

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

Інститут електроенергетики
(інститут)

Електротехнічний факультет
(факультет)

Кафедра автоматизації та приладобудування
(повна назва)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
кваліфікаційної роботи ступеню бакалавра

студента Гуріна Владислава Руслановича

(П.І.Б.)

академічної групи 151-19-1

(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 Розробка системи автоматичного керування процесом виробництва технічного вуглецю.

(назва за наказом ректора)

Консультанти	Прізвище, ініціали	Оцінка за шкалою		Підпис
		рейтинг.	інституційною	
Керівник кваліфікаційної роботи	проф. Ткачов В.В.			
Провідний консультант	проф. Ткачов В.В.			
Розробка апаратного забезпечення системи керування	доц. Соснін К.В.			
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
2023

ЗАТВЕРДЖЕНО:завідувач кафедри
автоматизації та
приладобудування
(повна назва)Бубліков А.В.

(підпис)

(прізвище, ініціали)

«_____» _____ 2023 року

ЗАВДАННЯ
на кваліфікаційну роботу
ступеня бакалаврстуденту Гуріну В.Р. академічної групи 151-19-1
(прізвище та ініціали) (шифр)спеціальності 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технологіїза освітньо-професійною програмою 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

(офіційна назва)

на тему Розробка системи автоматичного керування процесом виробництва технічного вуглецю.

затверджену наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка» від _____ № _____.

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.	09.11.2022
Розробка апаратного забезпечення системи керування	Обрання датчиків, виконавчих пристроїв та пристрою керування, розробка структурних схем, функціональної схеми автоматизації та принципової схеми електричної.	10.04.2023
Визначення моделі об'єкта керування	Розробка методики дослідження об'єкта керування. Виконання експерименту. Обробка результатів експерименту. Створення моделі об'єкта керування. Перевірка отриманої моделі на адекватність.	30.04.2023
Економічна частина	Економічне обґрунтування доцільності витрат на створення системи керування.	29.05.2023
Охорона праці	Розробка організаційно-технічних заходів, щодо реалізації правил безпеки при експлуатації системи.	12.06.2023

Завдання виданоДата видачі 09.11.2022

(підпис п. конс.)

проф. Ткачов В. В.
(прізвище, ініціали)Дата подання до атестаційної комісії 09.06.2022**Прийнято до виконання**

(підпис студента)

Гурін В.Р.
(прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка містить: 72 сторінки, 66 рисунки, 12 таблиць, 10 джерел, 1 додаток.

Предмет дослідження: автоматизація процесу виробництва технічного вуглецю.

Об'єкт дослідження: Реактор для виробництва технічного вуглецю.

Мета проекту: забезпечення ефективного керування зоною реакції в реакторі для виробництва технічного вуглецю за рахунок впровадження засобів автоматизації.

Проаналізувавши технологічний процес виготовлення технічного вуглецю за для забезпечення його продуктивності виробництва, та за результату аналізу структури об'єкта керування та вимог щодо його функціонування в впроваджено систему для поліпшення ефективності регулювання температури в реакторі. Розроблена система для керування та регулювання температури в зоні реакції у межах 1480-1520° С.

В розділах пояснювальної записки з урахуванням вимог до технологічного процесу виконана структурна схема. Згідно діапазону температур та структурної схеми та вимог були обрані виконавчі пристрої системи керування. На підставі аналізу вимог до функціонування системи керування, датчиків та виконавчих пристроїв обрано пристрій керування VIPA 312 (312-5BE13) та його модулі. Зважаючи на апаратне забезпечення системи, розроблено функціональну схему автоматизації та схему електричну принципову системи керування.

Беручи до уваги експлуатаційні особливості роботи реактора для виготовлення тех.вуглецю та апаратних засобів системи керування було розроблено структурну схему інформаційних потоків дослідницької системи.

В результаті проведених досліджень був розроблений план експерименту, за яким одержано експериментальні дані. Використовуючи експериментальні дані та аналіз структури і функціонування об'єкта керування зроблена структурна ідентифікація, результатом якої є запропонована моделі об'єкта

керування у вигляді передавальних функцій, що відповідають аперіодичним другого порядку. Це припущення було підтверджено за результатами параметричної ідентифікації а також були отримані параметри моделі об'єкта керування.

Подальшим напрямком розвитку роботи є використання отриманої моделі об'єкта керування для дослідження його з метою отримання нових закономірностей та розробка на цій основі нових принципів і методів керування об'єктом, що дозволить підвищити ефективність його функціонування.

Ключові слова:

ТЕХНІЧНИЙ ВУГЛЕЦЬ, ВИРОБНИЦТВО, РЕАКТОР, ТЕМПЕРАТУРА,
ЗОНА РЕААКЦІЇ, СХЕМА, ВИКОНАВЧІ ПРИСТРОЇ, ОБ'ЄКТ КЕРУВАННЯ.

ЗМІСТ

Вступ	7
Стан питання та постановка завдання	8
1.1 Галузь промисловості	10
1.2 Способи отримання.....	10
1.3 Технологія виготовлення технічного вуглецю	12
1.4.Технологічна схема виробництва.....	13
1.5 Висновки по розділу	16
2. Розробка апаратного забезпечення системи керування	17
2.1 Розробка структурної схеми системи керування	17
2.2 Розробка структурної схеми інформаційних потоків.....	18
2.3 Вибір апаратного забезпечення системи керування	19
2.3.1 Вибір датчиків	19
2.3.2 Вибір виконавчих пристроїв	20
2.3.3 Вибір пристрою керування	22
2.3.4 Вибір джерел живлення	26
2.4 Розробка функціональної схеми автоматизації	29
2.5 Розробка схеми електричної принципової	30
2.6 Висновки по розділу	31
3 Визначення моделі об'єкта керування	32
3.1 Структурної схема інформаційних потоків дослідницької системи.....	32
3.2 Розробка методики дослідження об'єкта керування	33
3.3 Виконання експерименту	35
3.4 Обробка результатів експерименту	37
3.4.1 Підготовка даних	37
3.4.2 Структурна ідентифікація	38
3.4.3 Параметрична ідентифікація	37
3.4.4 Розробка моделі об'єкта керування в Simulink	46
3.4.5 Перевірка моделі на адекватність	47
3.5 Висновки по розділу	50

	6
4 Економічна частина	51
4.1 Обґрунтування доцільності автоматизації процесу.....	51
4.1.2 Розрахунок експлуатаційних витрат.....	52
4.2. Розрахунок амортизаційних відрахувань.....	53
4.2.2 Розрахунок річного фонду заробітної плати та соціальних заходів.....	54
4.2.3 Визначення річних витрат на технічне обслуговування та ремонт	54
4.2.4 Розрахунок вартості спожитої електроенергії.....	56
4.2.5 Інші витрати.....	56
4.3 Висновки до розділу	56
5 Охорона праці	58
5.1 Небезпечні та шкідливі виробничі фактори	58
5.2 Інженерно-технічні заходи з охрани праці	59
5.2.1 Захист від шуму та вібрації	59
5.2.2 Електронебезпека.....	60
5.3 Пожежна профілактика.....	62
5.4 Висновки по розділу	65
Висновки	66
Перелік посилань	58
Додаток А	70

ВСТУП

У сучасній промисловості виробництво технічного вуглецю є дуже важливим процесом, оскільки технічний вуглець застосовують як армуючий компонент у виробництві гуми та інших пластичних матеріалів. Близько 70 % всього виробленого технічного вуглецю використовується у виробництві автомобільних шин і близько 20% — на виробництво гумотехнічних виробів. Інша кількість використовується як чорний пігмент; сповільнювач «старіння» пластику; компонент, який додає пластикам особливі властивості: (здатність проводити електрику, поглинати УФ-випромінювання, випромінювання радарів).

В наш час існує безліч методів виробництва технічного вуглецю і все ж основним досі є пічний спосіб, який передбачає термічне розкладання важких граничних вуглеводнів при малому доступі повітря в спеціалізованих печах. Це безперервний процес, який здійснюється в закритих циліндричних проточних реакторах. Рідку вуглеводневу сировину впорскують механічними або пневматичними форсунками в потік газів повного згоряння палива (природний газ, дизельне паливо), причому витрати всіх матеріальних потоків підтримуються на заданому рівні. Отриману реакційну суміш для припинення реакцій газифікації охолоджують, уприскуючи в потік воду. Техвуглець виділяють з відпрацьованими газами і гранулюють.

Виробництво технічного вуглецю є досить ресурсно та енергозатратним. Окрім того, існує необхідність суворого дотримання заданих значень великої кількості технологічних параметрів. Саме тому актуальною є задача введення технологічних процесів в оптимальних режимах на ключових етапах виробництва з метою зменшення затрат та забезпечення високої якості продукції.

Цілями впровадження системи автоматизації у виробництві технічного вуглецю є:

1. Підвищення продуктивності: Основна мета автоматизації полягає в забезпеченні більшої швидкості та ефективності виробничих процесів.

Автоматизовані системи можуть здійснювати повторювані операції швидше та без помилок, що дозволяє збільшити загальну продуктивність виробництва технічного вуглецю.

2.Покращення якості продукції: Автоматизація може допомогти уникнути людських помилок та забезпечити більшу точність та стабільність в процесі виробництва. Це може призвести до покращення якості виробленого технічного вуглецю та зменшення кількості бракованої продукції.

3.Зниження витрат: Автоматизація може допомогти оптимізувати використання ресурсів, таких як сировина, енергія та робоча сила. Це може призвести до зниження витрат на виробництво технічного вуглецю та забезпечити більшу економічну ефективність.

4.Підвищення безпеки: Автоматизація може допомогти уникнути небезпечних ситуацій та зменшити ризик травматизму для працівників. Використання роботизованих систем та автоматичних пристроїв може зменшити необхідність працівників перебувати в небезпечних зонах та виконувати ризиковані завдання.

5.Збільшення гнучкості: Автоматизація може забезпечити більшу гнучкість виробництва. Завдяки програмованому управлінню та контролю, система автоматизації може швидко переключатись між різними типами виробництва та виробляти різні види технічного вуглецю залежно від потреб ринку.

Тому задача впровадження АСУ ТП за для підвищення ефективності процесу виробництва технічного вуглецю є дуже актуальною в наш час та може бути розв'язана шляхом створення ефективної системи оптимального керування даним процесом.

1 СТАН ПИТАННЯ ТА ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ

Технічний вуглець – це вуглецевий матеріал, який виготовляється з вуглецевих волокон або інших вуглецевих матеріалів шляхом спеціальних технологічних процесів, таких як карбонізація або графітація. Він відрізняється від природного вуглецю, такого як вугілля або алмази, оскільки має більш високу вуглецеву чистоту і ретельно контрольовану структуру. Важливі характеристики технічного вуглецю включають високу міцність, низьку щільність, високу термостійкість, хімічну стійкість і електропровідність. Ці властивості роблять його цінним матеріалом який виробляють в промислових масштабах для додатків, які вимагають високої міцності при низькій вазі, високої стійкості до високих температур, хімічних агентів та електричної провідності.

Частинки тех.вуглецю являють собою малі глобули, (гранули) що складаються з деградованих графітових структур. Міжплощинна відстань між графітовими шарами становить 0,36—0,37 нм (для порівняння, в графіті 0,345 нм). Розмір часток (14—121 нм) визначає «дисперсність» техвуглецю. Поверхня частинок дуже шорстка, за рахунок наповзання шарів один на один. Мірою шорсткості вуглецю, служить відношення між показниками питомої поверхні техвуглецю і його йодним числом. Частинки в процесі отримання об'єднуються в «агрегати». Вони характеризуються структурною розгалуженістю якої служить показник абсорбції масла. Агрегати злипаються в менш міцні утворення — «пластівці».

До складу технічного вуглецю, крім атомів вуглецю, входять також атоми сірки, кисню та азоту. Технічний вуглець має високорозвинену поверхню (5-145 м²/г) і надзвичайно реакційну здатність. Їх кількість безпосередньо залежить від способу отримання та подальшої обробки вуглецевих частинок. Для отримання пігментів частинки технічного вуглецю зазвичай окислювально обробляють кислотами.

Справжня густина частинок технічного вуглецю становить 1,77 - 1,95 г/см³. Густина пластівцевих структур тех.вуглецю становить 40-70 кг / м³. Для зручності транспортування і використання технічний вуглець гранулюють до

густини 350–600 кг / м³.

Чистими вуглецями в природі є алмази і графіт. Вони мають кристалічну структуру, значно відрізняються одна від одної. Методом дифракції рентгенівських променів встановлено схожість в структурі натурального графіту і штучного матеріалу. Атоми вуглецю в графіті створюють великі верстви сконденсованих ароматичних кільцеподібних систем, з міжатомних відстанню 0,143 нм. Ці графітові шари називають базисними площинами. Відстань між площинами становить 0,34 нм. Всі верстви розташовуються паралельно відносно один одного. Щільність графіту становить 2,3 г / см³. На відміну від графіту, що володіє тривимірної впорядкованістю, вуглець технічний характеризується тільки двомірної впорядкованістю. Він складається з добре розвинених графітових площин, розташованих приблизно паралельно один одному, але зміщеним по відношенню до суміжних верствам тобто, площині довільно орієнтовані щодо нормалі. Структуру графіту порівнюють з акуратно складеною колодою карт, а структуру тех.вуглецю з колодою карт в якій карти зрушені. Тому щільність тех.вуглецю нижче щільності графіту і знаходиться в межах 1,77-1,9 г / см³, в залежності від марки.

