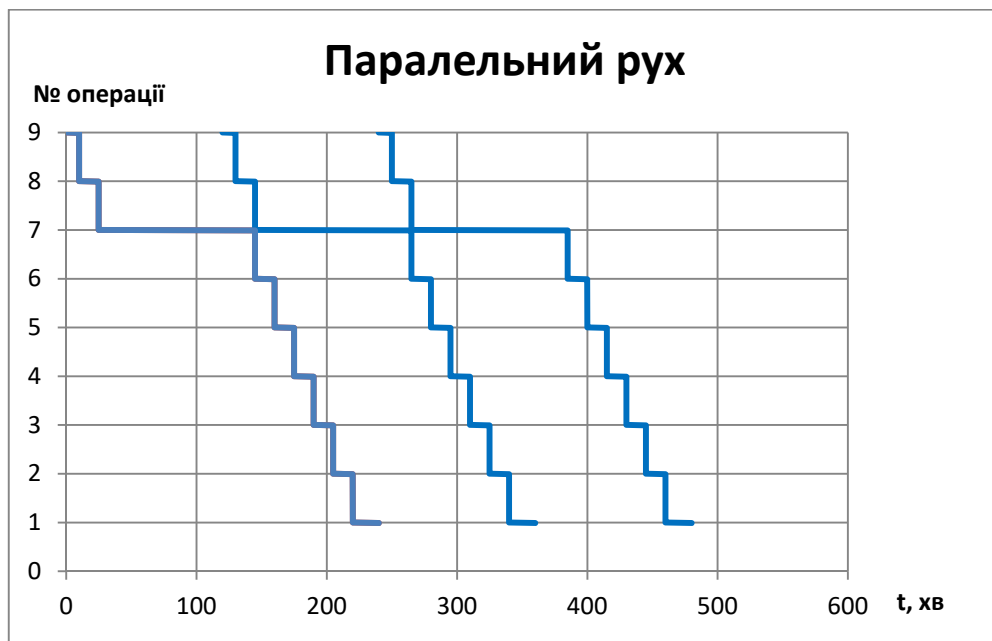


Рисунок 5.2 – Паралельний рух предметів праці

Синхронізований рух. В цьому випадку вироби передаються з однієї стадії на іншу за певним законом.

Для синхронізованого ВРПП тривалість виробничого циклу рівна:

$$T_{\text{вц}}^{\text{синх}} = \sum_{i=1}^m t_i + (n - 1)R$$

де R – ритм (в нашому випадку він рівний тривалості найменшої операції і дорівнює 10хв)

$$(10 + 15 + 120 + 15 + 15 + 15 + 15 + 15 + 20) + (n - 1) \cdot 10 \leq (24 \cdot 60)$$

$$n = \left(T_{\text{вц}}^{\text{синхр}} - \sum_{i=1}^m t_i \right) / R + 1 = \frac{[1440 - 240]}{10} + 1 = 121$$

Звідси, фактична тривалість виробничого циклу при синхронізованому ВРПП буде рівна:

$$T_{\text{вц}}^{\text{сх}} = (110 + 15 + 120 + 15 + 15 + 15 + 15 + 15 + 20) + (121 - 1)10 = 1440 \text{ хв}$$

Отже, при синхронізованому ВРПП підприємство за 1440 хвилин зможе виготовити 121 партію продукції, використовуючи 24 ліній обладнання, при чисельності персоналу 48 робітників.

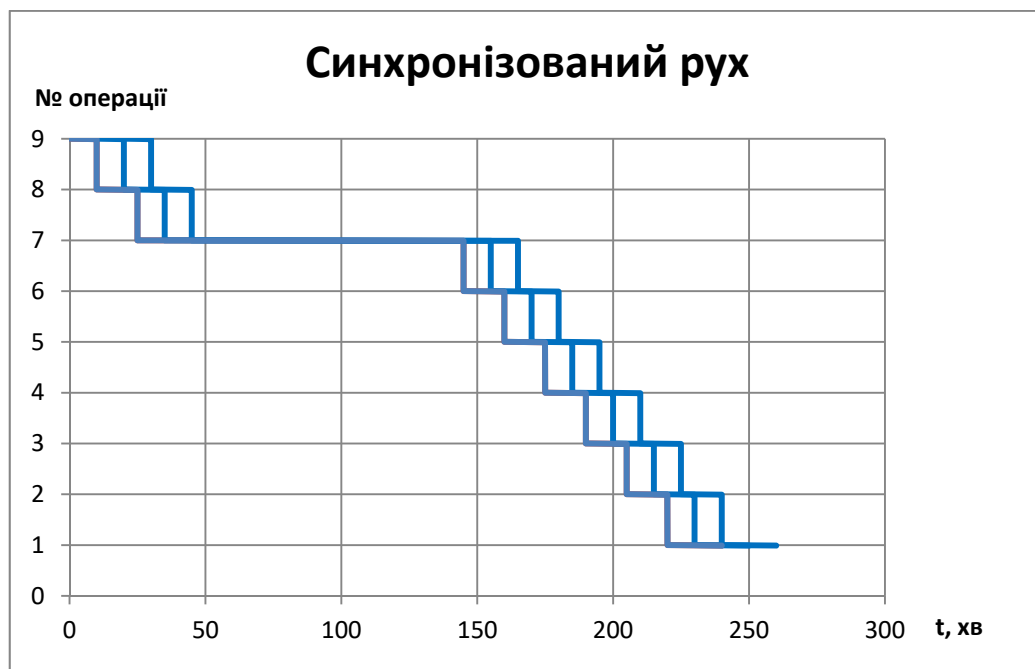


Рисунок 5.3 – Синхронізований рух предметів праці

Висновки: Для виробництва аміаку буде обрано послідовний рух предметів праці, оскільки він здатний забезпечити оптимальне співвідношення між кількістю продукції та чисельністю персоналу і обладнання для такого підприємства.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДП ХА 5102 1490 001 ПЗ

Арк.

48

5.3 Визначення середньорічної тривалості виробничого циклу, річного випуску продукції при обраному ВРПП

Керуючись обраною схемою руху предметів праці, визначимо:

1) тривалість виробничого процесу:

$$T_{\text{вц}}^{\text{факт}} = B \cdot \sum_{i=1}^m t_i = 6 \cdot 240 = 1440 \text{ хв} = 24 \text{ год}$$

2) середньорічну тривалість виробничого циклу для даного процесу за формулою:

$$T_{\text{вц}}^{\text{ср}} = \frac{T_p}{T_p^{\text{підпр}}} \cdot T_{\text{вц}}^{\text{факт}} = \frac{365 \cdot 24}{354 \cdot 24} \cdot 24 = 24,74 \text{ год} \approx 1484,7 \text{ хв}$$

оскільки в році 354 робочих днів, підприємство працює 7 днів на тиждень по 24 години в день, та в році 11 святкових днів:

$$T_p^{\text{підпр}} = 365 - 11 = 354$$

3) випуск продукції за рік (за умови, що кожна партія складається з 100000 кг. аміаку):

$$B_p = \frac{T_p^{\text{підпр}}}{T_{\text{вц}}^{\text{факт}}} \cdot m = \frac{354 \cdot 24}{24} \cdot 6 \cdot 100000 = 212\,400\,000 \text{ кг.}$$

5.4 Розрахунок кількості одиниць обладнання (основні фонди), кількості працюючих (явочну та за списком), графік роботи підприємства (графік змінності)

Таблиця 5.2 – Основні фонди підприємства

Основні фонди	Кількість, шт.	Вартість, грн.	Ліквідаційна вартість, грн	$T_{\text{експ}}$, років	A , грн./рік
Будівля	1	3 000 000	500 000	50	50 000
Компресор високого тиску	2	60 000	10 000	10	12 000
Реактор аксіально-радіального типу	1	500 000	50 000	10	50 000
Насадка реактора	1	90 000	10 000	5	18 000

					ДП ХА 5102 1490 001 ПЗ	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Магнітний фільтр	2	46 000	9 000	5	18 400
Секція водяного охолодження	2	50 000	8 000	10	10 000
Водяний конденсатор-сепаратор	2	38 000	10 000	10	7 600
Ребойлер	1	44 000	7 600	5	8 800
Резервуар-накопичувач	1	28 000	3 000	7	4 000
Загальна сума		4 050 000			178 800

5.5 Чисельність персоналу: явочна і за списком.

