

Міністерство освіти і науки України
 Національний технічний університет
 «Дніпровська політехніка»

Навчально-науковий інститут електроенергетики
 (інститут)

Електротехнічний факультет
 (факультет)

Кафедра кіберфізичних та інформаційно-вимірювальних систем
 (повна назва)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА кваліфікаційної роботи ступеню бакалавра

студента Лисиця Сергій Сергійович

(П.І.Б.)

академічної групи 151-19ск-1

(шифр)

спеціальності 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

(код і назва спеціальності)

за **освітньо-професійною програмою** 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

(офіційна назва)

на тему Автоматизація технологічного процесу виробництва азотної кислоти

(назва за наказом ректора)

Консультанти	Прізвище, ініціали	Оцінка за шкалою		Підпис
		рейтинг.	інституційною	
Керівник кваліфікаційної роботи	доц. Заславський О.М.			
Провідний консультант	доц. Заславський О.М.			
Розробка апаратного забезпечення системи керування	ст. викл. Проценко С.М,			
Визначення моделі об'єкта керування	ст. викл. Бойко О.О.			
Економічна частина	ст. викл. Яремчук І.О.			
Охорона праці	проф. Чеберячко Ю.І.			
Рецензент				
Нормоконтролер	ас. Воскобойник Є.К.			

Дніпро
2022

ЗАТВЕРДЖЕНО:
завідувач кафедри
кіберфізичних та інформаційно-
вимірювальних систем
(повна назва)
_____ Бубліков А.В.
(підпис) (прізвище, ініціали)
« _____ » _____ 2022 року

ЗАВДАННЯ
на кваліфікаційну роботу
ступеня бакалавр

студенту Лисиця С.С. _____ академічної групи 151-19ск-1 _____
(прізвище та ініціали) (шифр)

спеціальності 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології _____

за освітньо-професійною програмою 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології _____
(офіційна назва)

на тему Автоматизація технологічного процесу виробництва азотної кислоти _____
затверджену наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка» № 217-с від 26.04.2022 р.

Розділ	Зміст	Термін виконання
Стан питання та постановка завдання	Вступ. Опис технологічного процесу для об'єкта автоматизації. Огляд існуючих систем автоматизації. Стан питання. Вибір напрямку створення автоматизованої системи.	11.05.2022
Розробка апаратного забезпечення системи керування	Обрання датчиків, виконавчих пристроїв та пристрою керування, розробка структурних схем, функціональної схеми автоматизації та принципової схеми електричної.	18.05.2022
Визначення моделі об'єкта керування	Виконання експерименту. Обробка результатів експерименту. Створення моделі об'єкта керування. Перевірка отриманої моделі на адекватність.	25.05.2022
Економічна частина	Економічне обґрунтування доцільності витрат на створення системи керування.	01.06.2022
Охорона праці	Розробка організаційно-технічних заходів, щодо реалізації правил безпеки при експлуатації системи.	05.06.2022

Завдання видано _____
(підпис керівника)

доц. Заславський О.М.
(прізвище, ініціали)

Дата видачі

04.05.2022

Дата подання до екзаменаційної комісії

10.06.2022

Прийнято до виконання _____
(підпис студента)

Лисиця С.С.
(прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ

Об'єкт розробки – підсистема автоматичного керування комбінованим технологічним обладнанням контактним апаратом та котлом-утилізатором з виробництва азотної кислоти.

Об'єкт дослідження – котел-утилізатор.

Предмет дослідження – розробка моделі котла-утилізатора регульованого по каналу витрати води – температура перегрітої пари з метою охолодження нітрозних газів.

Виходячи з отриманих результатів можливо зробити висновок, що модель відповідає об'єкту керування, та може бути використана для подальшої розробки підсистеми керування. Подальше вдосконалення моделі можливе у рамках більш детального аналізу впливів збурення, та модифікації програмного коду з метою підвищення швидкодії. Отримана модель може бути використана для розробки програмного забезпечення підсистеми керування.

Розглянуто техніко-економічного обґрунтування ефективності результатів розробки і впровадження автоматизованої підсистеми керування комбінованим технологічним обладнанням контактним апаратом та котлом-утилізатором з виробництва азотної кислоти.

Проведено аналіз небезпечних і шкідливих виробничих чинників, розроблено інженерно-технічні заходи по охороні праці, пожежної безпеки.

КОТЕЛ-УТИЛІЗАТОР, ДАТЧИК, НАСОС, КЛАПАН, ЗАСУВКА, СИСТЕМА КЕРУВАННЯ, ВИТРАТИ ВОДИ, ТЕМПЕРАТУРА ПЕРЕГРІТОЇ ПАРИ, СИНТЕЗ СИСТЕМИ, ІМІТАЦІЙНА МОДЕЛЬ.

ЗМІСТ

Зміст	4
Перелік скорочень	7
Вступ	8
1 Стан питання та постановка завдання	11
1.1 Галузь промисловості	11
1.1.1 Загальні відомості	11
1.1.2 Товариство «АЗОТ»	16
1.1.3 Технологія виробництва розведеної азотної кислоти	21
1.3 Об'єкт керування	29
1.3.2 Характеристика об'єкта керування	29
1.3.2 Структура об'єкту керування	34
1.3.3 Принцип функціонування об'єкту керування	34
1.4 Структура системи керування	35
1.5 Формулювання задачі дослідження	36
1.6 Висновки за розділом	36
2 Розробка апаратного забезпечення системи керування	37
2.1 Розробка структурної схеми підсистеми керування	37
2.2 Розробка структурної схеми інформаційних потоків	38
2.3 Вибір апаратного забезпечення підсистеми керування	39
2.3.1 Вибір датчиків	39
2.3.2 Вибір виконавчих пристроїв	43
2.3.3 Вибір пристроїв керування	46
2.3.4 Вибір джерел живлення	53

	5
2.4 Розробка функціональної схеми автоматизації	55
2.5 Розробка схеми електричної принципової	57
2.6 Висновки за розділом	58
3 Визначення моделі об'єкта керування	60
3.1 Розробка структурної схеми інформаційних потоків дослідницької системи	60
3.2 Розробка методики дослідження об'єкта керування	62
3.3 Виконання експерименту	64
3.4 Обробка результатів експерименту	68
3.4.1 Підготовка даних	68
3.4.2 Структурна ідентифікація	69
3.4.3 Параметрична ідентифікація	75
3.4.4 Розробка моделі об'єкта керування в Simulink	80
3.4.5 Перевірка моделі на адекватність	81
3.5 Висновки за розділом	84
4 Економічна частина	86
4.1 Техніко-економічне обґрунтування впровадження системи керування	86
4.2 Розрахунок капітальних витрат пов'язаних з впровадженням системи керування	87
4.3 Розрахунок капітальних витрат на програмне забезпечення	88
4.3.1 Розрахунок часу на розробку програмного забезпечення	88
4.3.2 Розрахунок витрат на розробку програмного забезпечення	90
4.4 Розрахунок експлуатаційних витрат	92
4.4.1 Амортизація основних фондів	92
4.4.2 Розрахунок фонду заробітної плати	93

4.4.3 Відрахування на соціальні заходи	94
4.4.4 Розрахунок витрат на технічне обслуговування та ремонт	94
4.4.5 Витрати на електроенергію	94
4.4.6 Інші витрати	95
4.5 Висновки	96
5 Охорона праці	97
5.1 Загальна інформація	97
5.1 Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих чинників	97
5.2 Інженерно-технічні заходи по охороні праці	97
5.2.1 Повітря робочої зони	97
5.2.2 Виробниче освітлення	99
5.2.3 Виробничий шум	99
5.2.4 Електронебезпека	100
5.3 Пожежна профілактика	102
5.4 Висновки за розділом	104
Висновки	105
Перелік посилань	107
Додаток А	112
Додаток Б	113
Відгуки консультантів кваліфікаційної роботи	114
Відгук	116
Рецензія	117

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

ОУ – об'єкт керування;

САУ – система автоматичного керування;

ПЛК – програмований логічний контролер;

ЕОМ – електронна обчислювальна машина.

ВСТУП

Азотна кислота за обсягом виробництва займає серед інших друге місце після сірчаної. Стрімко зростаючий об'єм виробництва HNO_3 зумовлюється важливим значенням кислоти і її солей для народного господарства.

Азотна кислота є основним продуктом для отримання більшості азотовмісних сполук. HNO_3 застосовується в різних сферах промисловості. Великий обсяг кислоти (до 75...80 %) витрачається на виробництво різноманітних нітратів, азотних і комплексних мінеральних добрив, 10...15 % виробництва йде на отримання ракетного палива і вибухових речовин, 5...10 % використовується для виробництва барвників, в органічному синтезі і в кольоровій металургії [8, 11]. Основними виробниками азотної кислоти є США, Німеччина, Франція, Іспанія, Італія і Англія, Україна.

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

Зростання обсягів виробництва та кількості нових виробників азотної кислоти відбувається за рахунок технічного прогресу та технологічного оновлення її виробництва. Підприємства що займаються виготовленням розведеної азотної кислоти користуються технологією окислення синтетичного аміаку на платино-іридієвому каталізаторі та отриманні розведеної азотної кислоти від коксових печей. У цілому світовий ринок азотної кислоти нині є досить насиченим, проте попит на промислові хімікати неухильно підвищується. Середньорічний темп світового попиту на промислові хімікати на основі азотної кислоти складає 7%.

Зараз зростання виробництва відбувається за рахунок вдосконалення і оновлення технології, а також організації випуску азотної кислоти в країнах, що розвиваються. Світове виробництво азотної кислоти оцінюється в 750...800 млн. тон. При цьому тільки близько 15...20 % азотної кислоти поступає на ринок взагалі. Інша азотна кислота використовується підприємствами - продуцентами азотних добрив, адипінової кислоти і інших хімікатів. У зовнішньоторговий обіг залучається не більше 8...10 % вироблюваною у світі азотної кислоти.

Однією із стадій виробництва азотної кислоти є стадія окиснення аміаку, яка здійснюється в реакторі, який в виробничих умовах називається контактним апаратом. Усі промислові способи отримання азотної кислоти ґрунтуються на контактному окисненні аміаку киснем повітря з подальшою переробкою оксидів азоту в слабку азотну кислоту шляхом поглинання їх водою.

Враховуючи наведені вище цифри, стає зрозуміло, процес виробництва потребує впровадження новітніх систем автоматизації. Необхідно використовувати сучасні вимірювальні та керуючі прилади для покращення якості вихідної продукції. Засоби автоматизації дають змогу більш точно контролювати процес виробництва при меншій кількості задіяного персоналу, що призводить до зменшення собівартості продукції.

Структура будь якій системи автоматичного контролю та регулювання параметрів технологічних процесів у промислових об'єктах представляється сукупністю функціональних елементів, якими є: первинний вимірювальний та вторинний перетворювачі, регулятор (елемент, що керує), виконавчий механізм, регулюючий орган та допоміжний елемент (наприклад, вказівник положення органу, що регулює).

Визначення конкретних конструктивних форм та параметрів технологічного процесу потребує знань самого виробництва або його частини, певних законів регулювання процесів, що відбувається у технологічній схемі, знань у галузі математичної обробки процесів та визначення головних чинників,

що підлягають автоматизації, складових систем автоматизації, та сучасних інформаційних технологій, що використовуються для створення та управління технологічними процесами.

1 СТАН ПИТАННЯ ТА ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ

1.1 Галузь промисловості

Процес виробництва неконцентрованої азотної кислоти є одним з найбільш розповсюджених процесів виготовлення азотної кислоти, що визначає техніко-економічні показники розвитку хімічної галузі. Тому автоматизація даного процесу є надзвичайно актуальною задачею.

1.1.1 Загальні відомості

Сировиною для виробництва неконцентрованої азотної кислоти є аміак, повітря і вода. Усі три компоненти піддаються ретельному очищенню. Аміак, що поступає з цеху синтезу, очищають від пилу каталізатора, що захоплюється газом при виході з колони синтезу аміаку, і від олії (у разі застосування поршневих компресорів для циркуляції газу). Ці домішки є отрутою для каталізаторів, вживаних при конверсії аміаку до оксиду азоту у виробництві азотної кислоти.

Вода, що поступає в колону абсорбції для поглинання оксидів азоту і отримання азотної кислоти, має бути знесолена.

Допоміжними матеріальними і енергетичними ресурсами є каталізатори окислення аміаку і очищення вихлопних газів, природний газ, пара і електроенергія.

Повітря. Для технічних розрахунків приймають, сухе повітря, яке містить [%]: N_2 - 78,1; O_2 - 21,0; Ar_2 - 0,9; H_2O - 0,1-2,8.

В повітрі можуть бути присутніми також сліди SO_2 , NH_3 , CO_2 . У районі промислових майданчиків повітря забруднене пилом різного походження, а також різноманітними компонентами неорганізованих газових викидів (SO_2 , SO_3 , H_2S , C_2H_2 , Cl_2 та ін.). Кількість пилу в повітрі складає 0,5...1,0 мг/м³.

Аміак. У звичайних умовах є безбарвним газом з різким запахом, добре розчинний у воді і інших розчинниках, утворює гемо - і моногідрати.

Зміст домішок в рідкому аміаку регламентується ГОСТ 6221-82. Найбільш типовими домішками є вода, мастильні олії, каталізаторний пил, окалина, карбонат амонію, розчинені гази (водень, азот, метан). При порушенні ГОСТ домішки, що містяться в аміаку, можуть потрапити в аміачно-повітряну суміш і понизити вихід оксиду азоту (II), а водень і метан можуть змінити межі вибуху аміачно-повітряної суміші (АПС).

Кисень. Застосовується переважно у виробництві концентрованої азотної кислоти по методу прямого синтезу. В окремих випадках використовується для збагачення АПС при отриманні неконцентрованої азотної кислоти.

Вода. Використовується у виробництві азотної кислоти для зрошування колони абсорбції, для вироблення пари при утилізації тепла в котлах-утилізаторах, для охолодження реакційних апаратів. Для абсорбції оксидів азоту використовують найчастіше паровий конденсат і хімічно очищену воду. У деяких схемах дозволено застосовувати конденсат сокової пари аміачної селітри. У будь-якому випадку вода, використовувана для зрошування колон, не повинна містити вільного аміаку і твердих суспензій, зміст хлорид - іона має бути не більше 2 мг/л, олії не більше за 1 мг/л, NH_4NO_3 - не більше 0,5 г/л. Хімічно очищена вода для котлів-утилізаторів повинна відповідати вимогам ГОСТ 20995-75.

Технічна вода, призначена для відведення тепла в теплообмінниках і охолодження устаткування (оборотна вода), повинна відповідати наступним вимогам: жорсткість карбонатна, мэкв/кг не більше 3,6; вміст зважених речовин, мг/кг не більше 50. Значення рН 6,5...8,5.

Оксид азоту NO - газ за нормальних умов, має парамагнітні властивості. Утворюється при каталітичному окисненні аміаку і є проміжним з'єднанням в технології азотної кислоти.

Оксид азоту NO_2 існує у вигляді коричнево-червоного з'єднання і N_2O_4 . При взаємодії з водою оксид азоту (IV) утворює азотну і азотисту кислоти, з лугами - суміш нітратів і нітриту. Він добре поглинається сірчаною кислотою з

утворенням нітрозил-сірчаної кислоти, має високу розчинність в концентрованій азотній кислоті.

Обидва оксиди викликають загальну слабкість, запаморочення, оніміння ніг, при сильному отруєнні - нудоту, уповільнену дію, можливий смертельний результат.

Азотна кислота HNO_3 - кислота азотна неконцентрована, рідина жовтуватого кольору з характерним запахом. Питома вага виготовленої 58%-ї HNO_3 при 20°C - $1,356 \text{ г/см}^3$. Азотна кислота, потрапляючи на шкірний покрив або слизові оболонки, викликає опіки. Тваринні і рослинні тканини під дією азотної кислоти руйнуються.

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

Відносна молекулярна маса HNO_3 (по міжнародних відносних атомних масах 1985 р.) - 63,0128.

Гранично - допустима масова концентрація парі азотної кислоти (ГДК) в робочій зоні виробничих приміщень – 2 мг/м^3 .

Виготовлена неконцентрована азотна кислота повинна відповідати вимогам, наведеними в табл. 1.1.

Таблиця 1.1 - Основні параметри неконцентрованої азотної кислоти

№	Найменування показника	Норма
1	Зовнішній вигляд	Безбарвна або жовта рідина без механічних домішок.
2	Масова доля залишку після проколювання, %, не більше	0,02
3	Масова доля оксидів азоту(у перерахунку на N_2O_4), %, не більше	0,15
4	Масова доля азотної кислоти, %, не менше	58

Азотна кислота необмежено розчиняється у воді, при розчиненні виділяється тепло, гігроскопічна. Пари її в 2,2 разу важче за повітря. Пари азотної кислоти токсичні.

Більш детальна характеристика початкової сировини, матеріалів, напівфабрикатів наведена в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 - Характеристика початкової сировини, матеріалів і напівпродуктів

№ з/п	Найменування сировини, матеріалів і напівпродуктів	Міждержавний державний або галузевий стандарт технічні умови	Показники, обов'язкові для перевірки (найменування і одиниця виміру)	Показники, які регламентуютьс я з допустимими відхиленнями
Сировина				
1.	Повітря атмосферне		а доля пилу, мг/м ³	Не більше 0,007
2.	Аміак рідкий технічний	ГОСТ 6221-90 марка А	Масова доля аміаку, %, не менше Масова доля вологи, % Масова концентрація олії, мг/дм ³ Масова концентрація заліза, мг/дм ³	99,9 Не більше 0,1 Не більше 2 Не більше 1
Допоміжні матеріали				
1.	Каталізатор алюміно-ванадієвим АВК-10М або його аналоги	ТУ 113-03-3004-91	Активність, міра відновлення оксидів азоту аміаком, %, не менше Масова доля оксидів ванадію в перерахунку на V ₂ O ₅ , %	96,5 13,5 ± 1,5 0,7 – 1,0
2.	Елемент, що фільтрує, з лавсанового волокна Ф-1,8	ОСТ 95-4-80	Приймаються по паспорту заводу- виробника	
3.	Волокно марки БВ 6/В	ГОСТ 10727-91	Приймаються по паспорту заводу- виробника	
4.	Олія компресорна марки КП-8с	ТУ 38.101543	Питома вага при 200 С, г/дм ³ в'язкість кінематична при 1000 С, вміст водорозчинних кислот і лугів вміст механічних домішок Вміст води Температура спалаху у відкритому тиглі, 0 С	Не більше 0,885 6,5 – 9,0 Відсутність Відсутність Відсутність Не нижче 200
5.	Олія турбінна марки Т-22,	ГОСТ 32-82 з змін. 1-4	Приймаються по паспорту заводу - виробника	
6.	Склотканина марки СТФ(5)	ГОСТ 10146-74 з змін. 1-3	Приймаються по паспорту заводу- виробника (перед застосуванням прожарити)	
7.	Сітки каталізаторні з металів платинової групи		Приймаються по паспорту заводу – виробника	

Продовження таблиці 1.2

8.	Вода хімічно очищена	Регламент цеху ХПВ	Масова концентрація, мг/дм ³ : - солей (вміст) в перерахунку на хлорид натрію - речовини, що екстрагується ефіром рН Молярна концентрація еквівалентів жорсткості, мкмоль/дм ³	Не більше 150 Не більше 1,0 8,5-10,5 Не більше 15
9.	Вода знесолена	СТП 3-61-2003	Масова концентрація хлорид-іонів, мг/дм ³ Каламутність рН середовища	Не більше 0,3 Відсутність 5,5-7,5
10.	Азот газоподібний технічний	СТП-113-03-26-43-91	Об'ємна доля кисню, % Об'ємна доля паливних, % Масова концентрація олії, мг/м ³	Не більше 3 Відсутність Відсутність
11.	Природний газ	ГОСТ 5542-87		
12.	Елемент, що фільтрує, з тканиною Петрянова Ф-33	ОСТ 95-4-80	Приймаються по паспорту заводу- виробника	
13.	Конденсат паровий	СТП 6-52-96	Молярна концентрація еквівалентів жорсткості, мкмоль/дм ³	Не більше 15
14.	Повітря для КВПіА	СТП 3-161-2002	Вміст олії і води Температура точки роси, 0С	Не допускається Не вище мінус 40
Енергетичні ресурси				
1.	Вода оборотна ВОЦ-9 -у відділення абсорбції -у відділення компресії	Регламент цеху оборотного водопостачання	Тиск, МПа (кгс/см ²) Температура, оС Тиск, МПа (кгс/см ²) Температура, оС	Не менше 0,5(5) Не більше 28 Не більше 0,3(3) Не більше 28
2.	Електроенергія	Регламент цеху електропостачання	1. Змінний струм: частота, Гц напруга, В 2. Постійний струм: - напруга, В	50 6000, 380, 220 220

Азотна кислота - одна з найсильніших кислот. З масовою долею азотної кислоти 30...35% вона найбільш активна по відношенню до металів. Азотна кислота має яскраво виражену окислювальну властивість. Окислюючи інші

речовини, азотна кислота віддає свій кисень, а сама при цьому розпадається з виділенням оксидів азоту.

Сфера застосування. Азотна кислота є одним з найважливіших продуктів хімічної промисловості і застосовується для отримання азотних добрив, барвників, вибухових речовин і інших цілей народного господарства.

Азотна кислота слугує сировиною для виробництва основних азотних добрив:

- KNO_3 - калієвої селітри
- NH_4NO_3 - аміачної селітри
- $Ca(NO_3)_2$ - кальцієвої селітри і цілого ряду інших нітратних солей
- $NaNO_3$ - натрієвої селітри.

Азотну кислоту застосовують також у виробництві лікарських речовин, хімікатів, для фотографії і ряду інших продуктів органічного синтезу.

1.1.2 Товариство «АЗОТ»

Черкаське Публічне акціонерне товариство «АЗОТ» - одне з найбільших хімічних підприємств в Україні. Виробничі потужності ПАТ «АЗОТ» дозволяють щорічно випускати близько 1 млн т рідкого аміаку, приблизно 1 млн т аміачної селітри гранульованої та 1,2 млн т слабкої азотної кислоти [14].

Крім того, хімічний гігант виробляє карбамід і карбамідо-аміачну суміш, аміачну воду, іонообмінні смоли, рідкий і кристалічний капролактам, сульфат амонію кристалічний та діоксид вуглецю скраплений. Продукція ПАТ «АЗОТ» користується великим попитом на внутрішньому ринку та за кордоном.

ПАТ «АЗОТ» - підприємство, відкрите для інноваційних проектів як у сфері виробництва, так і у сфері розвитку та охорони регіону. Очисні біологічні споруди ПАТ «АЗОТ» на березі р. Дніпро є візиткою сучасного хімічного комплексу.

ПАТ «АЗОТ», який є градоутворюючим підприємством Черкас, максимально розвиває соціальне партнерство з містом і областю, щорічно

інвестує великі кошти в оновлення черкаських вулиць і площ, в соціальні та освітні установи регіону.

З 2010 року ПАТ «АЗОТ» входить до групи OSTCHEM Group DF.

Таблиця 1.3 - Основні виробничі потужності

Виробництво мінеральних добрив	Кількість цехів	Загальна виробнича потужність (тис. т на рік)
Слабка азотна кислота	1	1 200
Аміачна селітра гранульована	1	1 000
Аміак рідкий	2	964
Карбамід гранульований	2	760
Карбамідо-аміачна суміш (рідка)	1	500
Аміачна вода	1	252
Сульфат амонію кристалічний	1	153
Капролактамі рідкий	1	60
Капролактамі кристалічний	1	50
Діоксид вуглецю скраплений	1	24
Катіоніти (іонообмінні смоли)	1	3,25

Таблиця 1.4 - Кислоти

Назва	Стандарт
Кислота азотна неконцентрована (слабка)	ТУ У 00203826.021-2000

Таблиця 1.5 - Азотні добрива

Назва	Стандарт
Аміак водний технічний	ГОСТ 9-92
Аміак рідкий технічний	ГОСТ 6221-90
Амонію нітрат (селітра аміачна)	ДСТУ 7370:2013
Добрива рідкі азотні (КАС)	ТУ У 24.1-00203826.024-2002
Добриво сульфоаміачне — побічний продукт виробництва сульфату амонію	ТУ У 24.1-00203826-043:2011
Карбамід — побічний продукт виробництва карбаміду	ТУ У 24.1-00203826-018:2009 (ДСТУ 7312:2013)
Селітра аміачна — побічний продукт виробництва аміачної селітри	ТУ У 24.1-00203826-041:2009
Сечовина (карбамід)	ДСТУ 7312:2013
Сульфат амонію	ГОСТ 9097-82

Таблиця 1.6 - Органічне виробництво

Назва	Стандарт
Гідроксиламінісульфат водний	ТУ У 00203826.019-99
Капролактам кристалічний	ГОСТ 7850-86
Капролактам рідкий	ГОСТ 7850-86
Масло ПОД	ТУ У 20.1-33270581-023:2012
Фракція спиртова виробництва капролактаму	ТУ У 24.3-00203826-033:2005
Циклогексан технічний	ГОСТ 14198-78
Циклогексанон технічний	ГОСТ 24615-81

Таблиця 1.7 - Гази

Назва	Стандарт
Азот газоподібний	ДСТУ ГОСТ 9293:2009
Азот рідкий	ДСТУ ГОСТ 9293:2009
Діоксид вуглецю скраплений	ДСТУ 4817:2007
Кисень газоподібний технічний	ДСТУ ГОСТ 5583:2009
Кисень рідкий технічний	ГОСТ 6331-78

Таблиця 1.8 - Полімери та полімерні вироби

Назва	Стандарт
Смоли іонообмінні — аніоніти: марка	АВ-17-8 ГОСТ 20301-74
Смоли іонообмінні — катіоніти сильнокислотні ,	
Марка КУ-2-8	ГОСТ 20298-74 ТУ У 24.1-00203826-042:2009
Марка КУ-2-8 Na	ТУ У 24.1-00203826-042:2009
Марка КУ-2-8 Na счС (АКВАКАТІОН)	ТУ У 24.1-00203826-040:2009
Марка КУ-2-8 Na чС (АКВАКАТІОН)	ТУ У 24.1-00203826-040:2009
Марка КУ-2-8 Кр	ТУ У 24.1-00203826-042:2009
Марка КУ-2-8 чС	ГОСТ 20298-74
Марка КУ-2-8 чС (АКВАКАТІОН)	ТУ У 24.1-00203826-040:2009
Марка КУ-2-8 Кр Na	ТУ У 24.1-00203826-042:2009
Марка КУ-2-6	ТУ У 24.1-00203826-042:2009
Марка КУ-2-6 Na	ТУ У 24.1-00203826-042:2009
Марка КУ-2-4	ТУ У 24.1-00203826-042:2009
Марка КУ-2-4 Na	ТУ У 24.1-00203826-042:2009
Марка КУ-2-10	ТУ У 24.1-00203826-042:2009
Марка КУ-2-10 Na	ТУ У 24.1-00203826-042:2009
Марка КУ-2-20	ГОСТ 20298-74
Марка КУ-23-10/60	ГОСТ 20298-74
Марка КУ-23-15/100	ГОСТ 20298-74
Марка КУ-23-30/100	ГОСТ 20298-74

Таблиця 1.9 - Інша продукція

Назва	Стандарт
Плав соди кальцинованої	ТУ У 24.1-00203826-026-2002 (з червня 2013 року —ТУ У 20.1-00203826-044:2013)

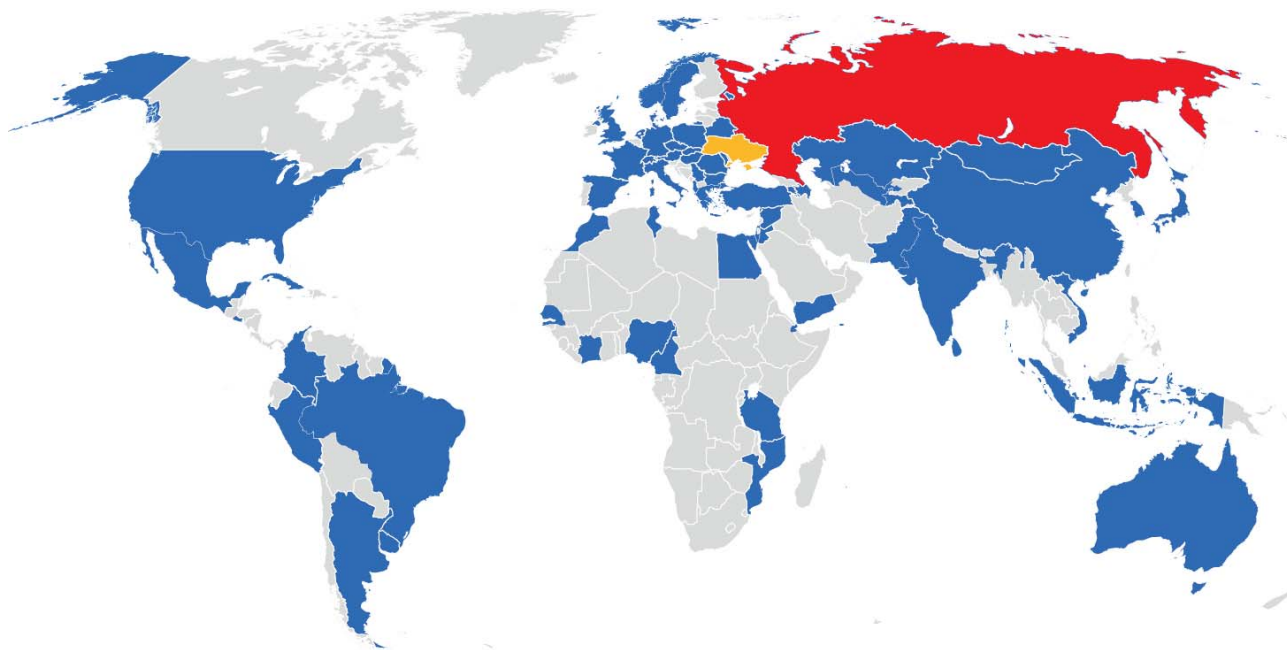


Рисунок 1.1 - Географія діяльності

Таблиця 1.10 - Країни, до яких здійснюється експорт продукції ПАТ «АЗОТ»

Австралія	Греція	Китай	Молдова	Словенія
Албанія	Грузія	Колумбія	Нігерія	Судан
Аргентина	Джибуті	Костарика	Пакистан	США
Бенін	Еквадор	Кот д'Івуар	Перу	Тайвань
Болгарія	Ефіопія	Куба	Польща	Танзанія
Бразилія	Єгипет	Ліван	Росія	Туніс
Вірменія	Ізраїль	Литва	Румунія	Туреччина
Гайана	Індія	Малайзія	Сальвадор	Угорщина
Гватемала	Індонезія	Марокко	Сенегал	Франція
Гонконг	Італія	Мексика	Сирія	Японія

Система менеджменту якості Черкаське ПАТ «АЗОТ» прагне підвищення довгострокової конкурентоспроможності та позитивного іміджу підприємства в галузі, а також до зростання довіри споживачів і суспільства в цілому.