1.1 Галузь застосування технічного вуглецю

Технічний вуглець має широкий спектр застосувань в різних галузях. Понад 70% виробленого техвуглецю використовують для виготовлення шин, приблизно 20% - для виробництва гумово-технічних виробів та електроніки. В Також вуглець технічний знаходить застосування в лакофарбовому виробництві та отриманні друкарських фарб, де він виконує роль чорного пігменту. Ще одна область застосування - виробництво пластмас і оболонок кабелів. Його додають в якості наповнювача і надання виробам спеціальних властивостей. У невеликих обсягах застосовується в машинобудівній, хімічній, авіаційній промисловості.

Також технічний вуглець використовують як чорний пігмент та елемент посилення виробів із гуми. Ефект посилення виробів виникає за рахунок наповнення каучуків технічним вуглецем. У гумових сумішах вуглець з великої

кількості інгредієнтів по масі займає друге місце після каучуку Поліпшення фізичних властивостей матеріалу за рахунок введення наповнювача називається посиленням (армуванням), а такі наповнювачі називаються підсилювачами. Серед всіх підсилювачів вуглець технічний безперечно займає лідерство.

Технічний вуглець є армуючим чорним пігментом у виробництві шкіри, хутра, паперу, текстилю, целюлози, речовин тонкого органічного синтезу, неметалевих мінеральних продуктів, штукатурки, цементу. Він є реагентом у виробництві спектру хімічних речовин та нафтопродуктів, хімічних продуктів тонкого органічного синтезу, неблагородних металів, металевих виробів, машин і устаткування. Тех.вуглець маючи вогнетривкі властивості задіяний у виробництві великого спектра хімічних речовин, хімічних продуктів тонкого органічного синтезу, чорних металів, а також як компонент сумішей, нергоносій для виробництва комп'ютерів, оргтехніки, електрообладнання.

1.2 Способи отримання

Існує декілька способів отримання технічного вуглецю. В основі всіх лежить термічне або термоокиснювальне розкладання рідких або газоподібних вуглеводнів. У залежності від застосовуваного сировини і методу його розкладання розрізняють:

Пічний спосіб — це безперервний процес, здійснюваний в закритих циліндричних проточних реакторах. Рідку вуглеводневу сировину впорскують механічними або пневматичними форсунками в потік газів повного згоряння палива, причому витрати всіх матеріальних потоків підтримуються на заданому рівні. Отриману суміш для припинення реакцій газифікації охолоджують, уприскуючи в потік воду під високим тиском. Тех.вуглець виділяють з відпрацьованими газами і гранулюють;

Ламповий спосіб - означає використання лампових печей або печей з плавильною ванною для отримання вуглецевих матеріалів з вуглецевих джерел. Цей процес, відомий також як плавлення вуглецю, використовує високу температуру і анаеробні умови для перетворення вуглецевих матеріалів у

технічний вуглець.

включає використання високих температур для зміни фізичних і хімічних властивостей вуглецевих матеріалів. Цей процес може включати такі методи, як піроліз, карбонізація, графітизація та інші.

Термічний спосіб включає використання високих температур для зміни фізичних і хімічних властивостей вуглецевих матеріалів. Цей процес може включати такі методи, як піроліз, карбонізація, графітизація та інші. Він здійснюється в парних реакторах об'ємного типу, що працюють поперемінно. В один з реакторів подають газ в суміші з повітрям, який, згоряючи, нагріває реактор. У другий попередньо нагрітий реактор подають тільки газ, в ході протікання реакції футеровка остигає, подачу газу переводять у підготовлений реактор, а остиглий розігрівають.

Канальний спосіб - це процес, який використовує спеціальні канали або печі для конвертації вуглецевих матеріалів у технічний вуглець. Цей спосіб виробництва використовується для отримання різних форм вуглецю, таких як вуглецеві блоки, пресовані вироби, електроди і інші.

Теоретично можливо отримання технічного вуглецю усіма перерахованими способами, однак більше 96% виробленого продукту в наш час отримують саме пічним способом з рідкої сировини. Метод дозволяє отримувати різноманітні марки техвуглецю з певним набором властивостей. В данній роботі розглядається саме пічний спосіб отримання технічного вуглецю, адже цей метод найпоширеніший та має ряд значних переваг над іншими способами.

1.3 Технологія виготовлення технічного вуглецю за допомогою пічного способу

До складу устаткування промислового виробництва технічного вуглецю пічним способом входять вісім циліндричних реакторів, що попарно утворюють чотири технологічні потоки, відповідають різним маркам технічного вуглецю, що випускається. Перший і другий потоки включають по два реактори типу РС 105/2000, третій і четвертий потоки - по два реактори типу РС 50/3500. На

кожному з потоків працює тільки один з реакторів, інший знаходиться в резерві.

Не вдаючись до деталей відмінності конструкцій реакторів різних типів, опишемо в загальному вигляді будову технологічної установки отримання пічного технічного вуглецю(мал. 1).

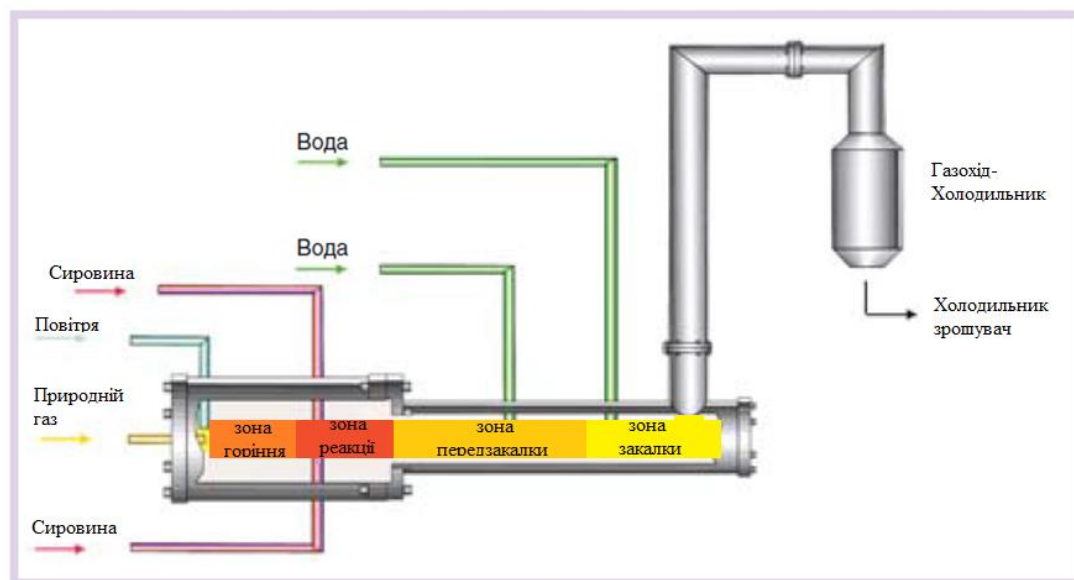


Рисунок 1.1- Загальна будова технологічної установки отримання пічного технічного вуглецю.

Реактор є циліндричною піччю із зовнішнім діаметром близько двох метрів. Зсередини піч викладена вогнетривкою цеглиною таким чином, щоб утворилася кругла в перерізі робоча зона діаметром приблизно 300 мм. В передній частині печі розташовані форсунки для подання газу і повітря на горіння. Робоча зона ділиться на чотири частини. Перша, прилегла до передньої торцевої частини реактора, - зона горіння. У цій зоні відбувається спалювання природного газу для створення і підтримки необхідної температури в реакторі. Друга зона - зона реакції. Вона розташована відразу після зони горіння, в ній власне відбувається розкладання вуглеводневої сировини. Сировина (упорскується в зону реакції через чотири сировинні форсунки, розташовані радіально з боків реактора). Третя і четверта зони - відповідно зона передзагартування і зона гартування. У цих зонах формується структура гранул технічного вуглецю, що впливає на властивості технічного вуглецю.

Процес формування гранул залежить від температурного режиму, який

підтримується шляхом уприскування води через водяні форсунки, встановлені з боків реактора. У задній торцевій частині реактора знаходиться труба(газохід), по якій аерозоль технічного вуглецю рухається в холодильник зрошувач, де охолоджується шляхом уприскування води і переходить у відділення уловлювання. Таким чином, кожна технологічна установка має ряд регульованих параметрів : витрата газу, витрата сировини, витрата повітря високого тиску, витрата хімічно очищеної води. Регулюючи ці параметри, необхідно підтримувати необхідний температурний режим в усіх зонах реактора і холодильника зрошувача.

1.4 Технологічна схема

Технологічна схема для процесу виготовлення технічного вуглецю є важливим інструментом у виробництві, оскільки вона надає детальний опис та послідовність операцій, які необхідно виконати для отримання вуглецю в певній якості і кількості.

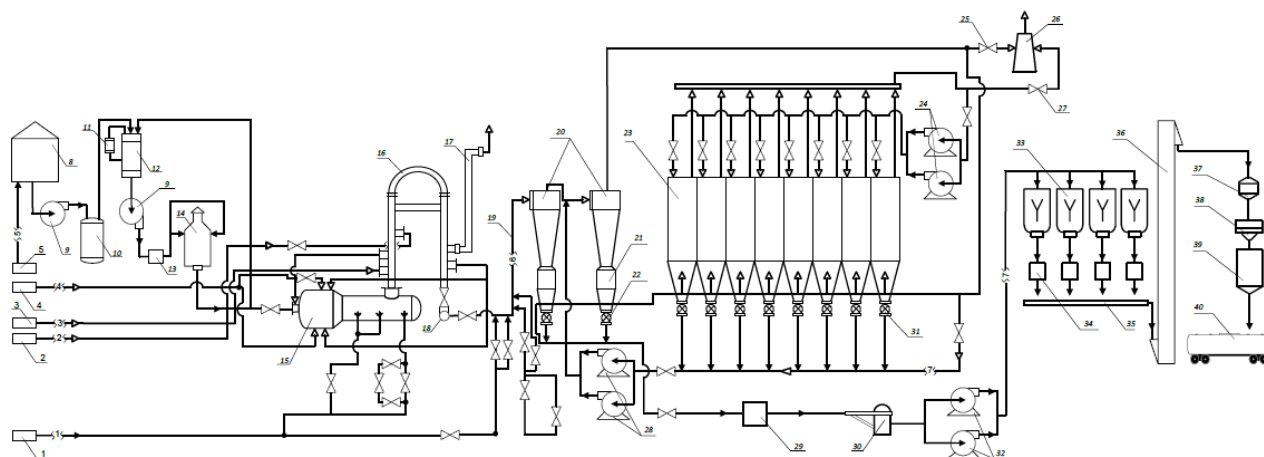


Рис. 1.2. Технологічна схема виробництва технічного вуглецю рис.2

Для отримання технічного вуглецю спочатку сировину (5) (це можуть бути продукти коксохімії, нафтопродукти, мезографіт або піролізна смола) підігрівають до температури 60–80 °С. Далі сировину з резервуару (8) центробіжним насосом (9) подають до теплообмінника (10) де підігрівають до температури 120–130 °С. З теплообмінника (10) сировину переправляють до

волововипаровувача (12) та піновідділювача (11), де з неї видаляють вологу. Згодом сировина насосом (9) направляється у фільтр грубої очистки(13), а згодом у підігрівник (14), де її нагрівають до температури 290 – 320 °С. Для підігріву використовують природній газ. Потім із підігрівника (14) сировина під тиском 5 – 8 кгс/см² подається до форсунок реактору (15), розпилювання відбувається під тиском 8 – 12.5 кгс/см². (4). у форсунки які знаходяться збоку циклонної частини реактора, подається природний газ та повітря низького тиску, орієнтовно кількість повітря повинно бути в 10 – 12 разів більше кількості газу. За рахунок високої температури, що виділяється при спалюванні газу, в зоні реакції одержуємо температуру від 1400 до 1600 °С, (це залежить від марки тех.вуглецю та обраного температурного режиму) при котрій відбувається розпад вуглеводнів сировини та утворюється технічний вуглець. Для припинення росту частинок тех.вуглецю в реактор (15) за допомогою форсунок подають очищену воду(1) під тиском 10 – 12 кгс/см². Повітря низького тиску(3) попередньо підігрівають у підігрівнику повітря (16) до температури 280–300 °С за рахунок тепла, що виходить з реактору (15). Із підігрівника повітря (16) аерозоль тех.вуглецю з температурою 550 °С через колектор (18) проходить в холодильник-зрошувач (19), в якому температура аерозолу за рахунок випаровування води, що впорскується механічними форсунками під тиском знижується до 300 °С. Пуск реактора та вихід на температурний режим проходить при вимкненій системі уловлювання через трубу (17), що встановлена перед колектором (18). Завдяки тиску 159986,9 Па (4), що створюється в реакторі під час утворення аерозолу технічного вуглецю, аерозоль рухається по колектору (18) і далі. Після холодильника-зрошувача (19) аерозоль при температурі 300 °С та тиску 79994,5 Па проходить через чотири послідовно встановлені циклони (20), в яких уловлюється до 95 % технічного вуглецю. Він накопичується в бункерах циклонів (21) та проходить через шлюзові затвори (22) в систему гідростатичного транспортування, що подає технічний вуглець до відділення подальшої обробки. Вуглець, що не осів у циклонах (приблизно 30 %) з газоподібними продуктами процесу при температурі 240 – 250 °С та тиску

39997,7 Па, для кінцевого очищення газів доуловлюється у восьмисекційних рукавних фільтрах (23), і далі вуглець вентиляторами (28) направляється в другий по ходу газу циклон, в якому змішується з вуглицем, що уловлюється в циклонах. Частина очищених газів вентиляторами (24) повертається в систему фільтрів для продування, а основна маса подається на допалювання в установку для спалювання газів (26).