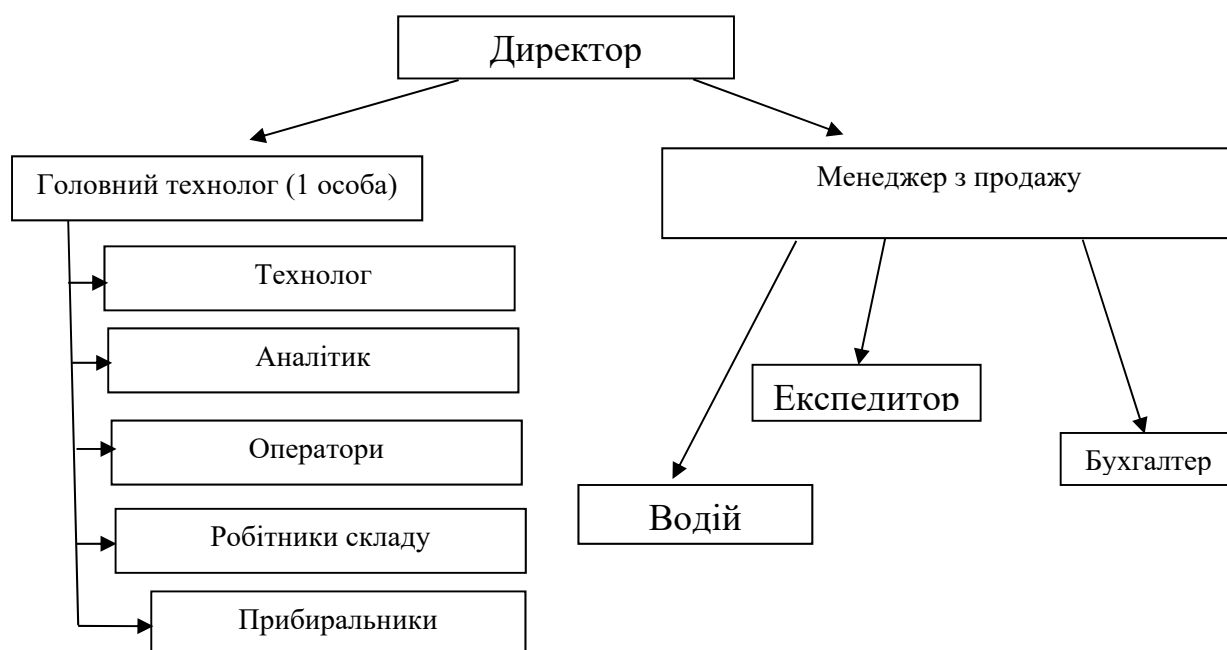


Рисунок 5.4 – організаційна структура денного персоналу

Явочна чисельність – максимально допустима чисельність працівників, необхідна для виконання відповідного об'єму робіт та для повної комплектації робочих місць у кожному структурному підрозділі підприємства, протягом робочої зміни.

Явочна чисельність денного персоналу становить 8 осіб:

- директор;

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

- головний технолог;
- бухгалтер;
- 2 прибиральники;
- менеджер з продаж;
- водій;
- експедитор.

Директор,, бухгалтер, менеджер з продажу, водій, експедитор приходить кожного дня з 8:00 до 17:00 з понеділка по п'ятницю (включно).

Прибиральники виходять кожного дня у раніше встановлений директором час, для прибирання приміщень цеху.

Явочна чисельність для змінного персоналу, що працює у першу, другу та третю зміни становить по 6 осіб у 4 бригадах, (всього 24 особи) :

- технолог;
- аналітик (відповідає за контроль якості);
- 2 оператори;
- 2 робітники складу.

Чисельність за списком – потреба підприємства в кадрах. Крім явочної чисельності включає додатково необхідну для заміщення тих, хто у відпустці, хворіють або відсутні з інших поважних причин;

$$Ч_{\text{сп}} = Ч_{\text{яв}} \cdot K_{\text{пер}}$$

$$K_{\text{пер}} = \frac{T_{\text{річ}}}{T_{\text{прац}}}$$

$T_{\text{річ}}$ – річний час роботи підприємства в годинах;

$T_{\text{прац}}$ – річний час роботи працівника з урахуванням вихідних, святкових, відпусток.

Оскільки, персонал на підприємстві працює в 3 зміни є необхідність у використанні 4 бригад.

$$T_{\text{прац}} = \frac{365 - 11}{7} \cdot 40 - (8 - 1) \cdot 1 = 2015 \text{ год}$$

					ДП ХА 5102 1490 001 ПЗ	Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$T_{\text{рік}} = 354 \cdot 24 = 8496 \text{ год}$$

$$K_{\text{пер}} = \frac{T_{\text{річ}}}{T_{\text{прац}}} = \frac{8496}{2015} = 4,21$$

$$\chi_{\text{сп}}^{\text{зм}} = \chi_{\text{яв}} \cdot K_{\text{пер}} = 6 \cdot 4,21 = 24 \text{ осіб}$$

Фактичний час роботи працівника складе:

$$T_{\text{прац}}^{\text{факт}} = \frac{8496}{4} = 2124 \text{ год}$$

Отже кінцеву чисельність за списком визначимо як суму чисельності за списком змінного персоналу та денного персоналу.

$$\chi_{\text{сп}} = \chi_{\text{сп}}^{\text{зм}} + \chi_{\text{сп}}^{\text{ден}} = 24 + 8 = 32 \text{ осіб}$$

Графік роботи підприємства. Підприємство працює 7 днів на тиждень з 00.00 до 24.00 у 3 зміни по 8 годин без вихідний.

Графік змінності:

1 зміна (00:01-8:00) : Головний технолог, 2 оператори, аналітик, 2 робітники складу;

2 зміна (8:01-16:00) : Головний технолог, 2 оператори, аналітик, 2 робітники складу;

3 зміна (16:01-24:00): Головний технолог, 2 оператори, аналітик, 2 робітники складу;

					ДП ХА 5102 1490 001 ПЗ	Арк.
						52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 5.3 – Графік змінності

Бригада \ День	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	1	1	1	1	В	2	2	2	2	В	3	3	3	3	В
2	В	2	2	2	2	В	3	3	3	3	В	В	1	1	1
3	2	В	3	3	3	3	В	В	1	1	1	1	В	2	2
4	3	3	В	В	1	1	1	1	В	2	2	2	2	В	3

Бригада \ День	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
1	В	1	1	1	1	В	2	2	2	2	В	3	3	3	3
2	1	В	2	2	2	2	В	3	3	3	3	В	В	1	1
3	2	2	В	3	3	3	3	В	В	1	1	1	1	В	2
4	3	3	3	В	В	1	1	1	1	В	2	2	2	2	В

5.6 Визначення порядку технічного контролю на виробництві: об'єкти, суб'єкти, види і методи контролю, виконавці

Технічний контроль проводиться головним технологом, а за його відсутності – технологом. Контроль сировини та готової продукції проводиться аналітиком.

Об'єкт контролю – технологічний процес, сировина, готова продукція.

Суб'єкти - головний технолог, технолог, аналітик.

Готова продукція повинна відповідати і контролюватися відповідно ГОСТ 6221-90. Контроль виконується аналітиками з відділу контролю та якості.

Підприємство має сертифікат ISO 9001.

5.7 Розрахунок оборотних засобів підприємства

Таблиця 5.4 - Заробітна плата

Посада	Кількість	ЗП за місяць	ЗП за рік
Директор	1	25 000	300 000
Головний технолог	1	14 000	168 000
Менеджер з продажу	1	7 000	84 000
Технолог	4	56 000	672 000
Аналітик	4	32 000	384 000
Оператор лінії	8	72 000	864 000
Робітник складу	8	64 000	768 000
Водій	1	6 000	72 000
Експедитор	1	6 000	72 000
Бухгалтер	1	7 500	90 000
Прибиральник	2	12 000	144 000
Усього	32	301 500	3 618 000

Розрахуємо ФОП

$$\text{ФОП} = \text{ЗП} \cdot K_{\text{нарах}} = 3\,618\,000 \cdot 1,22 = 4\,414\,000 \text{ грн}$$

Таблиця 5.5 - Оборотні засоби підприємства

Найменування	Вартість, грн	Потреба за рік	Річна вартість, грн
Водень, газ	16 000 за т.	39356 т.	629 696 000
Азот, газ	900 за т.	183664 т	165 297 600
Вода (для охолодження труб)	9 за т.	6000 т	54 000
Електроенергія	2,01	53300	107 250
Витратні матеріали	50 000 за т.	1 т	50 000
ФОП	-	-	4 414 000
Транспортування	400 за день	239	95 600
Усього $\Sigma =$			799 714 450

Вартість ремонтних робіт складає 500 000 грн/рік.