Пріоритетними завданнями ПАТ «АЗОТ» є випуск високотехнологічної, наукоємної, конкуренто-спроможної продукції разом із забезпеченням безпечних умов праці персоналу та мінімізацією шкідливого впливу на навколишнє середовище.

Для реалізації цих завдань у 2004 році на підприємстві було розроблено та впроваджено інтегровану систему менеджменту (ІСМ).

ІСМ включає в себе систему менеджменту якості (СМЯ), систему менеджменту навколишнього середовища (СМНС) і систему управління охороною праці та промисловою безпекою (СУОП).

Кожна з трьох систем ІСМ відповідає вимогам міжнародних стандартів.

У травні 2005 року аудитори нідерландської фірми TNO Certification b. v. провели сертифікаційний аудит системи менеджменту якості ПАТ «АЗОТ». За результатами аудиту підприємство отримало перший сертифікат відповідності СМЯ вимогам міжнародного стандарту ISO 9001.

У 2006 році було успішно проведено сертифікаційний аудит системи менеджменту навколишнього середовища та системи управління охороною праці. Аудитором виступила англійська компанія Moody International, що видала ПАТ «АЗОТ» сертифікати відповідності СМНС і СУОП вимогам міжнародних стандартів ISO 14001 і OHSAS 18001.

Відтоді підприємство постійно поліпшує результативність власної інтегрованої системи менеджменту та вдало проходить наглядіві та ресертифікаційні аудити, що проводяться зовнішніми аудиторами.

У 2012 році ПАТ «АЗОТ» стало лауреатом 17 Українського національного конкурсу якості за моделлю ділової досконалості EFQM. Підприємство було нагороджено пам'ятним знаком і дипломом.

Інтегрована система менеджменту ПАТ «АЗОТ» поширюється на:

– розробку (проектування) і розвиток процесів виробництва;

Виробництво і збут:

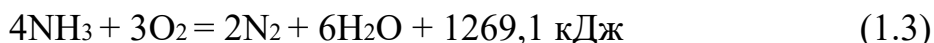
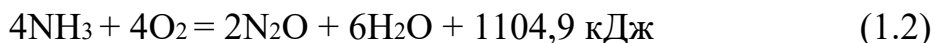
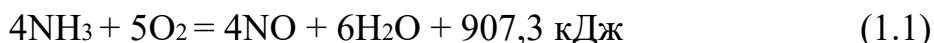
– аміаку, продуктів його переробки і супутніх продуктів

- виробництва аміаку;
- продуктів розділення повітря;
- іонообмінних смол і супутніх продуктів виробництва
- іонообмінних смол;
- капролактаму і супутніх продуктів виробництва капролактаму.

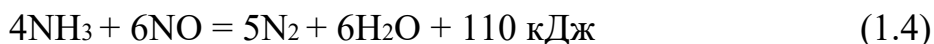
1.1.3 Технологія виробництва розведеної азотної кислоти

В даний час основну масу аміачної кислоти виробляють із синтетичного аміаку, одержуваного на основі конверсії природного газу. Аміак, що поступає з цеху синтезу, містить каталізаторний пил і пари компресорного масла, які є каталітичними отрутами на стадії окислення аміаку. Тому аміак піддається ретельному очищенню фільтруванням через матерчаті і керамічні (поролітові) фільтри і промиванням рідким аміаком. Аналогічно очищають від механічних і хімічних домішок повітря, що надходить у цех через забірну трубу, встановлену як правило, далеко від території підприємства. Для очищення повітря використовуються зрошувані водою скрубери і матерчаті двоступінчасті фільтри.

При окислюванні аміаку киснем повітря на каталізаторі можливе протікання наступних реакцій:



а також реакція за участю утворюваного оксиду нітрогену (II):



Всі реакції практично незворотні, тому напрямок процесу окислення визначається співвідношенням швидкостей реакцій (1.1...1.4).

З трьох основних реакцій окислення аміаку (1.1...1.3) реакція (1.3) термодинамічно найбільш імовірна, так як протікає з максимальним виділенням тепла. Тому, у відсутності каталізатора окислення аміаку йде

переважно до елементарного азоту. Для прискорення цільової реакції окислення до оксиду нітрогену (II) застосовують селективна діючі каталізатори. У сучасних установках використовують платинові каталізатори у вигляді пакета сіток зі сплаву платини з 7,5 % родію, або двоступеневі каталізатори у вигляді шару таблетованої суміші оксидів заліза (III) та хрому (III). Введення родію підвищує механічну міцність і зменшує втрати платини за рахунок її винесення струмом газу. Поверхня подібних каталізаторів досягає $1,5 \text{ м}^2/\text{м}^3$ об'єму.

Аміак і повітря, очищені від домішок, змішуються і направляються на стадію окислення аміаку (рис. 1.2).

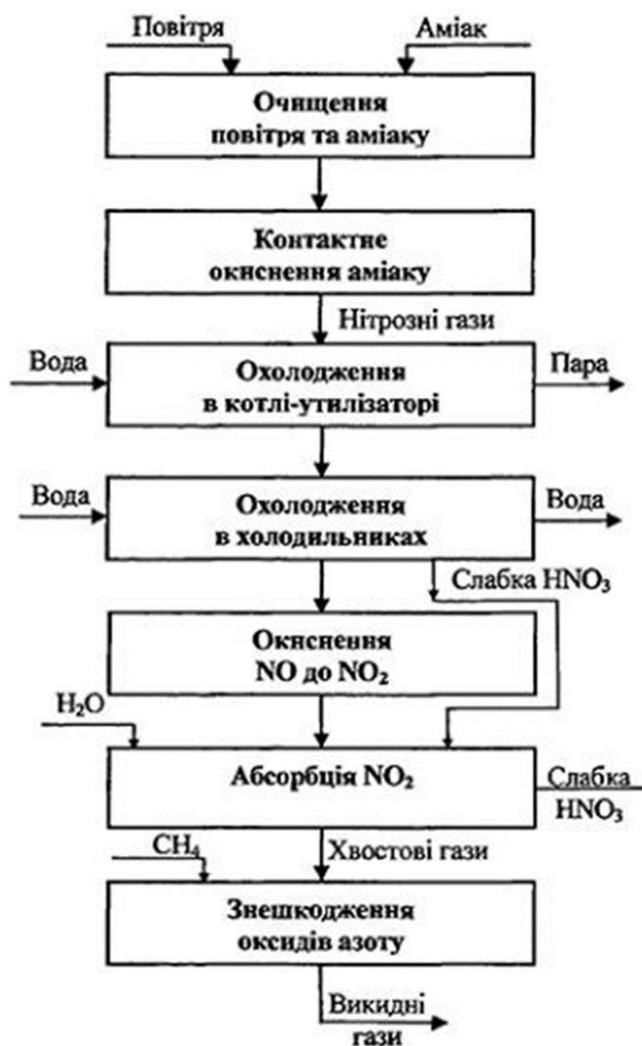


Рисунок 1.2 - Функціональна схема одержання неконцентрованої азотної
КИСЛОТИ

Розігріта за рахунок теплоти реакцій, газова суміш (нітрозні гази) охолоджується в котлу-утилізаторі з виробленням технологічного пару і холодильнику, де відбувається часткове окислення оксиду нітрогену (II) до оксиду нітрогену (IV). Подальше окислення його здійснюється одночасно з утворенням нітратної кислоти в процесі абсорбції оксиду нітрогену (IV) водою. Відхідні гази, що містять залишок оксиду нітрогену (IV), який не вступив в реакцію, очищають нейтралізацією розчином карбонату натрію, після чого викидають в атмосферу.

Платинові каталізатори вельми чутливі до каталітичним отрут, що містяться в аміаку і повітрі, які утворюють аміачна-повітряну суміш. Фосфористий водень викликає його необоротне, а ацетилен, сірководень і органічні сполуки сірки оборотне отруєння. Так як внаслідок цього активність каталізатора знижується, його періодично регенерують промиванням соляної або азотною кислотою. У процесі роботи поверхня каталізатора руйнується і частинки його несуться з потоком газу. Ерозія каталізатора тим більше, чим вище температура, тиск і об'ємна швидкість газу, що проходить через каталізатор. Для систем, що працюють під високим тиском, винесення каталізатора становить 0,3...0,4 г/т азотної кислоти.

Підвищення температури сприяє збільшенню швидкості реакцій і коефіцієнта дифузії аміаку в суміші і, тому, є найбільш ефективним засобом збільшення швидкості процесу, що протікає переважно в дифузній області.

Імовірність реакції окислення до оксиду нітрогену (II) з підвищенням температури зростає майже вдвічі, а реакції окислення до азоту майже не змінюється.

Підвищення тиску прискорює процес окислення аміаку за рахунок збільшення концентрації реагентів і продуктивності каталізатора, що дозволяє скоротити розміри апаратури. При цьому, однак, знижується вихід оксиду нітрогену (II) і збільшується ерозія і винесення каталізатора, що здорожує

продукцію. Так, якщо при атмосферному тиску (105 Па) винесення каталізатора не перевищує 0,05 г/т азотної кислоти, то при тиску 0,8 МПа він досягає 0,4 г/т.

Швидкість каталітичного окислення аміаку до оксиду нітрогену (II) досить висока. За десятитисячні частки секунди ступінь перетворення становить 0,97...0,98 дол. од. при атмосферному тиску і 0,98 - 0,96 при тиску 0,8...1,0 МПа.

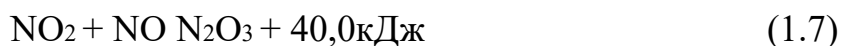
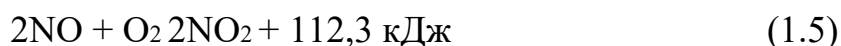
Час контактування залежить від природи каталізатора і становить: для платинових каталізаторів близько 10^{-4} ... 10^{-5} с, для окисних каталізаторів близько 10^{-2} с. Збільшення часу контактування, тобто зниження об'ємної швидкості АПС призводить до розвитку реакції окислення аміаку до елементарного азоту.

Оптимальний режим процесу на цій стадії повинен забезпечити селективність окислення аміаку, мінімальні втрати каталізатора внаслідок його винесення і авто-термічність процесу. Цим вимогам задовольняють наступні умови: температура 800 °С, тиск 0,1...1,0 МПа, молярне відношення $O_2: NH_3 = 1,8...2,0$, час контактування $1...2 \cdot 10^{-4}$ с.

Для дотримання цих умов вихідна АПС повинна мати склад: аміак 0,10...0,115 об. дол., кисень 0,18...0,19 об. дол., азот 0,70...0,72 об. дол.

При використанні АПС такого складу нітрозні гази, що виходять з контактного апарату, містять від 0,08 до 0,11 об. дол. оксиду нітрогену (II).

Нітрозні гази, отримані на стадії окислення аміаку, містять оксид нітрогену (II), азот, кисень і пари води. При окисленні оксиду нітрогену (II) в оксид нітрогену (IV) в цій системі протікають три паралельні реакції:



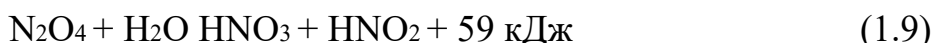
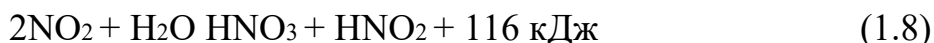
Всі ці реакції оборотні, протікають в гомогенній системі з виділенням тепла і зменшенням об'єму. Внаслідок цього зниження температури і підвищення тиску зрушує рівновагу вправо. При температурах нижче 100 °С рівновагу реакції і майже повністю зміщена в бік утворення оксиду нітрогену (IV). При підвищенні температури воно зсувається вліво і вище 700 °С утворення

оксиду нітрогену (IV) практично не відбувається. Так як нітрозні гази виходять з реактора при температурі близько 800 °С, в них оксид нітрогену практично відсутній. Для перетворення оксиду нітрогену (II) в оксид нітрогену (IV) гази необхідно охолодити нижче 100 °С. Зазвичай переробку нітрозних газів ведуть при 10...50 °С. У цих умовах частина оксиду (IV) димеризується в тетроксид N₂O₄. Ступінь димеризації його істотно залежить від температури.

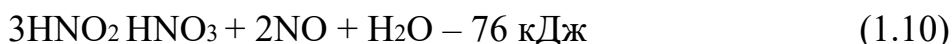
При температурі вище 150 °С рівновагу реакції (13,6) майже повністю зрушено вліво і тетроксид нітрогену в газі практично відсутній.

Таким чином, зниження температури і підвищення тиску в нітрозному газі сприяє окисленню оксиду нітрогену (II) в оксид нітрогену (IV) і димеризації останнього.

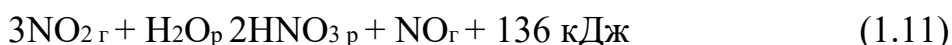
Всі оксиди нітрогену, що входять до складу нітрозних газів, нерозчинні у воді, але, за винятком оксиду нітрогену (II), взаємодіють з нею. Поглинання їх водою супроводжується хімічною реакцією хемосорбції, що протікає в системі «газ - рідина», і описується рівняннями:



і розпаду нестійкої азотистої кислоти за рівнянням:

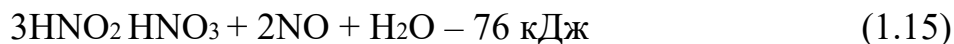
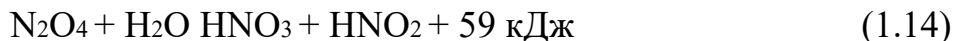
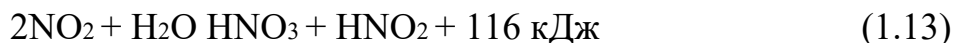


Підсумовуючи рівняння, одержуємо підсумкові рівняння поглинання оксидів нітрогену водою:



Механізм утворення нітратної кислоти при абсорбції оксиду нітрогену (IV) водою, а потім утворення водної нітратної кислоти, полягає в тому, що оксид нітрогену (IV) дифундує через прикордонний шар газу до поверхні рідини і абсорбується нею. При цьому оксид нітрогену (IV) реагує з водою (реакція 1) зі швидкістю, що перевищує швидкість дифузії і швидкість реакції розкладання

азотистої кислоти (реакція 3). Утворений оксид нітрогену (II) виділяється в газову фазу, де окислюється киснем до оксиду нітрогену (IV).



Стан системи «NO₂ - HNO₃ - H₂O» і, отже, концентрація одержуваної нітратної кислоти залежить від температури, тиску. При зниженні температури і концентрації кислоти і підвищення тиску ступінь абсорбції оксиду нітрогену (IV) водною нітратною кислотою зростає, при тому тим інтенсивніше, чим вище концентрація його в нітрозних газах. При атмосферному тиску і температурі 25 °С абсорбції оксиду азоту практично припиняється, коли концентрація кислоти досягне 0,65 масових часток (мас. час).

Таким чином, можливість отримання нітратної кислоти концентрацією більше 0,65 мас. час. об'єктивно обмежена температурою і тиском процесу абсорбції і вмістом оксиду нітрогену (IV) в нітрозних газах. У реальних умовах виробництва при температурі 40 °С, тиск 0,1 МПа і зниженні вмісту оксиду нітрогену внаслідок його поглинання з газу, концентрація одержуваної кислоти не перевищує 0,5 мас. час. Одержання нітратної кислоти більш високої концентрації вимагає іншої технології.

Вітчизняна технологічна схема виробництва розведеної азотної кислоти з двома ступенями тиску (комбінована схема) є найбільш сучасною. В її основу покладено замкнутий енерготехнологічний цикл з двоступеневою конверсією аміаку та охолодженням нітрозних газів (I стадія) під тиском 0,42 МПа і переробкою нітрозних газів (II стадія під тиском 0,108 Мпа). В цій схемі забезпечуються найбільш оптимальні умови кожної зі стадій виробництва - окислення аміаку та переробки нітрозних газів. В схемі передбачені:

- випуск продукції у вигляді 60 % - ної азотної кислоти;
- ретельне очищення аміаку і повітря;

- охолодження нітрозних газів з промиванням їх від нітриту і нітрату амонію;
- каталітичне очищення вихлопних газів;
- використання вторинних енергетичних ресурсів (теплоти - для підігріву вихлопних газів перед їх каталітичної очищенням та енергії стиснутих газів для приводів повітряного і нітрозного компресорів).

Атмосферне повітря, очищене від пилу у фільтрі 1, стискається до 0,42 МПа у повітряному компресорі 2 і ділиться на два потоки. Один подається в контактний апарат 3, інший через підігрівач аміаку 4 у продувну колону 5 (рис. 1.3).

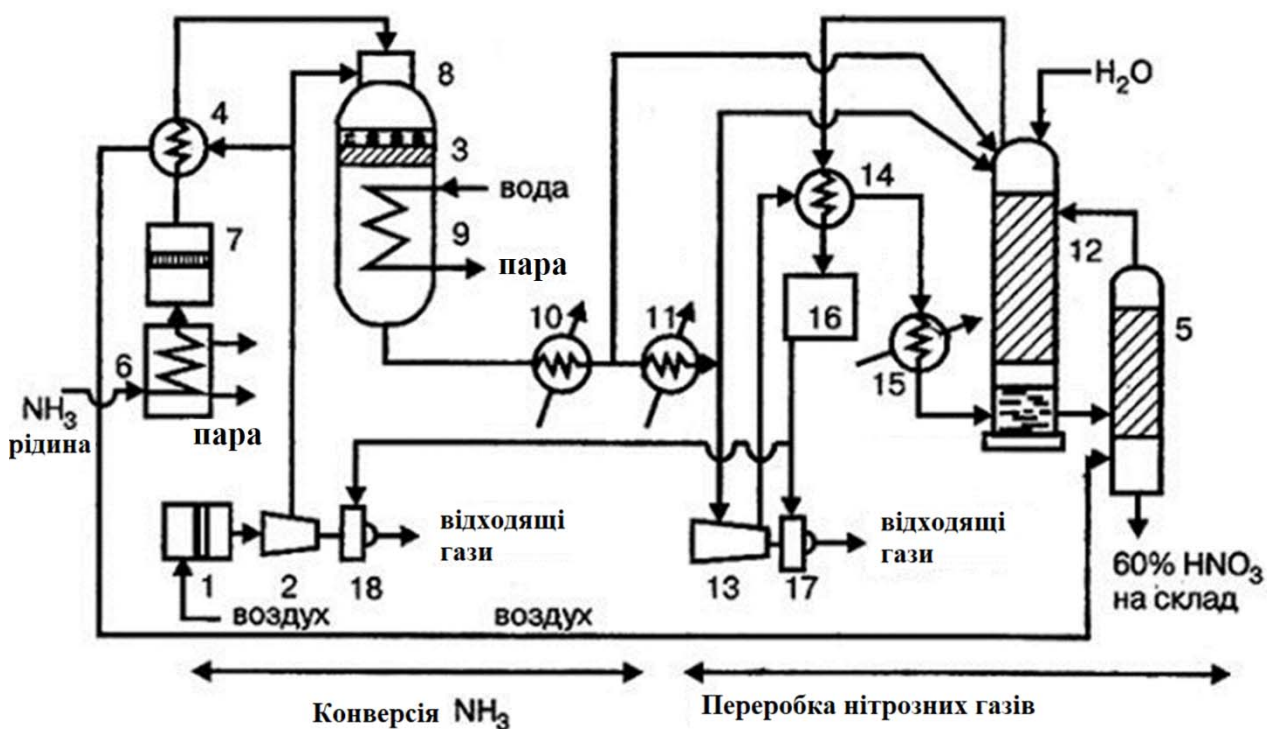


Рисунок 1.3 - Технологічна схема виробництва азотної кислоти.

Газоподібний аміак з випарника 6 очищається у фільтрі 7 і нагрівається в підігрівачі 4 гарячим повітрям до 80...120 °С.

Очищений аміак і повітря надходять в змішувальну камеру 8 контактного апарату 3. Новоутворена АПС, що містить близько 0,11 мас. час. аміаку, проходить тонке очищення в керамічному фільтрі, вбудованому в контактний апарат, і надходить на двоступінчастий каталізатор, який складається з

платиноїдних сіток і шару окисного каталізатора. Утворені нітрозні газу проходять котел-утилізатор 9, розміщений в нижній частині контактного апарата, і надходять послідовно спочатку в економайзер 10 і потім в холодильник 11, де охолоджуються до 55 °С. При охолодженні нітрозних газів відбувається конденсація парів води з утворенням нітратної кислоти різної концентрації, яка подається в абсорбційну колону 12. Нітрозні газу стискаються в нітрозних компресорі 13 до 0,108...0,11 МПа, розігріваючись при цьому до 230 °С, охолоджуються в холодильнику 14, що є одночасно підігрівачем відхідних газів, до 150 °С і холодильнику-конденсаторі 15 до 40...60 °С, після чого подаються в абсорбційній колону 12, в яку зверху надходить вода (паровий конденсат).

Новоутворена 58...60% - на кислота з нижньої частини колони направляється в продувну колону 5, де звільняється від розчинених у ній оксидів нітрогену, і звідти в сховище. Відхідні газу з абсорбційної колони, пройшовши підігрівач 14, надходять в систему каталітичної очистки 16, що складається з топки і каталітичного реактора. Очищені вихлопні газу з вмістом оксидів нітрогену не більше 0,008 % при температурі 750 °С направляються в рекупераційні турбіни 17 і 18, що забезпечують роботу повітряного 2 і нітрозного компресорів.

Контактний апарат в системі АК-72 циліндричної форми має діаметр 4 м і висоту 5,6 м. Стиснене повітря проходить по кільцевому зазору між внутрішнім корпусом реакційної частини апарату і зовнішнім корпусом і надходить у вбудований у верхню частину апарату змішувач, де змішується з аміаком. Новоутворена АПС проходить фільтр і направляється на каталізатор. У нижній частині апарата розташовані змійовики котла-утилізатора, в які надходять нітрозні газу після каталізатора.

1.3 Об'єкт керування

Процес виробництва азотної кислоти можна розділити на три основні частини: підготовка сировини (очищення повітря та аміаку), отримання нітрозних газів, виділення азотної кислоти у контактного апарату. Аналізуючи функції, які виконує кожен апарат даного процесу, а також їх вагомість, можна зробити висновок, що одним з основних на даному виробництві є котел-утилізатор який як правило, конструктивна об'єднаний з контактним апаратом. Для забезпечення відповідної якості кінцевого продукту існує потреба у створенні підсистеми автоматичного керування котлом-утилізатором [17].

1.3.2 Характеристика об'єкта керування

Опис конструкції контактного апарату та котла-утилізатора показано на кресленні загального виду 164.002.00.000 ВЗ, яке схематично показано на рис. 1.4.

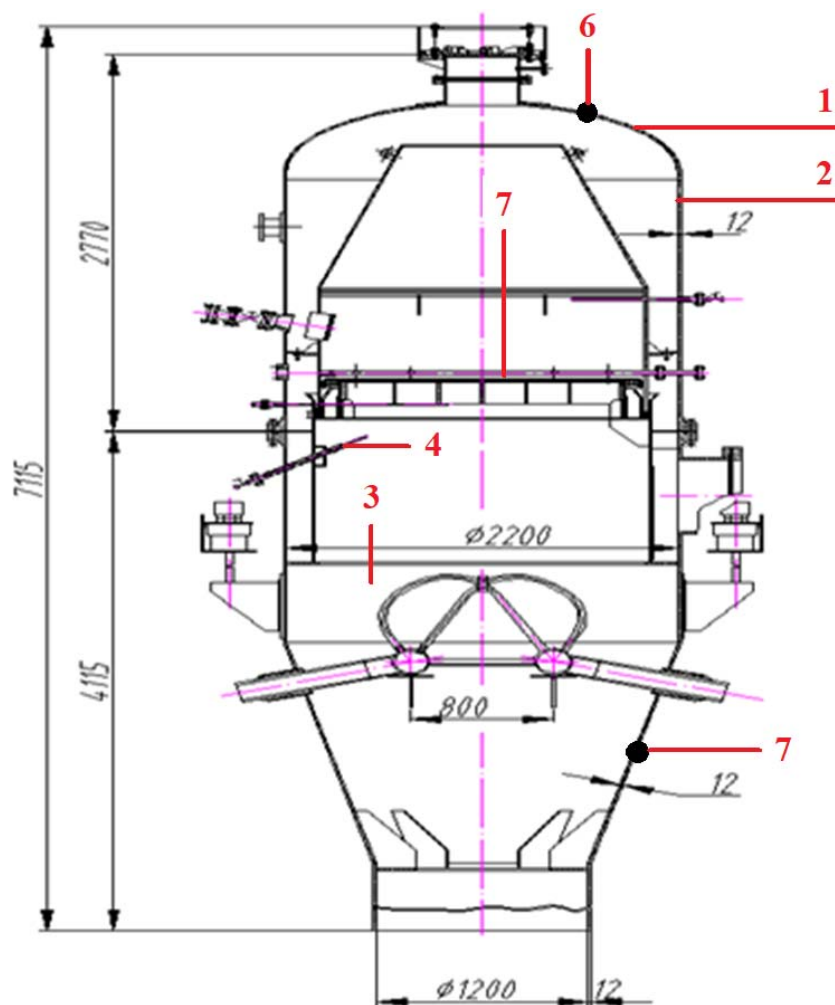


Рисунок 1.4 - Контактний апарат та котел-утилізатор

Контактний апарат є вертикальною циліндричною посудиною, яка складається зовні з двох основних частин:

- верхня частина 1 з зовні складається з еліптичного днища, яке встановлюється на циліндричну обичайку діаметром 2 200 мм;
- нижня частина 2 з зовні складається з конуса діаметром 1 200 / 2 200 мм переходить в циліндр діаметром 2200 мм, товщина стінки зовнішнього конуса і циліндра та еліптичного днища 12 мм, а у середині внутрішній частині 6 апарату встановлюється конус діаметром 880 / 1 820 мм, перехідний в циліндр діаметром 1 820 мм, товщина стінок внутрішнього конуса 5 мм і циліндра 6 мм.

В місці переходу внутрішнього конуса в циліндр розташовані газорозподільна колосникова решітки 7.

У нижній частині внутрішнього циліндра встановлена касети з дванадцятьма платиновими каталізаторними сітками. Касети с каталізаторними сітками установлені на решітці з концентричних кілець. Під ними на колосникових решітках розміщують шар керамічних кілець, укладених правильними рядами заввишки 200 мм. Цей шар кілець, з одного боку, частково уловлює платину, з іншої - стабілізує тепловий режим на каталізаторних сітках.

Над каталізаторними сітками розташований запальний пристрій.

Для рівномірного розподілу потоку нітрозних газів нижче касети з каталізаторними сітками на колосникових решітках встановлені «стакани» у кількості 72 шт.

В нижньому стакані передбачено 5...8 вікон діаметром 20...30 мм. Для виміру температури газів служить температури 4, розташований під кутом 120° .

У нижній частині контактного апарату вбудований пароперегрівач 3 котла-утилізатора, який служить для підігрівання аміачна-повітряної суміші теплотою, яка віддається нітрозними газами.

Проба для аналізу відбирається через чотири трубки які розташовані у верхній і в нижній частині апарату 6, 7.

Для візуального спостереження за напруженням сіток підчас запалення і за їх станом в процесі роботи апарату є чотири оглядові вікна 8, розташованих по колу апарату. У верхній частині зовнішнього конуса на штуцері між фланцями затиснута вварена пластина, для обслуговування якої є металевий майданчик. Верхня частина апарату ізолюється, товщина шару ізоляції 110 мм.

Нижня частина - циліндр діаметром 2 200 мм що переходить в конус, де розміщується пароперегрівач котла утилізатора. Стінки нижньої частини апарату футеровані цеглиною.

Контактний апарат встановлений безпосередньо на котлу-утилізаторі і кріпиться до нього за допомогою фланців.

Для захисту сіток контактного апарату від сплаву передбачено захисне блокування, яке відключає технологічну частину агрегату УКЛ при температурі

на каталізаторних сітках вище $950\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Контактний апарат призначений для окислення аміаку киснем повітря на платиновому каталізаторі з метою отримання нітрозних газів (рис. 1.5).

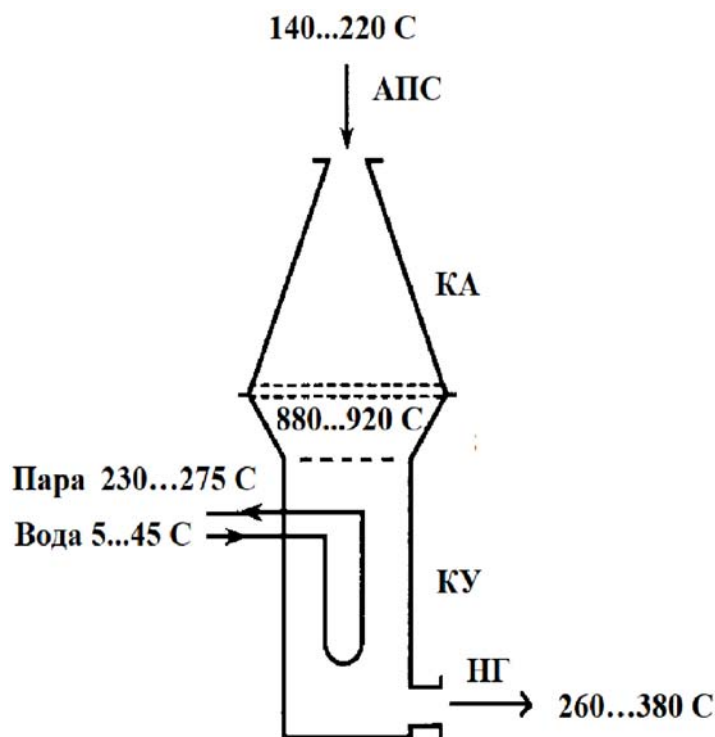


Рисунок 1.5 - Структура схема контактного апарату, котла-утилізатора

Принцип роботи контактного апарату КА: Очищена азотна-повітряна суміш, підігріта до температури $140\text{...}220\text{ }^{\circ}\text{C}$ з вмістом аміаку в АПС $9,0\text{...}11,7\%$ та лінійній швидкості АПС $0,6\text{...}10\text{ м/с}$, поступає через штуцер діаметром 600 мм потрапляє в середину апарату, огинаючи з боків, поступає зверху вниз в конусну частину контактного апарату, де послідовно проходячи газорозподільну решітку потрапляє на каталізаторні сітки напруженістю каталізатора - $0,1\text{...}0,15\text{ кг/ (м}^2\text{с)}$, при температурі процесу $880\text{...}920\text{ }^{\circ}\text{C}$ відбувається процес окислення аміаку с виділення теплоти.