Система гідростатичного транспортування направляє технічний вуглець до гравітаційної пастки (29) та мікроподрібнювача (30), де відбувається очищення технічного вуглецю від сторонніх добавок і подрібнення спечених вуглецевих часток. Вентиляторами (32) технічний вуглець подається до системи змішувачів-ущільнювачів (33) для ущільнювання продукту. Після чого через шлюзові затвори він висипається в грануляційні барабани (34) для гранулювання. Звідси поступає на збірний конвеєр-транспортер (35) з нього елеватором (36) направляється для зважування на ваги (37) далі пройшовши через магнітний сепаратор (38) поступає в на дрельсовий бункер для тех.вуглецю (39) та завантажується у вагони (40) для транспортування готового продукту.

1.5 Висновки по розділу

Зважаючи на те що процес виробництва вуглецю є безперервним, то для того, щоб отримати його модель, необхідно провести експеримент, тому подальшим напрямком дослідження буде отримання моделі об'єкту керування, шляхом активного експерименту. Для проведення дослідження необхідно розробити систему дослідження, яка співпадає з системою керування, для регулювання та контролю температури. Тому необхідно вибрати відповідні датчики, та виконавчий пристрій. Для реалізації системи керування потрібно вибрати пристрій керування. Візуалізація процесу керування відбуватиметься за допомогою персонального комп'ютеру в людинно-машинному інтерфейсі Matlab.

2 РОЗРОБКА АПАРАТНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ

2.1 Розробка структурної схеми системи керування

Структурна схема системи керування при виробництві технічного вуглецю повинна включати в себе такі елементи:

А) Система контролю та моніторингу процесів. Цей елемент включає датчики та інструменти, які забезпечують нагляд та збір даних про ключові параметри виробництва, такі як температура, тиск, швидкість процесу, рівень пилу тощо. Інформація, отримана з цих датчиків, може використовуватись для контролю та регулювання процесів виробництва.

Б) Пристрій керування або система автоматичного керування. Цей елемент включає програмовані логічні контролери або комп'ютерні системи, які отримують дані від датчиків та приймають рішення щодо керування процесами виробництва. Вони можуть забезпечувати автоматичне регулювання параметрів, таких як температура, швидкість процесу, витрата сировини та інші, для забезпечення оптимального функціонування системи.

В) Виконавчі пристрої які виконують команди. Вхідними параметрами об'єкта керування є потужність яку створює газова горілка, отримуючи команди від пристрою керування.

Г) В якості об'єкта керування виступає процес контролю і регулювання параметрів нагрівальної зони реакції реакторного відділення. Основним завданням розробляємої системи є автоматичне регулюванням температури горіння в зоні реакції.

Структурну схему керування наведено на рисунку 2.1

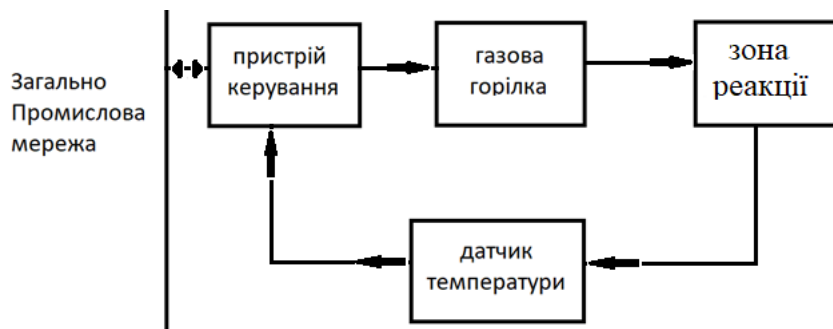


Рисунок: 2.1 Структурна схема керування

2.2 Розробка структурної схеми інформаційних потоків

Система керування повинна забезпечити керування об'єктом згідно з технологічним процесом та структурною схемою. Вона складається з програми керування, яка реалізує формування керуючого впливу, з систему контролю стана обладнання, з системи протиаварійного захисту, блоку переводу в ручний режим керування і виконавчих органів та з пристроїв збору інформації, та різноманітних. Системою керування повинно забезпечуватися збереження та архівування технологічних процесів з підсистемою ведення архівів параметрів і подій, що включає в себе базу даних та резервне сховище. Крім того, повинна забезпечуватися візуалізація за технологічним процесом. Система повинна забезпечувати інформативність процесу для точної роботи оператора. Вона складається з людино-машинного інтерфейсу та реєстраційних параметрів і процесів, сигналізації досягнення значень заданих параметрів.

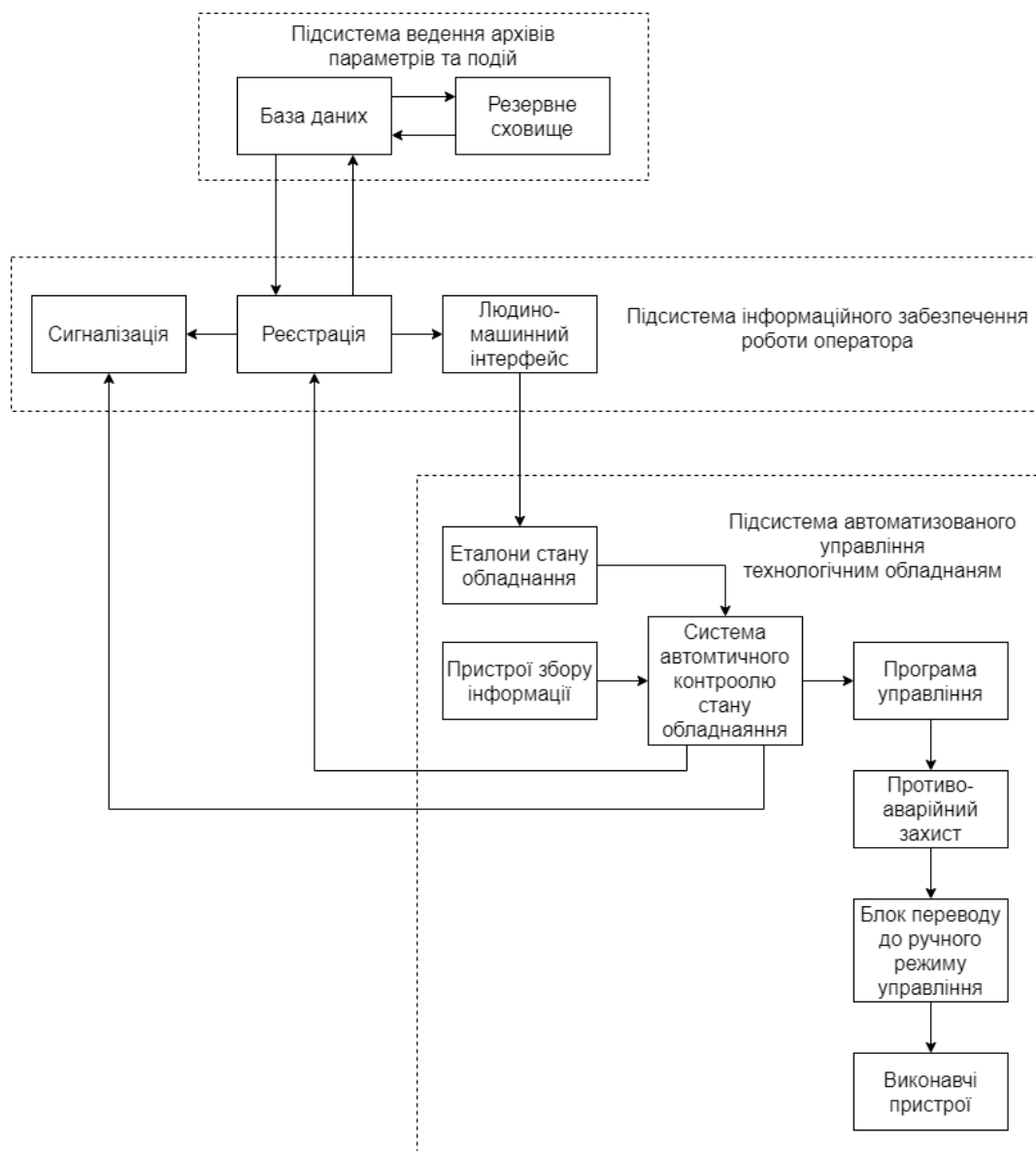


Рисунок 2.2 Структурна схема інформаційних потоків

2.3 Вибір апаратного забезпечення підсистеми керування.

2.3.1 Вибір датчиків.

При виборі датчика температури слід звернути увагу на температурний діапазон, точність, стійкість до агресивних середовищ та можливості забезпечення захисту від пилу та забруднень. Головною задачею підсистеми що розробляється є керування температурою в зоні реакції в діапазоні температур 1480-1520°C. Отже з урахуванням температурного діапазону обрано датчик: Перетворювач термоелектричний ТВР-3488(ТУ 25-7363.054-90)



Рисунок 2.3 Термопара ТВР-3488 (ТУ 25-7363.054-90)

Таблиця 2.1 – Технічні характеристики датчика температури ТВР-3488 (ТУ 25-7363.054-90)

№	Найменування параметру	Значення
1	Тип	ТВР
2	Матеріал	Оксид берилія + молібден
3	Діапазон вимірюваних температур, °С	0÷1800
4	Показник інерції, с	30
5	Тип корпусу	1-29к
6	Вихідний сигнал, мА	4÷20
7	Нелінійність перетворення, не гірше, %	+ 0,0025t
8	Напруга живлення, В	24
9	Споживана потужність, Вт	1

2.3.2 Вибір виконавчих пристроїв

При виборі газового пальника для виробництва тех.вуглецю важливо врахувати його потужність, тип, енергетичну ефективність, вартість, можливості керування.

Для подачі природнього газу потрібна газова горілка з потугою не менше 450кВт, з температурою підігріву повітря на горіння від 800 до 1200°С.

Обераємо газову горілку MG10/2-LN потужністю 530 кВт, керування який реалізується за допомогою інтерфейсу RS-485. Технічні характеристики газової горілки наведені в таблиці 1.2.



Рисунок 2.4 – Газова горілка MG10/2-LN.

Таблиця 2.2 – Технічні характеристики газової горілки MG10/2-LN.

№	Найменування параметра	Значення
1	Потужність горілки в кВт	125 - 530
2	Вид газу	природний газ LL+E, скраплений газ
3	Спосіб експлуатації	2-двоступінчаста, модульована
4	Напруга	230В/50Гц
5	Мах.споживання струму пуску/робота	max.6.5А. /3.5А
6	Електродвигун в кВт	0,750
7	Контроль полум'я	іонізація
8	Топковий автомат	DMG 972
9	Реле контролю тиску повітря	LGW 50
10	Вага в кг	46
11	Рівень шуму дБ (А)	≤ 78

Параметри газової горілки наведені в таблиця 2.3

Таблиця 2.3 – Виконавчі пристрої

Назва параметру	Принцип дії	Тип	Діапазон змінення	Лінійність	Значення входу	Період оновлення	Напруга живлення	Потужність споживання
Потужність нагріву	Пропорційний	Аналоговий	125÷530 КВт.	Лінійний	RS-485	0,1 с	~380 В	5.3 кВт

2.3.3 Вибір пристроїв керування

При виробництві технічного вуглецю можуть використовуватися різні процеси, такі як піроліз, високотемпературна обробка тощо. За для точного керування процесом та системою необхідно обрати пристрій керування який здатний ефективно керувати цими процесами і забезпечувати стабільність та точність. Це може бути програмований контролер логіки (ПЛК) здатний забезпечити потрібний рівень автоматизації і контролю. Відповідно цим вимогам в якості пристрою керування оберемо програмований логічний контролер компанії VIPA 312 (312-5BE13).



Рисунок 2.5 Контролер VIPA 312 (312-5BE13).

Таблиця 2.4 – технічні характеристики програмованого логічного контролера VIPA 312 (312-5BE13)

№	Найменування параметра	Значення
1	Тип	CPU 214SC- 5BE13
2	Пам'ять, Мбайт	1
3	Робоча пам'ять, Кбайт	128
4	Максимальна кількість модулів, штук	24
5	Час виконання команди над бітом, мкс	0,17
6	Час виконання команди над байтом, мкс	0,74
7	Час виконання команди над словом, мкс	1,5
8	Час виконання команди над двійним словом, мкс	40,0

Для підключення датчиків температури обрано модуль аналогового вводу VIPA 231-1BD40 який має чотири аналогові входи (рис. 1.7). Технічні характеристики модуля наведені в таблиці 2.5.



Рисунок 2.6 – Модуль аналогового вводу VIPA 231-1BD40.