					ДП ХА 5102 1490 001 ПЗ	Арк.
						54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 5.6- Калькуляція на випуск продукції

№	Елемент	Сума, грн
1	Основні фонди підприємства (амортизаційні нарахування)	178 800
2	Сировина і матеріали	795 193 200
3	Електроенергія	107 250
4	ФОП	4414000
5	Ремонтні роботи	500 000
Всього:		1.1 800 393 250

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДП ХА 5102 1490 001 ПЗ

Арк.

55

5.8 Розрахунок техніко-економічних показників

Підприємство виготовляє 212 400 000 кг аміаку на рік.

$$B = 212\,400\,000 \text{ кг.}$$

Нехай запланована ринкова ціна за метр готової продукції $C = 4,3$ грн/кг.

Тоді сума за реалізовану продукцію за рік:

$$B_{\text{вир}} = B \cdot C = 212\,400\,000 \cdot 4,3 = 913\,320\,000 \text{ грн.}$$

Прибуток становить:

$$P = B_{\text{вир}} - C = 913\,320\,000 - 800\,393\,250 = 112\,926\,750 \text{ грн.}$$

Прибуток на одиницю продукції:

$$P_{\text{од}} = \frac{P}{B} = \frac{112\,926\,750}{212\,400\,000} = 0,53 \text{ грн/кг}$$

Рентабельність:

$$R = \frac{P}{C} \cdot 100 = \frac{112\,926\,750}{800\,393\,250} \cdot 100 = 14,1 \%$$

Капіталовкладення:

$$K = O\Phi + O\phi\Phi = 4\,050\,000 + 800\,393\,250 = 804\,443\,250 \text{ грн.}$$

Термін повернення капіталовкладень:

$$T_{\text{пов}} = \frac{K}{P} = \frac{804\,443\,250}{112\,926\,750} = 7,12 \text{ років}$$

Економічна ефективність:

$$E = \frac{P}{K} = \frac{112\,926\,750}{804\,443\,250} = 0,14$$

Фондовіддача:

$$\Phi B = \frac{B_{\text{вир}}}{O\Phi} = \frac{913\,320\,000}{4\,050\,000} = 225,5$$

Фондоємність:

$$\Phi\epsilon = \frac{1}{\Phi B} = \frac{1}{225,5} = 0,0044$$

5.9 Розрахунок економічної ефективності проведення автоматизації

Проведемо матеріальну та організаційно-економічну підготовку підприємства ще раз, але з урахуванням встановлення системи автоматичного управління, розробленої в цьому дипломному проєкті.

До основних засобів буде додано декілька пунктів, а саме : польове обладнання автоматизації, шафа з контролерами та щит управління оператора, а також витрати на розробку системи (нематеріальні активи).

Таблиця 5.7 – Додаткові основні фонди (засоби автоматизації)

Основні фонди	Кількість, шт.	Вартість, грн.	Ліквідаційна вартість, грн	T _{експ} , років	A, грн./рік
Щит управління	1	200 000	50 000	10	20 000
Шафа контролерів	1	300 000	30 000	10	30 000
Польове обладнання	1	500 000	50 000	10	50 000
Нематеріальні активи	1	150 000	15 000	12	12 500
Загальна сума		1 150 000			112 500

Отже, додавши значення цих витрат до розрахованих раніше значень основних фондів та амортизації отримаємо:

Вартість основних фондів з урахуванням автоматизації:

$$\text{ОФ} = 4\,050\,000 + 1\,150\,000 = 5\,200\,000 \text{ грн}$$

Амортизація з урахуванням автоматизації:

$$A = 178\,800 + 112\,500 = 291\,300 \text{ грн}$$

Чисельність персоналу: явочна і за списком

Явочна чисельність за умови автоматизації виробництва зміниться, оскільки відпадає необхідність у другому операторі у зміні та необхідність у другому робітнику складу.

Отже чисельність зміни скоротиться з 6 до 4 робітників, а чисельність денного персоналу збільшиться на 1 людину(інженер автоматизації) і відповідно явочна чисельність скоротиться з 32 осіб до 25 осіб.

Чисельність за списком складатиме :

$$Ч_{\text{сп}} = Ч_{\text{сп}}^{\text{зм}} + Ч_{\text{сп}}^{\text{ден}} = 16 + 9 = 25 \text{ осіб}$$

Коефіцієнт перерахування залишається таким самим, оскільки режим роботи підприємства не змінився.

Розрахунок оборотних фондів на підприємстві

Оборотні фонди також зазнають змін у зв'язку з автоматизацією, оскільки зміниться чисельність персоналу і, відповідно, ФОП, а також зміниться потреба підприємства у сировині за рахунок зменшення меж якості та за рахунок використання більш ефективного автоматичного рецирку непрореагованих газів. Потреба у сировині скоротиться приблизно на 5%.

Таблиця 5.8 - Заробітна плата з урахуванням автоматизації

Посада	Кількість	ЗП за місяць	ЗП за рік
Директор	1	25 000	300 000
4 Технологи	4	56 000	627 000
Головний технолог	1	14 000	168 000
Інженер автоматизації	1	12000	144 000
4 Аналітики	4	32 000	384 000
4 Оператори лінії	4	36 000	432 000
4 Робітників складу	4	32 000	384 000
Менеджер з продажу	1	7 000	84 000
Водій	1	6 000	72 000
Експедитор	1	6 000	72 000
Бухгалтер	1	7 500	90 000
2 Прибиральники	2	12 000	144 000
Усього			2 901 000

Розрахуємо ФОП з урахуванням змін у складі персоналу

$$\text{ФОП} = \text{ЗП} \cdot K_{\text{нарах}} = 2\,901\,000 \cdot 1,22 = 3\,539\,000 \text{ грн}$$

					ДП ХА 5102 1490 001 ПЗ	Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 5.9 - Оборотні засоби автоматизованого підприємства

Найменування	Вартість, грн	Потреба за рік	Річна вартість, грн
Водень, газ	16 000 за т.	37482 т.	599 712 000
Азот, газ	900 за т.	174918 т	157 626 000
Вода (для охолодження труб)	9 за т.	6000 т	54 000
Електроенергія	2,01	53300	107 250
Витратні матеріали	50 000 за т.	1 т	50 000
ФОП	-	-	3 593 000
Транспортування	400 за день	239	95 600
Усього Σ =			761 183 850

Таблиця 5.10 - Калькуляція на випуск продукції з урахуванням автоматизації

№	Елемент	Сума, грн
1	Основні фонди підприємства (амортизаційні нарахування)	291 300
2	Сировина і матеріали	757 537 600
3	Електроенергія	107 250
4	ФОП	3 539 000
5	Ремонтні роботи	500 000
Всього:		761 975 150

					ДП ХА 5102 1490 001 ПЗ	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахунок техніко-економічних показників з урахуванням автоматизації.

Підприємство виготовляє 212 400 000 кг аміаку на рік.

$$B = 212\,400\,000 \text{ кг.}$$

Нехай запланована ринкова ціна за метр готової продукції $C = 4,3$ грн/кг.