Отримані нітрозні гази (НГ) послідовно проходять колосникову решітку, пароперегрівач і потрапляють через вихідний штуцер діаметром $1\ 200\text{ мм}$ в котел-утилізатор.

У котлу-утилізаторі за рахунок тепла нітрозних газів і охолодження їх до температури $260\text{...}380\text{ }^{\circ}\text{C}$ відбувається випар поживної води. Пара, що

утворилася, проходить пароперегрівач контактного апарату, і з тиском не більше 1,6 МПа (16 кгс/см²) і температурою 230...275 °С спрямовується в цеховий колектор.

Головною особливістю в модифікації будови контактного апарату від інших, пов'язана в зміні верхній частині апарату конуса на циліндр, що спростовує трудомісткий процес виготовлення апарату, також було замінено діаметр робочій частині сіток, розрахованих під потужність одного агрегату до 126 тис. т/рік.

Технічна характеристика апарату наведена відповідно до таблиці 1.11.

Таблиця 1.11 - Технічна характеристика контактного апарату

Найменування параметрів	Одиниці виміру	Корпус	На вході	На виході	Пара	У зоні каталізатора
Робочий тиск	кгс/см ²	8			16	7,3
Розрахунковий тиск	кгс/см ²	8			16	7,3
Робоча температура	°С		140...220	230...275	260...380	880...920
Місткість	м ³	18				
Основний матеріал	12Х18Н10Т					
Товщина стінки	мм					
1) Обичайка		12				
2) Обичайка		6				
3) Конус		5				
4) Обичайка		12				
5) Днище	12					
Пробний тиск випробування	кгс/см ²	13,1				
Характеристика робочого середовища	Аміачні - нітрозні газы, повітряна суміш, токсична, вибухонебезпечна					
Маса апарату	т	9,75				
Габарити	мм	2 900 x 7115				
Діаметр платинової сітки	мм	1820				
Маса платинових сіток	г	28 999,64				
Діаметр вхідного штуцера	мм	600				
Діаметр вихідного штуцера	мм	1 200				

1.3.2 Структура об'єкту керування

До складу структури підсистеми керування контактним апаратом та котлом-утилізатором згідно рисунку 1.5. входять наступні вхідні і вихідні сигнали.

Вхідні сигнали:

- датчик температури АПС на вході контактного апарата (140...220 °С);
- датчик температури НГ на виході контактного апарата / вході котла-утилізатора (880...920 °С);
- датчик температури перегрітої пари на виході котла-утилізатора (260...380 °С);
- датчик тиску перегрітої пари на виході котла-утилізатора (16 кгс/см²);
- датчик температури НГ на вході в апарата котла-утилізатора (230...275 °С);
- датчик тиску вході котла-утилізатора (16 кгс/см²);
- датчик витрат вході котла-утилізатора (24 м³/г);

Вихідні сигнали керування:

- електродвигун насосного агрегату для подачі на вхід в котел-утилізатор (32 кВт, ~380 В);
- електрозасувка водяна (0,35 кВт, ~220 В, керування положенням);
- електроклапан водяний (0,55 кВт, ~380 В).

1.3.3 Принцип функціонування об'єкту керування

У кваліфікаційній роботі, в якості об'єкту керування, обрано технологічне обладнання контактним апаратом та котлом-утилізатором.

Як було зазначено раніше що одним з основних на даному виробництві є котел-утилізатор, який як правило, конструктивна об'єднаний з контактним апаратом. Для забезпечення відповідної якості кінцевого продукту існує гостра потреба у створенні підсистеми автоматичного керування котлом-утилізатором.

Для досягнення цієї мети потрібно розв'язати низку задач: вивчити структуру та принципи роботи котла-утилізатора, виконати аналіз існуючих моделей, врахувати невизначеність моделі та оцінити результати.

Регулювання температури нітратних газів на виході котла-утилізатора здійснюється зміною витрати води, при цьому збуренням є температура води.

Оскільки за технологічною схемою перед котлом-утилізатором не передбачено розміщення теплообмінника для контролю температури аміаку, то температура буде відповідати температурі навколишнього середовища, що залежить від кліматичних погодних умов.

Введемо позначення $T_0(n)$ – температура аміаку на вході, що залежить від температури довкілля.

Враховуючи матеріальні та теплові баланси, отримаємо:

$$k_{ker} = \Theta_{1v}C_v - \Theta_{2v}C_v, \quad (1.16)$$

$$\Delta G_v(p) k_{ker} = \Delta \Theta_{2a}(p)(T_0(n)p+1)^2, \quad (1.17)$$

де k_{ker} – коефіцієнт передачі регулятора;

Θ_{1v} , Θ_{2v} – температура води на вході та виході котла-утилізатора відповідно;

C_v – теплоємність води;

Θ_{2a} – температура аміаку на виході котла-утилізатора.

Передавальна функція каналу керування «витрата води – температура охолодженого аміаку» має вигляд.

$$W_{ker}(p) = k_{ker}/(T(n)p+1)^2 \quad (1.18)$$

Таким чином у кваліфікаційній роботі слід провести ідентифікацію об'єкта керування, щоб отримати числові значення для його моделі.

1.4 Структура системи керування

Роботою котлом-утилізатором керує автоматичний регулюючий прилад.

Після каталізатору АПС з температурою (880...920 °С потрапляє в прямотечійний котел утилізатор, де по змійовику протікає вода, яка, нагріваючись, перетворюється в пароводяну емульсію, що розділяється в сепараторі на пару та воду. Пара із сепаратора через змійовик- перегрівник у верхній частині котла надходить до заводської системи. Температура пари перегрітої може сягати 450°С, тиск 16 МПа. За такої системи охолодження нітрозних газів їх температура знижується до 230...275°С.

1.5 Формулювання задачі дослідження

У кваліфікаційній роботі будуть розглядатися питання по створенню підсистеми керування котлом-утилізатором по каналу керування – «витрати води – перегріта пара» з метою охолодження нітрозних газів.

Підсистема керування має відповідати вимогам технологічного процесу, наведеного раніше при його огляді.

1.6 Висновки за розділом

Головною метою роботи є розробка моделі котла-утилізатора регульованого по температурі перегрітої пари в залежності від витрати води для стабілізації температури нітрозних газів з котла утилізатора.

Отримана модель може бути використана при синтезі системи керування котлом-утилізатором.

Актуальність роботи пояснюється необхідністю модернізації систем керування, які використовуються на підприємстві кінця минулого століття, та вже встали морально та фізично застарілими, та не мають можливості фіксації та збереження параметрів роботи технологічного обладнання.

2 РОЗРОБКА АПАРАТНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ

2.1 Розробка структурної схеми підсистеми керування

У кваліфікаційній роботі, в якості об'єкту керування, обрано технологічне обладнання - контактний апарат з котлом-утилізатором.

До складу структури підсистема керування входять наступні сигнали.

Вхідні сигнали:

- датчик температури АПС на вході контактного апарата (140...220 °С);
- датчик температури НГ на виході контактного апарата / вході котла-утилізатора (880...920 °С);
- датчик температури перегрітої пари на виході котла-утилізатора (260...380 °С);
- датчик тиску перегрітої пари на виході котла-утилізатора (16 кгс/см²);
- датчик температури НГ на виході в апарата котла-утилізатора (230...275 °С);
- датчик тиску вході котла-утилізатора (16 кгс/см²);
- датчик витрат вході котла-утилізатора (24 м³/г);

Вихідні сигнали керування:

- електродвигун насосного агрегату для подачі на вхід в котел-утилізатор (32 кВт, ~380 В);
- електрозасувка водяна (0,35 кВт, ~220 В, керування положенням);
- електрочлапан водяний (0,55 кВт, ~380 В).

Роботою об'єкту керує програмований логічний контролер (рис. 2.1.).

Принцип роботи контактного апарату КА: Очищена азотна-повітряна суміш, підігріта до температури 140...220 °С з вмістом аміаку в АПС 9,0...11,7% та лінійній швидкості АПС 0,6...10 м/с потрапляє в середину апарата - в конусну частину контактного апарату, де послідовно проходячи газорозподільну решітку потрапляє на каталізаторні сітки і при температурі процесу 880...920 °С

відбувається процес окислення аміаку з виділенням теплоти.

Отримані нітрозні гази послідовно проходять колосникову решітку, пароперегрівач і потрапляють в котел-утилізатор.

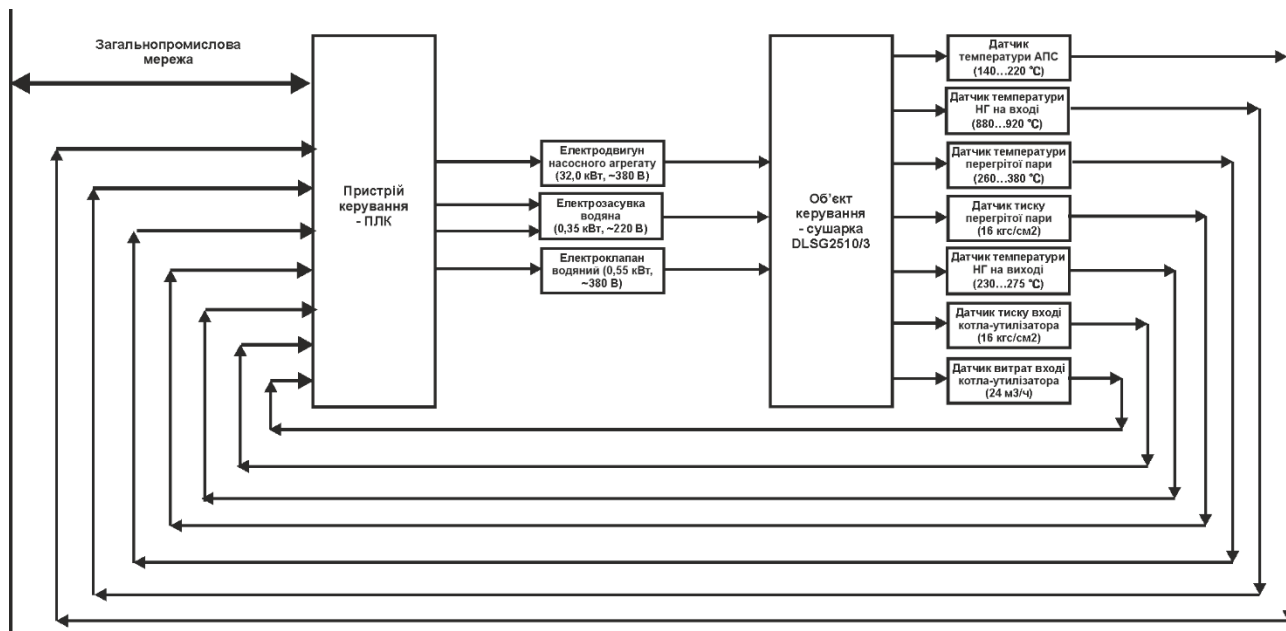


Рисунок 2.1 – Структурна схема підсистеми керування

У котлу-утилізаторі за рахунок тепла нітрозних газів і охолодження їх до температури 260...380 °C відбувається випар поживної води. Пара, що утворилася, проходить пароперегрівач контактного апарату, і з тиском не більше 1,6 МПа (16 кгс/см²) і температурою 230...275 °C спрямовується в цеховий колектор.

2.2 Розробка структурної схеми інформаційних потоків

Виходячи з вимог до підсистеми керування контактним апаратом та котлом-утилізатором відповідає класичним вимогам до підсистем автоматизованого керування технологічним обладнанням. До неї входять пристрої збору інформації (датчики температури, тиску та витрат), еталони стану обладнання (максимальна температура нітратних газів, тиску перегрітого пару), система автоматичного контролю стану обладнання, програма керування, яка повинна реалізувати формування керуючих впливів для підтримки температури НГ на виході з котла-утилізатора на заданому рівні, протиаварійний

захист, блок переводу до ручного режиму керування, та виконавчі пристрої - електродвигуни насосного агрегату для подачі води, електрозасувки водяної, електроклапана водяного.

Розроблена структурна схема інформаційних потоків наведена на рисунку 2.2.



Рисунок 2.2 – Структурна схема інформаційних потоків

Таким чином, згідно з вимогами, підсистема що розробляється представляє собою апаратно програмний комплекс, до якого входять датчики температури, тиску і витрати, об'єкт керування, пристрій керування, в якості котрого згідно з вимогами повинен виступати програмований логічний контролер, електродвигуни насосного агрегату для подачі води, електрозасувки водяної, електроклапана водяного.

2.3 Вибір апаратного забезпечення підсистеми керування

2.3.1 Вибір датчиків

Головною задачею підсистеми, що розробляється є керування контактним апаратом та котлом-утилізатором.

Для контролю температур у різних зонах контактного апарату та котлу-утилізатора необхідно мати датчик температури на відповідні номінальні діапазони, крім того датчики повинні мати стандартний струмовий інтерфейс для підключення до програмованого логічного контролера.

Виходячи з цього, для вимірювання температури обрано тип датчику Т.ХА–420 - датчики температури для рідких і сипучих середовищ [18]. Датчики мають чутливий елемент хромель-алюмель, датчики випускають на наступні діапазони вимірюваних температур 0...+300°C; 0...+500°C; 0...+1000°C, з вбудованим перетворювачем температури до стандартного струмового сигналу 4÷20 мА (рис. 2.3). Технічні характеристики датчика наведені в табл. 2.1.



Рисунок 2.3 – Датчик температури Т.ХА–420

Таблиця 2.1 – Технічні характеристики датчика температури Т.ХА–420

№	Найменування параметра	Значення
1	Тип	хромель-алюмель
2	Клас допуску	1
3	Точність, %	0,5
4	Діапазон вихідного сигналу, мА	4...20
5	Напруга живлення, В	12...36
6	Потужність споживання, Вт	1

Таким чином обрано наступні модифікації датчиків за діапазонами вимірювання:

- датчик температури АПС на вході контактного апарата 0...+300 °С;
- датчик температури НГ на виході контактного апарата / вході котла-утилізатора 0...+1000 °С;
- датчик температури перегрітої пари на виході котла-утилізатора 0...+500 °С;
- датчик температури НГ на вході в апарата котла-утилізатора 0...+300 °С;

Для контролю тиску перегрітої пари на виході котла-утилізатора та тиску води на вході котла-утилізатора обрано датчик типу MBS 1700 Danfoss з

вихідним сигналом 4...20 мА, та діапазон вимірювання 0...20 кгс/см² (рис. 2.4) [19].



Рисунок 2.4 – Датчик тиску MBS 1700 Danfoss

Таблиця 2.2 – Технічні характеристики датчика тиску MBS 1700 Danfoss

№	Найменування параметра	Значення
1	Тип вимірювання	відносний тиск
2	Діапазон вимірювання	0...20 кгс/см ²
	Робоча середа	газ, рідина
3	Точність, %	0,5
4	Діапазон вихідного сигналу, мА	4...20
5	Напруга живлення, В	9...32
6	Потужність споживання, Вт	1

В якості датчик витрат води для котла-утилізатора використаємо вихровий витратомір типу digitalYEWFLOW 80/30-300 (виробник YOKOGAWA) - інтелектуальні датчик, який вимірює потік. Типовим застосуванням цієї моделі інтегрального виконання є вимірювання швидкості потоку маси (миттєвої і загальної) рідини (рис. 2.4) [20].



Рисунок 2.3 – Датчик витрат digitalYEWFLOW 80/30-300

Таблиця 2.3 – Технічні характеристики датчика витрат digitalYEWFL0 80/30-300

№	Найменування параметра	Значення
1	Тип вимірювання	вихровий
2	Діапазон вимірювання	0...30 м ³ /Г
	Робоча середа	газ, рідина
3	Точність, %	0,75
4	Діапазон вихідного сигналу, мА	4...20
5	Напруга живлення, В	24
6	Потужність споживання, Вт	16

На підставі обраних датчиків та їх технічних характеристик складена табл. 2.4.

Таблиця 2.4 – Датчики

№	Назва параметру	Принцип дії	Тип	Діапазон змінення	Точність	Значення виходу	Період оновлення	Напруга живлення	Потужність споживання
1	Температура АПС	Термоелектричний перетворювач	Аналоговий	0...300°C	±0.5 %	4...20 мА	0.1 с	12...36 В	1 Вт
2	Температура НГ на вході	Термоелектричний перетворювач	Аналоговий	0...1000° С	±0.5 %	4...20 мА	0.1 с	12...36 В	1 Вт
3	Температура НГ на виході	Термоелектричний перетворювач	Аналоговий	0...300°C	±0.5 %	4...20 мА	0.1 с	12...36 В	1 Вт
4	Температура перегрітої пари	Термоелектричний перетворювач	Аналоговий	0...300°C	±0.5 %	4...20 мА	0.1 с	12...36 В	1 Вт
5	Тиск перегрітої пари	П'єзоелектричний перетворювач	Аналоговий	0...20 кг/см ²	±0.5 %	4...20 мА	0.1 с	9...36 В	1 Вт
6	Датчик витрат вході котла-утилізатора	Вихровий вимірювач	Аналоговий	0...30 м ³ /Г	±0.75 %	4...20 мА	0.1 с	24 В	16 Вт

2.3.2 Вибір виконавчих пристроїв

Насосний агрегат для подачі на вхід в котел-утилізатор виконано за допомогою висока-напірного шнекового, високої продуктивного насосу з нержавіючої сталі типу ЦНСК-20/200 (рис. 2.4) [22].

Насос, в залежності від експлуатаційних вимог, може бути укомплектований як електромотором загальнопромислового, так і вибухозахищеного виконання. Насос успішно перекачує всілякі харчові або хімічні рідини в'язкістю до 250 мПа·с і температурою в діапазоні від -20 до + 110. Включаючи такі рідини, як вода, розчини кислот, харчові рідини, сольові розчини, морська вода і т. д. (табл. 2.4)



Рисунок 2.5 – Насосний агрегат ЦНСК-20/200

Таблиця 2.5 – Технічні характеристики насосного агрегату ЦНСК-20/200

Найменування параметра	Значення
Тип	шнековий
Напруга живлення, В	~380 В
Потужність, кВт	32,0
Частота, Гц	50
Продуктивність, м ³ /год	200
Напір, бар	20

Засувка поворотна типу Батерфляй VITECH з електроприводом BELIMO Ду80 представлена на рисунку 2.4, а технічні параметри у таблиці 2.4 [22].



Рисунок 2.6 – Засувка поворотна типу Батерфляй VITECH з електроприводом BELIMO Ду80

Таблиця 2.6 – Технічні характеристики засувки поворотної типу Батерфляй VITECH з електроприводом BELIMO Ду80

Найменування параметра	Значення
Тип	шнековий
Напруга живлення, В	~220 В
Потужність, кВт	0,35 кВт
Діаметр, Ду	80
Час відкриття закриття, с	10

В системі керування використовується електромагнітний клапан водяний GAMA GF-80F DN 80 фланцевий 16 бар NBR (рис. 2.7, табл. 2.7).



Рисунок 2.7 – Електромагнітний клапан GAMA GF-80F DN 80 фланцевий 16 бар NBR

Таблиця 2.7 – Електромагнітний клапан GAMA GF-80F DN 80 фланцевий 16 бар NBR

Найменування параметра	Значення
Тип	NBR
Напруга живлення, В	~220 В
Потужність, кВт	0,55 кВт
Діаметр, Ду	80
Час відкриття закриття, мс	20

Для керування електродвигуном насосного агрегату ЦНСК-20/200 (32,0 кВт, ~380 В), засувкою поворотною BELIMO Ду80 (0,35 кВт, ~220 В), та електромагнітним клапаном GAMA GF-80F DN 80 фланцевий 16 бар NBR (0,55 кВт, ~220 В), де використовується дискретне керуванням - використаємо трифазне твердотільне реле змінного струму Jotta SSR 10DA / 25DA / 40DA / 60DA, 480 В змінного струму, з керуванням 0...24 В постійної напруги, яке будемо використовувати у дискретному режимі керування [23]. У нашому випадку для керування всіма вищеперерахованими виконавчими пристроями застосуємо один тип трифазного твердотільного реле Jotta SSR 60DA (з метою уніфікації комплектуючих).



Рисунок 2.7 – Трифазне твердотільне реле Jotta SSR 40DA (3x~380 В, 0...24 В)

Електродвигуном засувка поворотна типу Батерфляй VITECH з електроприводом BELIMO Ду80 (0,35 кВт, ~380 В), управляє вбудований контролер з вхідним сигналом керування положенням засувки 4...20 мА.

На підставі наведеного вище для виконавчих пристроїв, та їх технічних характеристик складена табл. 2.7.

Таблиця 2.7 – Виконавчих пристроїв

№	Назва параметру	Принцип дії	Тип	Діапазон змінення	Лінійність	Значення входу	Період оновлення	Напруга живлення	Потужність споживання
1	Насосний агрегат ЦНСК-20/200 (32,0 кВт, ~380 В)	Твердотільне реле	Дискретний	вимк./вкл..	Не лінійний	0, 24 В	0,1 с	24 В	1,0 Вт
2	Засувка поворотна BELIMO Ду80 (0,35 кВт, ~220 В)	Вбудована система керування та Твердотільне реле	Аналоговий та дискретний	0...100%, 0, 100%	Лінійний Є не лінійний	4...20 мА, 0, 24 В	0,1 с	24 В	1,0 Вт
3	Електромагнітний клапан GAMA GF-80F DN 80 (0,55 кВт, ~380 В)	Твердотільне реле	Дискретний	вимк./вкл..	Не лінійний	0, 24 В	0,1 с	24 В	1,0 Вт

2.3.3 Вибір пристроїв керування

Відповідно вимогам до підсистеми керування контактним апаратом та котлом-утилізатором, що розробляється, в якості пристрою керування, треба використовуватися програмований логічний контролер компанії VIPA. Цикл роботи контролера повинен бути не більше 100 мс, для забезпечення реакції на змінення температури. Крім того контролер повинен мати не менш 1 кбайт вільної робочої пам'яті для реалізації програми керування.

Контролер повинен мати модульну структуру, що забезпечить підключення тільки обраного обладнання, та забезпечить легке розширення подальшого функціоналу.

Так як підсистема керування повинна інтегруватися у систему керування технологічним обладнанням АСУ ТП, то бажано мати інтерфейс RS-485 (як один з найбільш розповсюджених).

Наведеним вимогам відповідає програмований логічний контролер VIPA 214-2BS33. Контролер має час арифметичної операції над речовим числом

40 мкс, об'єм пам'яті програм 144 кбайт, об'єм робочої пам'яті 96 кбайт та інтерфейс RS-485 (рис. 2.8). Технічні характеристики контролеру наведені в табл. 2.8.



Рисунок 2.8 – Програмований логічний контролер VIPA 214-2BS33

Таблиця 2.8 – Технічні характеристики програмованого логічного контролеру VIPA 214-2BS33

№	Найменування параметра	Значення
1	Тип	CPU 214SER
2	Пам'ять, кбайт	144
3	Робоча пам'ять, кбайт	96
4	Максимальна кількість модулів, штук	32
5	Час виконання команди над бітом, мкс	0,18
6	Час виконання команди над байтом, мкс	0,78
7	Час виконання команди над словом, мкс	1,8
8	Час виконання команди над двійним словом, мкс	40,0
9	RS-485 інтерфейс	Присутній
10	Напруга живлення, В	24
11	Споживана потужність, Вт	5,0

Усі шість датчиків системи керування (температура АПС, температура НГ на вході, температура НГ на виході, температура перегрітої пари, тиску перегрітої пари, витрат води вході котла-утилізатора) мають стандартний струмовий сигнал 4...20 мА. Для підключення датчиків температури обрано два модулі аналогового вводу VIPA 231-1BD40, кожний з яких має по чотири аналогові входи (рис. 2.9). Технічні характеристики модуля наведені в табл. 2.9.



Рисунок 2.9 – Модуль аналогового вводу VIPA 231-1BD40

Таблиця 2.9 – Технічні характеристики модуля аналогового вводу VIPA 231-1BD40

№	Найменування параметра	Значення
1	Тип	SM 231, ECO
2	Кількість каналів	4
3	Тип каналу	Аналоговий
4	Діапазон вхідного сигналу, мА	4...20
5	Довжина екранованого провідника, м	200
6	Споживана потужність, Вт	0,6

Приклад схеми підключення датчика температури до модуля аналогового вводу наведена на рис. 2.10.

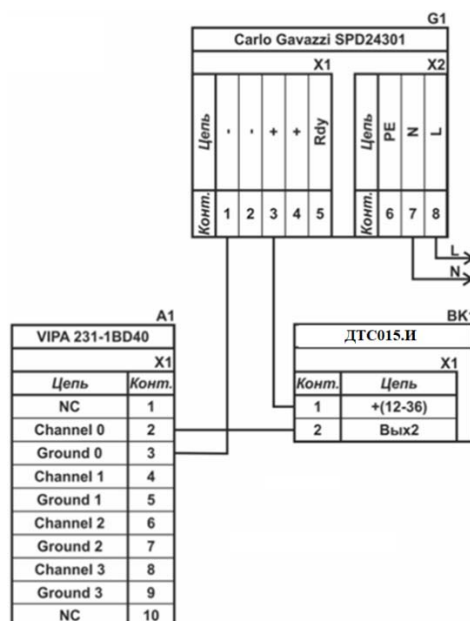


Рисунок 2.10 – Схема підключення аналогового датчика

Відповідно до схеми підключення модуль має чотири незалежні канали, к кожному з яких може бути підключено джерело струму. До позитивного входу

датчика підключається позитивний вихід джерела напруги. Вихід датчика, який виступає в якості джерела струму, підключається до відповідного каналу модуля аналогового вводу 2, 4, 6, 8. Земляний вихід модуля аналогового вводу 3, 5, 7, 9 підключається до земляного контакту джерела напруги.

Входи керування насосним агрегатом, підключення засувки, електромагнітним клапаном є дискретними та відкриваються напругою +24 В. Для підключення цих пристроїв обрано модуль дискретного вводу VIPA 222-1BF00 (рис. 2.11). Технічні характеристики модуля наведені в таблиці 2.10.



Рисунок 2.11 – Модуль дискретного виводу VIPA 222-1BF00

Таблиця 2.10 – Технічні характеристики модуля дискретного виводу VIPA 222-1BF40

№	Найменування параметра	Значення
1	Тип	SM 222
2	Кількість каналів	8
3	Тип каналу	Дискретний
4	Діапазон вихідного сигналу, В	0...24
5	Максимальний струм вихідного сигналу, А	1
6	Довжина екранованого провідника, м	600
7	Споживана потужність, Вт	2,0

Схема підключення цих виконавчих пристроїв підключені до модуля дискретного виводу наведена на рис. 2.12. Відповідно до схеми підключення модуль має вісім незалежних каналів, кожний з яких може бути використаний для керування дискретним виконавчим пристроєм з напругою +24 В. Блок живлення підключено до 1 та 10 входів модуля. Відповідний вихід модуля 2 підключено до входу керування насосним агрегатом. Земляний вихід насосного

агрегату підключено до земляного входу блока живлення. Аналогічно підключено електроприводу засувки, але відповідно до виходу модуля 3.

Входи керування електромагнітним клапаном підключаються за аналогією з попередніми двома пристроями, відповідно до виводів 4 та 5 модуля VIPA 222-1BF00.

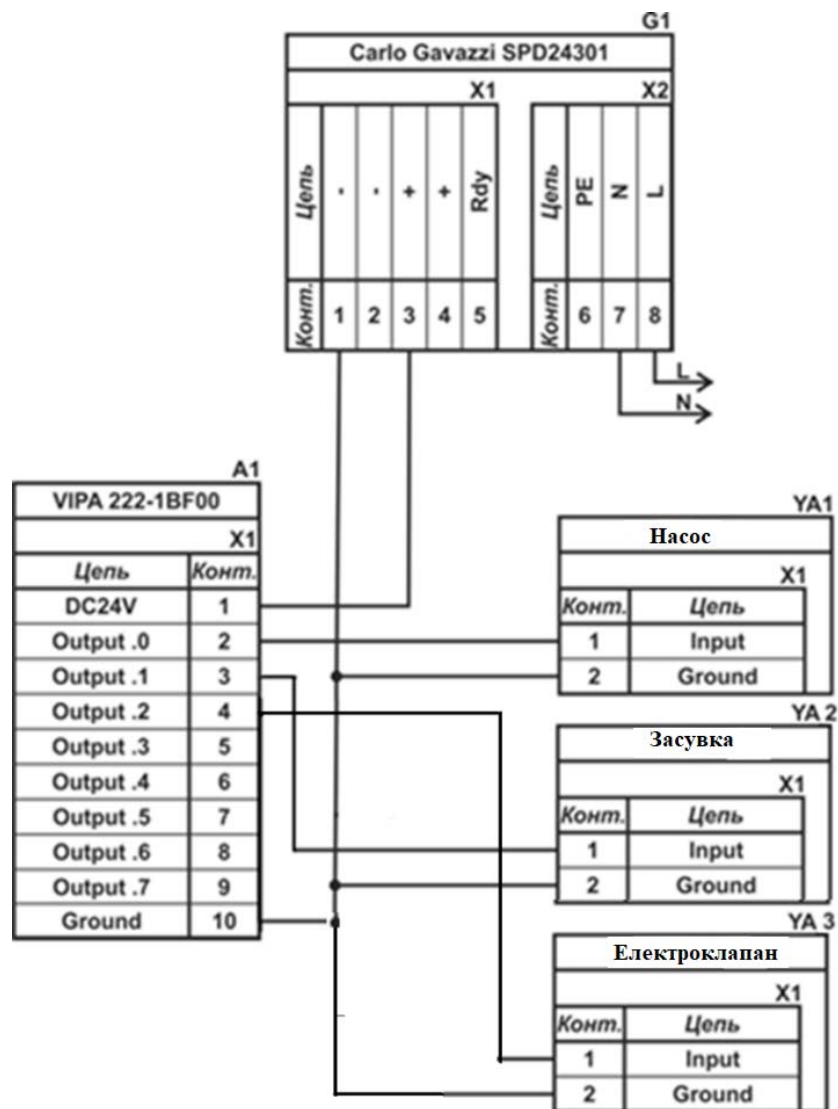


Рисунок 2.11 – Схема дискретних пристроїв керування

Для підключення до програмованого логічного контролеру входу керування положенням засувки потрібен один канал аналогового виводу з діапазоном аналогового сигналу 4...20 мА.