Таблиця 2.5 – 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

Схема підключення датчика температури до модуля аналогового вводу наведена на Рисунок 2.7

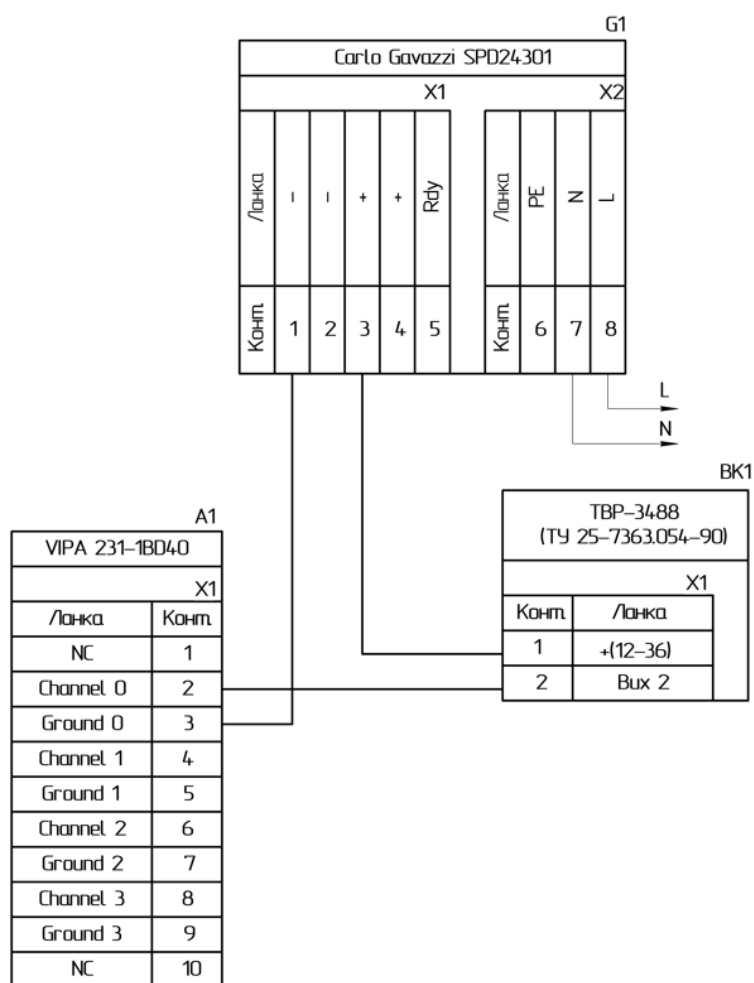


Рисунок 2.7 – Схема підключення датчика температури.

Відповідно до схеми підключення модуль має чотири незалежні канали, до кожного з яких може бути підключено джерело струму. До позитивного входу датчика підключається позитивний вихід джерела напруги. Вихід датчика який виступає в якості джерела струму.

Для підключення клапану обрано модуль дискретного вводу VIPA 322-1BL00 (рис 1.9.). Технічні характеристики модуля наведені в таблиці 1.7.

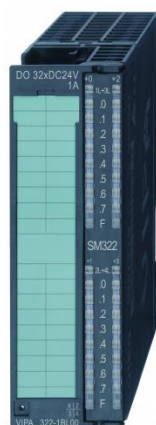


Рисунок 2.8 – Модуль дискретного виводу VIPA 322-1BL00.

Таблиця 2.6 – Технічні характеристики модуля дискретного виводу VIPA 322-1BL00

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

Схема підключення клапану до модуля дискретного виводу наведена на рисунку 2.9.

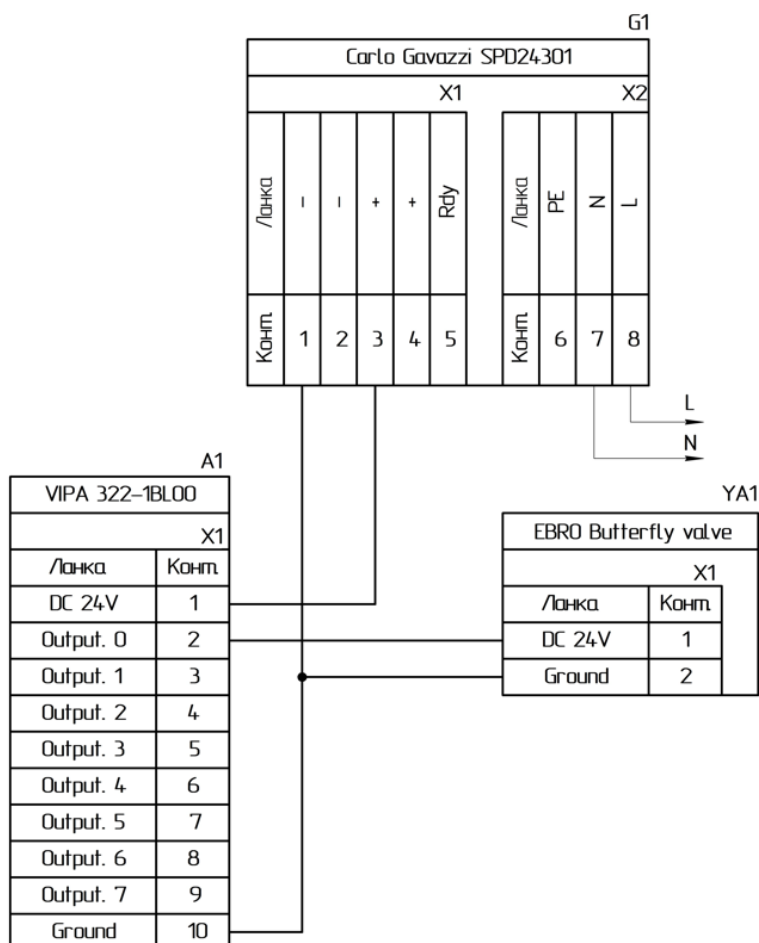


Рисунок 2.9 – Схема підключення клапану.

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:

$$P = 5.00 + 0.60 + 2 = 7.60 \text{ Вт} \quad (1.1)$$

Виходячи з потужності споживання контролера, модулів та датчиків у якості джерела живлення оберемо блок живлення SPD24301 з вихідною напругою +24 В та потужністю 30 Вт (рис. 1.11). Технічні характеристики блока живлення наведені в таблиці 1.8.



Рисунок 2.10 - Блок живлення Carlo Gavazzi SPD24301.

Таблиця 2.7 – 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	2,5

Схему підключення програмованого логічного контролера до блока живлення наведена на рисунку 2.11. Виконавши аналіз обраного обладнання можливо зробити вивід, що зовнішній блок живлення потрібен для датчика температури та електромагнітного клапана які мають напругу живлення +24 В та потужність споживання:

$$P = 1.00 + 20.00 = 21.00 \text{ Вт.} \quad (1.2)$$

Виходячи з потужності споживання датчика 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.

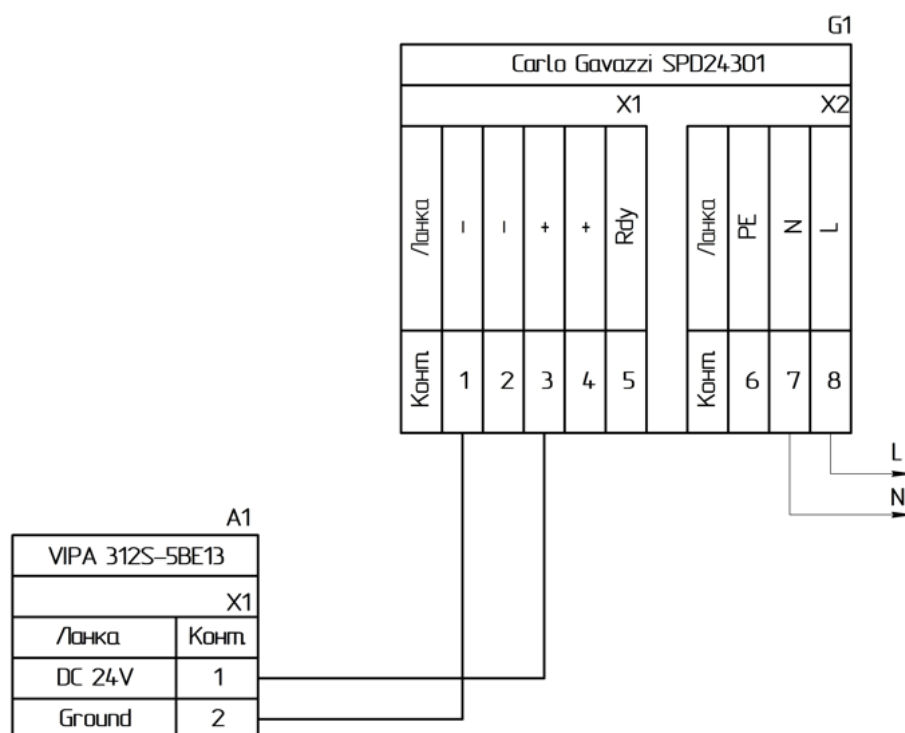


Рисунок 2.11 – Схема підключення програмованого логічного до блока живлення.

Газовий пальник не потребує окремого блока живлення так як він живеться від трьохфазної мережі напругою ~ 380 В. Для підключення датчика та клапану оберемо блок живлення LOVATO Electric PSL1-120-24.



Рисунок 2.12 - Блок живлення LOVATO Electric PSL112024.

Таблиця 2.9 – Технічні характеристики блока живлення LOVATO Electric PSL112024

№	Найменування параметра	Значення
1	Напруга живлення, В	~115÷~264
2	Вихідна напруга, В	120
3	Потужність, Вт	24
4	Максимальний вихідний струм, А	5

2.4 Розробка функціональної схеми автоматизації

На основі вимог до підсистеми керування температурою в зоні реакції та обраного апаратного забезпечення розроблена функціональна схема автоматизації, яка наведена на рисунку

У якості пристрою керування використовується програмований логічний контролер (UY 3 – VIPA 312-5BE13). Програмований логічний контролер підключено до системи керування зоною гартування за що відповідає система автоматизації більш високого рівня автоматизації (UY 4), зв'язок між ними реалізовано за допомогою інтерфейсу RS-485.

Температура зоною реакції вимірюється за допомогою датчика температури ТВР-3488(ТУ 25-7363.054-90) вимірне значення трансформується в стандартний струмовий сигнал $4\div 20$ мА. Підтримка, регулювання нагріву температури відбувається за допомогою газової горілки (MG10/2-LN)

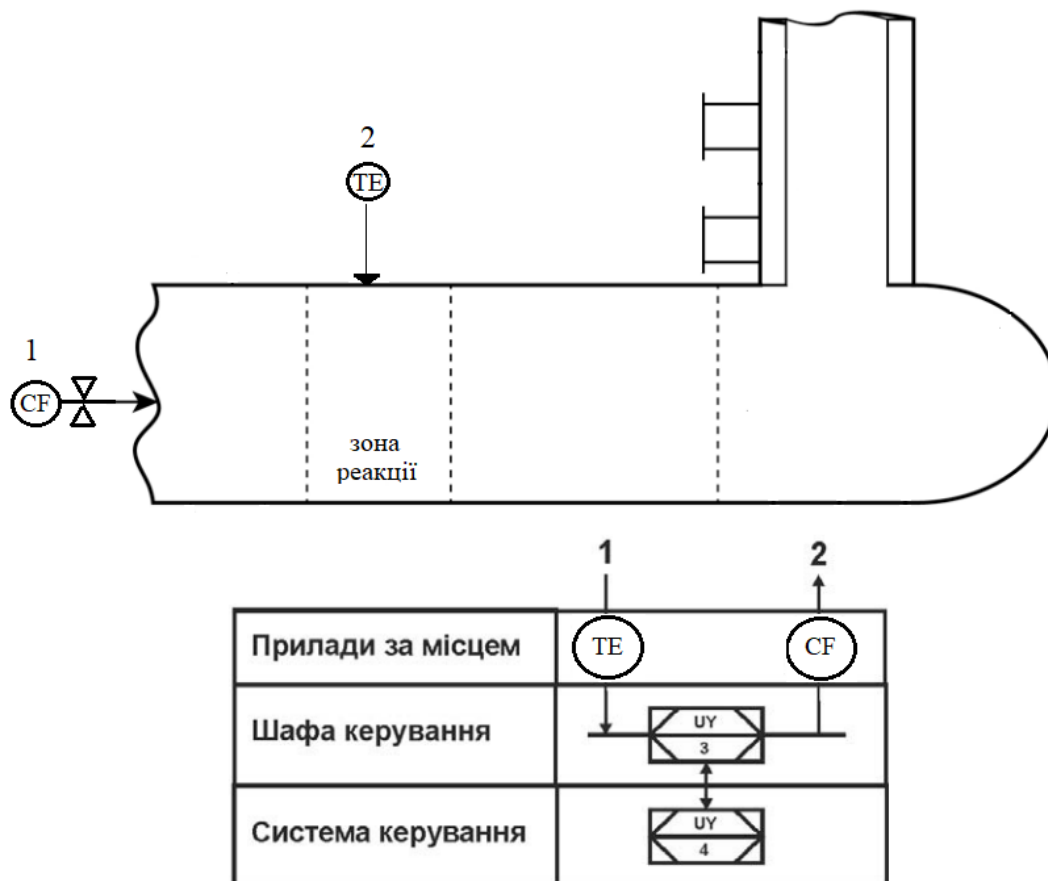


Рисунок 2.13 – функціональна схема автоматизації

2.5 Розробка схеми електричної принципової

На основі функціональної схеми автоматизації та обраного апаратного забезпечення, розроблена схема електрична принципова підсистеми керування нагрівання заготовки у печі.

В підсистемі використовується два блоки живлення. Блок живлення Carlo Gavazzi SPD24301 (G1) підключено до програмованого логічного контролеру VIPA 312SC-5BE13 (A1), модулю аналогового вводу VIPA 231-1BD40 (A1 – X3), модулю дискретного виводу VIPA 322-1BL00 (A1 – X4). Блок живлення LOVATO Electric PSL112024 (G2) підключено до датчика ТВР-3488 (ТУ 25-7363.054-90) (TE1), клапану автоматичного керування подачею газу EBRO

Butterfly valve HP112 .