Тоді сума за реалізовану продукцію за рік:

$$B_{\text{вир}} = B \cdot C = 212\,400\,000 \cdot 4,3 = 913\,320\,000 \text{ грн.}$$

Прибуток становить:

$$П = B_{\text{вир}} - C = 913\,320\,000 - 761\,975\,150 = 151\,344\,850 \text{ грн.}$$

Прибуток на одиницю продукції:

$$П_{\text{од}} = \frac{П}{B} = \frac{151\,344\,850}{212\,400\,000} = 0,71 \text{ грн/кг}$$

Рентабельність:

$$P = \frac{П}{C} \cdot 100 = \frac{151\,344\,850}{761\,975\,150} \cdot 100 = 19,9 \%$$

Капіталовкладення:

$$K = OF + OB\Phi = 5\,200\,000 + 761\,193\,150 = 767\,175\,150 \text{ грн.}$$

Термін повернення капіталовкладень:

$$T_{\text{пов}} = \frac{K}{П} = \frac{767\,175\,150}{151\,344\,850} = 5,07 \text{ років}$$

Економічна ефективність:

$$E = \frac{П}{K} = \frac{151\,344\,850}{767\,175\,150} = 0,197$$

Фондовіддача:

$$\Phi B = \frac{B_{\text{вир}}}{OF} = \frac{913\,320\,000}{5\,200\,000} = 175,6$$

Фондоємність:

$$\Phi E = \frac{1}{\Phi B} = \frac{1}{175,6} = 0,0057$$

					ДП ХА 5102 1490 001 ПЗ	Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 5.11 - Порівняння техніко-економічних показників

Показник	Підприємство без САУ	Підприємство з САУ	Розмірність
Випуск продукції	212 400	212 400	т/рік
Ціна	913 320 000	913 320 000	грн/рік
Чисельність персоналу	32	25	осіб
Собівартість	800 393 250	761 975 150	грн/рік
Прибуток	112 926 750	151 344 850	грн/рік
Капіталовкладення	804 443 250	767 175 150	грн
Рентабельність	14,1	19,9	%
Економічна ефективність	0,14	0,197	грн/грн
Період повернення капіталовкладень	7,12	5,07	роки
Фондовіддача	225,5	175,6	грн/грн
Фондоємність	0,0044	0,0057	грн/грн

З наведеної вище таблиці можна зробити висновок, що автоматизоване виробництво, у ядрі якого закладено модель процесу, що була розроблена у даному проекті, є значно ефективнішим з економічної точки зору. Період повернення капіталовкладень скорочується з 7,12 до 5,07 років, прибуток також збільшується на 35 %.

6 ОХОРОНА ПРАЦІ

При виробництві рідкого аміаку використовуються наступні види сировини: азот та водень у газоподібному стані, каталізатор, вода. Використовується значна кількість електропристроїв, теплових агрегатів, що працюють під високим тиском, експлуатуються трубопроводи та газопроводи високого тиску. При цьому на виробництві знаходяться шкідливі, пожежо- і вибухонебезпечні речовини, використовується електрична та теплова енергія.

Даний розділ проекту направлений на аналіз та виявлення шкідливих та небезпечних факторів виробництва рідкого аміаку, та розробку заходів, що здатні усунути або значно зменшити вплив цих факторів на умови праці, та безпеку людей, що знаходяться на виробництві.

6.1 Виявлення і аналіз шкідливих і небезпечних факторів на об'єкті, що проектується. Заходи з охорони праці.

6.1.1 Повітря робочої зони

У проектуваному цеху, згідно ДСН 3.3.6.042-99, робота відноситься до категорії середньої важкості (IIa). Температура внутрішніх поверхонь робочої зони (стіни, підлога, стеля), технологічного устаткування, навантажених поверхонь технологічного устаткування, захисних конструкцій не виходить за межі оптимальних значень температури повітря для даної категорії робіт.

Оптимальні показники повинні бути дотримані у всій робочій зоні. В таблиці 6.1 представлені санітарні норми значень параметрів мікроклімату цеху, та очікувані проектні значення цих параметрів.

					ДП ХА 5102 1490 001 ПЗ	Арк.
						62
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 6.1 – Значення параметрів мікроклімату цеху

Період року	Категорія робіт	Температура повітря, °С		Відносна вологість, %		Швидкість руху повітря, м/с	
		Оптимальна	Проектна	оптимальна	Проектна	Оптимальна	Проектна
1	2	3	4	5	6	7	8
Холодний	Па	19 – 21	20	60 – 40	58	0.2	0.15
Теплий		21 – 23	21	60 – 40	42	0.3	0.2

Вимірювання значень температури і відносної вологості повітря виконується гігрометром типу ВІТ-1. Вимірювання швидкості руху повітря виконується за допомогою анемометрів.

Установка синтезу аміаку, що є основною технологічною системою цеху, включає в себе каскад теплообмінних апаратів, що забезпечують охолодження аміаку, що відводиться від реактору синтезу. Через це задля підтримання оптимальної температури у робочій зоні потрібно встановити додаткові засоби терморегуляції приміщення.

Коротка санітарно технічна характеристика цеху наведена у таблиці 6.2.

Таблиця 6.2 – Коротка санітарна характеристика цеху

Будь-який з основних трубопроводів установки					Реактор	1	Назва джерела шкідливих речовин
Аміак. Може виникнути витік через порушення цілісності трубопроводу.	Азотно-воднева суміш. Може виникнути витік через порушення цілісності трубопроводу.					2	Шкідливі речовини, що виділяються, причини їх виділення
	Подразнюючі. Викликає подразнення слизових оболонок і верхніх дихальних шляхів.					3	Група шкідливої речовини, характеристика шкідливого впливу
20.0	200.0					4	ГДК шкідливих речовин у повітрі робочої зони, мг/м ³
4	4					5	Клас небезпечності шкідливої речовини
Спецодяг (халат, рукавиці), захисні окуляри, протигаз марки А	Спецодяг (халат, рукавиці), захисні окуляри, протигаз марки А					6	Засоби індивідуального захисту: тип, марка, ГОСТ
Свіже повітря, киснева інгаляція	Свіже повітря, киснева інгаляція					7	Засоби долікарняної допомоги
Газоаналізатор, встановлений під стелею цеху.	Газоаналізатор, встановлений під стелею цеху.					8	Методи контролю вмісту шкідливих речовин у повітрі робочої зони

6.1.2 Виробниче освітлення

Освітлення регламентується нормами ДБН В.2.5-28-06. Для забезпечення необхідного рівня освітлення природних джерел освітлення недостатньо, тому є необхідність у штучних джерелах.

За ДБН В.2.5-28-06, роботи в цеху за зоровими умовами відносяться до розряду IVГ. Природне освітлення бокове двохстороннє. Штучне освітлення в цеху здійснюється за допомогою газорозрядних ламп низького тиску (люмінесцентні типу ЛБ-40).

Таблиця 6.3 – Норми значень освітленості

Характеристика зорової роботи	Найменший розмір розрізнення, мм	Розряд зорових робіт	Загальне освітлення, лк	Значення КПО для суміщеного освітлення, %	
				при боковому освітленні	при суміщеному освітленні
Малої точності	Більше 0,5 до 1	IVГ	200	0.9	2.4

Проектом передбачені системи освітлення з різним функціональним призначенням: робоче, аварійне, евакуаційне, ремонтне, охоронне. При втраті основного робочого освітлення передбачено систему аварійного освітлення.

Розрахунок штучного освітлення проведемо для кімнати площею 40 м², ширина А якої складає 8м, довжина В – 5м, висота – 3м. Скористаємося методом використання світлового потоку.

Для визначення потрібної кількості світильників, які повинні забезпечити нормований рівень освітленості, визначимо світловий потік, що падає на робочу поверхню за формулою :

$$F = \frac{E \cdot K \cdot S \cdot Z}{\eta}$$

де F – світловий потік, Лм;

E – нормована мінімальна освітленість, Лк; $E = 200$ Лк

S – площа освітлюваного приміщення;

$K = 1,5$ – коефіцієнт запасу;

η – коефіцієнт використання світлового потоку.

Обчислюємо індекс приміщення:

$$I = \frac{S}{h_p(A + B)} = \frac{40}{1 \cdot (8 + 5)} = 3,07$$

де h_p – розрахункова висота підвісу.

Знаючи індекс приміщення I знаходимо значення $\eta = 0,5$. Підставимо всі значення світлового потоку:

$$F = \frac{200 \cdot 1,5 \cdot 40 \cdot 1,1}{0,5} = 26\,400 \text{ Лм}$$

Для освітлення приміщення в якості джерела світла обираємо світильники типу ПВЛ-6 напругою 220 В з люмінесцентними лампами білого кольору ЛБ-40. Даний світильник пилонепроникний, та встановлена в ньому лампа забезпечить світловий потік одного світильника в 3120 Лм.