Рисунок 2.12 – Модуль аналогового вводу VIPA 232-1BD40

Таблиця 2.11 – Технічні характеристики модуля аналогового вводу VIPA 232-1BD40

№	Найменування параметра	Значення
1	Тип	SM 231, ECO
2	Кількість каналів	4
3	Тип каналу	Аналоговий
4	Діапазон вихідного сигналу, мА	4...20
5	Довжина екранованого провідника, м	200
6	Споживана потужність, Вт	2,0

Схема підключення одного з частотного перетворювача до модулів дискретного виводу та аналогового вводу наведена на рис. 2.13.

Згідно з вимогами до підсистеми керування між пристроєм керування в якості котрого виступає програмований логічний контролер та пультом оператора в якості якого виступає персональний комп'ютер повинна бути організована мережа за допомогою інтерфейсу RS-485. Обраний програмований логічний контролер VIPA 214-2BS33 має інтерфейс RS-485. Схема підключення персонального комп'ютеру до програмованого логічного контролеру наведена на рисунку 2.14.

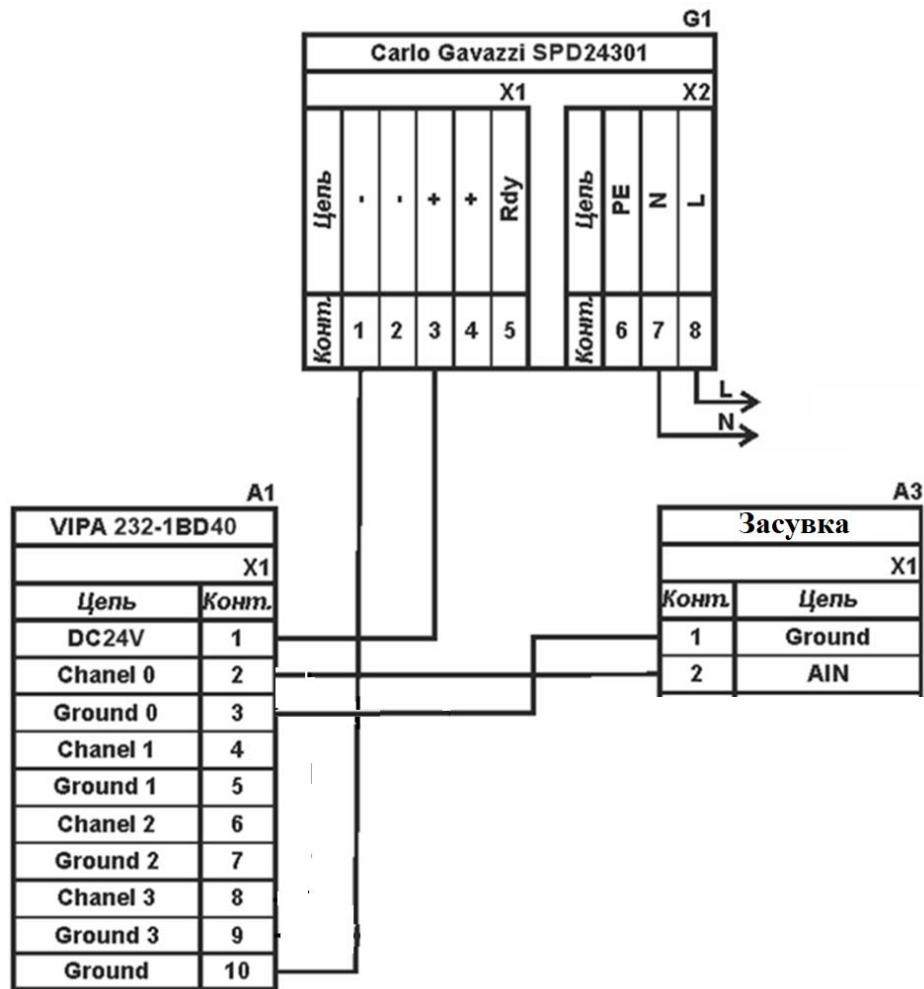


Рисунок 2.13 – Схема підключення модуля до входів керування засувки

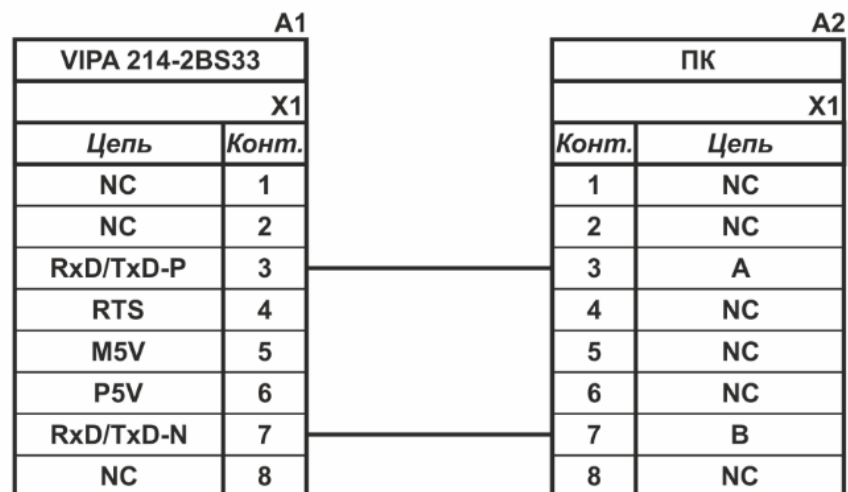


Рисунок 2.14 – Схема підключення по інтерфейсу RS-485

На підставі обраного програмованого логічного контролера та його модулів складена таблиця 2.13.

Таблиця 2.13 – Пристрій керування та його модулі

№	Назва модуля	Пристрій	Напруга живлення	Потужність споживання
1	VIPA 214-2BS33	Центральний процесорний модуль	24 В	5.00 Вт
		Зв'язок з АСУ ТП		
2	VIPA 231-1BD40	Модуль аналогового вводу	24 В	0,6 Вт
		Температура АПС	24 В	1,0 Вт
		Температура НГ на вході	24 В	1,0 Вт
		Температура НГ на виході	24 В	1,0 Вт
		Температура перегрітої пари	24 В	1,0 Вт
3	VIPA 231-1BD40	Модуль аналогового вводу	24 В	2,0 Вт
		Тиск перегрітої пари	24 В	1,0 Вт
		Витрати води на вході котла-утилізатора	24 В	1,0 Вт
4	VIPA 222-1BF00	Модуль дискретного виводу	24 В	2,0 Вт
		Насосний агрегат	24 В	1,0 Вт
		Засувка поворотна	24 В	1,0 Вт
		Електромагнітний клапан	24 В	1,0 Вт
5	VIPA 232-1BD40	Модуль аналогового виводу	24 В	2,0 Вт
		Керування положенням засувки поворотної	-	-

2.3.4 Вибір джерел живлення

Програмований логічний контролер та його модулі мають напругу живлення +24 В. Загальна потужність споживання програмованого логічного контролера та його модулів:

$$P = 5,0 + 0,6 + 0,6 + 2,0 + 2,0 = 10,2 \text{ Вт.} \quad (2.1)$$

Виходячи з потужності споживання контролеру та його модулів у якості джерела живлення обрано блок живлення SPD24301 з вихідною напругою +24 В та потужністю 30 Вт (рис. 2.15). Технічні характеристики блока живлення наведені в табл. 2.14.



Рисунок 2.15 – Блок живлення Carlo Gavazzi SPD24301

Таблиця 2.14 – Технічні характеристики блока живлення Carlo Gavazzi SPD24301

№	Найменування параметра	Значення
1	Напруга живлення, В	~85...~264
2	Вихідна напруга, В	24
3	Потужність, Вт	30
4	Максимальний вихідний струм, А	1,25

Схему підключення програмованого логічного контролера до блока живлення наведено на рисунку 2.16.

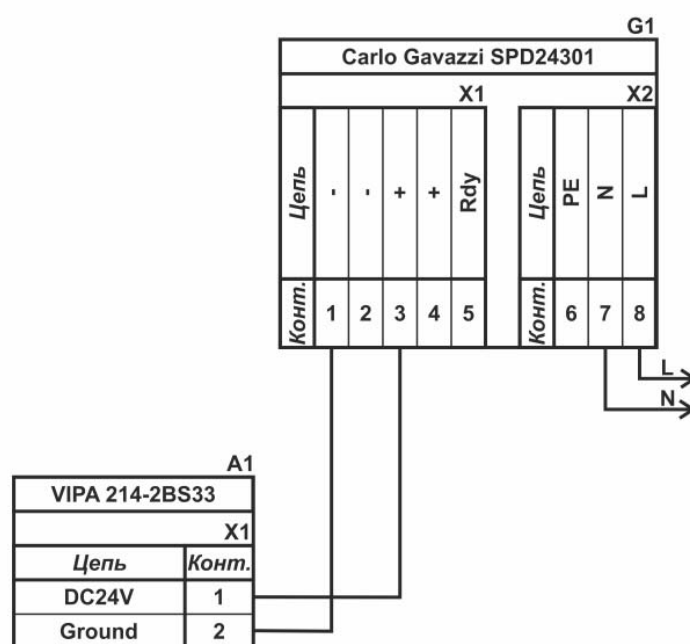


Рисунок 2.16 – Схема підключення програмованого логічного до блока живлення

Виконавши аналіз обраного обладнання можливо зробити вивід, що зовнішній блок живлення потрібен для датчиків температури та трифазних твердотільних реле, частотного перетворювача, які мають напругу живлення +24 В та потужність споживання:

$$P = 5 * 1,0 + 1 * 16,0 + 3 * 1,0 = 24,0 \text{ Вт.} \quad (2.2)$$

Виходячи з потужності споживання датчиків та виконавчого пристрою у якості джерела живлення обрано блок живлення такий самий як і для

програмованого логічного контролера SPD24301 з вихідною напругою +24 В та потужністю 30 Вт.

2.4 Розробка функціональної схеми автоматизації

Виходячи з вимог до підсистеми керування комбінованим технологічним обладнанням - контактним апаратом та котлом-утилізатором, функціональна схема автоматизації якого наведена на рис. 2.17.

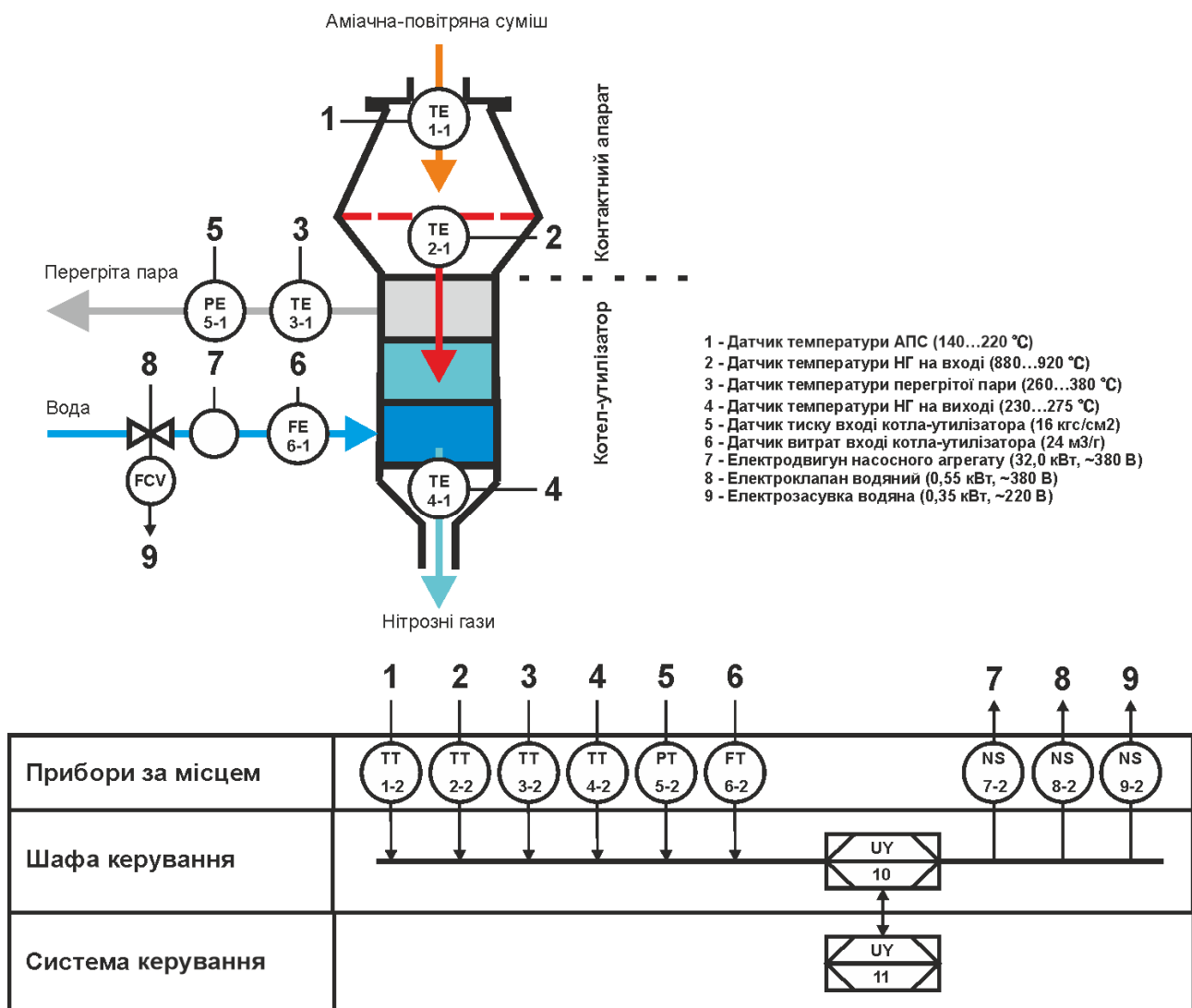


Рисунок 2.16 – Функціональна схема автоматизації підсистеми керування комбінованим технологічним обладнанням - контактним апаратом та котлом-утилізатором

У якості пристрою керування комбінованим технологічним обладнанням - контактним апаратом та котлом-утилізатором використовується

програмований логічний контролер (UY 10) – VIPA 214-2BS33. Програмований логічний контролер в складі підсистеми керування підключено до технологічного обладнання АСУ ТП виробництва азотної кислоти, за що відповідає контролер більш високого рівня (UY 11), зв'язок між ними реалізовано за допомогою інтерфейсу RS-485.

Поточна температура АПС вимірюється за допомогою датчика температури (ТЕ 1-1 - Т.ХА–420 300), виміряне значення за допомогою вбудованого до датчика перетворювача (ТТ 1-2 – Т.ХА–420 300) і трансформується в стандартний струмовий сигнал 4...20 мА.

Поточна температура НГ на вході у котел утилізатор вимірюється за допомогою відповідного датчика температури (ТЕ 2-1 - Т.ХА–420 1000), виміряне значення за допомогою вбудованого до датчика перетворювача (ТТ 2-2, Т.ХА–420 1000) і трансформується в стандартний струмовий сигнал 4...20 мА.

Поточна температура перегрітої пари на виході води з котла утилізатора вимірюється за допомогою відповідного датчика температури (ТЕ 3-1 - Т.ХА–420 500), виміряне значення за допомогою вбудованого до датчика перетворювача (ТТ 2-2, Т.ХА–420 500) і трансформується в стандартний струмовий сигнал 4...20 мА.

Поточна температура НГ на виході з котла утилізатора вимірюється за допомогою відповідного датчика температури (ТТ 4-1 - Т.ХА–420 300), виміряне значення за допомогою вбудованого до датчика перетворювача (ТТ 4-2, Т.ХА–420 300) і трансформується в стандартний струмовий сигнал 4...20 мА.

Поточний тиск води на виході в котел утилізатор вимірюється за допомогою відповідного датчика тиску (РТ 5-1 – MBS 1700 Danfoss), виміряне значення за допомогою вбудованого до датчика перетворювача (РТ 5-2, MBS 1700 Danfoss) і трансформується в стандартний струмовий сигнал 4...20 мА.

Поточні витрати води на виході в котел утилізатор вимірюється за допомогою відповідного датчика витрат (FT 6-1 – digitalYEWFLOW 80/30-300),

вимірне значення за допомогою вбудованого до датчика перетворювача (FT 6-2, digitalYEWFLOW 80/30-300) і трансформується в стандартний струмовий сигнал 4...20 мА.

На підставі значень отриманих вхідних даних логічний контролер (UY 10 – VIPA 214-2BS33) формує керуючі впливи для підтримки заданих параметрів у відповідності то технологічного процесу, за допомогою перетворювачів NS 7-2, NS 8-2 - трифазні твердотільне реле Jotta SSR 60DA (3x~380 В, 0...24 В) відповідно насосним агрегатом ЦНСК-20/200, та електромагнітним клапаном GAMA GF-80F DN 80, а перетворювач NS 9-2 - за допомогою трифазного твердотільне реле Jotta SSR 60DA (3x~380 В, 0...24 В) та вихідного аналогового каналу (4...20 мА) відповідного модулю логічного контролера (UY 10 – VIPA 214-2BS33) керує положенням засувки типу Батерфляй VITECH з електроприводом BELIMO Ду80 з метою регулювання кількості подачі води на вхід котла-утилізатора.

2.5 Розробка схеми електричної принципової

На основі функціональної схеми автоматизації та обраного апаратного забезпечення розроблена схема електрична принципова підсистеми керування комбінованим технологічним обладнанням - контактним апаратом та котлом-утилізатором (рис. 2.17).

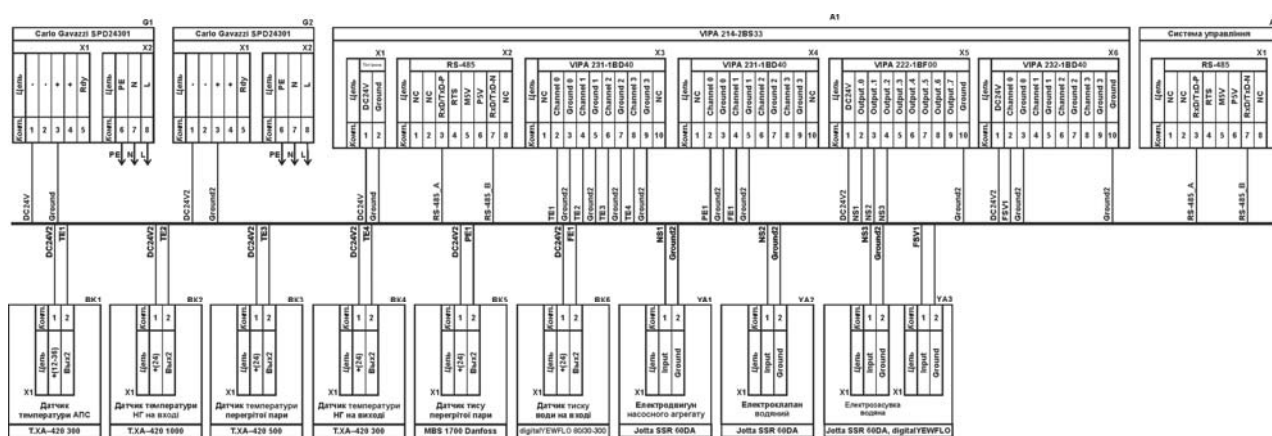


Рисунок 2.17 – Схема електрична принципова підсистеми керування

В підсистемі використовуються два блока живлення. Блок живлення Carlo Gavazzi SPD24301 (G1) підключено до програмованого логічного контролеру VIPA 214-2BS33 (A1). Блок живлення Carlo Gavazzi SPD24301 (G2) підключено до модулю дискретного виводу VIPA 222-1BF00 (A1 – X5), та к усім датчикам BK1... BK6.

Усі аналогові датчики (BK1...BK6), які підключені до двох модулів аналогового вводу VIPA 231-1BD40. До першого A1 – X3 до каналів 0, 1, 2, 4, до другого A1 – X4 до каналів 0, 1 за допомогою стандартного струмового сигналу 4...20 mA.

Дискретне керування електродвигуном насосного агрегату, електротреклом води, приводом водяної електрозасувки здійснюється через модуль виводу VIPA 222-1BF00 (A1 – X5) через ланцюжки NS1...NS3 (YA1, YA2, YA3). При наявності на вході напруги +24 В вони підключають відповідні пристрої керування до трифазної мережі ~380 В (~220 В), а при вимиканні напруги вони самостійно повертається до виключеного стану.

Управління електроприводом засувки на вході в котел утилізатор реалізовано за аналогового керування 4...20 mA через модуль VIPA 232-1BF00 (A1 – X6) через ланцюжки FSV1 (YA3).

Зв'язок між програмованим логічним контролером VIPA 214-2BS33 (A1) та системою АСУ ТП виробництва азотної кислоти (A2) та підсистемою керування комбінованим технологічним обладнанням - контактним апаратом та котлом-утилізатором реалізовано за допомогою інтерфейсу RS-485 (A1 – X2).

2.6 Висновки за розділом

У якості об'єкта керування виступає комбіноване обладнання - контактний апарат та котел-утилізатор.

У цьому розділі вибрано апаратно-програмні засоби для створення підсистеми керування контактним апаратом та котлом-утилізатором, розроблена

функціональна схема автоматизації, розроблена схема принципова підсистеми керування, складено перелік елементів до схеми електричної принципової.

3 ВИЗНАЧЕННЯ МОДЕЛІ ОБ'ЄКТА КЕРУВАННЯ

3.1 Розробка структурної схеми інформаційних потоків дослідницької системи

Система дослідження призначена для збору інформації про об'єкт керування. Основними функціями системи є формування, або реєстрування керуючого впливу, який подається на об'єкт керування, реєстрування дійсного значення на виході об'єкта, візуалізація отриманих даних та їх надання у зручному для подальшої обробки виді.

У кваліфікаційній роботі будуть розглядатися питання по створенню підсистеми керування контактним апаратом та котлом-утилізатором.

Згідно з завданням та розробленим апаратним забезпеченням підсистеми, до контуру керування процесом охолодження нітратних газів, входять - об'єкт керування, в якості котрого виступає котел-утилізатор, на вхід якого подаються нітрозні гази, які послідовно проходять колосникову решітку, пароперегрівач і охолоджуються і потрапляють на вихід котлу-утилізатору.

У котлу-утилізаторі нітрозні гази з температури 880...920 °С охолоджуються до температури 260...380 °С, при цьому відбувається випар поживної води. Пара, що утворилася, проходить пароперегрівач контактного апарату, і з тиском не більше 1,6 МПа (16 кгс/см²) і температурою 230...275 °С спрямовується в цеховий колектор.

Для захисту сіток контактного апарату від сплаву передбачено захисне апаратне блокування, яке відключає технологічну частину агрегату контактного апарата при температурі на каталізаторних сітках вище 950 °С.

Таким чином у кваліфікаційній роботі будуть розглядатися питання по створенню підсистеми керування для каналу керування – «витрати води - температура перегрітої пари» для регулювання необхідної температури нітрозних газів на виході котла утилізатора.

Пристрій керування котлом-утилізатором реалізовано за допомогою програмованого логічного контролера VIPA 214-2BS33.

Контроль температури перегрітої пари на виході котла-утилізатора вимірюється датчиком температури з максимальним значенням 300°C . Необхідне значення витрати води на вході котла утилізатора, з максимальним значенням до $24\text{ м}^3/\text{г}$, встановлюються положенням електрозасувки. Мінімальне значення витрати, згідно технічних параметрів технологічного обладнання, не може бути менше за $12\text{ м}^3/\text{г}$, тобто діапазон регулювання витрати води має бути $12\dots24\text{ м}^3/\text{г}$ ($50\dots100\%$).

Візуалізація процесу керування відбувається за допомогою персонального комп'ютера з SCADA системою zenon. Така підсистема дозволяє, крім функцій керування, виконувати функції дослідження об'єкта - для чого достатньо використати дослідницьке програмне забезпечення. Виходячи з цього розроблена структурна схема інформаційних потоків дослідницької системи, яка наведена на рисунку 3.1.

Згідно зі структурною схемою, система дослідження може формувати керуючий вплив, в якості якого виступає витрати води, у діапазоні $50\dots100\%$ ($12\dots24\text{ м}^3/\text{г}$), за рахунок якої виконується охолодження нітрозних газів до температури $230\dots275^{\circ}\text{C}$.

Програмований логічний контролер виконує керування витратою води відповідно з отриманим значенням температури нітрозних газів.

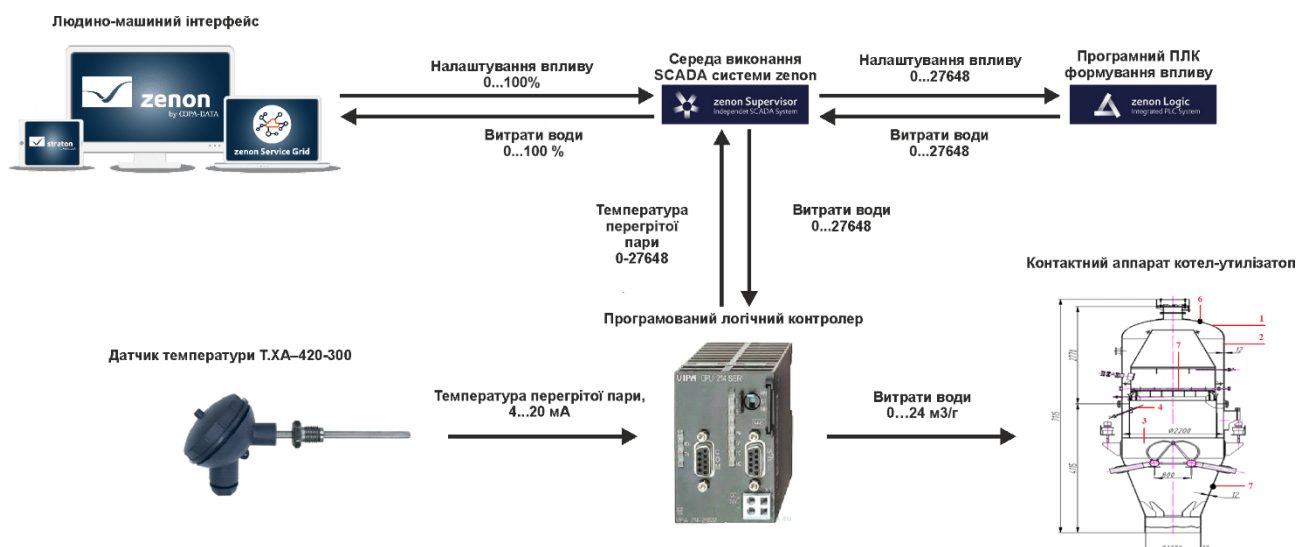


Рисунок 3.1 – Структурна схема інформаційних потоків дослідницької системи

Зв'язок між програмованим логічним контролером та персональним комп'ютером зі SCADA системою zenon також реалізується за допомогою інтерфейсу RS-485.

3.2 Розробка методики дослідження об'єкта керування

Система дослідження дозволяє формування різноманітних керуючих впливів, та поданнях їх на підсистему керування пелетною топкою. При цьому об'єкт керування не накладає ні яких обмежень на керуючий вплив. Виходячи з цього об'єкт керування можливо дослідити за допомогою метода активного експерименту.

З метою виконання ідентифікації об'єкта керування, використовуючи метод активного експерименту, необхідно отримати його динамічну характеристику, данні для побудови статичної характеристики, характеристику при П-образному керуючому впливі, та перевірені данні. Виходячи з цього складено план експерименту:

1. Налаштувати систему дослідження.
2. Отримати динамічну характеристику.
- 2.1. Привести об'єкт керування до початкових умов, дочекатися досягнення усталеного режиму – витрати води 0 % (12 м³/г), початкова температура

перегрітої пари на виході котла-утилізатора 330 °С (що дорівнює максимально можливому значенню 310 °С для каналу регулювання «витрати води – температура перегрітої пари» для мінімально дозволеного значення витрати води 12 м³/Г – за технологічним обмеженням, та 20 °С – температури навколишнього середовища).

2.2. Запустити процес реєстрування.

2.3. Задати витрати води 100 % (24 м³/Г), дочекатися досягнення усталеного режиму.

2.5. Зупинити процес реєстрації.

3. Отримання даних за для побудови статичної характеристики.

3.1. Привести об'єкт керування до початкових умов (дивись п. 2.1).

3.2. Запустити процес реєстрування.

3.3. Задати витрати води 20 % (4,8 м³/Г), дочекатися досягнення усталеного режиму.

3.4. Задати витрати води 20 % (4,8 м³/Г), дочекатися досягнення усталеного режиму.

3.5. Задати витрати води 40 % (9,6 м³/Г), дочекатися досягнення усталеного режиму.

3.6. Задати витрати води 60 % (14,4 м³/Г), дочекатися досягнення усталеного режиму.

3.7. Задати витрати води 80 % (19,2 м³/Г), дочекатися досягнення усталеного режиму.

3.8. Задати витрати води 100 % (24,0 м³/Г), дочекатися досягнення усталеного режиму.

3.9. Зупинити процес реєстрації.