Вимірювання температури печі виконує датчики ТВР-3488 (ТУ 25-7363.054-90) (ТТ1), який підключено до модулю аналогово вводу VIPA 231-1BD40 (A1 – X3) до каналу 1 за допомогою стандартного струмового сигналу $4\div 20$ мА.

Клапан для автоматичного керування подачею газу EBRO Butterfly valve HP112 підключен до модулю дискретного вводу VIPA 322-1BL00 (A1 – X4) до 1 каналу за допомогою стандартного струмового сигналу $4\div 20$ мА.

Газова горілка MG10/2-LN підключена до блоку живлення та за допомогою стандартного струмового сигналу $4\div 20$ мА. Керування потужністю пальника виконується через персональний комп'ютер за допомогою інтерфейсу RS-485.

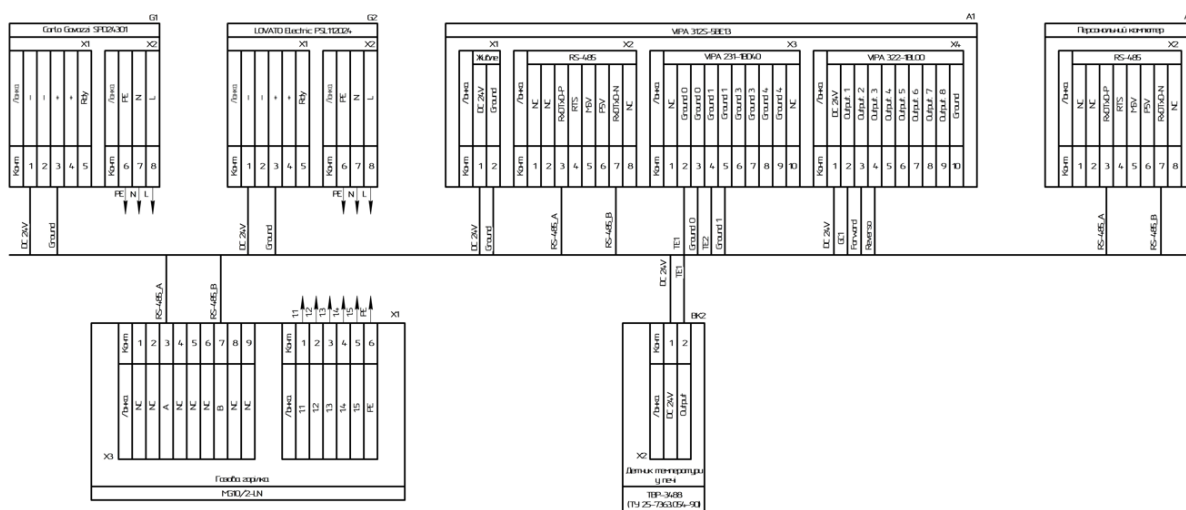


Рисунок 2.14 – Електрична принципова схема автоматизації

2.6 Висновки за розділом

Відповідно до вимог розділу було розроблено структурну схему, вибрано датчик, виконавчий пристрій, джерела живлення та пристрій керування наведено їх технічні характеристики. На основі цих даних виконано функціональну схему автоматизації та схему електричну принципову системи керування процесом підтримки температури в зоні реакції.

3 ВИЗНАЧЕННЯ МОДЕЛІ ОБ'ЄКТА КЕРУВАННЯ

3.1 Розробка структурної схеми інформаційних потоків дослідницької системи.

Основним завданням системи керування є збір інформації, реєстрування та формування керуючого впливу, що подається на об'єкт керування, реєстрація дійсного значення на виході об'єкту і візуалізація та ідентифікація отриманих даних та їх надання у зручному для подальшої обробки виді.

.На це спроможний людино-машинний інтерфейс. Він дозволяє налаштовувати діапазон керуючого впливу і дійсного значення та відображує ці значення.

Завданням роботи системи є контроль температури у реакторі в діапазоні 1480-1520, тому об'єктом керування виступає потужність пальника, датчик температури в якості котрого виступає терморара яка має діапазон вимірювання $0\div 1800$ °C з сигналом струму $4\div 20$ mA, пристрій керування, в якості котрого виступає програмований логічний контролер VIPA CPU 312SC (312-5BE13) та газова горілка MG10/2-LN, яка підключена до контролеру за допомогою інтерфейсу RS-485 та який має діапазон керуючого впливу $0\div 100\%$. Візуалізація процесу керування відбувається за допомогою персонального комп'ютера з SCADA системою zenon. Підсистема дозволяє виконувати функції дослідження об'єкта керування. На основі цього розроблена структурна схема інформаційних потоків дослідницької системи яка наведена на рисунку 3.1



Рисунок 3.1 Структурна схема інформаційних потоків дослідницької системи

3.2 Розробка методики дослідження об'єкта керування

З метою виконання ідентифікації об'єкта керування, використовуючи метод активного експерименту необхідно отримати його динамічну характеристику, дані для побудови статичної характеристики, характеристику при П-образним керуючом впливом та перевірочні дані. Виходячи з цього складено план експерименту:

1. Налаштування системи дослідження.
2. Побудувати динамічної характеристики.
 - 2.1. Привести об'єкта керування до початкових умов, потужність газового пальника 0%.
 - 2.2. Запуск процесу реєстрування.
 - 2.3. Встановити потужність газової горілки 100 %, дочекатися досягнення встановленого режиму.
 - 2.5. Зупинити процес реєстрації.
3. Отримати дані для побудови статичної характеристики.
 - 3.1. Приведення об'єкта керування до початкових умов, потужність газової горілки 0%.

3.2 Запуск процесу реєстрування.

3.3. Привести об'єкт керування до початкових умов, встановити потужність газової горілки на 20%, дочекатися досягнення встановленого режиму.

3.4. Посилити потужність пальника до 40%, дочекатися досягнення встановленого режиму.

3.5. Подсилити потужність пальника до 60%, дочекатися досягнення встановленого режиму.

3.6. Посилити потужність газового пальника до 80%, дочекатися досягнення встановленого режиму.

3.7. Посилити потужність газової горілки до 100%, дочекатися досягнення встановленого режиму.

3.8. Зупинити процес реєстрації.

4. Отримати данні при П-образному впливі.

4.1 Привести об'єкт керування до початкових умов, потужність пальника в веакторі 0%, дочекатися досягнення встановленого режиму.

4.2 Запуск процесу реєстрування.

4.3. Встановити потужність газового пальника на 100%, дочекатися досягнення встановленого режиму.

4.4. Встановити потужність пальника на 0 %, дочекатися досягнення встановленого режиму.

4.5. Зупинити процес реєстрації.

5. Отримання перевірочних даних.

5.1. Приведення об'єкта керування до початкових умов, потужність реактора 0%, дочекатися досягнення встановленого режиму.

5.2. Налаштування псевдовипадкового впливу таким чином, щоб період зміни впливу був у десять раз менший за час перехідного процесу, а амплітуда впливу змінювалась у діапазоні 0÷100 %.

5.3. Запуск процесу реєстрування.

5.4. Запуск формування псевдовипадкового впливу.

5.5. Виконання реєстрації на протязі часу п'яти перехідних процесів.

5.6. Зупинити процес реєстрації.

3.3 Виконання експерименту.

На першому етапі проведення експерименту виконано налаштування системи дослідження таким чином що керуючий вплив може знаходитися в діапазоні $0 \div 100$ %, а значення температури в діапазоні $1480-1520$ °С. Було отримано експериментальну криву розгону, данні для її побудови було отримано експериментально на підприємстві.

На другому етапі було отримано динамічну характеристику об'єкта керування (зоб. 3.2). Для цього потужність було встановлено на 100 %. Після досягнення встановленого режиму експеримент було закінчено.

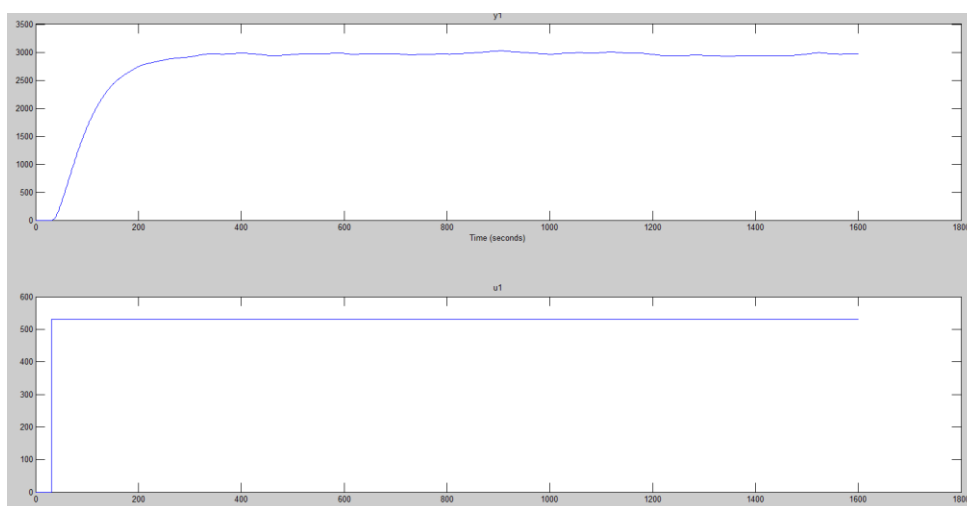


Рисунок 3.2 – Динамічна характеристика.

На третьому етапі було отримано данні для побудови статичної характеристики (рис. 3.3). Для цього потужність газової горілки було встановлено на 20 %. Після досягнення встановленого режиму потужність було підвищено до 40 %. Після досягнення встановленого режиму потужність пального було ще підвищено до 60 %. Після досягнення встановленого режиму потужність пального було підвищено до 80 %. Після досягнення встановленого режиму паливо було встановлено на потужність 100 %. Після досягнення встановленого режиму експеримент було закінчено.

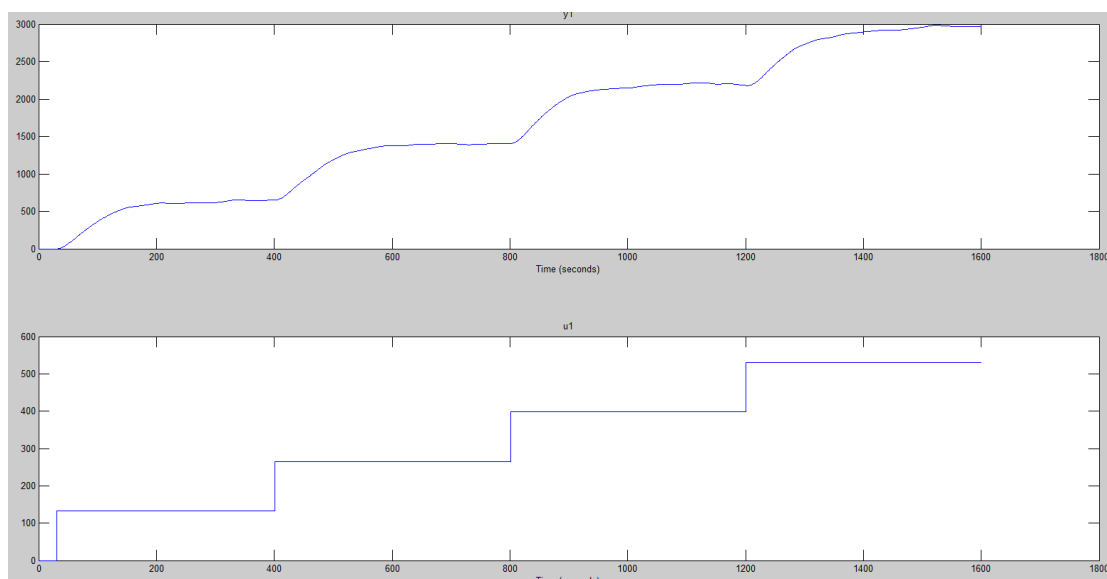


Рисунок 3.3 – Статична характеристика.

На четвертому етапі було виконано отримання даних П-образному керуючому впливі (рис. 3.4). Для цього потужність пальника було встановлено на 100%. Після досягнення встановленого режиму пальник було виключено (потужність встановлено на 0%). Після досягнення встановленого режиму експеримент було закінчено.

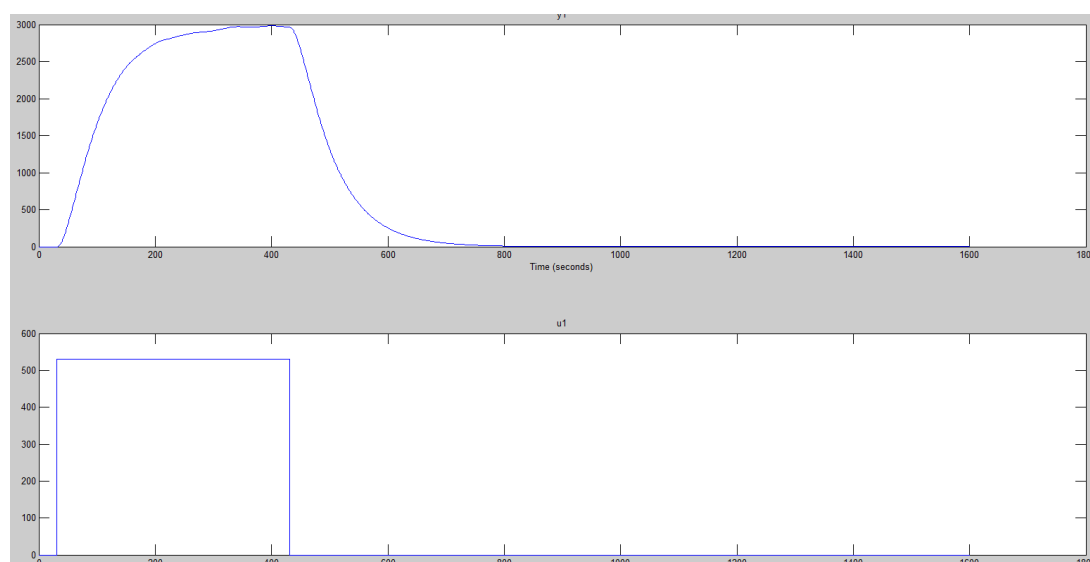


Рисунок 3.4 – Характеристика при П-образному керуючому впливі.