Розрахуємо необхідну кількість ламп у вибраних світильниках, за формулою:

$$N = \frac{F}{F_{\text{л}}} = \frac{26\,400}{3\,120} = 9$$

В приміщенні потрібно встановити 9 світильників ПВЛ-6 з лампами ЛБ-40 для забезпечення нормального рівня освітленості для роботи оператора.

					ДП ХА 5102 1490 001 ПЗ	Арк.
						66
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

6.1.3 Виробничий шум і вібрації

У виробничому приміщенні джерелами шуму можуть стати технологічні трубопроводи, оскільки тиск в них перевищує 30 МПа, клапани скидання тиску, а також двигун відцентрового компресора, що має забезпечувати тиск у системі.

Згідно ДСН 3.3.6.0.37-99, допустимий рівень звуку в цеху складає 80 дБА. Очікуваний рівень шуму у цеху - 76 дБА. При значному перевищенні норми повинні бути використані засоби індивідуального захисту слуху: беруші та навушники.

Оскільки очікуваний рівень шуму має значення досить близьке до допустимого, то потрібно організувати періодичні заміри рівня шуму у цеху. Заміри проводяться за допомогою шумомірів фірм benetech або testo.

6.1.4 Електробезпека

Цех, що проектується, відноситися до класу приміщень з особливою електричною небезпекою для людей, оскільки в цеху струмопровідна залізобетонна підлога, і напруга електричній мережі $\sim 380/220$ В, 50 Гц.

Причинами ураження людей струмом можуть стати:

- напруга на конструктивних частинах виробничого устаткування в результаті: пошкодження ізоляції проводок частин; замикання фази електромережі; контакт людини з неізовльованим дротом.

- виникнення напруги кроку на ділянці землі, де знаходиться людина.

Живлення обладнання забезпечується трифазною чотирьохпровідною мережею змінного струму з глухозаземленою нейтраллю.

Згідно ГОСТ 12.1.038-82, допустимі рівні напруг дотику (U_d) і струму (I_d): при нормальному режимі роботи електрообладнання $U_d=2$ В, $I_d=0,3$ мА.

					ДП ХА 5102 1490 001 ПЗ	Арк.
						67
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Проведемо розрахунок цих величин для нормального режиму роботи при випадковому дотику персоналу до неізолюваної частини обладнання, що опинилася під напругою стандартної для виробництва електромережі.

$$I_{\text{л}} = \frac{I_{\phi} \times 10^3}{R_{\text{л}} + R_{\text{о}}}$$

$$I_{\text{л}} = \frac{220 \cdot 10^3}{2000 + 4} = 110 \text{ мА}$$

$$U_{\partial} = I_{\text{л}} \times R_{\text{л}}$$

$$U_{\partial} = 0.11 \times 2000 = 220 \text{ В}$$

При порівнянні отриманих розрахункових значень із допустимими можемо бачити, що такий контакт робітника з електричною мережею може призвести до тяжких електричних травм. Тому на підприємстві всі дроти та металеві частини обладнання повинні бути ізолювані та заземлені. Ізоляція повинна мати опір вище 0.5 МОм.

Також потрібно передбачити системи аварійного відключення електродвигунів та електронагрівачів від мережі.

6.1.5 Безпека технологічних процесів та обслуговування обладнання

В даному виробництві використовується велика кількість потенційно небезпечних одиниць обладнання, а саме: реактор аксіально-радіального типу, парогенератор, теплообмінники, збірники для рідкого аміаку, а також власне технологічні трубопроводи високого тиску.

Також велику небезпеку несе двигун відцентрового компресора, адже він повинен забезпечувати тиск понад 30 МПа, і тому має досить високу потужність.

В нормальному режимі роботи робітники не повинні знаходитись у контакті з цими небезпечними одиницями обладнання. Проте передбачене також поточне обслуговування обладнання. Саме при проведенні поточного обслуговування робітники вступають в контакт з обладнанням, і як наслідок опиняються у потенційно небезпечній ситуації.

					ДП ХА 5102 1490 001 ПЗ	Арк.
						68
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Варто врахувати, що металеві частини обладнання мають значну теплоємність і можуть бути небезпечними навіть після вимкнення обладнання, тому всі частини, що гріються теплоізовані, або, якщо це неможливо, через технологічні особливості, мають спеціальні позначки, що попереджають про небезпеку.

Особливої уваги до себе потребує реактор аксіально-радіального типу. Цей апарат має значну висоту, і для його обслуговування потрібно підійматися на його верхівку, тим самим наражаючи себе на небезпеку. Реактор оснащений спеціальним містком, що закріплений згори та збоку від його кришки, з якого робітник може отримати доступ до всіх необхідних з'єднань трубопроводів з кришкою та до місць встановлення датчиків. Проте падіння з містка для обслуговування може призвести до тяжких травм, тому місток оснащений поручнем та ворітцями, що закриваються.

Також джерелом потенційної небезпеки є технологічні трубопроводи високого тиску. Якщо перед проведенням обслуговування з якоїсь причини не було скинуто тиск у трубопроводі (відмова клапану скидання тиску, необачність оператора), то при роботі з трубопроводом робітник може отримати травму внаслідок раптового вивільнення тиску. Для запобігання такої ситуації на всіх важливих вузлах та під'єднаннях трубопроводів до апаратів встановлені місцеві аналогові показуючі манометри.

6.2 Пожежна безпека

Температури на даному виробництві варіюються від 0 С до 520 С, тому засоби пожежної безпеки потребують до себе особливої уваги.

До потенційних джерел займання на даному виробництві можна віднести сильно нагріті металеві частини апаратів, іскри з електродвигунів, місця скидання тиску з технологічних трубопроводів, статична напруга.

					ДП ХА 5102 1490 001 ПЗ	Арк.
						69
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Для забезпечення пожежної безпеки було прийнято ряд заходів, а саме:

- Будівельні матеріали та технології будівництва були підібрані таким чином, щоб забезпечити необхідну міцність несучих конструкційних елементів як у нормальному режимі роботи так і при виникненні пожежі. Межа вогнестійкості елементів встановлена в 1 годину.
- Приміщення обладнане блискавковідводом та відноситься до III-ї категорії за захистом від блискавки.
- У приміщенні цеху передбачено 3 виходи на випадок пожежі.
- Всі апарати установки та елементи управління заземлені для запобігання появи статичного струму.
- Під стелею цеху встановлено газоаналізатор на випадок витіку азотноводневої суміші, і як наслідок накопичення водню у повітрі. Передбачена вентиляція приміщення для зменшення концентрації водню.
- Передбачено протипожежний трубопровід з декількома гідрантами на території цеху.
- Передбачена необхідна кількість вогнегасників різних типів.
- Ззовні будівлі змонтована пожежні сходи.
- Для сповіщення про пожежу передбачено звукову сигналізацію.
- Для аварійного зв'язку передбачені гучномовець та переносні радіостанції короткого радіусу дії.

Для гасіння виниклої пожежі використовується внутрішній протипожежний водопровід. Гідранти розташовані на висоті 1.35 метрів від підлог. Типи вогнегасників, що використовуються у цеху: вуглекислотний ОУ-5 та порошковий ОПС-6. В якості засобу для запобігання виникнення пожеж, на електропроводах мається ізоляція. Також на території цеху розміщено декілька стендів з планом евакуації та періодично проводиться інструктаж з техніки безпеки.

					ДП ХА 5102 1490 001 ПЗ	Арк.
						70
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

В процесі синтезу аміаку використовуються пожежо- і вибухонебезпечні речовини. Таблиця цих речовин наведена нижче.

Таблиця 6.4 – Показники пожежо- і вибухонебезпеки речовин і матеріалів

Найменування сировини, напівпродуктів, готового продукту, відходів виробництва	Температура, °C			Лінійна шв. поширення пожежі	Час вільного розвитку пожежі	Засоби гасіння
	спалаху	загоряння	самозагоряння	м/хв	хв	
1	2	3	4	5	6	7
Сировина						
Азотоводнева суміш	-	320	510	4,0	75	Вода, вогнегасники ОУ-5, ОПС-6

ВИСНОВКИ

В ході виконання дипломного проекту було розроблено програмний модуль для розрахунку параметрів процесу виробництва аміаку у реакторі аксіально-радіального типу. Попередньо було досліджено матеріальні баланси схеми за допомогою програми ChemCAD 7. За результатами розрахунку матеріальні баланси збіглися, що дало попереднє уявлення про обрані показники роботи установки.