4. Отримання даних при П-образному впливі.

4.1 Привести об'єкт керування до початкових умов (дивись п. 2.1).

4.2 Запустити процес реєстрування.

4.3. Задати витрати води 100 % (24,0 м³/г), дочекатися досягнення усталеного режиму.

4.4. Задати витрати води 0 % (12,0 м³/г), дочекатися досягнення усталеного режиму.

4.5. Зупинити процес реєстрації.

5. Отримання перевірочних даних.

5.1. Привести об'єкт керування до початкових умов (дивись п. 2.1).

5.2. Налаштувати псевдовипадковий вплив таким чином, щоб період зміни впливу бажано був у п'ять разів менший за час перехідного процесу плюс два інтервали затримка, а амплітуда впливу змінювалася (бажано випадково) в дискретно в діапазоні 0...100 % (12,0...24,0 м³/г).

5.3. Запустити процес реєстрування.

5.4. Запустити формування псевдовипадкового впливу.

5.5. Виконувати реєстрацію бажано на протязі часу не менш ніж за десяти перехідних процесів.

5.6. Зупинити процес реєстрації.

3.3 Виконання експерименту

Початкова температура перегрітої пари на виході котла-утилізатора 330 °С при мінімально дозволеному значенні витрати води 12 м³/г (0 %) .

На першому етапі проведення експерименту виконано налаштування системи дослідження таким чином, що керуючий вплив може знаходитися дискретно 0 або 100 %, а фактичне значення витрат води 12 м³/г або 24 м³/г.

На другому етапі було здійснено отримання динамічної характеристики об'єкта керування (рис. 3.2).

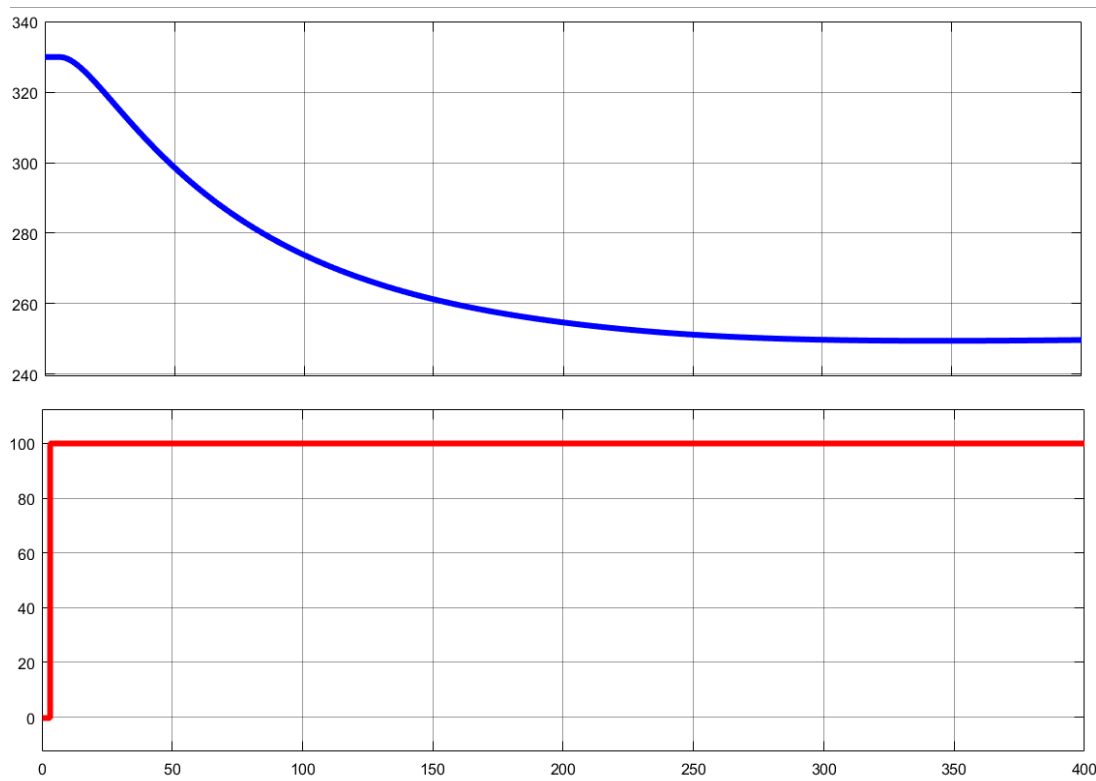


Рисунок 3.2 – Отримання динамічної характеристики

Для цього було встановлено керуючий сигнал 0 %. Після досягнення усталеного режиму (витрати $12,0 \text{ м}^3/\text{г}$, температура перегрітої пари $330 \text{ }^\circ\text{C}$), керуючий сигнал було встановлено на 100 %. Після досягнення усталеного режиму (витрати води $24 \text{ м}^3/\text{г}$, температура перегрітої пари близько $250 \text{ }^\circ\text{C}$) експеримент було закінчено.

На третьому етапі було виконано отримання даних для побудови статичної характеристики (рис. 3.3).

Для цього було встановлено керуючий 0 % ($12,0 \text{ м}^3/\text{г}$). Після досягнення усталеного режиму, керуючий сигнал було встановлено на 20 % ($14,4 \text{ м}^3/\text{г}$).

Після досягнення усталеного режиму було встановлено керуючий сигнал 40 % ($16,8 \text{ м}^3/\text{г}$).

Після досягнення усталеного режиму було встановлено керуючий сигнал 60 % ($19,2 \text{ м}^3/\text{г}$).

Після досягнення усталеного режиму було встановлено керуючий сигнал 80 % ($21,6 \text{ м}^3/\text{г}$).

Після досягнення усталеного режиму було встановлено керуючий сигнал 100 % (24,0 м³/Г).

Після досягнення усталеного режиму експеримент було закінчено.

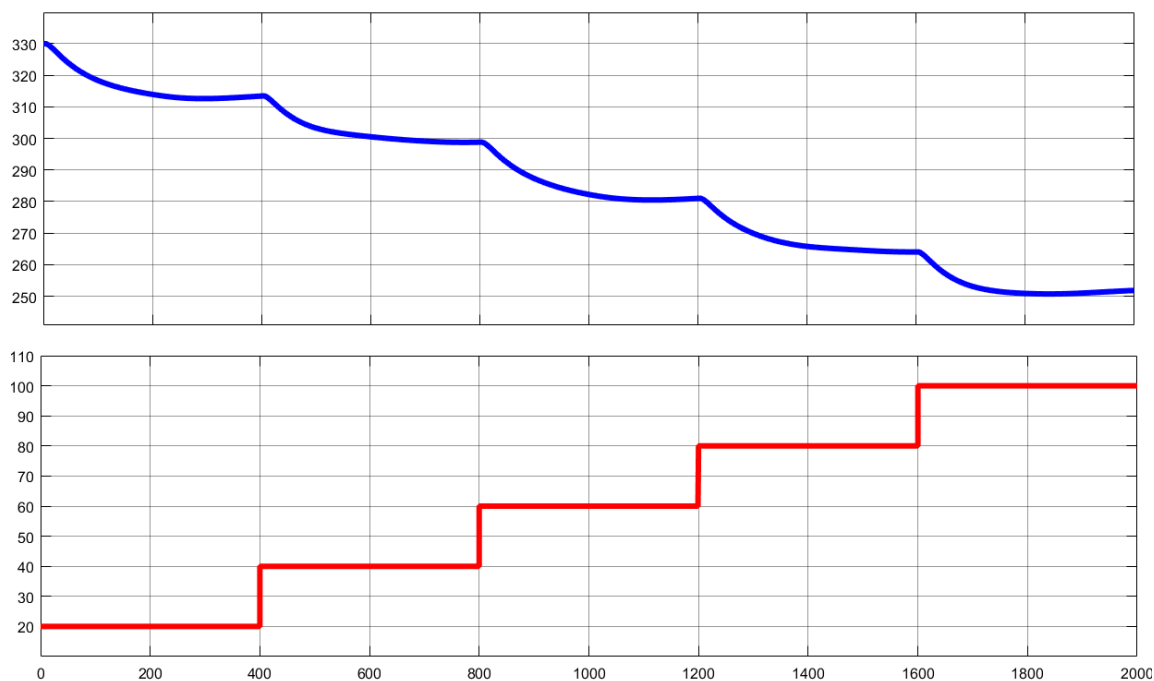


Рисунок 3.3 – Отримання даних для побудови статичної характеристики

На четвертому етапі було виконано отримання даних П-образному керуючому впливі (рис. 3.4). Для цього було встановлено керуючий вплив 0 % (12,0 м³/Г). Після досягнення усталеного режиму було встановлено керуючий вплив 100 % (24,0 м³/Г). Після досягнення усталеного режиму було встановлено керуючий вплив 0 % (12,0 м³/Г). Після досягнення усталеного режиму експеримент було закінчено.

На п'ятому етапі було виконано отримання перевірочних даних (рис. 3.5).

Для цього після включення - керуючий вплив 0 % (12,0 м³/Г, період псевдовипадкового дискретного впливу було налаштовано на випадкову послідовність в діапазоні 0...100 % (12,0 м³/Г...24,0 м³/Г), з інтервалом зміни близько 15 с, а сама реєстрація відбувалася на протязі 2 000 с.

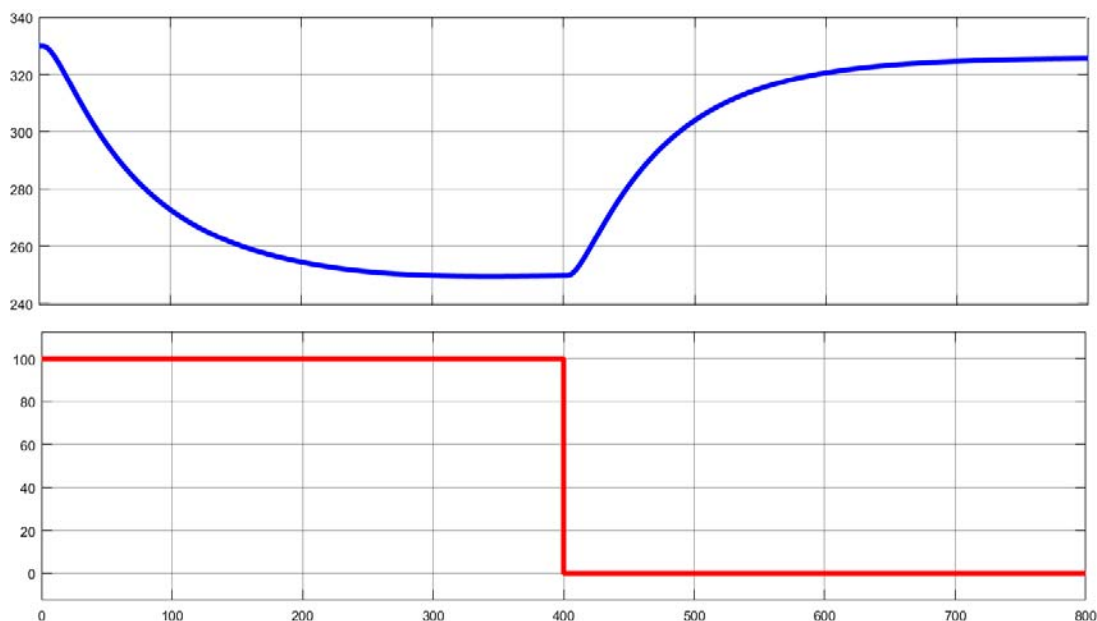


Рисунок 3.4 – Отримання даних при П-образному керуючому впливі

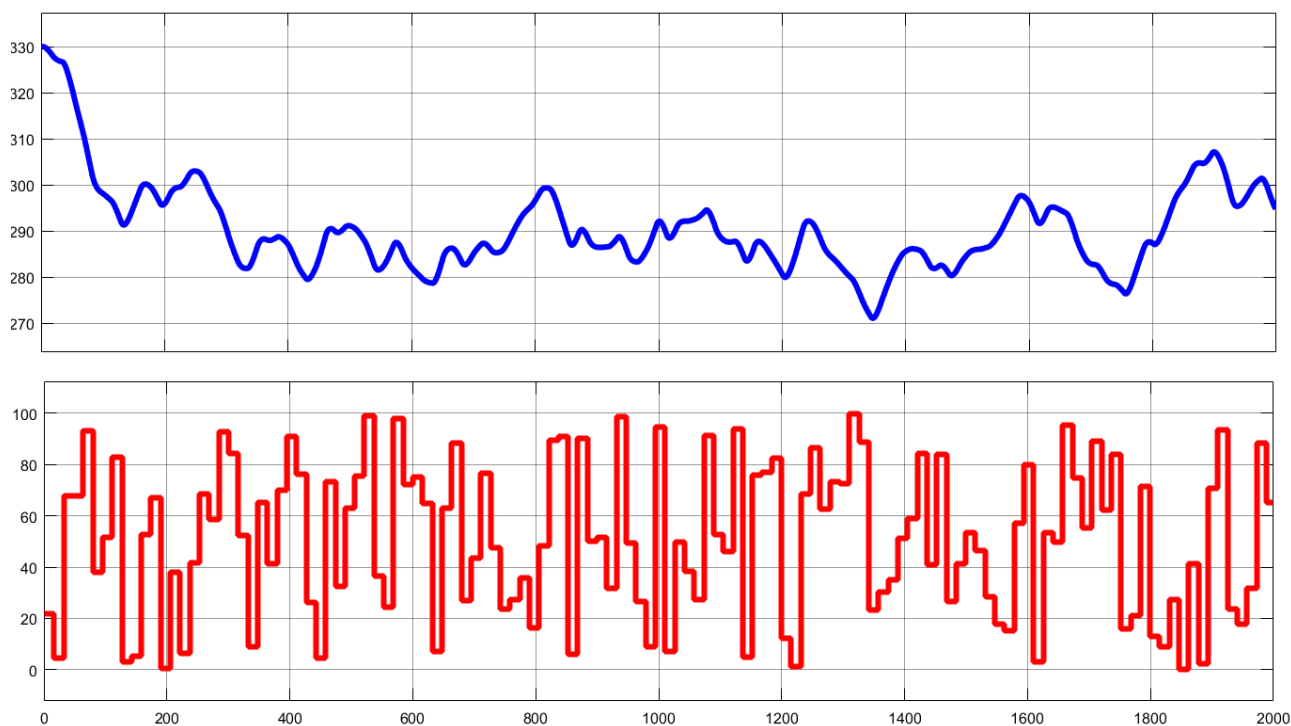


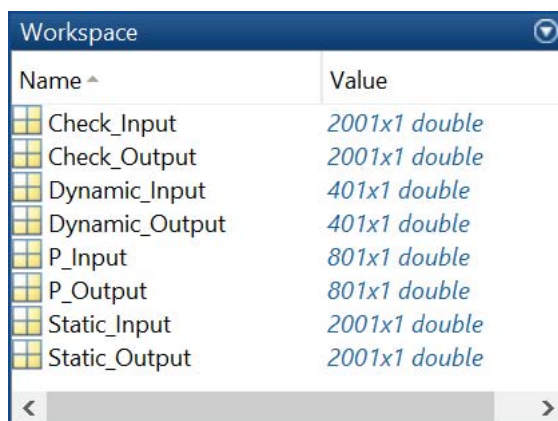
Рисунок 3.5 – Отримання перевірочних даних

У результаті виконання плану експерименту проведено всеосяжне дослідження об'єкта керування та отримані динамічна характеристика, дані для побудови статичної характеристики, дані при П-образному керуючому впливі та перевірочні дані.

3.4 Обробка результатів експерименту

3.4.1 Підготовка даних

Дані отримані в SCADA системі zenon було імпортовано до математичного пакета MATLAB з метою подальшої обробки (рис. 3.6). Змінні які відповідають даним динамічної характеристики “Dynamic_Input”, “Dynamic_Ounput”, даним для побудови статичної характеристики “Static_Input”, “Static_Ounput”, даним отриманим при П-образному керуючому впливі “P_Input”, “P_Output”, перевірочним даним “Check_Input”, “Check_Otput”. Суфікс “_Input” позначає керуючий вплив, а суфікс “_Output” дійсне значення.



Name ^	Value
Check_Input	2001x1 double
Check_Output	2001x1 double
Dynamic_Input	401x1 double
Dynamic_Output	401x1 double
P_Input	801x1 double
P_Output	801x1 double
Static_Input	2001x1 double
Static_Output	2001x1 double

Рисунок 3.6 – Імпортовані данні

Для спрощення подальшого аналізу дані були конвертовані до об’єктів типу “iddata”:

```
Dynamic_Raw=iddata(Dynamic_Output, Dynamic_Input, 1);
Static_Raw=iddata(Static_Output, Static_Input, 1);
P_Raw=iddata(P_Output, P_Input, 1);
Check_Raw=iddata(Check_Output, Check_Input, 1);
```

З отриманих даних була видалена статична складова:

```
offset = max(Dynamic_Raw.OutputData);
trend = getTrend(Dynamic_Raw);
trend.OutputOffset = offset;
Dynamic = detrend(Dynamic_Raw, trend);

offset = max(Static_Raw.OutputData);
trend = getTrend(Static_Raw);
trend.OutputOffset = offset;
Static = detrend(Static_Raw, trend);

offset = max(P_Raw.OutputData);
trend = getTrend(P_Raw);
trend.OutputOffset = offset;
P = detrend(P_Raw, trend);
```

```

offset = max(Check_Raw.OutputData) ;
trend = getTrend(Check_Raw) ;
trend.OutputOffset = offset;
Check = detrend(Check_Raw, trend) ;

```

На рис 3.7 показані результати з видалення статичної складової для динамічної, статичної, П-образної та перевірочної характеристик.

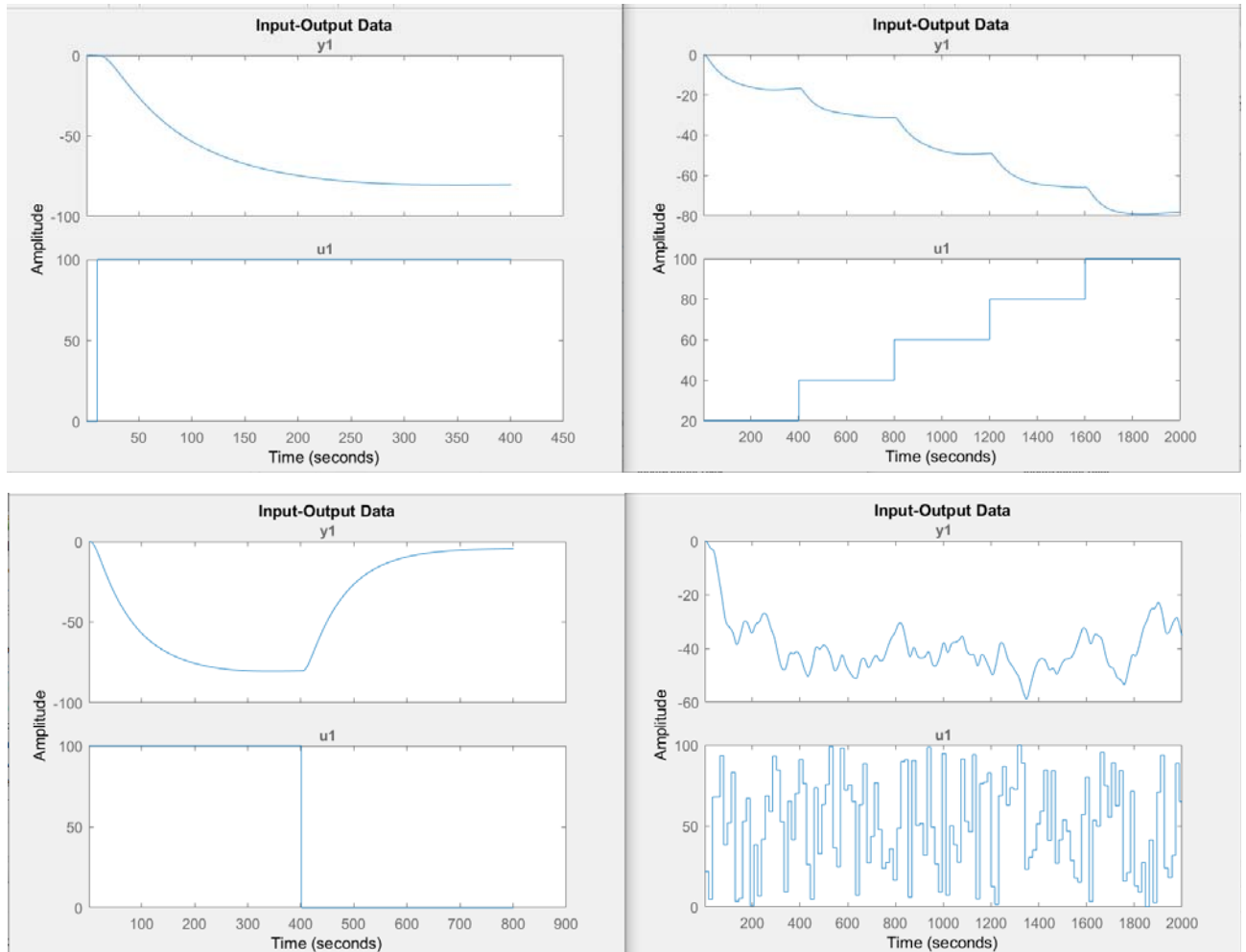


Рисунок 3.7 – Динамічна, статична, П-образна та перевірочна характеристики з видаленими статичними складовими

3.4.2 Структурна ідентифікація

З метою оцінки структури моделі об'єкта керування проаналізуємо динамічну характеристику об'єкта керування (рис. 3.8). Після подачі керуючого впливу (витрати води на вході котла-утилізатора) вихідний сигнал (температура перегрітої пари на виході котла-утилізатора) не зразу змінюється, виходячи з цього можливо зробити висновок, що об'єкт володіє не значним запізненням

(приблизно 3 с, очевидно це пов'язано з інерційністю самого датчика температури.

Крім того на динамічній характеристиці відсутня інерція, характер перехідного процесу монотонний, а кількість перегинів дорівнює двом. На підставі цього можливо зробити висновок, що модель об'єкта керування може бути представлена у вигляді аперіодичної ланки другого порядку з запізненням, з постійною часу $\sim 350 / 5 = 70$ с.

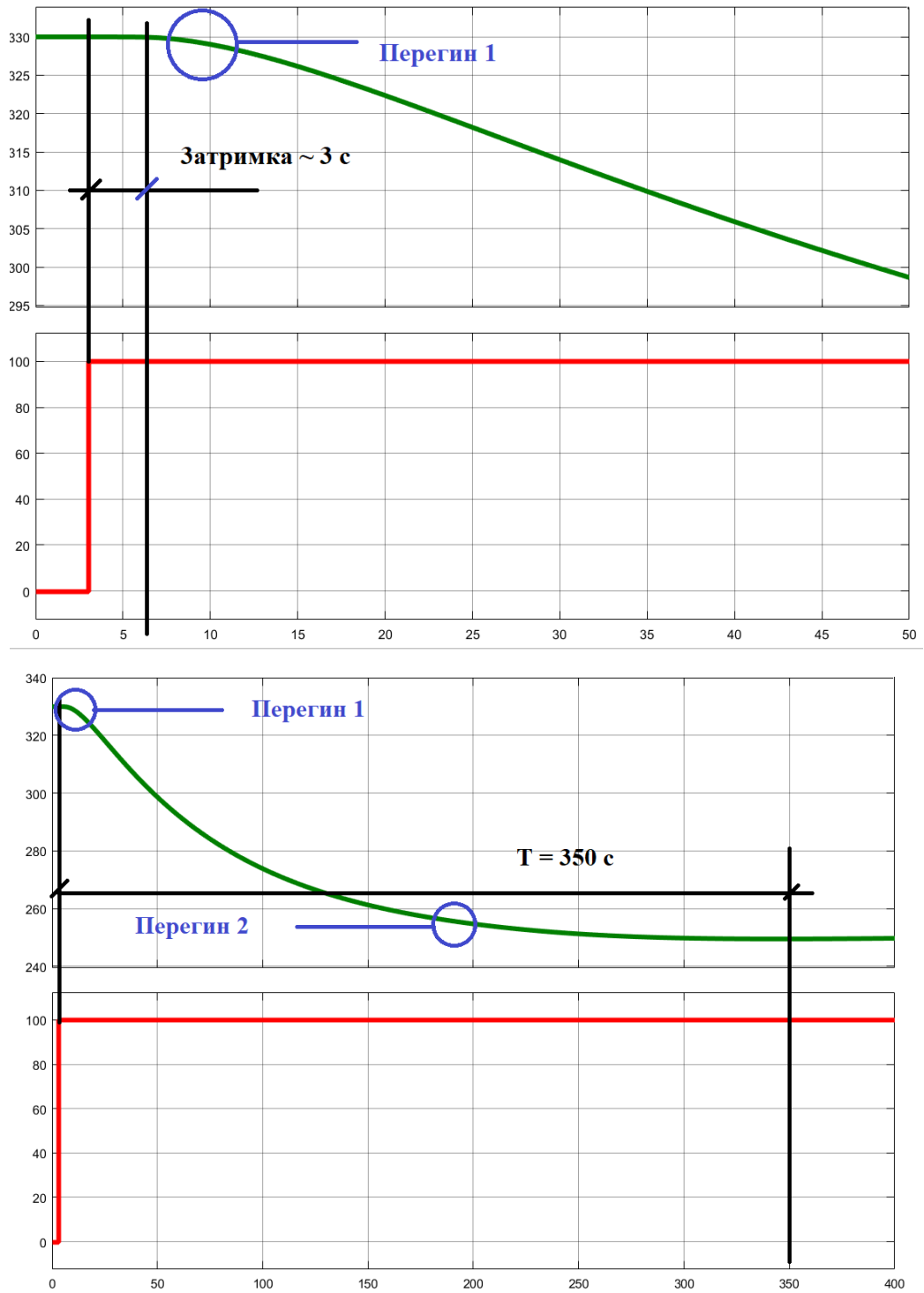


Рисунок 3.8 – Динамічна характеристика

Проаналізуємо об'єкт керування на лінійність для цього побудуємо його статичну характеристику (рис. 3.9).

```
Static_In = [ 20, 40, 60, 80, 100];
Static_Out = [-16.6, -31.2, -49.0, -66.0, -78.2];
figure('Name', 'Статична характеристика');
plot(Static_In, Static_Out, 'LineWidth', 2.0, 'Color', 'k',...
     'Marker', 'o', 'MarkerSize', 10.0, 'MarkerEdgeColor', 'k',...
     'MarkerFaceColor', 'k');
```

```

xlabel('Витрати, %');
ylabel('Перегрита пара, °C');
set(findall(gcf, '-property', 'FontSize'), 'FontSize', 16);
set(findall(gcf, '-property', 'FontName'), 'FontName', 'Times New Roman');
set(findall(gcf, '-property', 'FontWeight'), 'FontWeight', 'bold');

```

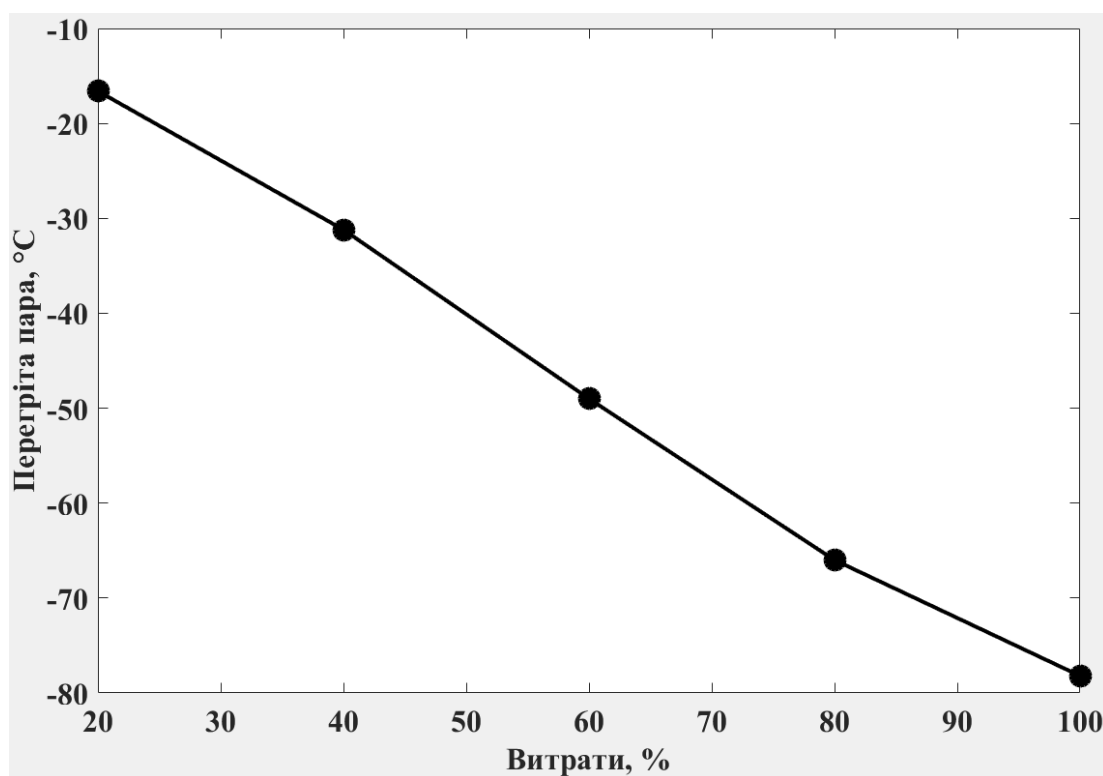
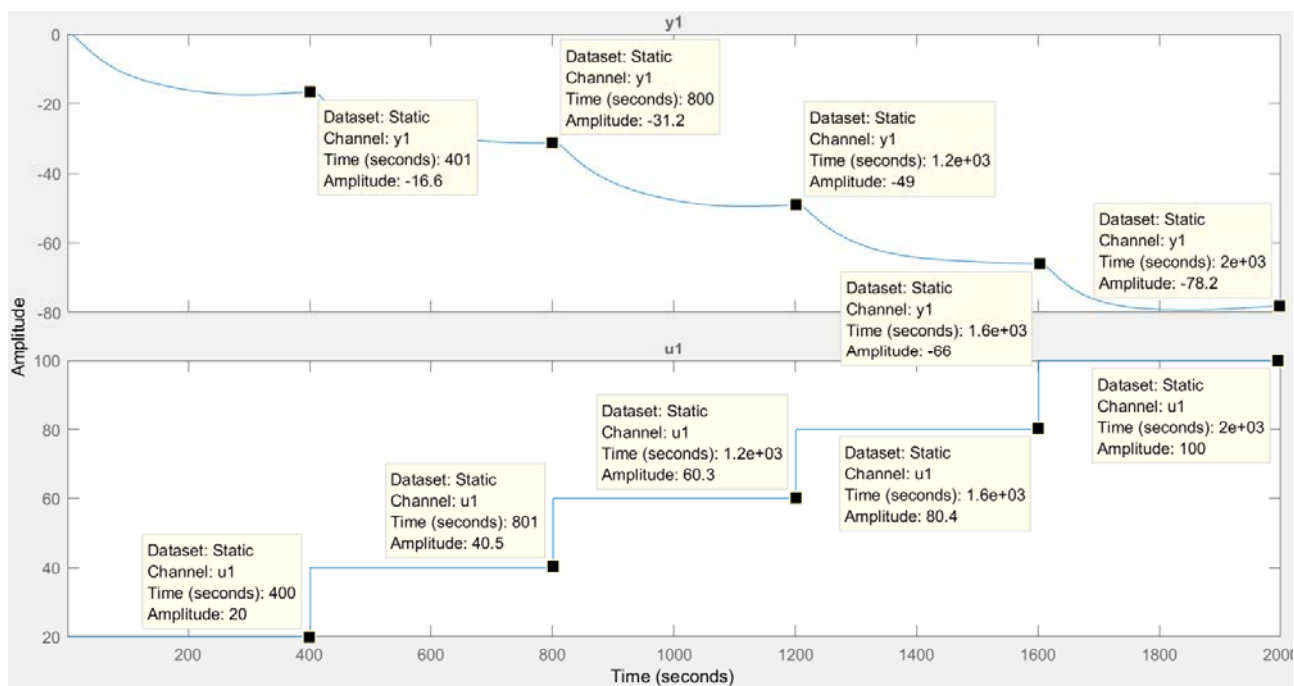


Рисунок 3.9 – Статична характеристика

Для перевірки статичної характеристики на лінійність розраховано коефіцієнти посилення для усіх температур:


```
>> Static_Gain = Static_Out(1 : end) ./ Static_In(1 : end)
```

Максимальне відхилення коефіцієнту підсилення

```
Static_Gain_min = min(Static_Gain);
Static_Gain_max = max(Static_Gain);
Static_Gain_Compare = abs((Static_Gain_min - Static_Gain_max) /
Static_Gain_max * 100);
fprintf('\nМаксимальне відхилення коефіцієнту підсилення: %.2f %%\n\n',
Static_Gain_Compare);
Static_Gain =
-0.0750 -0.0767 -0.0788 -0.0796 -0.0813
Максимальне відхилення коефіцієнту підсилення: 8.44 %
```

За статичною характеристикою та отриманими коефіцієнтами посилення об'єкт керування є лінійним в усьому досліджуваному діапазоні керуючих впливів та для його опису можуть бути використані лінійні моделі, так як відхилення коефіцієнту посилення у всьому діапазоні менше ніж величина технічної похибки 10 %.