На п'ятому етапі було отримано перевіірочні дані (рис. 3.5). Для цього період псевдовипадкового впливу було налаштована на 30 секунд. Реєстрація процесу відбувалася на протязі 1800 секунд.

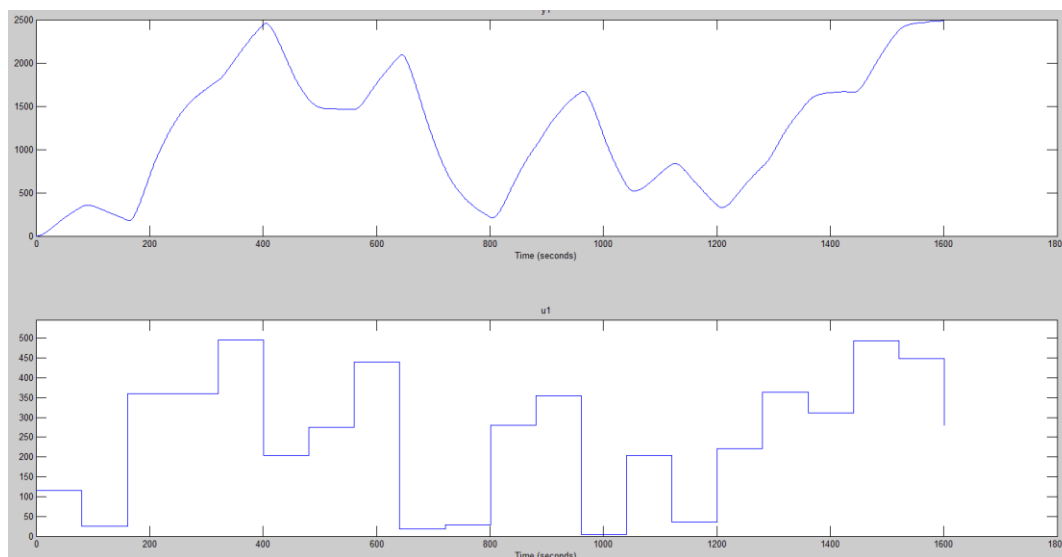


Рисунок 3.5 – Отримання перевірочних даних.

У результаті виконання плану експерименту проведено 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 були отримані експериментально на підприємстві та оброблені за допомогою математичного пакета MATLAB з метою подальшого проведення експерименту (рис. 3.6).

Змінні які відповідають даним динамічної характеристики “Dynamic_Input”, “Dynamic_Output”, даним для побудови статичної характеристики “Static_Input”, “Static_Output”, даним отриманим при П-образному керуючому впливі “P_Input”, “P_Output”, перевірочним даним “Check_Input”, “Check_Output”. Суфікс “_Input ” позначає керуючий вплив, а суфікс “_Output” дійсне значення.

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

```
>> Dynamic_Raw_Trend = getTrend(Dynamic_Raw);
>> Dynamic_Raw_Trend.OutputOffset = 25;
>> Dynamic = detrend(Dynamic_Raw, Dynamic_Raw_Trend);
```

```
>> Static_Raw_Trend = getTrend(Static_Raw);  
>> Static_Raw_Trend.OutputOffset = 25;  
>> Static = detrend(Static_Raw, Static_Raw_Trend);  
>> P_Raw_Trend = getTrend(P_Raw);  
>> P_Raw_Trend.OutputOffset = 25;  
>> P = detrend(P_Raw, P_Raw_Trend);  
>> Check_Raw_Trend = getTrend(Check_Raw);  
>> Check_Raw_Trend.OutputOffset = 25;  
>> Check = detrend(Check_Raw, Check_Raw_Trend);
```

Дані температури отримані при П-образному керуючому впливі було розділено на дві змінні. До першої змінної “P_First” увійшли данні етапу підйому дійсного значення, а до другої змінної “P_Second” увійшли данні етапу спаду дійсного значення.

3.4.2 Структурна ідентифікація

Проаналізуємо динамічну характеристику об’єкта керування (рис. 3.2). Після подачі керуючого впливу температура на протязі 32 секунд не змінюється, виходячи з цього можливо зробити висновок, що запізнення майже не має та не перевищує 2 секунди, кількість перегинів дорівнює одному. На динамічній характеристиці чітко виражені два перегини на підставі цього, можна зробити висновок, що об’єкт має два виражені корені. Отже, модель об’єкта керування може бути представлена у вигляді аперіодичної ланки другого або більш високого порядку.

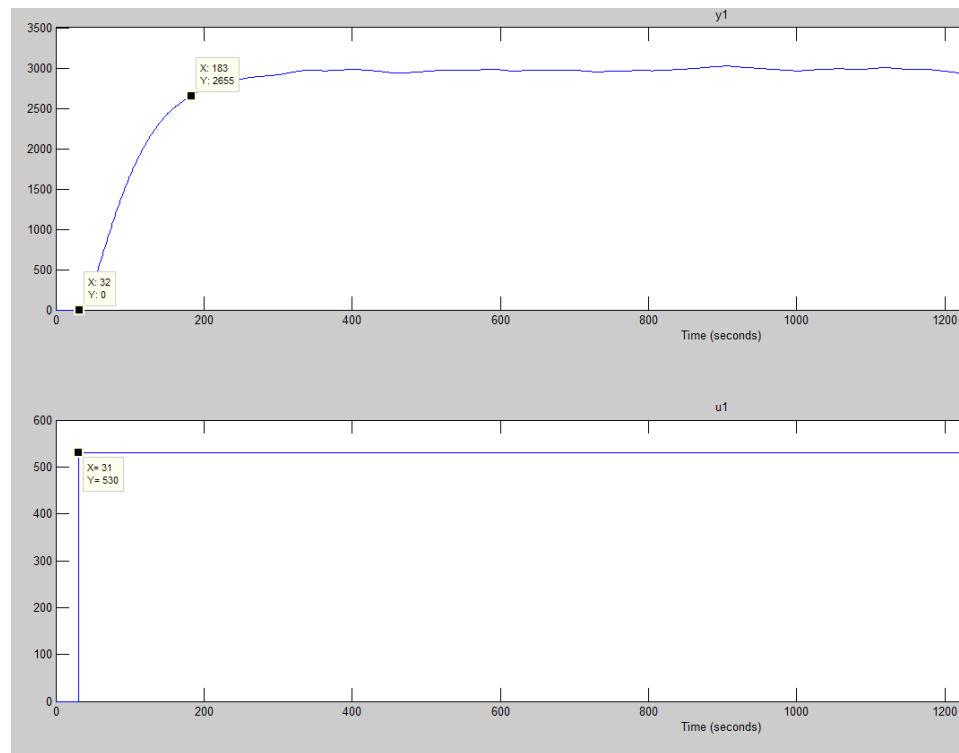


Рисунок 3.6 Аналіз динамічної характеристики

Тепер проаналізуємо характеристику, отриману за допомогою П-образного керуючого впливу (рис. 3.7). Зміна керуючого впливу від 0 до 530 призводить до збільшення дійсного значення, а зміна керуючого впливу від 530 до 0 та призводить до зменшення дійсного значення. На підставі цього можна зробити висновок, що об'єкт не має інтегруючих властивостей.

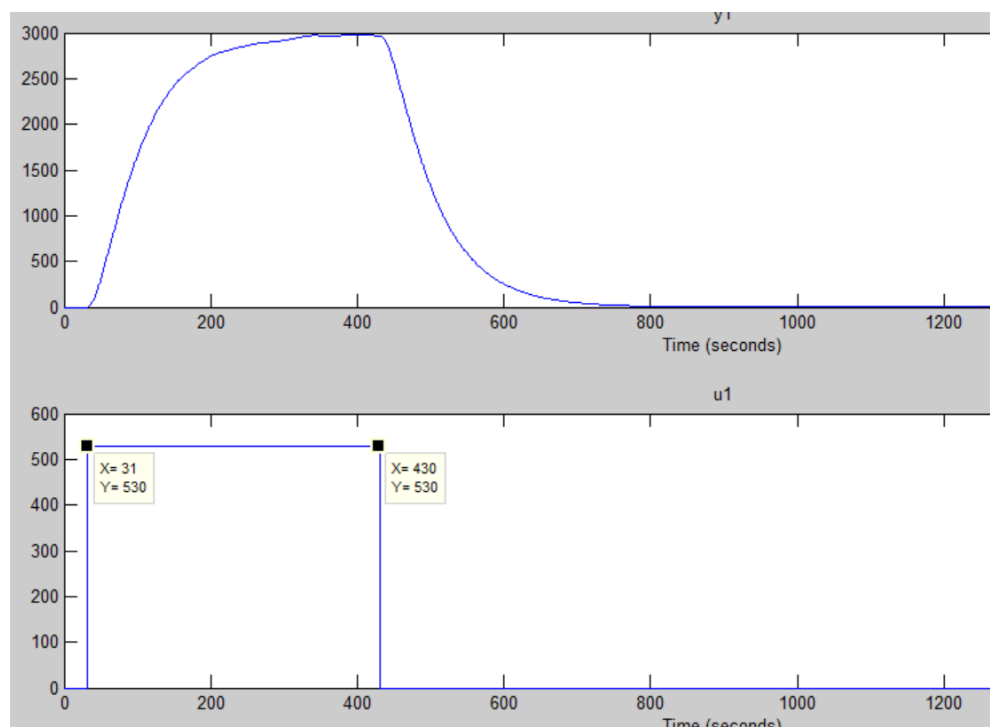


Рисунок 3.7 аналіз характеристики при П-образному керуючому впливі.

Для перевірки об'єкта керування на симетричність використано функцію розрахунку стандартного відхилення:

```
>> std(P_First) - std(P_Second)
```

```
ans =
```

```
1.5032
```

Так як різниця стандартних відхилень етапу підйому до етапу спаду відносно діапазону зміни температури 1480- 1520 °С становить 1.5 %, що є меншим ніж величина технічної похибки 5 %, Виходячи з цього, можна зробити висновок, що об'єкт керування є симетричним.

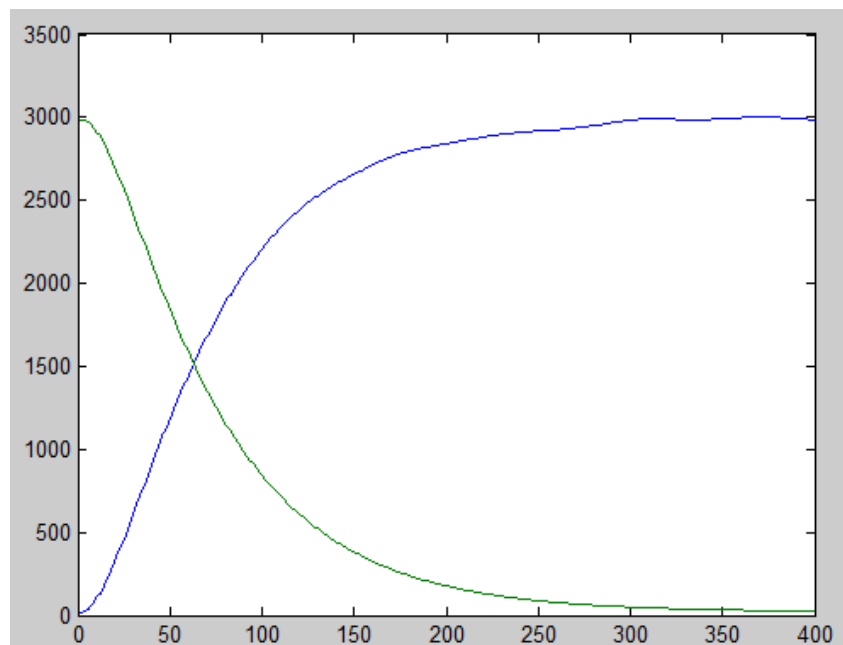


Рисунок 3.8 графік перевірки на симетричність

Проаналізуємо об'єкт керування на лінійність для цього розглянемо його статичну характеристику (рис. 3.8):

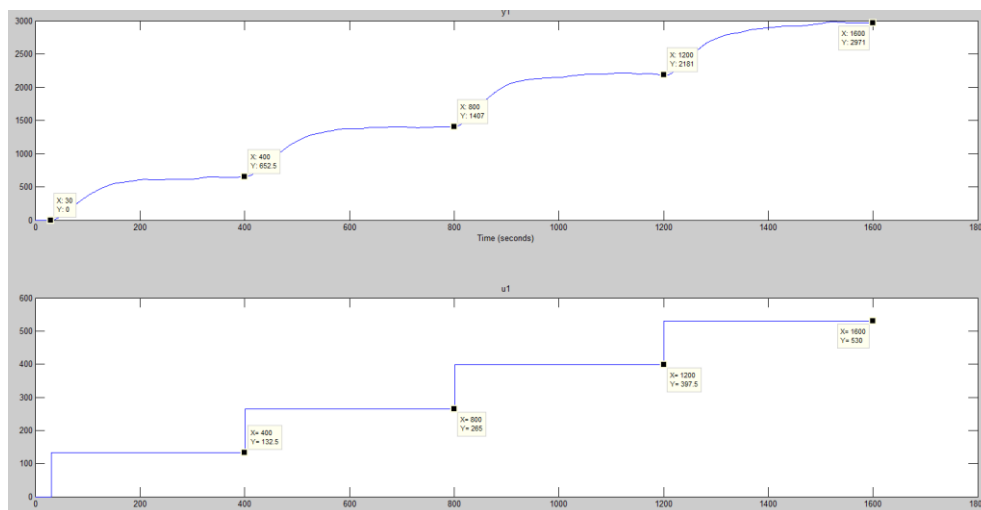


Рисунок 3.8 Аналіз статичної характеристики.