Була розроблена схема автоматизації процесу виробництва аміаку у реакторі аксіально-радіального типу. Схема включила в себе 6 контурів регулювання, 6 контурів контролю, та 1 контур сигналізації та контролю, та 1 контур сигналізації небезпечного рівня концентрації азоту у приміщенні.

Було проведено розрахунок техніко-економічних показників виробництва, та було чисельно оцінено доцільність проведення автоматизації на підприємстві. Автоматизація підприємства дозволила скоротити чисельність персоналу з 32 до 25 осіб, та скоротити термін повернення капіталовкладень з 7 до 5 років.

Було проведено аналіз небезпечності виробництва, та розроблено засоби щодо зменшення ризиків аварійних ситуацій, та зменшення наслідків цих аварій. Також розраховане виробниче освітлення, що повинно забезпечити комфорт працівникам виробництва.

					ДП ХА 5102 1490 001 ПЗ	Арк.
						72
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Список використаних джерел

1. Бойко Т. В., Бендюг В. І., Потяженко І. О. Математичне моделювання та застосування ЕОМ в хімічній технології. К.: НТУУ «КПІ», 2007. 128с.
2. Статюха Г. О., Бугаева Л. М., Безносик Ю. О. Системний аналіз хіміко-технологічних комплексів. К.: НТУУ «КПІ», 2014. 132с.
3. Царева З. М., ТОВАЖНЯНСКИЙ Л. Л., Орлова О. І. Основы теории химических реакторов. М.: Высшая школа, 1997. 621с.
4. Справочник азотчика: физико-химические свойства газов и жидкостей. Производство технологических газов. Синтез аммиака. – 2-е изд., перераб. М.: Химия, 1986. 512с.
5. Ганз. С. Н. Теоретические основы и технология синтеза аммиака. К.:Вища школа, 1996. 259с.
6. Полоцкий Л. М., Лапшенков Г. И. Автоматизация химических производств. Теория, расчет и проектирование систем автоматизации. М.:Химия, 1982. 296 с.
7. Лукінюк М. В. Автоматизація типових технологічних процесів: технологічні об'єкти керування та схеми автоматизації : навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл., які навчаються за напрямом «Автоматизація і комп'ют.-інтегр. технології». К.:НТУУ «КПІ», 2008. 236 с.
8. Технічні характеристики ФК0072. URL:
<https://electro.mashinform.ru/pribory-dlya-izmereniya-i-regulirovaniya-temperature.html>. (дата звернення 18.05.2019).
9. Організація контролю якості. URL:
http://pidruchniki.com/15890315/ekonomika/organizatsiya_kontrolyu_ya_kosti_produktsiyi (дата звернення 10.03.2019).

					ДП ХА 5102 1490 001 ПЗ	Арк.
						73
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Результати розрахунку матеріальних балансів в ChemCAD 7

STREAM PROPERTIES

Stream No.	1	2	3	4
Name				
- - Overall - -				
Molar flow kmol/h	2923.1672	21713.1309	20966.7363	20876.2363
Mass flow kg/h	25000.0000	117632.1797	117574.8281	116033.5000
Temp C	1.0000	25.9763	82.9538	430.0000
Pres bar	315.0000	315.0000	315.0000	315.0000
Vapor mole fraction	1.000	1.000	1.000	1.000
Enth MJ/h	-1983.9	-2897.0	-2876.2	2.2404E+005
Tc C	-210.6964	-221.7503	-209.0378	-210.6163
Pc bar	27.6985	22.5845	26.5712	26.0567
Std. sp gr. wtr = 1	0.283	0.183	0.191	0.189
Std. sp gr. air = 1	0.295	0.187	0.194	0.192
Degree API	369.3680	639.8473	610.5217	617.3413
Average mol wt	8.5524	5.4176	5.6077	5.5582
Actual dens kg/m3	98.0697	57.5293	51.3432	27.2494
Actual vol m3/h	254.9206	2044.7345	2289.9795	4258.2051
Std liq m3/h	88.4927	641.2394	616.5597	614.0692
Std vap 0 C m3/h	65518.8398	486670.4375	469941.0313	467912.5938
- - Vapor only - -				
Molar flow kmol/h	2923.1672	21713.1309	20966.7363	20876.2363
Mass flow kg/h	25000.0000	117632.1797	117574.8281	116033.5000
Average mol wt	8.5524	5.4176	5.6077	5.5582
Actual dens kg/m3	98.0697	57.5293	51.3432	27.2494
Actual vol m3/h	254.9206	2044.7345	2289.9795	4258.2051
Std liq m3/h	88.4927	641.2394	616.5597	614.0692
Std vap 0 C m3/h	65518.8398	486670.4375	469941.0313	467912.5938
Cp kJ/kg-K	3.6825	5.6551	5.5504	5.5276
Z factor	1.2053	1.1929	1.1622	1.0992
Visc N-s/m2	1.748e-005	1.511e-005	1.634e-005	2.464e-005
Th cond W/m-K	0.1233	0.1546	0.1675	0.2677
Flow rates in kg/h				
Hydrogen	4411.0000	37912.2734	35654.8047	35654.8047
Nitrogen	20589.0000	77119.7422	66506.7578	66506.7578
Ammonia	0.0000	2600.1707	15413.2676	13871.9395
Stream No.	5	6	7	8
Name				
- - Overall - -				
Molar flow kmol/h	90.5012	20164.0000	18789.9609	1374.0547
Mass flow kg/h	1541.3267	116033.7031	92632.1719	23401.5254
Temp C	1.0000	430.0000	30.0000	1.0000
Pres bar	315.0000	315.0000	315.0000	315.0000
Vapor mole fraction	0.0000	1.000	1.000	0.0000
Enth MJ/h	-6229.1	1.8541E+005	-913.15	-94575.
Tc C	132.5000	-197.6696	-223.5548	132.5000
Pc bar	112.7848	30.1984	21.6354	112.7848
Std. sp gr. wtr = 1	0.619	0.196	0.168	0.619
Std. sp gr. air = 1	0.588	0.199	0.170	0.588
Degree API	97.1314	588.6691	712.8454	97.1314
Average mol wt	17.0310	5.7545	4.9299	17.0310
Actual dens kg/m3	636.2396	28.2403	51.7516	636.2396
Actual vol m3/h	2.4226	4108.7988	1789.9380	36.7810

Std liq m3/h	2.4904	590.5583	552.7467	37.8115
Std vap 0 C m3/h	2028.4629	451949.1875	421151.5625	30797.5762
- - Vapor only - -				
Molar flow kmol/h		20164.0000	18789.9609	
Mass flow kg/h		116033.7031	92632.1797	
Average mol wt		5.7545	4.9299	
Actual dens kg/m3		28.2403	51.7516	
Actual vol m3/h		4108.7988	1789.9380	
Std liq m3/h		590.5583	552.7467	
Std vap 0 C m3/h		451949.1875	421151.5625	
Cp kJ/kg-K		5.4757	6.1942	
Z factor		1.0981	1.1907	
Visc N-s/m2		2.464e-005	1.461e-005	
Th cond W/m-K		0.2633	0.1604	
- - Liquid only - -				
Molar flow kmol/h	90.5012			1374.0547
Mass flow kg/h	1541.3267			23401.5254
Average mol wt	17.0310			17.0310
Actual dens kg/m3	636.2396			636.2396
Actual vol m3/h	2.4226			36.7810
Std liq m3/h	2.4904			37.8115
Std vap 0 C m3/h	2028.4629			30797.5762
Cp kJ/kg-K	4.6221			4.6221
Z factor	0.4537			0.4537
Visc N-s/m2	0.0001893			0.0001893
Th cond W/m-K	0.5345			0.5345
Surf. tens. N/m	0.0263			0.0263
Flow rates in kg/h				
Hydrogen	0.0000	33501.2734	33501.2695	0.0000
Nitrogen	0.0000	56530.7422	56530.7422	0.0000
Ammonia	1541.3267	26001.6953	2600.1709	23401.5254
Stream No.	9			
Name				
- - Overall - -				
Molar flow kmol/h	1464.5559			
Mass flow kg/h	24942.8516			
Temp C	6.6665			
Pres bar	10.0000			
Vapor mole fraction	0.0000			
Enth MJ/h	-1.0080E+005			
Tc C	132.5000			
Pc bar	112.7848			
Std. sp gr. wtr = 1	0.619			
Std. sp gr. air = 1	0.588			
Degree API	97.1314			
Average mol wt	17.0310			
Actual dens kg/m3	628.3464			
Actual vol m3/h	39.6960			
Std liq m3/h	40.3020			
Std vap 0 C m3/h	32826.0391			
- - Liquid only - -				
Molar flow kmol/h	1464.5559			
Mass flow kg/h	24942.8516			
Average mol wt	17.0310			
Actual dens kg/m3	628.3464			
Actual vol m3/h	39.6960			
Std liq m3/h	40.3020			
Std vap 0 C m3/h	32826.0391			
Cp kJ/kg-K	4.9803			
Z factor	0.0148			