Проаналізуємо характеристику отриману при П-образному керуючому впливі (рис. 3.10). Збільшення витрат води від 0% (12,0 м³/Г) до 100 % (24,0 м³/Г) приводить до відповідного зменшення температури перегрітої пари, а зменшення витрат води від 100 % (24,0 м³/Г) до 0 % (12,0 м³/Г) приводить до відповідного збільшення температури перегрітої пари. На підставі цього можливо зробити висновок, що об'єкт не володіє інтегруючими властивостями і є об'єктом з самовирівнюванням.

З метою аналізу симетричності об'єкта керування його характеристика отримана при П-образному впливі була поділена на ділянки підйому та спаду (рис. 3.10):

```
nRiseStart = find(P.InputData ~= 0, 1, 'first');
nRiseStop = find(P.InputData ~= 0, 1, 'last');
nFallStart = nRiseStop + 1;
nFallStop = length(P.InputData);

P_Rise = P.OutputDat(nRiseStart : nRiseStop);
P_Fall = P.OutputDat(nFallStart : nFallStop);

if (length(P_Rise) > length(P_Fall))
    P_Rise = P_Rise(1 : length(P_Fall));
else
    P_Fall = P_Fall(1 : length(P_Rise));
end
```

```

figure('Name', 'Аналіз симетричності П-характеристики');
hold('on');
plot(P_Rise, 'LineWidth', 2.0, 'Color', 'k');
plot(P_Fall, 'LineWidth', 2.0, 'Color', 'r');
hold('off');
xlabel('Час, с');
ylabel('Температура, °С');

set(findall(gcf, '-property', 'FontSize'), 'FontSize', 16);
set(findall(gcf, '-property', 'FontName'), 'FontName', 'Times New Roman');
set(findall(gcf, '-property', 'FontWeight'), 'FontWeight', 'bold');

```

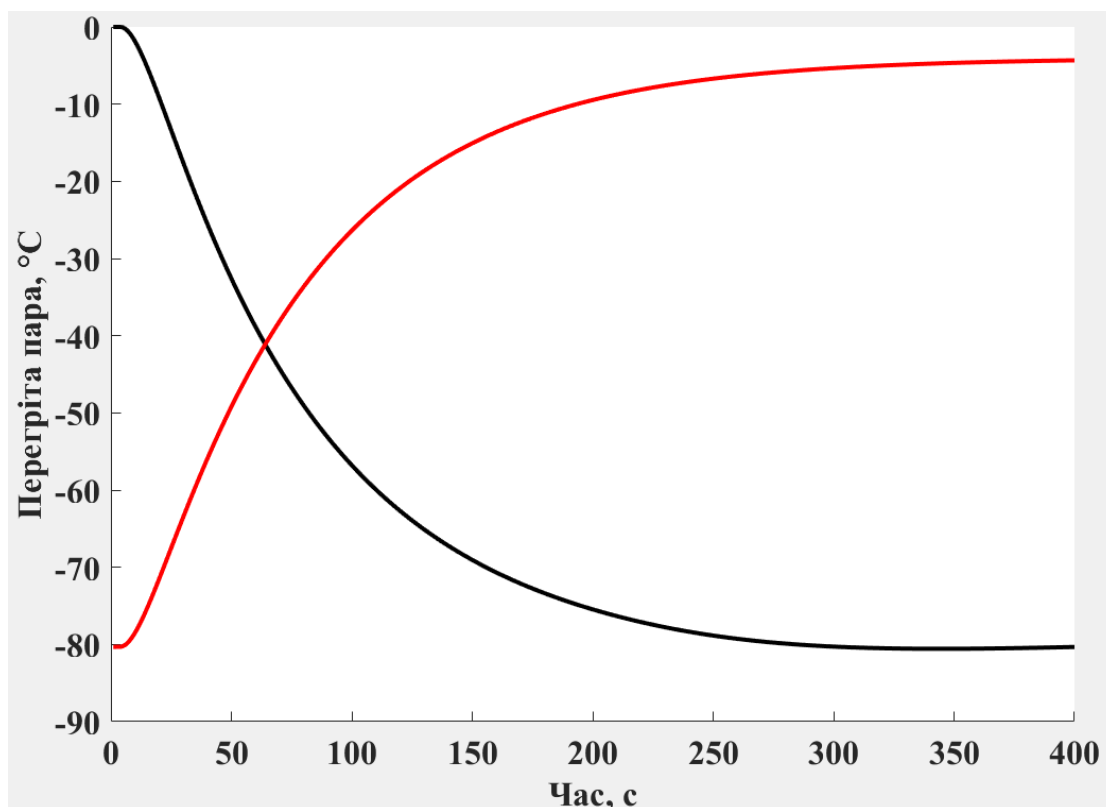


Рисунок 3.10 – Аналіз симетричності характеристика при П-образному керуючому впливі

Порівняння ділянок підйому та спаду виконувалася через порівняння стандартних середнє квадратичних відхилень:

```

compareRiseFall = abs(1 - (std(P_Fall) / std(P_Rise))) * 100;
fprintf('\nПорівняння ділянок підйому та спаду: %.2f %%\n\n',
compareRiseFall);
Порівняння ділянок підйому та спаду: 6.83 %

```

За отриманою П-характеристикою при аналізі симетричності середнє квадратичне відхилення менше ніж величина технічної похибки 10 %. Тобто можна стверджувати, що час перехідного процесу, форма та стандартне середнє квадратичні відхилення ділянок підйому та спаду співпадають, таким чином

об'єкт керування є симетричним та може бути представлений однією лінійною моделлю.

За результатами структурної ідентифікації встановлено, що об'єкт керування є лінійним, симетричним, має два дійсні від'ємні домінуючі корені та ланку чистого запізнення. На підставі цього об'єкт керування може бути описано аперіодичною ланкою другого, або більш високого порядку с запізненням:

$$W(s) = \frac{k \cdot e^{-\tau s}}{(T_1 s + 1) \cdot (T_2 s + 1)}, \quad (3.1)$$

де $W(s)$ – передавальна функція моделі об'єкта керування;

s – оператор диференціювання;

k – коефіцієнт посилення;

τ – час запізнення, с;

T_1, T_2 – постійні часу, с.

3.4.3 Параметрична ідентифікація

Параметрична ідентифікація виконувалася у програмному забезпеченні System Identification Toolbox яке входить до складу математичного пакета MATLAB та запускається командою `ident`.

До програмного забезпечення System Identification Toolbox (рис. 3.11) імпортувалися підготовлені дані без статичної складової – «Dynamic». Дані динамічної характеристики використовувалися для розрахунку параметрів моделі об'єкта керування, а перевірочні дані «Check», для оцінки відповідності отриманої моделі до об'єкта керування.

Для визначення параметрів моделі об'єкта керування використано метод «Process Models». Налаштування параметрів ідентифікації наведено на рис. 3.12.

Перевірка результатів розрахунків наведена на рис. 3.12 та в табл. 3.1.

Розрахунок параметрів виконувався через метод Process Models для аперіодичних ланок другого та третього порядку без запізнення та с запізненням (рис. 3.12).

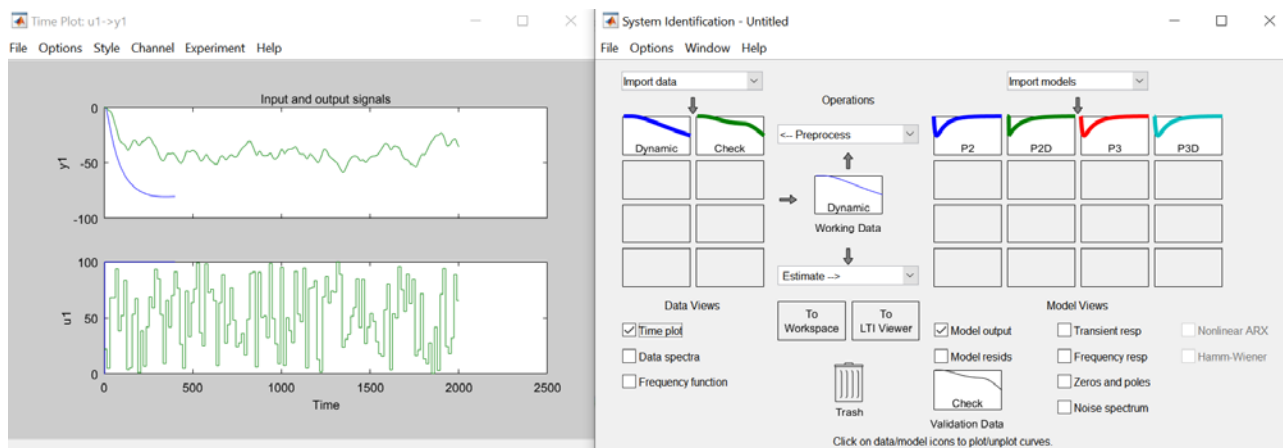


Рисунок 3.11 – Налаштування System Identification Toolbox

Параметри ідентифікації за методом Process Models P2:

$$G(s) = \frac{K_p}{(1+T_{p1}s)(1+T_{p2}s)}$$

$$K_p = -0.81516 \pm 0.0002896$$

$$T_{p1} = 72.079 \pm 0.17726$$

$$T_{p2} = 9.9037 \pm 0.22521$$

Fit to estimation data: 98.77%

FPE: 0.08117, MSE: 0.07917

Параметри ідентифікації за методом Process Models P2D:

$$G(s) = \frac{K_p}{(1+T_{p1}s)(1+T_{p2}s)} * \exp(-T_d*s)$$

$$K_p = -0.81723 \pm 1.0815e+08$$

$$T_{p1} = 1e-06 \pm 2.6062e+05$$

$$T_{p2} = 74.288 \pm 9.8283e+09$$

$$T_d = 11.087 \pm 2.6059e+05$$

Fit to estimation data: 98.11%

FPE: 0.1941, MSE: 0.1883

Параметри ідентифікації за методом Process Models P3:

$$G(s) = \frac{K_p}{(1+T_{p1}s)(1+T_{p2}s)(1+T_{p3}s)}$$

$$K_p = -0.81528 \pm 0.0002917$$

$$T_{p1} = 72.228 \pm 0.18539$$

$$\begin{aligned} T_{p2} &= 9.3623 \pm 0.36218 \\ T_{p3} &= 1.1222 \pm 0.78023 \end{aligned}$$

Fit to estimation data: 98.78%
FPE: 0.08076, MSE: 0.07799

Параметри ідентифікації за методом Process Models P3D:

$$G(s) = \frac{K_p}{(1+T_{p1}s)(1+T_{p2}s)(1+T_{p3}s)} * \exp(-T_d*s)$$

$$\begin{aligned} K_p &= -0.81516 \pm 4.6567 \\ T_{p1} &= 1e-06 \pm 59.811 \\ T_{p2} &= 72.198 \pm 8.2251e+05 \\ T_{p3} &= 9.7597 \pm 1.1113e+05 \\ T_d &= 1.265 \pm 66.123 \end{aligned}$$

Fit to estimation data: 98.78%
FPE: 0.08184, MSE: 0.07864

За допомогою «Model output» показана відповідність отриманих моделей P2, P2D, P3 та P3D до перевірочних даних отриманих на об'єкті керування Check наведена на рис. 3.12 та представлена у табл. 3.1.

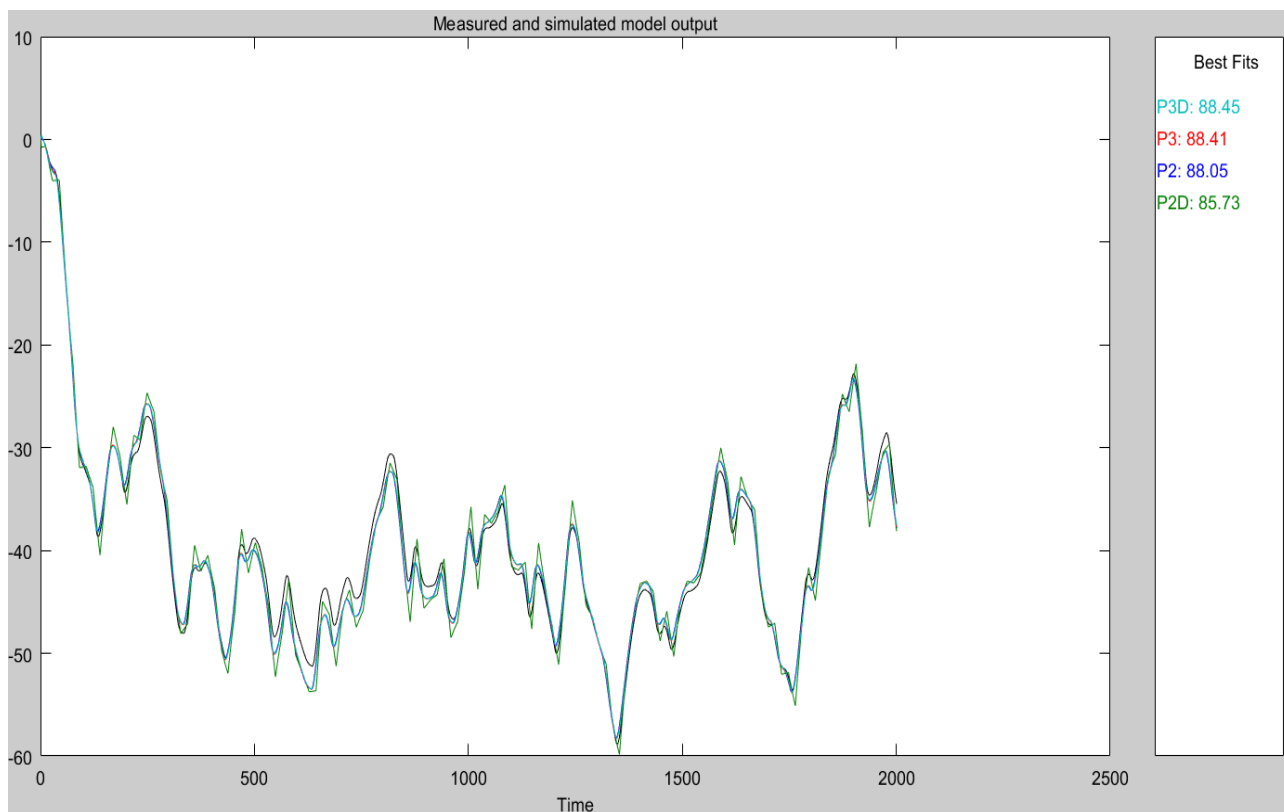


Рисунок 3.12 – Перевірка результатів розрахунків

Таблиця 3.1 – Відповідність отриманих моделей до перевірочних даних об'єкта керування

Назва параметру	P2	P2D	P3	P3D
k	-0,81516	-0,81723	-0,81528	-0,81516
T_1, c	72,079	1e-06	72,228	1e-06
T_2, c	9,9037	74,288	9,3623	72,198
T_3, c	–	–	1,1222	9,7597
τ	–	11,087	–	1,265
Динамічна характеристика				
НСКП, %	98,77	98,11	98,78	98,78
ПОП	0,08117	0,1941	0,08076	0,08184
СКП	0,07917	0,1883	0,07799	0,07864
Перевірочні данні				
НСКП, %	88,05	85,75	88,41	88,45

Аналіз відмінностей між оцінками моделей P2 – другого порядку без затримки, P2D – другого порядку з затримкою, P3 – третього порядку без затримки та P3D – третього порядку з затримкою, по динамічній характеристиці показав, що за нормалізованим середньоквадратичним похибкам (НСКП), краще всього підходять моделі P3 та P3D вони не відрізняються, помилка остаточного передбачення (ПОП) для P2D у 0,1941 / 0,08076 \approx 2,4 рази більша за P3D.

Як правило головним показником, який впливає на остаточний вибір між цими моделями є розбіжність у відповідності за перевірочними даними, найкращий показник має модель P3D з показником НСКП відповідності за перевірочними даними у 88,45 %.

Але у нашому випадку усі чотири моделі дають задовільні результати, та мають відповідність до перевірочних даних більше ніж граничне неприпустиме значення у 80 %.

Виходячи з усього, що наведе вище можна сміливо обирати найбільше просту модель P2 - другого порядку без затримки.

Для параметричної перевірки обраної моделі можна звернути увагу на наступне, що за динамічною характеристикою час перехідного процесу складає близько біля 70 с, затримка близько 3 с, а для отриманої моделі другого порядку

постійна часу становить $72,079 + 9,9037 \sim 82$ с, а зовсім відсутня, що у нашому випадку не критично.

Остаточне рішення - об'єкту керування відповідає обрана модель P2 - аперіодична ланка другого порядку без запізнення.

І насамкінець необхідно отримати основні характеристики для моделі об'єкта керування P2D (рис. 3.14) за допомогою «To LTI Viewer», і через меню «Edit / Plot Configurations...» і налаштувати зображення відповідно до рис. 3.13.

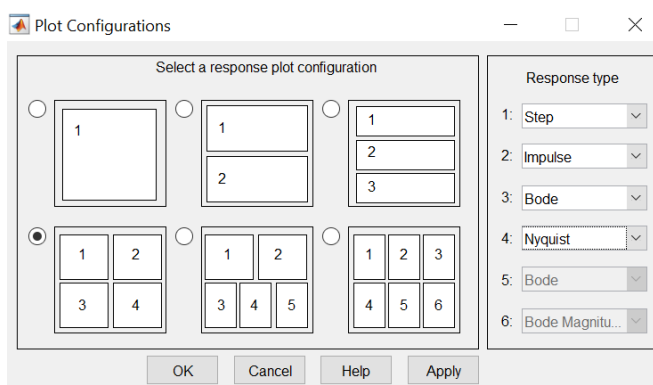


Рисунок 3.13 – Отримання характеристик моделі керування

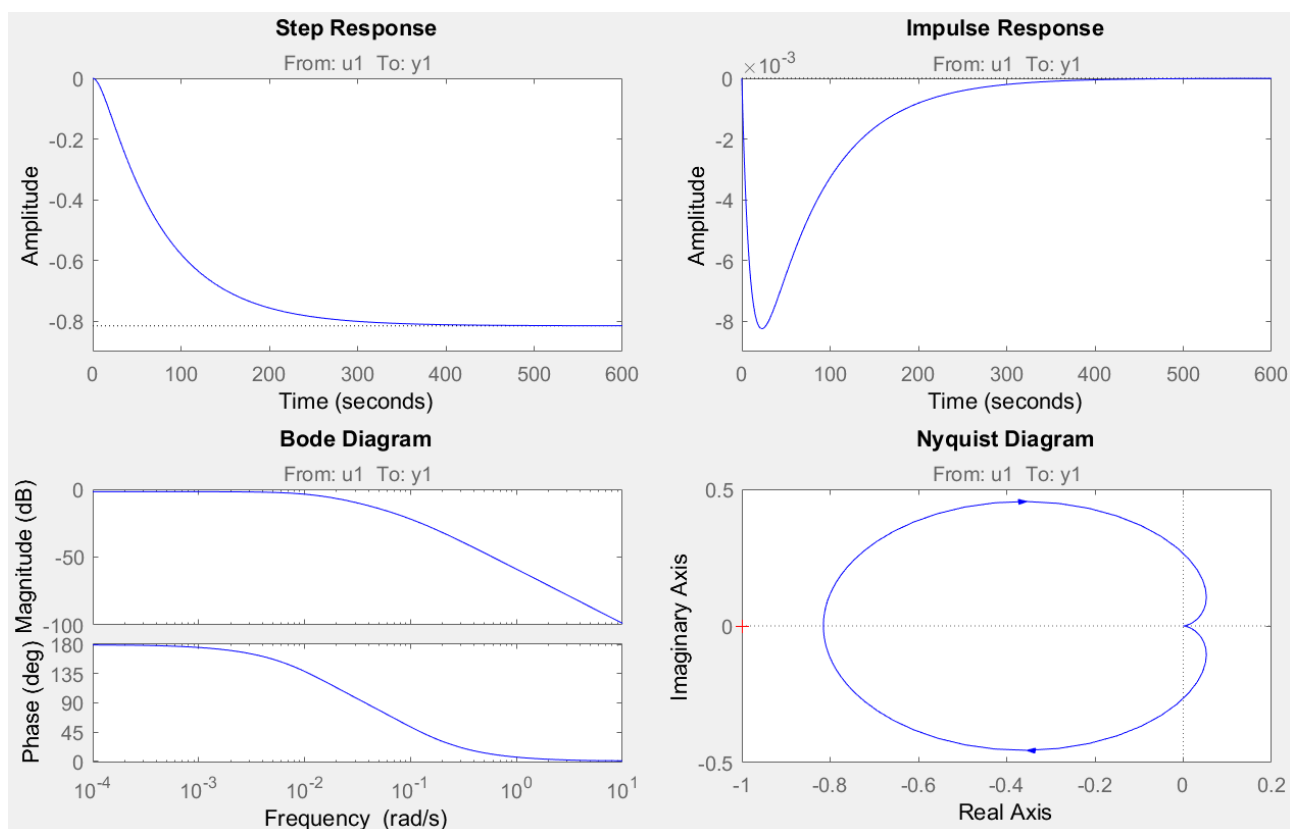


Рисунок 3.14 – Характеристики моделі керування

За результатами параметричної ідентифікації отримана модель у вигляді передавальної функції, яка відповідає об'єкту керування за перевірочними даними на 88,45 % (табл. 3.1):

$$W(s) = \frac{-0,81516}{(72,079s + 1) \cdot (9,9037s + 1)} \quad (3.2)$$

3.4.4 Розробка моделі об'єкта керування в Simulink

Використовуючи передавальну функцію (3.2) у графічному середовищі імітаційного моделювання Simulink математичного пакету MATLAB розроблена модель отримання даних для перевірки на адекватність (рис. 3.15).

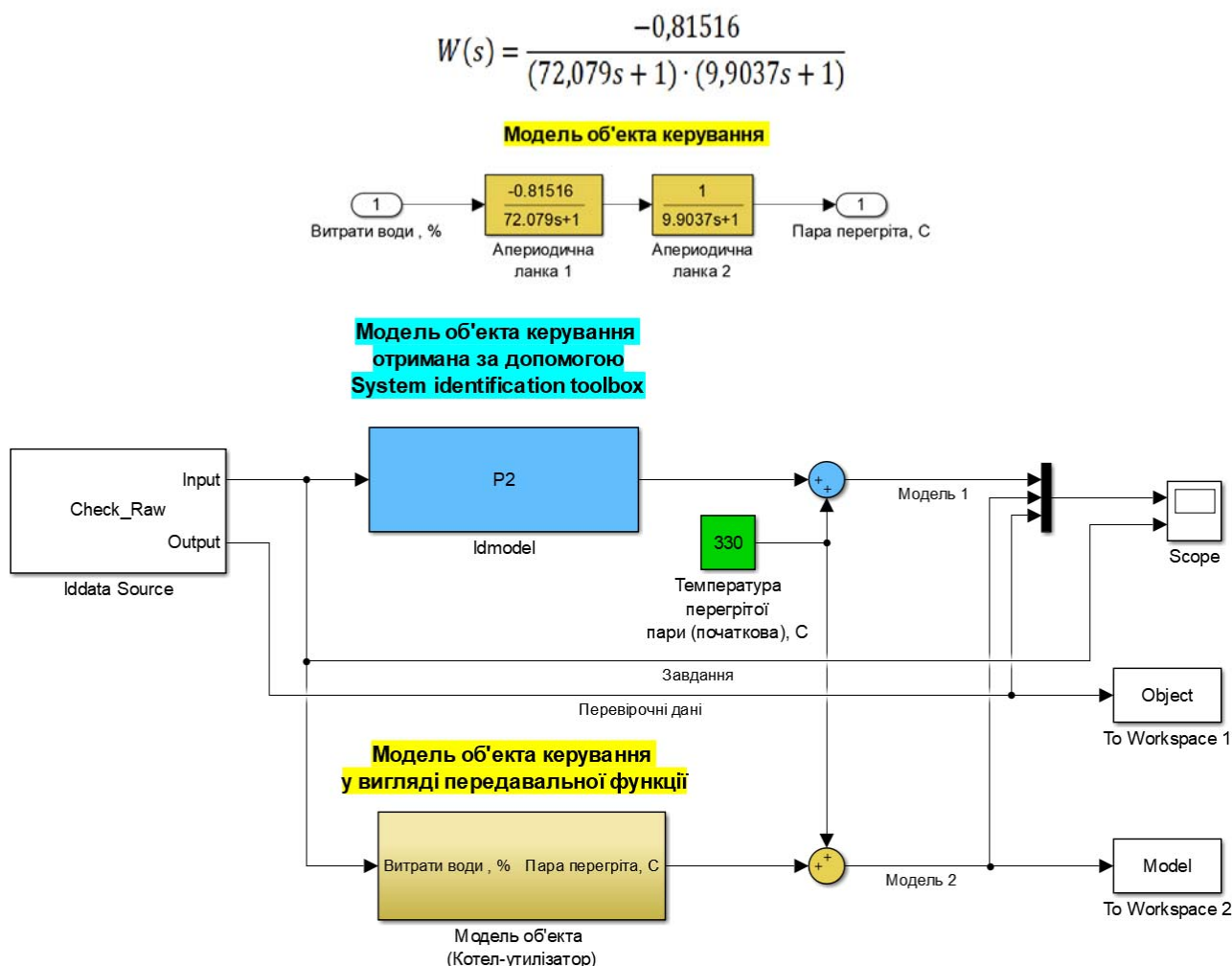


Рисунок 3.15 – Модель отримання даних для перевірки на адекватність

При налаштуванні час моделювання задано 2 000 с, що дорівнює кількості перевірочних даних. Додані блоки запису перевірочних даних та результатів

моделювання до змінних Object і Model відповідно. Крок запису задано 1 секунда, що відповідає первинним даним. На виходах моделей доданий статичний зсув відповідний початковій температурі перегрітої пари на виході котла-утилізатора 330 °С. Це температура при мінімально допустимих за технологічними параметрами витраті води на вході котла-утилізатора, які становлять 12,0 м³/г (керуючий вплив 0 %). Порівняння відбувається з чистими перевірочними даними над якими не виконувалися дії які могли б їх «скомпрометувати».

За результатами моделювання бачимо, що дійсні значення отримані на виході моделі System Identification Toolbox (сигнал – «Модель 1») та моделі розробленій на базі передавальної функції (сигнал – «Модель 2») співпадають з перевірочними даними (рис. 3.16).