Відповідно до отриманих значень у командному рядку математичного пакета MATLAB створимо два вектори та використовуючи їх відобразити графік залежності дійсного значення від керуючого впливу, який є статичною характеристикою об'єкта керування (рис. 3.9):

```
>>Static_Input_Vector = [0, 132.5, 265, 397.5, 530];
>> Static_Output_Vector = [0, 652.5, 1407, 2181, 2971];
>> plot(Static_Input_Vector,Static_Output_Vector, '-ok', 'LineWidth',3);
```

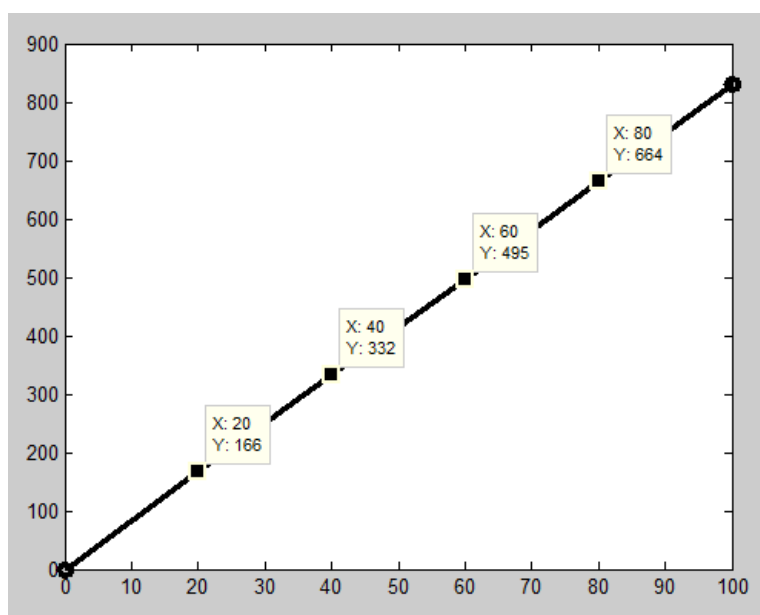


Рисунок 3.9 – Лінійна статична характеристика.

Отже, статична характеристика об'єкта керування є лінійною на підставі чого можна зробити висновок, що об'єкт керування так само є лінійним у всьому діапазоні керуючого впливу від 0 до 530. На підставі проведеного аналізу експериментальних даних зроблено висновок, що об'єкт керування може бути представлений у вигляді аперіодичного ланки другого або вищого порядку із запізненням:

$$W(s) = \frac{ke^{-\tau s}}{(T_1s + 1)(T_2s + 1)} \quad (1.1)$$

де $W(s)$ – передавальна функція, k – коефіцієнт посилення, T_1 – перша постійна часу (с), T_2 – друга постійна часу (с), τ – час запізнення

Подальший аналіз структури об'єкта керування буде проведено у процесі параметричної ідентифікації.

3.4.3 Параметрична ідентифікація

Процес параметричної ідентифікації буде проходити за динамічною характеристикою об'єкта керування, а перевірка отриманої таким чином моделі за перевірочними даними. Визначення параметрів об'єкта керування виконано за допомогою “System Identification Toolbox” Для визначення параметрів моделі об'єкта керування використано метод “Process Models”. Налаштування параметрів ідентифікації наведено на рисунку 3.11. та 3.10

Process Models

Model Transfer Function

$$\frac{K}{(1 + T_{p1} s)}$$

Poles

1 All real

Zero

Delay

Integrator

ParameterKnown	Value	Initial Guess	Bounds
K	5.6183	Auto	[-Inf Inf]
Tp1	76.069	Auto	[0 79150.28]
Tp2	0	0	[0 Inf]
Tp3	0	0	[0 Inf]
Tz	0	0	[-Inf Inf]
Td	0	0	[0 Inf]

Initial Guess

Auto-selected

From existing model:

User-defined

Disturbance Model: None

Focus: Simulation

Initial condition: Auto

Covariance: Estimate

Display progress

Name: O1

Рисунок 3.10 – Розрахунок параметрів для аперіодичної ланки першого порядку без запізнення

Process Models

Model Transfer Function

$$\frac{K}{(1 + T_{p1} s)(1 + T_{p2} s)}$$

Poles

2 All real

Zero

Delay

Integrator

ParameterKnown	Value	Initial Guess	Bounds
K	5.6003	Auto	[-Inf Inf]
Tp1	55.845	Auto	[0 79150.28]
Tp2	20.8259	Auto	[0 19565.38]
Tp3	0	0	[0 Inf]
Tz	0	0	[-Inf Inf]
Td	0	0	[0 Inf]

Initial Guess

Auto-selected

From existing model:

User-defined

Disturbance Model: None

Focus: Simulation

Initial condition: Auto

Covariance: Estimate

Display progress

Name: O2

Рисунок 3.11 – Розрахунок параметрів для аперіодичної ланки другого порядку без запізнення

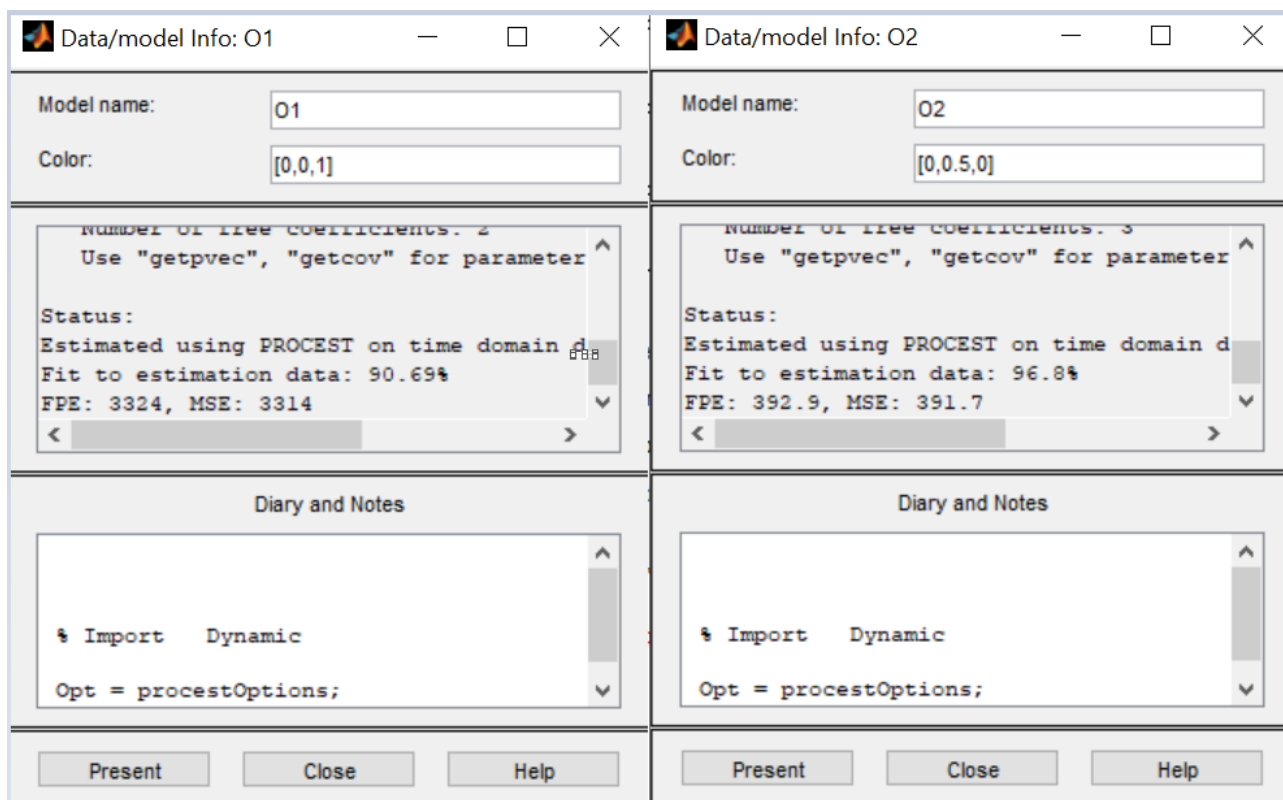


Рисунок 3.12 – Кількісна оцінка моделей

Отримана модель “O1” відповідає об’єкту керування на 90.69 % за нормованим середнім квадратичним відхиленням, по перевіроочним даним та на 80.06 % по динамічній характеристиці. Модель “O2” відповідає об’єкта керування на 96.8 % за нормованим середне квадратичним відхиленням, по перевіроочним даним та на 88.42 % по динамічній характеристиці.

Середньоквадратична помилка “MSE” більша у моделі першого порядку (3314 проти 391.7) та остаточний помилковий прогноз “FPE” так само більший у моделі першого порядку (3324 проти 392.9). Як очевидно з отриманих оцінок модель другого порядку більш відповідає перевіроочним даним, ніж модель першого порядку виходячи з цього можна дійти остаточного висновку, що об’єкту керування найбільш відповідає аперіодичне ланка другого порядку без запізнення.

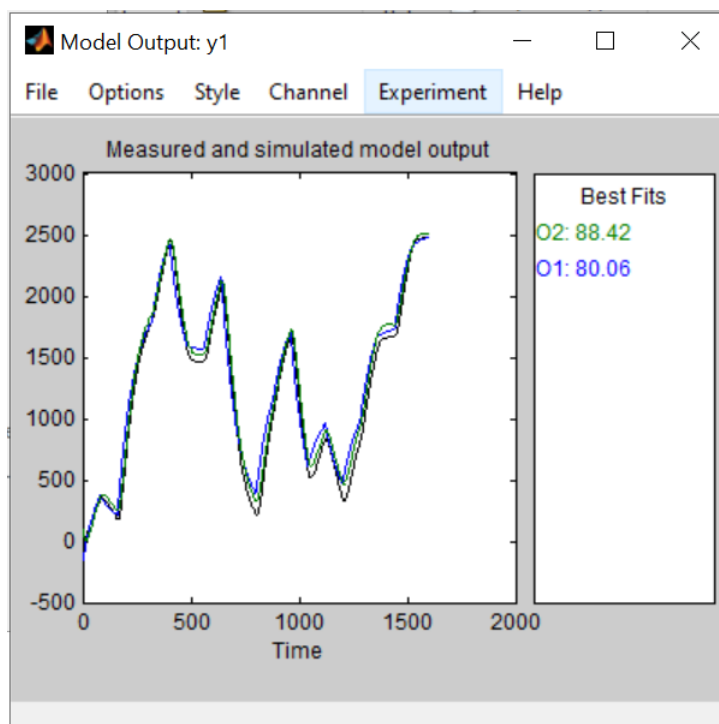


Рисунок 3.13 – Перевірка результатів розрахунків.

Таблиця 3.1 – Результати розрахунків параметрів об'єктів керування

Назва параметру	O1	O2
k	5.6183	5.6
T_1, c	76.06	55.845
T_2, c	-	20.82
T_3, c	-	-
τ	-	-
Dynamic – Динамічна характеристика		
NRMSE, %	90.69	96.8
FPE	3324	0.1009
MSE	3314	0.9951
Check – Перевірочні данні		
NRMSE, %	80.06	88.42

На підставі проведених досліджень отримано модель, що відповідає об'єкту керування на 96.8%:

$$W(s) = \frac{5.6}{(55.845s+1)(20.82s+1)} \quad (3.2)$$

Основні характеристики моделі об'єкта керування наведені на рисунку 3.15 виходячи з них можна підтвердити, що модель об'єкта керування відповідає аперіодичній ланці другого порядку із запізненням.