Visc N-s/m2 0.0001585
 Th cond W/m-K 0.5215
 Surf. tens. N/m 0.0251

Flow rates in kg/h
 Hydrogen 0.0000
 Nitrogen 0.0000
 Ammonia 24942.8516

Calculation mode : Simultaneous modular
 Flash algorithm : Normal

Equipment Calculation Sequence
 1 2 3 4 5 6

Equipment Recycle Sequence
 1 2 3 4 5

Recycle Cut Streams
 7

Max. loop iterations 10

Recycle Convergence Tolerance

Flow rate 1.000E-005
 Temperature 1.000E-003
 Pressure 1.000E-003
 Enthalpy 1.000E-003
 Vapor frac. 1.000E-003

*** Error: Flowsheet simulation did not converge.

*** Recycle calculation did not converge. ***

Overall Mass Balance	kmol/h		kg/h	
	Input	Output	Input	Output
Hydrogen	2188.213	0.000	4411.000	0.000
Nitrogen	734.954	0.000	20589.000	0.000
Ammonia	0.000	1464.556	0.000	24942.852
Total	2923.167	1464.556	25000.000	24942.852

Overall Energy Balance	MJ/h	
	Input	Output
Feed Streams	-1983.88	
Product Streams		-100804
Total Heating	220683	
Total Cooling	-319524	
Power Added	0	
Power Generated	0	
Total	-100825	-100804

Програмний код обчислювального модуля

```

using System;
using System.Collections.Generic;
using System.ComponentModel;
using System.Data;
using System.Drawing;
using System.Linq;
using System.Text;
using System.Threading.Tasks;
using System.Windows.Forms;

namespace WindowsFormsApplication6
{
    public partial class Form1 : Form
    {
        public Form1()
        {
            InitializeComponent();
        }

        private void button1_Click(object sender, EventArgs e)
        {
            double V_0, V_2, VKa, VKr, A_1, A_2, B, p, T_0, zk;
            V_0 = double.Parse(V0.Text);
            V_2 = double.Parse(V2.Text);
            VKa = double.Parse(VKA.Text);
            VKr = double.Parse(VKR.Text);
            A_1 = double.Parse(A1.Text);
            A_2 = double.Parse(A2.Text);
            B = double.Parse(BETA.Text);
            p = double.Parse(P.Text);
            T_0 = double.Parse(T0.Text);
            zk = double.Parse(textBox1.Text);

            //Runge-Kutta//
            double d = double.Parse(textBox1.Text);
            double koef1 = 0.1 / d;
            double koef2 = (1 / d)+1;
            int k = 0;

```

```

k = (int)koef2;
double k1, k2, k3, k4;
double m1, m2, m3, m4;
double d1, d2, d3, d4;
double n1, n2, n3, n4;
double[] T1_1 = new double[k];
double[] X1_1 = new double[k];
double[] NH3_1_1 = new double[k];

for (int i = 0; i <= 1 / d; i++)
{
    k1 = dz * W[i] / F0;
    m1 = dz * (dTa * W[i] / F0 - A_1 * (t - T1));
    k2 = dz * W[i] + k1 / 2 / F0; ;
    m2 = dz * (dTa * W[i] + k1 / 2 / F0 - A_1 * (t - T1));
    k3 = dz * W[i] + k2 / 2 / F0; ;
    m3 = dz * (dTa * W[i] + k2 / 2 / F0 - A_1 * (t - T1));
    k4 = dz * W[i] + k3 / F0; ;
    m4 = dz * (dTa * W[i] + k3 / 2 / F0 - A_1 * (t - T1));
    d1 = dz * (A_1 * (t1 - t) + A_2 * (t1 - t2));
    n1 = dz * (A_2 * (t1 - t2));
    d2 = dz * (A_1 * (t1 + d1 / 2 - t) + A_2 * (t1 + d1 / 2 - t2));
    n2 = dz * (A_2 * (t1 - t2 + n1 / 2));
    d3 = dz * (A_1 * (t1 + d2 / 2 - t) + A_2 * (t1 + d2 / 2 - t2));
    n3 = dz * (A_2 * (t1 - t2 + n2 / 2));
    d4 = dz * (A_1 * (t1 + d3 - t) + A_2 * (t1 + d3 - t2));
    n4 = dz * (A_2 * (t1 - t2 + n3));

    X1[i] = X1[i - 1] + (1/6) * (k1 + 2 * k2 + 2 * k3 + k4);
    T1[i] = T1[i - 1] + (1 / 6) * (m1 + 2 * m2 + 2 * m3 + m4);
    z[i] = d * i;
    dataGridView1.Rows.Add(z[i], T1[i], X1[i], NH3_1[i]);
    chart1.ChartAreas[0].AxisX.Minimum = 0;
    chart1.ChartAreas[0].AxisX.Maximum = 1;
    chart2.ChartAreas[0].AxisX.Minimum = 0;
    chart2.ChartAreas[0].AxisX.Maximum = 1;
    chart1.Series[0].Points.AddXY(z[i], T1[i] / 10000);
    chart1.Series[1].Points.AddXY(z[i], X1[i]);
    chart1.Series[2].Points.AddXY(z[i], NH3_1[i]);
}

```

```

double k1, k2, k3, k4;
double m1, m2, m3, m4;
double d1, d2, d3, d4;
double n1, n2, n3, n4;
for (int i = 0; i <= 1 / d; i++)
{
    k1 = dz * W[i] / F0;
    m1 = dz * (dTa * W[i] / F0;
    k2 = dz * W[i] + k1 / 2 / F0; ;
    m2 = dz * (dTa * W[i] + k1 / 2 / F0 ;
    k3 = dz * W[i] + k2 / 2 / F0; ;
    m3 = dz * (dTa * W[i] + k2 / 2 / F0 ;
    k4 = dz * W[i] + k3 / F0; ;
    m4 = dz * (dTa * W[i] + k3 / 2 / F0 ;

    X1[i] = X1[i - 1] + (1 / 6) * (k1 + 2 * k2 + 2 * k3 * k4);
    T1[i] = T1[i - 1] + (1 / 6) * (m1 + 2 * m2 + 2 * m3 * m4);
    z[i] = d * i;
    dataGridView2.Rows.Add(z[i], T2[i], X2[i], NH3_2[i]);
    chart1.ChartAreas[0].AxisX.Minimum = 0;
    chart1.ChartAreas[0].AxisX.Maximum = 1;
    chart2.ChartAreas[0].AxisX.Minimum = 0;
    chart2.ChartAreas[0].AxisX.Maximum = 1;
    chart2.Series[0].Points.AddXY(z[i], T2[i] / 10000);
    chart2.Series[1].Points.AddXY(z[i], X2[i]);
    chart2.Series[2].Points.AddXY(z[i], NH3_2[i]);

}
}

private void textBox1_TextChanged(object sender, EventArgs e)
{

}

private void button2_Click(object sender, EventArgs e)
{
    V0.Text = " ";
}

```

```

V2.Text = " ";
VKA.Text = " ";
VKR.Text = " ";
A1.Text = " ";
A2.Text = " ";
BETA.Text = " ";
P.Text = " ";
T0.Text = " ";
textBox1.Text = " ";
dataGridView1.Rows.Clear();
dataGridView2.Rows.Clear();
chart1.Series[0].Points.Clear();
chart1.Series[1].Points.Clear();
chart1.Series[2].Points.Clear();
chart2.Series[0].Points.Clear();
chart2.Series[1].Points.Clear();
chart2.Series[2].Points.Clear();
}

private void button3_Click(object sender, EventArgs e)
{
    V0.Text = "200000";
    V2.Text = "30000";
    VKA.Text = "1,77";
    VKR.Text = "4,04";
    A1.Text = "0,8";
    A2.Text = "0,4";
    BETA.Text = "1";
    P.Text = "330";
    T0.Text = "693";
    textBox1.Text = "0,1";
}