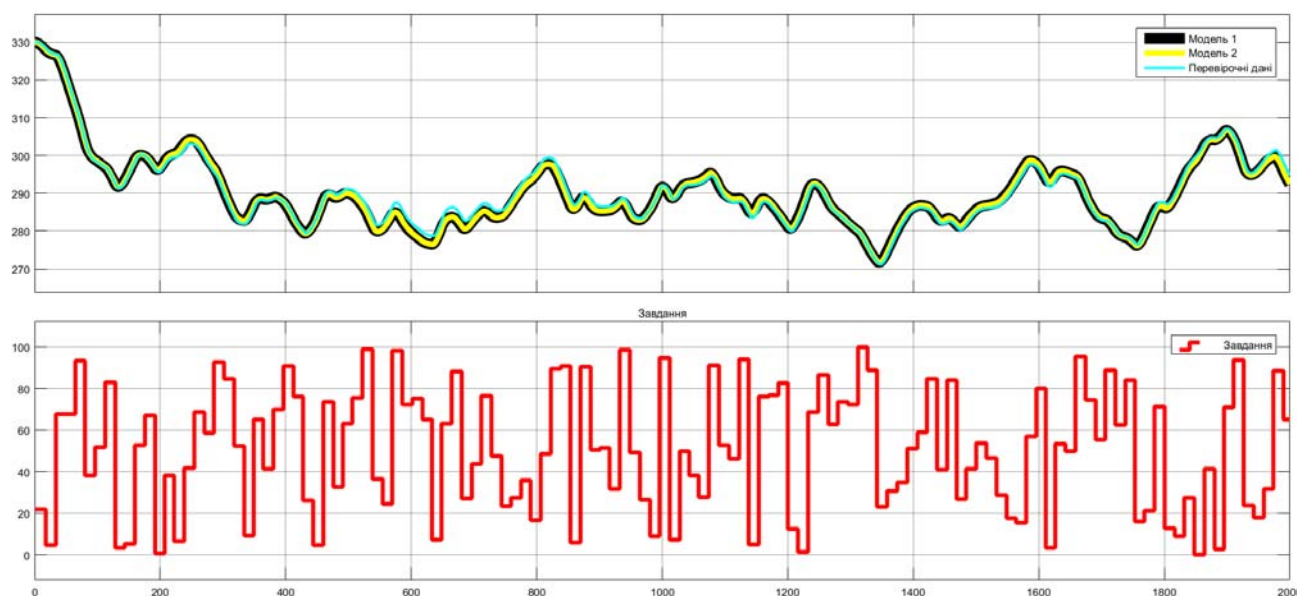


Рисунок 3.16 - Результат отримання даних для перевірки на адекватність

Наступним етапом є перевірка моделі на адекватність.

3.4.5 Перевірка моделі на адекватність

При перевірці на відповідність її значення у більшості випадків повинно бути вище 80 %, при перевірці на адекватність коефіцієнт кореляції повинен бути

вище 0,8, а довірчий інтервал відповідати 0,9. У деяких випадках ці значення можуть бути змінені.

Перевірка на адекватність виконувалася за допомогою скрипту GetAdequacy.m, який реалізує відповідний розрахунок перевірки на адекватність:

```
function GetAdequacy(x, y)
    fprintf('\nПеревірка моделі об'єкта керування на адекватність
v1.0\n');
    nSX = sqrt(mean(x.^2) - mean(x)^2);
    nSXref = sqrt(mean(y.^2) - mean(y)^2);
    nR = (mean(x.*y) - mean(x) * mean(y)) / (nSX * nSXref);
    fprintf('\nКоефіцієнт кореляції: %.3f\n', nR);
    nN = size(x, 1);
    nM = size(x, 2);
    nV = nN - nM - 1;
    nF = nR^2 / (1 - nR^2) * nV / nM;
    nP = 0.90;
    nFk = finv(nP, nM, nV);
    fprintf('Статистичний критерій Фішера: %.3f\n', nF);
    fprintf('Критичне значення статистики Фішера: %.3f\n', nFk);
    if (nF > nFk)
        fprintf('\nСтатистичний критерій Фішера більший критичного
значення, модель є адекватною до об'єкта керування.\n\n');
    else
        fprintf('\nСтатистичний критерій Фішера менший критичного
значення, модель не є адекватною до об'єкта керування.\n\n');
    end
end
```

Результат виконання статистичного аналізу (виклику функції):

```
>> GetAdequacy(Model, Object)
```

```
Перевірка моделі об'єкта керування на адекватність v1.0
```

```
Коефіцієнт кореляції: 0.993
```

```
Статистичний критерій Фішера: 146154.706
```

```
Критичне значення статистики Фішера: 2.708
```

```
Статистичний критерій Фішера більший критичного значення, модель є
адекватною до об'єкта керування.
```

Використовуючи скрипт GetAdequacy.m встановлено, що між перевірочними даними та результатами моделювання присутній дуже високий зв'язок, коефіцієнт кореляції 0,993 та задовольняє вимогам, статистичний

критерій Фішера перевищує критичне значення за відповідною статистикою, а отримана модель є адекватною до об'єкту керування за цим критерієм.

Статистичний критерій Фішера більший критичного значення, модель є адекватною до об'єкту керування.

Враховуючи аналіз технологічного процесу, структури об'єкту керування, характеристик отриманих за результатами експериментів, результатів структурної та параметричної ідентифікації та перевірки на адекватність зроблено висновок, що розроблена модель є адекватною до об'єкту керування та може бути використана у подальшому при синтезі системи керування в умовах досліджуваного технологічного процесу.

Остаточна модель об'єкту керування у графічному середовищі імітаційного моделювання Simulink наведена на рис. 3.15, схема моделювання динамічної характеристики наведена на рис. 3.18, а результат моделювання динамічної характеристики об'єкту керування наведено на рис. 3.19.

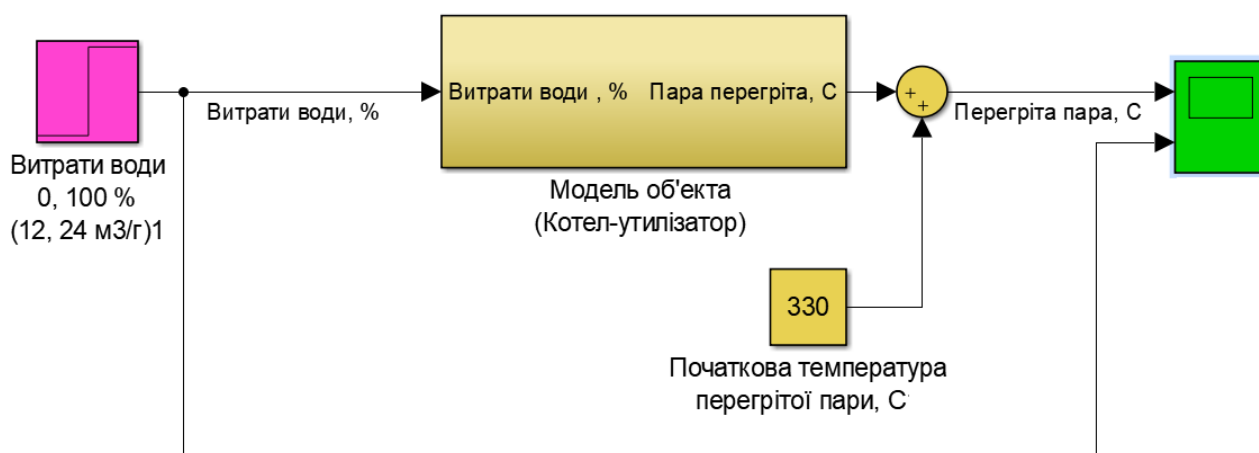


Рисунок 3.18 - Модель об'єкту керування

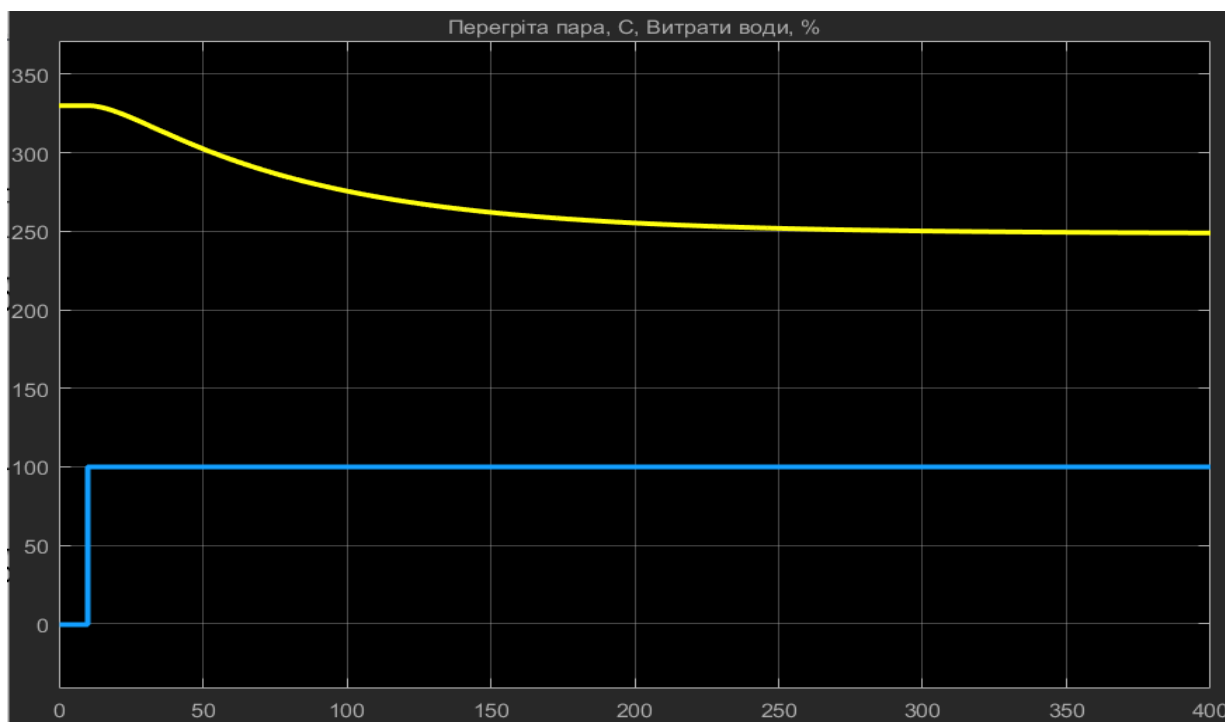


Рисунок 3.18 - Результат моделювання динамічної характеристики об'єкта керування

3.5 Висновки за розділом

При виконанні структурної ідентифікації, яка проведена на підставі експериментальних даних отриманих на об'єкті керування (динамічної характеристики, даних для побудови статичної характеристики, даних отриманих при П-образному керуючому впливі) встановлено, що структурно модель об'єкта керування може бути представлена як аперіодична ланка другого, або більш високого порядку з запізненням.

За результатами параметричної ідентифікації встановлено, що структура моделі об'єкта керування відповідає аперіодичній ланці другого порядку без запізнення та розраховані параметрами моделі: коефіцієнт підсилення $-0,815$, постійні часу $72,08$ с та $9,9$ с.

Комплексна перевірка на адекватність моделі до об'єкта керування за перевірочними даними об'єкта керування показала високу відповідність $88,05$ %, сильний кореляційний зв'язок $0,993$ та статистичним критерієм Фішера $146\ 154$ значно більшу критичного значення $2,707$. Велике значення статичного критерію

адекватності Фішера обумовлено великою кількістю вибірових даних та близьким до 1 значенням коефіцієнта кореляції.

Враховуючи аналіз технологічного процесу, структури об'єкта керування, характеристик отриманих за результатами експериментів, результатів структурної та параметричної ідентифікації та статистичного аналізу модель є адекватною до об'єкта керування та може бути використана у подальшому при синтезі підсистеми керування в умовах досліджуваного технологічного процесу - охолодження нітрозних газів у котлу-утилізаторі.

4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

4.1 Техніко-економічне обґрунтування впровадження системи керування

Розвиток технічних, апаратних і програмних засобів, дає можливість підприємствам зменшувати витрати, підвищувати якість продукції, збільшувати швидкість виробництва, автоматизувати процеси та приймати безліч інших рішень.

У кваліфікаційній роботі бакалавра розглядається економічна доцільність розробки підсистеми керування котлом-утилізатором при виробництві азотної кислоти. Розроблену систему можна використовувати на підприємствах хімічної промисловості.

У цей час на підприємстві більша частина використовуваних систем керування мають у своїй основі морально та фізично застарілу елементної базу й не забезпечують необхідних параметрів технологічних процесів (знижена точність параметрів технологічного процесу, невисока продуктивність).

Автоматизована підсистема керування процесом охолодження нітрозгих газів у котлу-утилізаторі, що розроблена в кваліфікаційній роботі бакалавра, має такі переваги:

- дозволяє підвищити якість та об'єм кінцевого продукту;
- дозволяє підвищити інформативність системи, що дає передумови до створення повністю автоматизованої системи керування підприємством;
- дозволяє підвищити надійність обладнання й безпеку праці за рахунок застосування сучасної високонадійної технічної бази й протоколу обміну підвищеної надійності.

4.2 Розрахунок капітальних витрат пов'язаних з впровадженням системи керування

Розрахуємо капітальні витрати, що пов'язані з виготовленням та впровадженням автоматизованої системи керування. Визначення проектних капітальних витрат виконується відповідно до:

$$K_{\text{ПКВ}} = C_{\text{ОБ}} + D_{\text{ТР}} + M_{\text{МН}} + K_{\text{ПЗ}}, \quad (4.1)$$

де $K_{\text{ПКВ}}$ – проектні капітальні витрати (грв.);

$C_{\text{ОБ}}$ – вартість основного та допоміжного обладнання (грн.);

$D_{\text{ТР}}$ – транспортно-заготівельні витрати (грн.);

$M_{\text{МН}}$ – витрати на монтаж і налагодження системи (грн.);

$K_{\text{ПЗ}}$ – витрати на розробку програмного забезпечення (грн.).

Вартість основного та допоміжного обладнання наведена в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Зведення капітальних витрат $C_{\text{ОБ}}$ [18-22]

№	Найменування	Одиниці виміру	Кількість	Вартість (грв.)	Сума (грв.)
1	ПЛЛ VIPA 214DPM (214-1BM02)	од.	1	13 774,40	13 774,40
2	Модуль аналогового вводу VIPA 231-1BD40	од.	2	4 740,30	9 480,60
3	Модуль аналогового виводу VIPA 232-1BD40	од.	1	4 938,30	4 938,30
4	Модуль дискретного виводу VIPA 222-1BF00	од.	1	2 335,80	2 335,80
5	Датчик температури Т.ХА–420	од.	4	1 455,00	5 820,00
6	Датчики тиску MBS 1700	од.	2	3 877,65	7 755,30
7	Засувка поворотна типу BELIMO Ду100	од.	1	9 453,02	9 453,02
8	Реле твердотільне Jotta SSR 40DA	од.	3	1 023,00	3 069,00
9	Мережний кабель	м	60	22,00	1 320,00
10	Система управління, виконана на базі ПК	од.	1	28 200,00	28 200,00
11	Блок живлення Carlo Gavazzi SPD24301	од.	2	1 450,00	2 900,00
	Разом				89 046,42

Витрати на транспортно-заготівельні і складські роботи визначаються в залежності від вартості обладнання, як 8 % від загальної вартості:

$$D_{\text{ТР}} = C_{\text{ОБ}} \cdot 0,08. \quad (4.2)$$

Витрати на транспортно-заготівельні і складські роботи складають:

$$D_{TP} = 89\,046,42 \cdot 0,08 = 7123,72 \text{ (грн.)}.$$

Вартість монтажних-налагоджувальних робіт приймаються на рівні 7 % від вартості обладнання:

$$M_{MH} = C_{OB} \cdot 0,07. \quad (4.3)$$

Витрати на монтажні-налагоджувальні роботи складають:

$$M_{MH} = 89\,046,42 \cdot 0,07 = 6\,233,25 \text{ (грн.)}.$$

4.3 Розрахунок капітальних витрат на програмне забезпечення

4.3.1 Розрахунок часу на розробку програмного забезпечення

Трудомісткість розробки програмного забезпечення розраховується як:

$$t = t_o + t_u + t_a + t_n + t_H + t_g. \quad (4.4)$$

- де t – трудомісткість розробки програмного забезпечення (люд.-год.);
- t_o – витрати праці на підготовку і опис поставленого завдання (люд.-год.);
- t_u – витрати праці на дослідження алгоритму керування (люд.-год.);
- t_a – витрати праці на розробку схеми алгоритму (люд.-год.);
- t_n – витрати праці на програмування по готовій схемі алгоритму (люд.-год.);
- t_H – витрати праці на налаштування програмного забезпечення (люд.-год.);
- t_g – витрати праці на підготовку документації по завданню (люд.-год.).

Складові витрати праці визначаються на підставі умовної кількості оброблюваних операторів у програмному забезпеченні:

$$Q = q \cdot c \cdot (1 + p), \quad (4.5)$$

- де Q – умовна кількість операторів в програмному забезпеченні;
- q – кількість операторів у програмному забезпеченні (виходячи з програмного забезпечення, як правило розробленого на мові

Structured Text типове значення має діапазон 100... 400, приймаємо $q = 170$);

c – коефіцієнт складності програми (приймаємо $c = 1,35$);

p – коефіцієнт корекції програми в процесі її обробки (приймаємо $p = 0,1$).

Для програмного забезпечення, що розробляється:

$$Q = 170 * 1,35 * (1 + 0,1) \approx 252$$

Витрат праці на підготовку і опис завдання в кваліфікаційній роботі складають $t_o = 56$ (люд. – год.).

Витрати праці на вивчення опису завдання визначаються з урахуванням уточнення опису та кваліфікації програміста як:

$$t_u = \frac{Q \cdot B}{(75 \dots 85) \cdot k}, \quad (4.6)$$

де B – коефіцієнт збільшення витрат праці (приймаємо $B = 1,5$);

k – коефіцієнт кваліфікації програміста (приймаємо $k = 1,2$).

Для програмного забезпечення, що розробляється:

$$t_u = 252 * 1,5 / (80 * 1,2) \approx 4 \text{ (люд. – год.)}.$$

Витрати на розробку алгоритму керування визначаються як:

$$t_a = \frac{Q}{(20 \dots 25) \cdot k}. \quad (4.7)$$

Для програмного забезпечення, що розробляється:

$$t_a = 252 / (20 * 1,2) \approx 11 \text{ (люд. – год.)}.$$

Витрати праці на складання програми по готовій схемі алгоритму визначаються як:

$$t_n = \frac{Q}{(20 \dots 25) \cdot k}. \quad (4.8)$$

Для програмного забезпечення, що розробляється:

$$t_n = 252 / (20 * 1,2) \approx 11 \text{ (люд. – год.)}.$$

Витрати праці на налаштування програми розраховуються як:

$$t_{\text{н}} = \frac{Q}{(4 \dots 5) \cdot k}. \quad (4.9)$$

Для програмного забезпечення, що розробляється:

$$t_{\text{н}} = 252 / (4 * 1,2) \approx 53 \text{ (люд. – год.)}.$$

Витрати праці на підготовку документації по завданню визначаються як:

$$t_g = t_{\text{др}} + t_{\text{до}}, \quad (4.10)$$

де $t_{\text{др}}$ – трудомісткість підготовки матеріалів до написання;

$t_{\text{до}}$ – трудомісткість редагування, друку та оформлення документації.

Трудомісткість підготовки матеріалів до написання визначається як:

$$t_{\text{др}} = \frac{Q}{(15 \dots 20) \cdot k}. \quad (4.11)$$

Для програмного забезпечення, що розробляється:

$$t_{\text{др}} = 252 / (15 * 1,2) \approx 14 \text{ (люд. – год.)}.$$

Трудомісткість редагування, друку та оформлення документації визначається як:

$$t_{\text{до}} = 0,75 \cdot t_{\text{др}}. \quad (5.12)$$

Для програмного забезпечення, що розробляється:

$$t_{\text{до}} = 0,75 * 14 = 11 \text{ (люд. – год.)}.$$

Для розробленого програмного забезпечення витрати праці на підготовку документації по завданню:

$$t_g = 14 + 11 = 25 \text{ (люд. – год.)}.$$

Таким чином трудомісткість розробки програмного забезпечення становить:

$$t = 56 + 4 + 11 + 11 + 53 + 25 = 160 \text{ (люд. – год.)}$$

4.3.2 Розрахунок витрат на розробку програмного забезпечення

Витрати на розробку програмного забезпечення визначається як:

$$K_{\text{ПЗ}} = Z_{\text{ЗП}} + Z_{\text{МІ}}, \quad (4.13)$$

де $Z_{зп}$ – витрати на заробітну плату розробника програмного забезпечення (грн.);

$Z_{мі}$ – вартість машинного часу, необхідного для налаштування програми (грн.).

Заробітна плата розробника програмного забезпечення визначається як:

$$Z_{зп} = t \cdot C_{пр}, \quad (4.14)$$

де $C_{пр}$ – середня годинна тарифна ставка розробника програмного забезпечення (приймаємо $C_{пр} = 105$ (грн./год.)).

Для програмного забезпечення, що розробляється:

$$Z_{зп} = 160 \cdot 105 = 16\,935 \text{ (грн.)}$$

Вартість машинного часу, необхідного для налаштування програми визначається як:

$$Z_{мі} = t_n \cdot C_{мч}, \quad (4.15)$$

де $C_{мч}$ – вартість машинного часу (приймаємо $C_{мч} = 13$ (грн./год.)).

Для програмного забезпечення, що розробляється:

$$Z_{мі} = 11 \cdot 13 = 143 \text{ (грн.)}$$

Витрати на розробку програмного забезпечення системи керування становлять:

$$K_{пз} = 16\,935 + 143 = 17\,078 \text{ (грн.)}$$

Очікувана тривалість розробки програмного забезпечення:

$$T = \frac{t}{B_k \cdot F_p}, \quad (4.16)$$

де T – тривалість розробки програмного забезпечення (міс.);

B_k – кількість розробників (приймаємо $B_k = 1$);

F_p – місячний фонд робочого часу ($F_p = 176$ (год./міс.)).

$$T = 238 / (1 \cdot 176) \approx 1,35 \text{ (міс.)}$$

Таким чином проектні капітальні витрати:

$$K_{пкв} = 89\,046,42 + 7\,123,72 + 6\,233,25 + 17\,078 \approx 119\,481,39 \text{ (грн.)}$$

4.4 Розрахунок експлуатаційних витрат

Річні експлуатаційні витрати розраховуються як:

$$C_e = C_a + C_3 + C_c + C_{PO} + C_{ee} + C_{\text{ІНШ}}, \quad (4.17)$$

де C_e – річні поточні витрати, пов'язані із застосуванням системи керування (грн.);

C_a – амортизація основних фондів (грн.);

C_3 – заробітна плата обслуговуючого персоналу (грн.);

C_c – відрахування на соціальні заходи (грн.);

C_{PO} – витрати на технічне обслуговування та поточний ремонт обладнання (грн.);

C_{ee} – вартість електроенергії (грн.);

$C_{\text{ІНШ}}$ – інші витрати(грн.).

Визначимо експлуатаційні витрати при впровадженні системи керування.

4.4.1 Амортизація основних фондів

Залежно від групи, до якої віднесено той, чи інший об'єкт основних засобів, встановлено мінімально-допустимі строки їх амортизації

Обладнання, розробленої в кваліфікаційній роботі системи керування, належить до 4 групи (машини та обладнання). Передбачуваний термін експлуатації системи становить 5 років.

При використанні методу прискореного зменшення залишкової вартості норма амортизації визначається як:

$$H_a = \frac{2}{T} \cdot 100 \%, \quad (4.18)$$

де H_a – норма амортизації (%);

T – термін корисного використання об'єкта (років).

Амортизація первинних фондів визначається як:

$$C_a = \frac{ПВ \cdot H_a}{100 \%}, \quad (4.19)$$

де C_a – річна амортизація основних фондів (грн.);

$ПВ$ – первинна вартість ($ПВ = K_{ПКВ}$) (грн).

Отже, норма амортизації для проекрованої системи керування складає:

$$H_a = \frac{2}{5} \cdot 100 \% = 40 \%.$$

Сума амортизації для проекрованої і базової системи становить:

$$C_a = 119\,481,39 * \frac{40}{100} = 47\,792,556 \text{ (грн.)}.$$

4.4.2 Розрахунок фонду заробітної плати

Номінальний річний фонд робочого часу одного працівника:

$$T_{НР} = (T_K - T_{ВС} - T_B) \cdot T_3, \quad (4.20)$$

де $T_{НР}$ – номінальний річний фонд робочого часу одного працівника (год.);

T_K – календарний фонд робочого часу ($T_K = 365$ (днів));

$T_{ВС}$ – вихідні дні та свята ($T_{ВС} = 114$ (днів));

T_B – відпустка ($T_B = 21$ (день));

T_3 – тривалість зміни ($T_3 = 8$ (год.)).

Таким чином, річний фонд робочого часу працівника складе:

$$T_{НР} = (365 - 114 - 21) * 8 = 1\,840 \text{ (год.)}.$$

У процесі керування задіяний 2 оператори людино-машинного інтерфейсу, 2 інженери-технологи та 1 наладчик електроустаткування. Після впровадження проекрованої системи керування штат персоналу не зміниться, отже заробітна плата і відрахування на соціальні заходи будуть однакові.

Розрахунок річного фонду заробітної плати виробничих робітників здійснюється у відповідності з формою, наведеною в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Розрахунок заробітної плати персоналу

№ п/п	Найменування професії робітників	Число працюючих, чол.	Годинна тарифна ставка, грн./год.	Номінальний річний фонд робочого часу (год.)	Пряма заробітна плата, грн.	Додаткова заробітна плата (8%), грн.	Доплати (7%), грн.	Всього заробітна плата, грн.
1	Оператор НМІ	3	75,00	1 840	414 000,00	33 120,00	28 980,00	476 100,00
2	Інженер	3	90,00	1 840	496 800,00	39 744,00	34 776,00	571 320,00
3	Наладчик	1	110,00	1 840	202 400,00	16 192,00	14 168,00	232 760,00
	Разом							1 280 180,00

4.4.3 Відрахування на соціальні заходи

Відрахування на соціальні заходи визначаються як:

$$C_c = 0,22 \cdot C_3. \quad (4.21)$$

Відповідно до цього відрахування становлять:

$$C_c = 0,22 * 1\,280\,180,00 = 281\,639,60 \text{ (грн.)}.$$

4.4.4 Розрахунок витрат на технічне обслуговування та ремонт

Витрати на технічне обслуговування та поточний ремонт обладнання та мережі приймаємо на рівні 5 % від величини капітальних витрат:

$$C_{PO} = 0,05 \cdot K_{KB} \cdot (K_{ПКВ}) \quad (4.22)$$

Відповідно до цього витрати становлять:

$$C_{PO} = 0,05 * 119\,481,39 = 5\,974,07 \text{ (грн.)}$$

4.4.5 Витрати на електроенергію

Вартість електроенергії, споживаної системою керування, розробленої у проекті:

$$C_{ee} = K_e \cdot K_{рд} \cdot T_3 \cdot T_e, \quad (4.23)$$

де K_e – кількість електроенергії, спожите проектною системою керування (приймаємо $K_e = 0,7$ (кВт · год.));

T_3 – кількість часу роботи за сутки ($T_3 = 24$ (год.));

$K_{рд}$ – кількість робочих днів у році ($K_{рд} = 251$ (день));

T_e – тариф на електроенергію для підприємств (для користувачів електроенергії 2 класу тариф складає 2,26 грн. кВт без ПДВ, з урахуванням ПДВ тариф $T_e = 2,712$ (грн.)).

Таким чином вартість електроенергії становить:

$$C_{ee} = 0,7 * 251 * 24 * 2,712 = 11\,435,97 \text{ (грн.)},$$

4.4.6 Інші витрати

Інші витрати з експлуатації об'єкта проектування включають витрати з охорони праці, на спецодяг та інше згідно практики, ці витрати визначаються в розмірі 4 % від річного фонду заробітної плати обслуговуючого персоналу:

$$C_{інш} = 0,04 \cdot C_3. \quad (4.24)$$

Таким чином інші витрати становлять:

$$C_{інш} = 0,04 * 1\,280\,180,00 = 51\,207,2 \text{ (грн.)}.$$

Річні експлуатаційні витрати становлять (4.17), (табл. 4.3):

$$C = 47792,556 + 1\,280\,180,00 + 281\,639,60 + 5\,974,07 + 11\,435,97 + 51\,207,2 = 1\,678\,229,40 \text{ (грн.)},$$

Таблиця 4.4 – Експлуатаційні витрати

№ п/п	Назва показника	Сума, грн.
1	Амортизація	47792,556
2	Фонд заробітної плати	1 280 180,00
3	Відрахування на соціальні виплати	281 639,60
4	Ремонт та технічне обслуговування	5 974,07
5	Електроенергія	11 435,97
6	Інше	51 207,2
7	Загалом	1 678 229,40

4.5 Висновки

При впровадженні проектованої системи капітальні витрати складають 120 тис. грн., час розробки ПЗ становитиме 1,5 місяці.

Річні експлуатаційні витрати, пов'язані з впровадженням системи становитимуть трохи більше 1,7 млн. грн.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1 Загальна інформація

Згідно чинного законодавства України про Охорону праці Закон визначає основні положення щодо реалізації конституційного права громадян на охорону їх життя і здоров'я в процесі трудової діяльності, регулює за участю відповідних державних органів відносини між власником підприємства, установи і організації або уповноваженим ним органом і працівником з питань безпеки, гігієни праці та виробничого середовища і встановлює єдиний порядок організації охорони праці в Україні.

5.1 Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих чинників

Контроль та обслуговування технологічної лінії виробництва азотної кислоти буде здійснювати оператор технологічного процесу з операторської кабіни (площею 15 м² та об'ємом 40 м³).

На робочому місці на оператора впливають такі виробничі фактори:

- повітря робочої зони;
- виробниче освітлення;
- виробничий шум;
- електро безпека;
- пожежна безпека.

5.2 Інженерно-технічні заходи по охороні праці

5.2.1 Повітря робочої зони

Показниками, що характеризують мікроклімат, є:

- температура повітря;
- відносна вологість повітря;
- швидкість руху повітря.

Фактичні метеорологічні умови в операторській для роботи середньої важкості наведені в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 = Порівняння фактичних та оптимальних умов

	Температура, °C		Відносна вологість повітря, %		Швидкість руху повітря, м/с	
	Фактичне	Оптимальне	Фактичне	Оптимальне	Фактичне	Оптимальне
Теплий період року	20-23°C	18-25°C	40-75%	35-80%	0,3 м/с	0,25-0,3 м/с
Холодний період року	15-18°C	17-19°C	40-65%	40-80%	0,2 м/с	0,15-0,2 м/с

Для того щоб забезпечити ці показники в теплий період року необхідно забезпечити операторську наявністю кондиціонерів, пристроїв для охолодження приміщення, вентиляторів, тощо. Для виконання заданих показників у холодний період року забезпечується приміщення обігрівачами, утепленням стін, вікон і дверей, батареями, іншими носіями тепла.

Отже, фактичні метеорологічні умови відповідають нормам ДСНЗ.3.6.042. Обслуговуючий персонал допускається до роботи у встановленому нормами спецодязі та спецвзутті, зобов'язаний мати при собі справні засоби індивідуального захисту. Засоби захисту (індивідуальний протигаз) обов'язково перевіряються кожної зміни перед початком роботи.

Не допускати порушення нормального технологічного режиму на всіх стадіях процесу.

Роботи вести лише на справному обладнанні, оснащеному всіма необхідними та справна-діючими запобіжними пристроями, контрольно-вимірювальними та регулюючими пристроями, сигналізацією та блокуванням. Всі контрольно-вимірювальні прилади, системи автоматики та блокування мають знаходитися в справному стані.

При виявленні якихось несправності в роботі обладнання – своєчасно ставити до відома начальника цеху, механіка цеху. При необхідності, зупинити обладнання та підготувати його до здачі в ремонт.

5.2.2 Виробниче освітлення

Роботи, виконувані в операторській, зв'язані зі зняттям показань з контрольно-виміральної апаратури, відносяться до III розряду зорових робіт. Приміщення не забезпечене вікнами, тому денне світло у операторській відсутнє. У темний і світлий час доби використовують штучне висвітлення.

Освітленість відповідна III розряду зорових робіт при газорозрядних лампах повинна бути $E_n=250 \text{ Лк}$. Прийmemo лампи типу світлодіодна трубчаста «ЕВРОСВЕТ 9 Вт 6 400К L- 600-6400-13 T8 G13» $F_{\text{л}}=600 \text{ Лм}$ світловий потік світлодіодних ламп. Кількість таких ламп становить 3 од., термін її роботи 25 000 годин.

Поставимо три світильники, що забезпечує освітленість приміщення для даного розряду зорових робіт.

При цьому $E_{\text{факт}}=260 \text{ Лк}$. Освітленість приміщення відповідає нормам, відповідно до ДНБ В 25.28-2006.

5.2.3 Виробничий шум

Джерелами шуму є: трубопроводи, система кондиціювання, насоси та редуктори.

Рівень шуму становить: $L = 100 \text{ дБА}$.

Захист від шуму досягається застосуванням засобів і методів індивідуального і колективного захисту, будівельно-акустичними методами. Засоби колективного захисту діляться стосовно джерела шуму: понижуючі шум у джерелі виникнення, понижуючі шум на шляхах його поширення. По способу реалізації:

Акустичні. Ґрунтуються на акустичному вимірі помешкання і за принципом дії підбираються засоби звукоізоляції, звукопоглинання, віброізоляція, демпфірування, застосування приглушувачів шуму;

Будівельно-акустичні методи застосовують: екрани, звукоізоляцію, кабінки спостереження, дистанційне керування, кожухи, ущільнення і т. д. Найбільше ефективні звукоізолюючі матеріали: трипласт (композиційний матеріал); пластобетони з наповненням з тирси деревини, соломи і т. д. Звуковбирні матеріали: мрамур, бетон, граніт, цеглина, ДВП, ДСП, войлок, мінвата, матеріали з щільною перфорацією;

Архітектурно-планувальні: раціональне розміщення робочих місць; раціональний режим праці і відпочинку. Організаційно-технічні.

Активна форма захисту – генерація шуму в протифазі до джерела. Засоби індивідуально захисту: навушники, вушні вкладки, шлемофони, каски.

Для зменшення рівня шуму від трубопроводів, для них додатково передбачені комплектні шумозахисні кожухи. Завдяки усім цим заходам шумоізоляції, рівень шуму на даному об'єкті складає $L = 60$ дБА, що не перевищує допустимі значення, відповідно до ДСН 3.3.6.037-99.

5.2.4 Електробезпека

Приміщення операторської відноситься до приміщень з підвищеною небезпекою по ступеню враження електричним струмом, відповідно до ПУЕІ.

Не допускається включення електрообладнання при несправному заземленні.

У операторській встановлена мережа, що працює під напругою $\sim 220/380$ В, частотою 50 Гц.

Мережа з глухозаземленою нейтраллю.

Основні причини нещасного випадку від впливу електричного струму наступні:

- ушкодження струмопровідних ліній електрокабелів, порушення ізоляції і заземлення щитів, пультів і електроустаткування;

- порушення правил електробезпечності при експлуатації електричного устаткування і освітлення (спроби самовільного усунення несправності, заміни світильників);
- робота на несправному устаткуванні;
- дотик до відкритих проводок струмоведучих частин;
- пробій на установці (напруга дотику);
- крокова напруга;
- електрична дуга.

До заходів щодо захисту від поразки електричним струмом відносяться:

Ізоляція в електроустановках. Ізоляція - шар діелектрика, яким покривають поверхню струмоведучих елементів, або конструкція з непровідного матеріалу, за допомогою якого струмоведучі частини відокремлюються від інших частин електрообладнання.

Встановлена ізоляція таких видів:

- робоча – електрична ізоляція струмоведучих частин електроустановки, що забезпечує її нормальну роботу і захист від поразки електричним струмом;
- додаткова – електрична ізоляція, передбачена додатково до робочої ізоляції для захисту від ураження електричним струмом в разі ушкодження робочої ізоляції;
- подвійна – ізоляція, яка складається з робочої і додаткової ізоляції;
- посилена – поліпшена робоча ізоляція, яка забезпечує такий же захист від ураження електричним струмом, як і подвійна ізоляція;
- опір ізоляції 0.5 МОм.

Блокування безпеки;

- малі напруги на переносні прилади $U = 42 \text{ В}$;
- недосяжність проводів;
- орієнтація в електричних установках;
- в аварійному режимі занулення з автоматичним відключенням.

Електронезбезпека на виробництві відповідає ГОСТ 12.1.030-86.

5.3 Пожежна профілактика

До цеха в трубопроводах надходять наступні горючі матеріали: аміак під тиском, природний газ під тиском. Продуктом є азотна кислота. Проаналізувавши дані матеріали, що надходять до цеха, можемо зробити висновок, що приміщення виробничого цеху згідно НАПБ Б.07.005-86 відноситься до категорії В класу зони П-1.

Основними причинами виникнення пожежі можуть бути:

- порушення елементарних правил пожежної безпеки;
- несправність електроустаткування, електромереж;
- порушення електротехнічних правил.

Для здійснення безпеки обслуговуючого персоналу при експлуатації технічних засобів автоматичної пожежної сигналізації і виконанні ремонтних робіт передбачено:

- використання пожежних оповіщувачів згідно умов їх експлуатації;
- відсутність радіоізотопних оповіщувачів;
- гучномовне оповіщення персоналу про пожежу;
- об'єктове світлозвукове оповіщення персоналу про пожежу.

Допустима відстань від самого віддаленого робочого місця до найближчого евакуаційного виходу – 7,5 м. З коридору повинно бути, як правило, не менше 2-ох евакуаційних виходів. Враховуючи об'єми приміщень, категорію пожежної небезпеки виробництва і ступень вогнестійкості будівлі, визначаємо необхідну ширину евакуаційних виходів. Для проходів – не менше 1 м, коридорів – 1,4 м, двері – 0,8 м і марші – 1,05 м, площадка сходів – 1,05 м. Висота дверей і проходів на шляхах евакуації повинна бути не менше 2 м. Двері на шляхах евакуації повинні відкриватися по напрямленню виходу з будівлі (СНиП 2.09.02-85).

Для гасіння електропроводок і електроустаткування під напругою передбачені порошкові вогнегасники САМ-6 2 од. та ручні порошкові вогнегасники ВП-2 (ОП-2) в кількості 2 од.

При виникненні пожежі необхідно терміново викликати пожежну охорону, відвести в безпечне місце людей і приступити до гасіння пожежі засобами пожежогасіння (вогнегасники, пісок, лопата, багор, відро), дотримуючись правил техніки безпеки.

ТС оснащується первинними засобами пожежогасіння (вогнегасники, лопата, ящик з піском, багор, відро), що розташовані на пожежному щиті. Засоби пожежогасіння повинні відповідати вимогам «Інструкції по утриманню та застосуванню засобів пожежогасіння на підприємствах».

В тому числі приміщення захищене щогловим блискавковідводом висотою 27 м. Блискавковідвід приєднується сталевією полозою 20x4 мм до спеціального заземлювача, який складається з двох електродів довжиною 7,5 м, які з'єднуються між собою сталевією полозою 20 x 4 мм.

Заземлювач блискавкозахисту приєднати до існуючого контуру заземлення. Опір заземлюючого пристрою більше 100 Ом.

Приміщення операторської обладнане електричною системою датчиків оповіщувальних типу ДЛТ, з'єднаних з прийомною станцією по променевій системі. При підвищенні температури легкозаймистий шар, що з'єднує кінці двох дротів, розплавляється, розривається електричний ланцюг і спрацьовує сигналізація. Також у операторській передбачений прямий телефонний зв'язок з пожежною охороною підприємства.

Паління дозволяється у відведених для цих цілей місцях.

Підходи до аварійних шаф, пожежних оповіщувачів, телефонів, пожежного інвентарю не допускається захаращувати сторонніми предметами, утримувати їх необхідно в чистоті та у справному стані.

При виникненні пожежі, люди повинні залишити приміщення. На рисунку 5.1 представлено план евакуації з цеху.

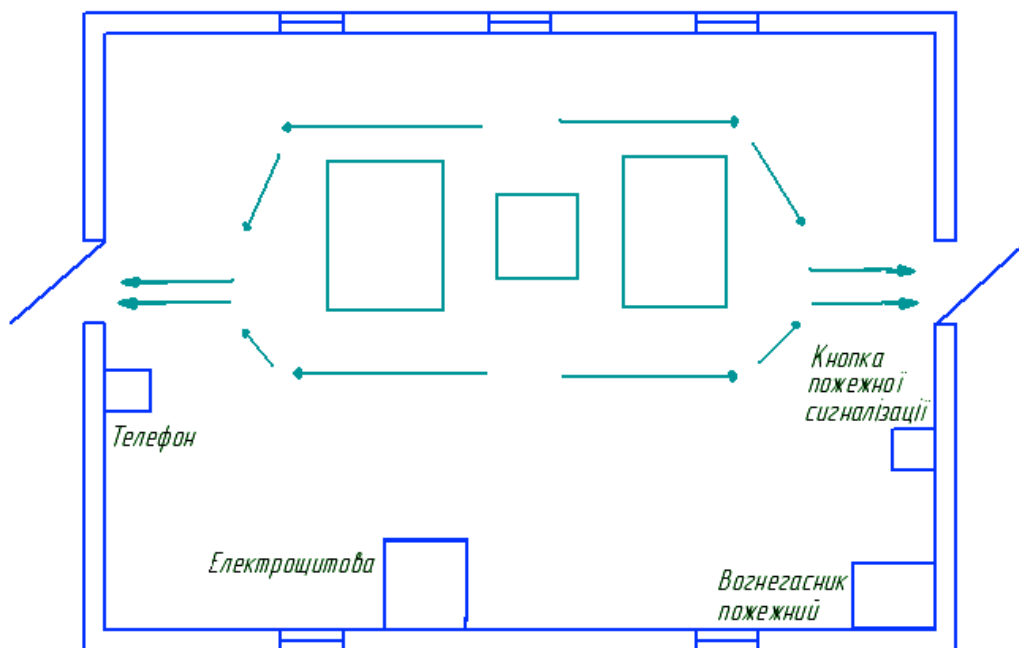


Рисунок 5.1 - План евакуації

Вжиті міри забезпечують відповідність лінії до вимог охорони праці та навколишнього середовища, безпечну роботу персоналу на лінії виробництва та готовність до надзвичайних ситуацій.

5.4 Висновки за розділом

У цьому розділі кваліфікаційної роботи проведено аналіз небезпечних і шкідливих виробничих чинників, розроблені інженерно-технічні заходи по охороні праці, розглянуті заходи протипожежної профілактики.

ВИСНОВКИ

Головною метою роботи є розробка моделі для регульованої по температурі перегрітої пари на виході котла-утилізатора для виробництва азотної кислоти в залежності від витрати води на його вході.

Отримана модель може бути використана при синтезі системи керування котлом-утилізатором.

Актуальність роботи пояснюється необхідністю модернізації систем керування, які використовуються на підприємстві кінця минулого століття, та вже встали морально та фізично застарілими, та не мають можливості фіксації та збереження параметрів роботи технологічного обладнання.

У якості об'єкта керування виступає комбіноване обладнання - контактний апарат та котел-утилізатор.

У цьому розділі вибрано апаратно-програмні засоби для створення підсистеми керування контактним апаратом та котлом-утилізатором, розроблена функціональна схема автоматизації, розроблена схема принципова підсистеми керування, складено перелік елементів до схеми електричної принципової.

При виконанні структурної ідентифікації, яка проведена на підставі експериментальних даних отриманих на об'єкті керування (динамічної характеристики, даних для побудови статичної характеристики, даних отриманих при П-образному керуючому впливі) встановлено, що структурно модель об'єкта керування може бути представлена як аперіодична ланка другого, або більш високого порядку з запізненням.

За результатами параметричної ідентифікації встановлено, що структура моделі об'єкта керування відповідає аперіодичній ланці другого порядку без запізнення та розраховані параметрами моделі: коефіцієнт підсилення $-0,815$, постійні часу $72,08$ с та $9,9$ с.

Комплексна перевірка на адекватність моделі до об'єкта керування за перевірочними даними об'єкта керування показала високу відповідність $88,05$ %,

сильний кореляційний зв'язок 0,993 та статистичним критерієм Фішера 146 154 значно більшу критичного значення 2,707. Велике значення статичного критерію адекватності Фішера обумовлено великою кількістю вибірових даних та близьким до 1 значенням коефіцієнта кореляції.

Враховуючи аналіз технологічного процесу, структури об'єкта керування, характеристик отриманих за результатами експериментів, результатів структурної та параметричної ідентифікації та статистичного аналізу модель є адекватною до об'єкта керування та може бути використана у подальшому при синтезі підсистеми керування в умовах досліджуваного технологічного процесу - охолодження нітрозних газів у котлу-утилізаторі.

При впровадженні проектованої системи капітальні витрати складають 120 тис. грн., час розробки ПЗ становитиме 1,5 місяці.

Річні експлуатаційні витрати, пов'язані з впровадженням системи становитимуть трохи більше 1,7 млн. грн.

Проведено аналіз небезпечних і шкідливих виробничих чинників при створенні та експлуатації системи, розроблені інженерно-технічні заходи з охорони праці, розглянуті заходи протипожежної профілактики.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Методичні рекомендації для студентів бакалаврів спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» Ткачов В.В., Бубликов А.В., Цвіркун Л.І., Проценко С.М., Бойко О.О., Славинський Д.В., .– Д.: «НГУ», 2016. – 27 с.
2. Бойко О.О. Методичні вказівки до лабораторних робіт з проектування систем автоматизації для студентів напрямку підготовки «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» / О.О. Бойко – Д.: Державний ВНЗ «НГУ», 2017. – 109 с. – Режим доступу: <https://goo.gl/Ev6J4Z>. – Назва з домашньої сторінки Інтернету.
3. Бойко О.О., Проценко С.М. Методичні вказівки до лабораторних робіт з програмування систем реального часу для студентів напрямків підготовки «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології», «Комп'ютерна інженерія» / О.О. Бойко, С.М. Проценко – Д.: Державний ВНЗ «НГУ», 2017. – 168 с. – Режим доступу: <https://goo.gl/rBf8Zm>. – Назва з домашньої сторінки Інтернету.
4. Бойко О.О. Методичні вказівки до лабораторних робіт з теорії автоматичного управління для студентів напрямку підготовки «Комп'ютерна інженерія» / Укл.: О.О. Бойко – Д.: Державний ВНЗ «НГУ», 2017. – 107 с. – Режим доступу: <https://goo.gl/nUMtFE>. – Назва з домашньої сторінки Інтернету.
5. Дытнерский Ю.И. Процессы и аппараты химической технологии. – Москва «Химия», 1995. – 260с.
6. Атрощенко В. И., Технология азотной кислоты / В. И. Атрощенко, С. И. Каргин, - М.: Химия, 1970. - 496с.
7. Куандыков А. А., Задачи ситуационного управления сложными объектами и их особенности / А. А. Куандыков // Системы обработки информации. -

2008. - Выпуск № 2. - С. 6 – Режим доступа:
http://nbuv.gov.ua/UJRN/soi_2008_2_4.
8. Справочник азотчика. Том 1 / под ред. Е. Я. Мельников, - М.: Химия, 1986. – 492 с. 4. Справочник азотчика. Том 2 / под ред. Е. Я. Мельников, - М.: Химия, 1987. – 444 с.
 9. Иоффе И. Л., Проектирование процессов и аппаратов химической промышленности / И. Л. Иоффе, - Л.: Химия, 1991. - 352с.
 10. Олевский В. М., Производство азотной кислоты в агрегатах большой единичной мощности / В. М. Олевский, - М.: Химия, 1985. - 193с.
 11. Чернышев А., Производство азотной кислоты под повышенным давлением / А. Чернышев, А. Буслаев, Л. Тарасова // Материалы научно-практической конференции «Производство азотной кислоты» - М.: Химия и бизнес, 2002. - 67 с.
 12. Лукінюк М. В., Технологічні вимірювання та прилади: Навч. посіб. для курс. проектування. [Текст] / М. В. Лукінюк– К.: «ПОЛІПАРНАС», 2010. – 257 с.: іл. ISBN 000–000–000–0.
 13. Лукінюк М. В. Контроль і керування хіміко-технологічними процесами: навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл.: У 2 кн. Книга 1. Методи та технічні засоби автоматичного контролю хіміко-тех-нологічних процесів [Текст] : навч. по-сіб. для студ. вищ. навч. закл., які навчаються за напрямом «Хімічна технологія та інженерія». – К.: ІВЦ “Видавництво «Політехніка»”, 2012. – 336 с. : іл. – Бібліогр.: с. 328–330. – 300 пр. – ISBN 978-966-622-530-9.
 14. Черкаське Публічне акціонерне товариство «АЗОТ», режим доступу:
chrome-
extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/viewer.html?pdfurl=http%3A%
2F%2Fwww.ostchem.com%2Ffiles%2Fafda67b407a1caac26c3b20102c90dac.
pdf&cflen=5783606&chunk=true

15. Автоматизація технологічного процесу виробництва азотної кислоти, Automation of the technological process of nitric acid production, АКІТ-2016.pdf, с. 82.)
16. Жученко А. І., Кваско М.З., Кубрак Н. А. Ідентифікація динамічних характеристик. Комп'ютерні методи. К.:ВІПОЛ, 2000. – 182с., іл.
17. УДК 681.518 Керування котлом-утилізатором охолодження азотної кислоти в умовах невизначеності, Скобеліна М. І, Ковалюк Д.О., Національний технічний університет України «КПІ»
18. Датчики температуры жидких и сыпучих сред Т.п/п-420-Кл1-2, Т.ХА-420-Кл1-2. Режим доступу: <https://relsib.com/product/datchiki-temperaturey-zhidkosti-i-sypuchih-sred-tp-420-kl1-2-tha-420-kl1-2>
19. Датчик давления MBS 1700. Режим доступу: https://ianv.com.ua/datchik-davleniya-mbs-1700?gclid=CjwKCAjwoduRBhA4EiwACL5RPxxh-3WMefznXJScYn456FD8q_KvqGFvQr4UThbXvIvUYt2GUJRITBoCfrYQAvD_BwE
20. Вихревой расходомер серии DY Многопараметрический интегрального исполнения Режим доступу: <https://pia.kiev.ua/rashodomery/vihrevuye-rashodomery/vihrevoj-rashodomer-serii-dy-mnogoparametricheskij-integralnogo-ispolnenija/>
21. Винтовые (шнековые) насосы. Режим доступу: <http://www.zaoepos.com.ua/oborudovanie-epos/nasosnoe-oborudovanie/145-vintovoy-nasos>
22. Засувка поворотна типу Батерфляй VITECH з електроприводом BELIMO Ду100. Режим доступу: <https://prom.ua/ua/p1127938087-zadvizhka-povorotnaya-tipa.html?&primelead=Mі41Mw>
23. Бабіченко А.К., Тушинський В.І., Михайлов В.С. Промислові засоби автоматизації. Ч. 1. Вимірювальні пристрої / За заг. ред. Бабіченка А.К.: Навч. посібник. - Харків: НТУ "ХПІ", 2001 р. - 470 с.

24. Голінько В.І., Фрундін В.Ю. Охорона праці в галузі електротехніки та електромеханіки – Д.: Державний ВНЗ «НГУ», 2011. – 235 с.
25. Міждержавний стандарт ГОСТ 12.0.003-74 (1999) ССБТ «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация».
26. ДСН 3.3.6.042-99 „Державні санітарні норми параметрів мікроклімату” - К.: МОЗ України, 2000.
27. ДБН В.2.5-67:2013 Опалення, вентиляція та кондиціонування.
28. ДСТУ Б.А.3.2-12:2009. Система стандартів безпеки праці. Системи вентиляційні. Загальні вимоги ДНАОП 0.03-33.14-85. Санітарні норми допустимих рівнів шуму на робочих місцях.
29. Правила улаштування електроустановок Мінпаливвугілля України. – 2017 – 617с.
30. «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості на небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу». № 528 - 2001.
31. Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями, затверджені наказом Мінсоцполітики від 14.02.2018 № 207.
32. Охорона праці в галузі. Конспект лекцій для студентів Інституту електроенергетики. / Уклад. В.І. Голінько, В.Ю. Фрундін, Ю.І. Чеберячко, М.Ю. Іконніков. - Дніпропетровськ: Державний ВНЗ «Національний гірничий університет», 2013. – 86 с.
33. Методичні рекомендації з виконання заходів стосовно охорони праці при роботі з ПЕОМ та розрахунку освітлення у дипломних проектах студентів усіх спеціальностей/ Уклад. В.І. Голінько, В.Ю. Фрундін, Ю.І. Чеберячко, М.Ю. Іконніков. - Дніпропетровськ: ДВНЗ «Національний гірничий університет», 2013.- 12 с.

34. ДСанПіН 3.3.2-007-98 Державні санітарні правила і норми. Гігієнічні вимоги до організації роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин
35. ДСТУ 7234:2011 Дизайн і ергономіка. Обладнання виробниче. Загальні вимоги дизайну та ергономіки
36. ДСТУ 7950:2015 Дизайн і ергономіка. Робоче місце під час виконання робіт стоячи. Загальні ергономічні вимоги.
37. ДСТУ 8604:2015 Дизайн і ергономіка. Робоче місце для виконання робіт у положенні сидячи. Загальні ергономічні вимоги
38. ДСТУ 3191-95 (ГОСТ 12 2.137-96) Обладнання для кондиціонування повітря та вентиляції

ДОДАТОК А

Відомість матеріалів кваліфікаційної роботи

№ рядка	Формат	Позначення	Найменування	Кількість аркушів	Шифр документу	Примітка	
1			<u>Документація</u>				
2							
3	A4	KIBС.KBP.151.19.08.ПЗ	Пояснювальна записка		ПЗ		
4							
5			<u>Графічна частина</u>				
6							
7	A2	KIBС.KBP.151.19.08.E2	Функціональна схема				
8			автоматизації	1	E2		
9							
10	A2	KIBС.KBP.151.19.08.E3	Схема електрична				
11			принципова	1	E3		
12							
13	A4	KIBС.KBP.151.19.08.ПЕЗ	Перелік елементів	1	ПЕ		
14							
15	A4	KIBС.KBP.151.19.08.Д	Презентація		Д		
16							
17		KIBС.KBP.151.19.08.ВДЕ	Носій інформації	1	ВДЕ		
18							
19							
20							
21							
22							
23							
24							
25							
26							
			Підп.	Дата	KIBС.KBP.151.19.08.ТП		
Зм.	Арк.	№ докум.			Літ.	Аркуш	Аркушів
Розробив		Лисиця		25.05.22		1	1
П. конс.		Воскобойник			Національний ТУ «Дніпровська політехніка», ЕТФ, 151-19ск-1		
Н. контр.							
					Автоматизація технологічного процесу виробництва азотної кислоти. Відомість проекту		

ВІДГУКИ КОНСУЛЬТАНТІВ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

ВІДГУК

на кваліфікаційну роботу бакалавра по темі: «Автоматизація технологічного процесу виробництва азотної кислоти»,

студента гр. 151-19ск-1 Лисиця Сергій Сергійович

Об'єкт дослідження – підсистема автоматичного керування процесом охолодження нітрозних газів у котлу-утилізаторі технологічного процесу виробництва азотної кислоти.

У кваліфікаційній роботі детально розглянуті питання по створенню підсистеми керування котлом-утилізатором для каналу керування охолодження нітрозних газів «витрати води – температура перегрітої пари».

У якості об'єкта керування виступає комбіноване технологічне обладнанням: контактний апарат та котел-утилізатор.

Актуальність роботи пояснюється необхідністю модернізації системи керування технологічним обладнанням з процесу виробництва азотної кислоти, яке використовуються з кінця минулого століття, та вже стали морально та фізично застарілим.

Підсистема керування включає датчики температури та тиску, пристрої керування електродвигуном насосного агрегату, водяними засувкою, клапаном. Система керування під'єднана до загально промислової мережі. Основними функціями системи є формування, або реєстрування керуючого впливу, який подається на об'єкт керування, реєстрування дійсного значення на виході об'єкта, візуалізація отриманих даних та їх надання у зручному для подальшої обробки виді. Підсистема дослідження формує керуючий вплив, у якості котрого виступає витрата води (для охолодження нітрозних газів) та дійсне значення вихідного сигналу – температура перегрітої пари.

Така система може бути затребувана для будь-яких технологічних процесів хімічної промисловості, де потребується охолодження за допомогою котла утилізатора.

Тема кваліфікаційної роботи безпосередньо пов'язана з професійною діяльністю фахівця спеціальності 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології.

Цілі, поставлені перед кваліфікаційною роботою, повністю виконані.

ПЗ і графічна частина кваліфікаційної роботи виконана відповідно до вимог ГОСТ і ЕСКД, зауважень до проекту немає.

При виконанні кваліфікаційної роботи і ухваленні рішень проявлена висока міра самостійності, технічної грамотності.

Оцінки по розділах кваліфікаційної роботи - «_____».

Кваліфікаційна робота в цілому заслуговує оцінку «_____», а студент привласнення освітнього рівня «бакалавр» в галузі знань 15 Автоматизація та приладобудування.

Керівник кваліфікаційної роботи, _____ доц. Заславський О.М.

_____.06.2022

РЕЦЕНЗІЯ

на кваліфікаційну роботу бакалавра по темі: «Автоматизація технологічного процесу виробництва азотної кислоти»,
студента гр. 151-19ск-1 Лисиця Сергій Сергійович

1. Завдання і зміст кваліфікаційної роботи ступеню бакалавра відповідає основній меті - перевірки знань і ступеня підготовленості студента за спеціальністю «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології».
2. Актуальність роботи полягає в тому, що розробка та дослідження нової підсистеми керування дозволить зменшити вплив основних недоліків технологічного обладнання.
3. Отримана модель може бути використана за для розробки програмного забезпечення підсистеми керування.
4. Повнота і глибина вирішення завдань, поставлених в завданні на кваліфікаційну роботу достатня.
5. В рамках кваліфікаційної роботи було визначено структуру об'єкта керування та побудована його модель.
6. В цілому кваліфікаційна робота ступеню бакалавра заслуговує оцінки «_____», за умови відповідного захисту.
7. Студент Лисиця С.С. присвоєння йому кваліфікації «бакалавр» за спеціальністю «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології».

Рецензент, _____

____.06.2022

ЗАТВЕРДЖЕНО:
завідувачем кафедри
кіберфізичних та інформаційно-
вимірювальних систем

_____ Бубліковим А.В.

«_____» _____ 2022 року

ВИСНОВОК

Про рівень запозичень у кваліфікаційній роботі бакалавра на тему «Автоматизація технологічного процесу виробництва азотної кислоти», здобувача вищої освіти, групи 151-19ск-1, Лисиця Сергій Сергійович.

Загальний обсяг кваліфікаційної роботи без переліку посилань складає _____ сторінок. Програмне забезпечення використане для перевірки роботи “<https://unichек.com>”. Рівень запозичень у роботі складає _____ %, що є меншим 40 % запозичень з однієї роботи та відповідає вимогам Положення про систему запобігання та виявлення плагіату у Національному технічному університеті «Дніпровська політехніка».

Нормоконтролер,
посада, ас. каф. КФІВС
ступінь

(підпис)

Воскобойник Є.К.

(дата)

Ім'я користувача:
Олег Бойко

ID перевірки:
1011463296

Дата перевірки:
05.06.2022 01:14:34 EEST

Тип перевірки:
Doc vs Internet + Library

Дата звіту:
05.06.2022 01:20:14 EEST

ID користувача:
100008838

Назва документа: 01_151_-19ск_Лисиця_С_С_-_ПЗС

Кількість сторінок: 106 Кількість слів: 17786 Кількість символів: 127147 Розмір файлу: 2.44 MB ID файлу: 1011341531

Виявлено модифікації тексту (можуть впливати на відсоток схожості)

43.2% Схожість

Найбільша схожість: 12.6% з Інтернет-джерелом (<http://ir.nmu.org.ua/bitstream/handle/123456789/158781/%D0%9A%D..>)

43.2% Джерела з Інтернету

316

Сторінка 108

Не знайдено джерел з Бібліотеки

0% Цитат

Вилучення цитат вимкнене

Вилучення списку бібліографічних посилань вимкнене

23.2% Вилучень

Деякі джерела вилучено автоматично (фільтри вилучення: кількість знайдених слів є меншою за 8 слів та 0%)

Немає вилучених Інтернет-джерел

23.2% Вилученого тексту з Бібліотеки

32

Сторінка 108

Модифікації

Виявлено модифікації тексту. Детальна інформація доступна в онлайн-звіті.

Замінені символи

131

Підозріле форматування

21
сторінка