```


Додаток В

Таблиця В.1 - Специфікація устаткування, приладів і матеріалів, використаних в схемі автоматизації

Позиція на схемі	Назва параметра	Середовище, місце відбору інформації	Граничне значення параметра	Місце монтажу	Назва, технічна характеристика	Тип, марка моделі	Завод-виробник	К-ть
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1-1, 4-1, 5-1	Витрата	Азотоводнева суміш,аміак, трубопровід	25 500 кг/год	Трубопровід	Діафрагма камерна, $P_y = 10$ МПа; $D_{тр} = 125$ мм	ДКС 10-125	ВАТ «Промприлад», м. Івано-Франківськ	3 од.
2-1	Витрата	Аміак, трубопровід	16 400 кг/год	Трубопровід	Діафрагма камерна, $P_y = 10$ МПа; $D_{тр} = 100$ мм	ДКС 10-100	ВАТ «Промприлад», м. Івано-Франківськ	1 од.
3-1	Витрата	Аміак, трубопровід	9 300 кг/год	Трубопровід	Діафрагма камерна, $P_y = 10$ МПа; $D_{тр} = 80$ мм	ДКС 10-80	ВАТ «Промприлад», м. Івано-Франківськ	1 од.
1-2, 2-2, 3-2, 4-2, 5-2	Те саме	Те саме	Те саме	Місцевий	Дифманометр безшкальний з квадратичною функцією перетворення, $\Delta P_{max} = 40$ кПа; клас точності 1; $P_{вих} = 20 \dots 100$ кПа	13ДД11(мод. 720)	ВО «Теплоприбор», м. Рязань	5 од.

					ДП ХА 5102 1490 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		81

Продовження таблиці В.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
1-3, 2-3, 3-3, 4-3, 5-3	— ” —	— ” —	— ” —	Щит керування	Прилад вторинний пневматичний показувальний і реєструвальний зі станцією керування; $P_{\text{вх}} = 20 \dots 100 \text{ кПа}$	ФК0072	ВАТ «ТИЗПРИБОР», м. Москва	5 од.
6-1	Тиск	Азотоводнева суміш, реактор	34,5 МПа	Місцевий	Тензорезистивний перетворювач, $P_{\text{вх}} = 0,16 \text{ кПа} \dots 100 \text{ МПа};$ $I_{\text{вих}} = 4 \dots 20 \text{ мА}$	САПФИР-22М	ООО «Манометр», м. Москва	1 од.
7-1	Тиск	Азотоводнева суміш, трубопровід	36 МПа	Місцевий	Тензорезистивний перетворювач, $P_{\text{вх}} = 0,16 \text{ кПа} \dots 100 \text{ МПа};$ $I_{\text{вих}} = 4 \dots 20 \text{ мА}$	САПФИР-22М	ООО «Манометр», м. Москва	1 од.
6-2,7-2	— ” —	— ” —	— ” —	Щит керування	Промисловий ПІД-регулятор з вбудованим показуючим пристроєм; $I_{\text{вх}} = 4 \dots 20 \text{ мА};$ $I_{\text{вих}} = 4 \dots 20 \text{ мА}$	ТРМ-212-Н-РР	«ОВЕН», м. Харків	2 од.
7-3	— ” —	— ” —	— ” —	Місцевий	Частотний перетворювач, $I_{\text{вх}} = 4 \dots 20 \text{ мА};$ $P_{\text{max}} = 2,25 \text{ кВт}$	VFD015EL 43A	ОАО «Delta Electronics», м.Дніпро	1 од.

Продовження таблиці В.1.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
8-1,9-1,10-1	Температура	Азотоводнева суміш, реактор	525 °С	Місцевий	Термоелектричний перетворювач з уніфікованим вихідним сигналом та захисною гільзою, T _{вх} = 200 °С ...600 °С; Довжина монтажної частини 25 мм; P _y = 50 МПа; I _{вих} = 4...20 мА	ТСПУ - 0388	НВО «Електротермія», м. Луцьк	2 од.
10-1	Температура	Аміак, трубопровід	210 °С	Місцевий	Термоелектричний перетворювач з уніфікованим вихідним сигналом та захисною гільзою, T _{вх} = 200 °С ...600 °С; Довжина монтажної частини 25 мм; P _y = 50 МПа; I _{вих} = 4...20 мА	ТСПУ - 0388	НВО «Електротермія», м. Луцьк	1 од.

					ДП ХА 5102 1490 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		83

Продовження таблиці В.1.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
11-1	Температура	Аміак, трубопровід	35 °С	Місцевий	Термоперетворювач опору мідний уніфікованим вихідним ; $T_{\text{вх}} = 0\text{ }^{\circ}\text{C} \dots +120\text{ }^{\circ}\text{C}$; Довжина монтажною частини 25 мм; Інерційність 15 с; $I_{\text{вих}} = 4 \dots 20\text{ мА}$	ТСМ 9623	НВО «Електротермія», м. Луцьк	1 од.
12-1	Температура	Аміак, теплообмінник	25 °С	Місцевий	Термоперетворювач опору мідний уніфікованим вихідним ; $T_{\text{вх}} = 0\text{ }^{\circ}\text{C} \dots +120\text{ }^{\circ}\text{C}$; Довжина монтажною частини 25 мм; Інерційність 15 с; $I_{\text{вих}} = 4 \dots 20\text{ мА}$	ТСМ 9623	НВО «Електротермія», м. Луцьк	1 од.
13-1	Температура	Азотоводнева суміш, трубопровід	20 °С	Місцевий	Термоперетворювач опору мідний уніфікованим вихідним ; $T_{\text{вх}} = 0\text{ }^{\circ}\text{C} \dots +120\text{ }^{\circ}\text{C}$; Довжина монтажною частини 25 мм; Інерційність 15 с;	ТСМ 9623	НВО «Електротермія», м. Луцьк	1 од.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДП ХА 5102 1490 001 ПЗ

Арк.
84

Продовження таблиці В.1.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
8-2,9-2,10-2, 11-2,12-2, 13-2	— ” —	— ” —	— ” —	Щит керування	Промисловий ПІД-регулятор з вбудованим показуючим пристроєм; $I_{\text{вх}} = 4 \dots 20 \text{ мА};$ $I_{\text{вих}} = 4 \dots 20 \text{ мА}$	ТРМ-212-Н-РР	«ОВЕН», м. Харків	6 од.
8-3,9-3,10-3, 11-3,13-3	— ” —	— ” —	— ” —	Трубопровід	Електричний одновитковий виконавчий механізм, номінальний обертовий момент на валу – 16 Н·м; Номінальний час повного ходу – 25 с	МЭО – 16/25-0,25-82	Севанський завод електричних виконавчих механізмів, м.Севан	5 од.
14-1	Концентрація	Повітря, верхня частина приміщення	20 мг/м ³	Стеля приміщення	Електричний газоаналізатор повітря робочої зони, $C_{\text{вх}} = 0 \dots 600 \text{ мг/м}^3;$ $I_{\text{вих}} = 4 \dots 20 \text{ мА}$	ОКА-Т-ННЗ	ООО «ОКА», м. Москва	1 од.
14-2	— ” —	— ” —	— ” —	Щит керування	Автоматичний показувальний і реєструвальний вторинний прилад, $I_{\text{вх}} = 4 \dots 20 \text{ мА};$	ДИСК-250	ЗАО «Промышленная группа «Метран»», м. Челябинськ	1 од.

Продовження таблиці В.1.

				Електроапарати				
HL1	” — —	” — —	” — —	” — —	Лампа сигнальна світлодіодна зелена, $U_{жив}$ = 220 В, 50/60 Гц	ЛС-47-1	«ІЕК Україна», м. Київ	1 од.
HL2,HL3	” — —	” — —	” — —	” — —	Лампа сигнальна світлодіодна червона, $U_{жив}$ = 220 В, 50/60 Гц	ЛС-47-2	«ІЕК Україна», м. Київ	2 од.

					ДП ХА 5102 1490 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		86