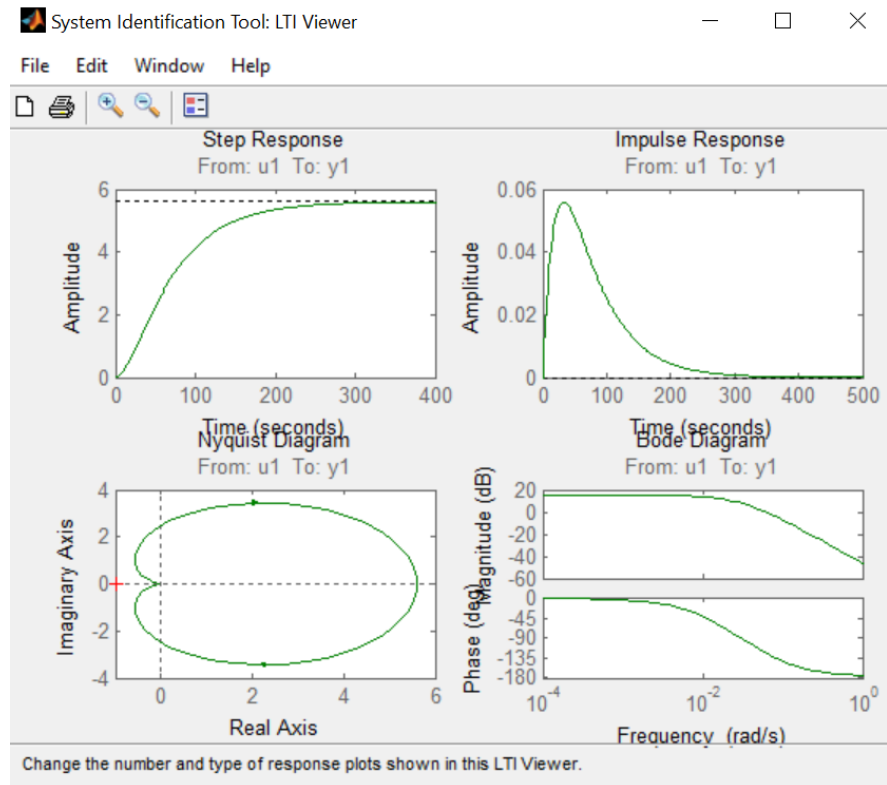


Рисунок 3.14 – Характеристики моделі об'єкта керування

3.4.4 Розробка моделі об'єкта керування в Simulink

Згідно з одержаних даних була отримана експериментальна модель об'єкта керування вона наведена на рисунку 3.15

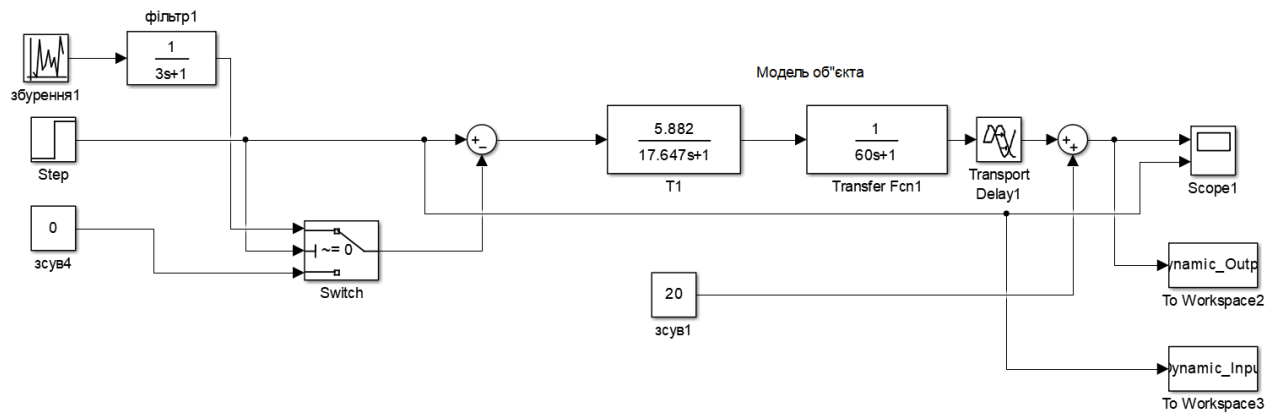


Рисунок 3.15 експериментальна модель об'єкта керування.

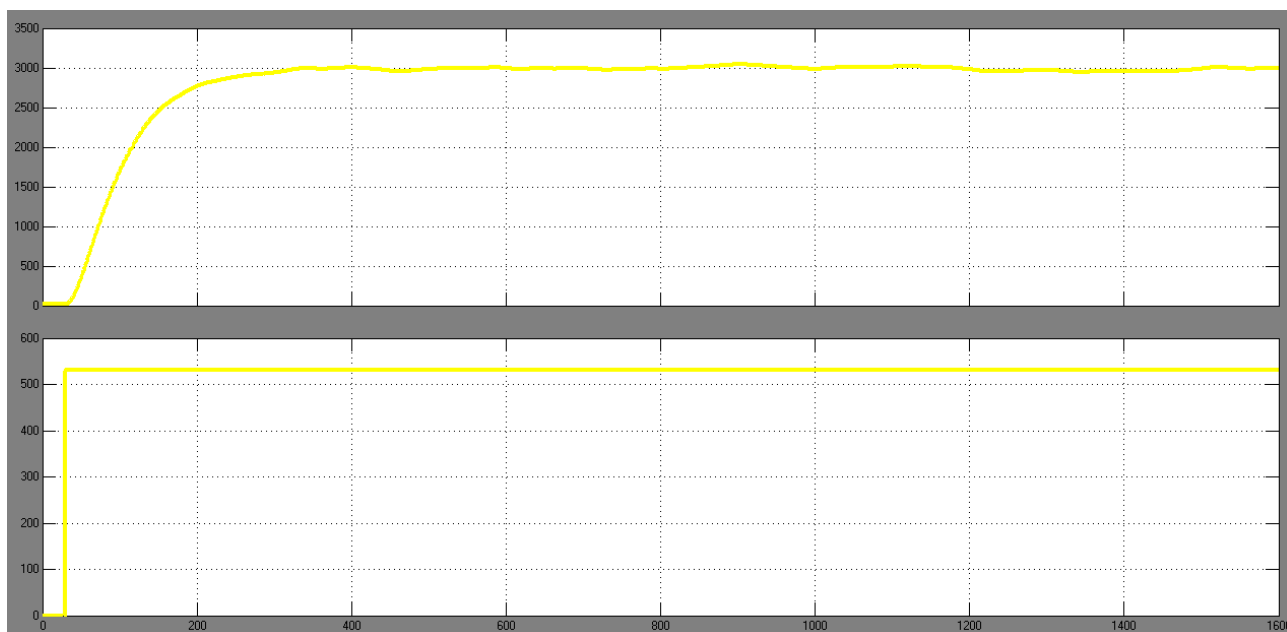


Рисунок 3.16 – експериментальна крива розгону та динамічна характеристика

3.4.5 Перевірка моделі на адекватність.

Модель Simulink, яка використовується для перевірки моделі об'єкта керування на адекватність(рис. 3.17):

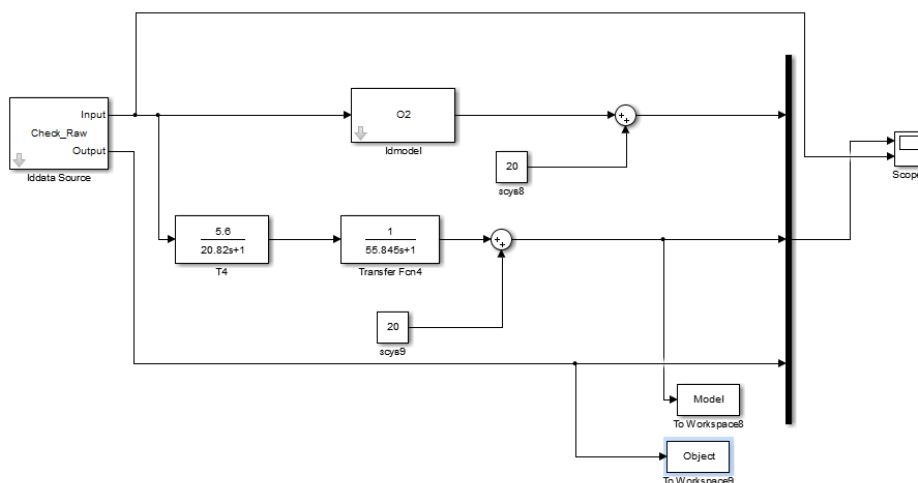


Рисунок 3.17 – Модель Simulink перевірки на адекватність

Результат моделювання наведено на рисунку 3.19. Графік дійсного значення об'єкта керування майже накладається на графік моделі об'єкта керування отриманої за допомогою програмного забезпечення “System Identification Toolbox” і на графік моделі об'єкта керування побудованої на базі передавальної функції. Таким чином, модель, отримана у середовищі імітаційного моделювання Simulink, майже не відрізняється від моделі, отриманої за допомогою програмного забезпечення “System Identification Toolbox”.

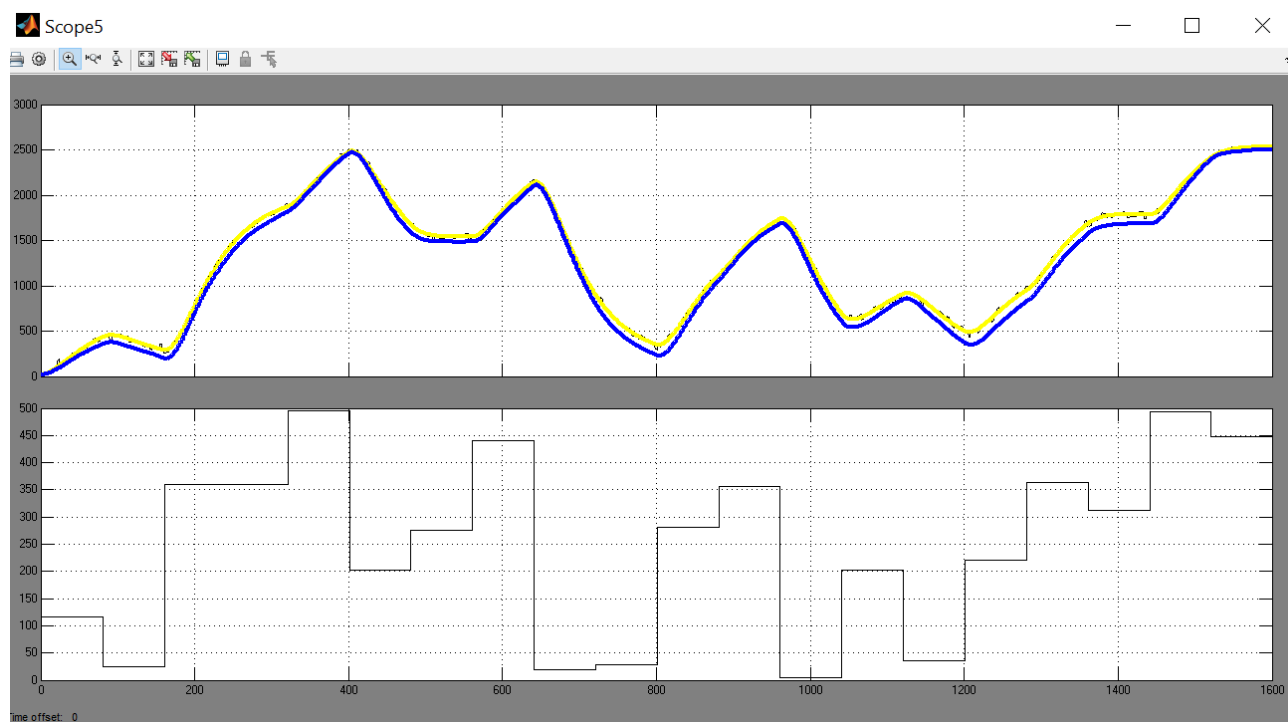


Рисунок 3.18 – Графік моделювання перевірки на адекватність

На підставі результатів моделювання та перевірочних даних виконано аналіз адекватності моделі об'єкта керування за методом нормованого середнє квадратичного відхилення:

```
>> nrmse = goodnessOfFit(Model, Object, 'NRMSE') * 100.0
```

```
nrmse =
```

```
88.1186
```

Згідно з результатами модель відповідна до об'єкта керування на 88.1186%, а тому є адекватною та може бути використана для моделювання об'єкта керування в подальших дослідженнях.

Остаточна модель об'єкта керування у графічному середовищі імітаційного моделювання Simulink наведена на рисунку 3.19, схема моделювання динамічної характеристики наведена на рисунку 3.20, а результат моделювання динамічної характеристики об'єкта керування наведено на рисунку 3.21.

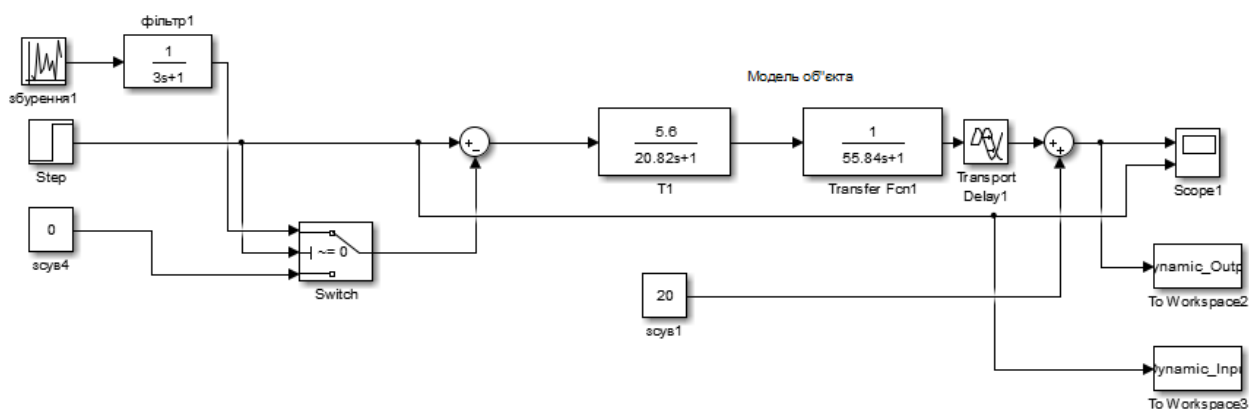


Рисунок 3.19 – Остаточна модель об'єкта керування

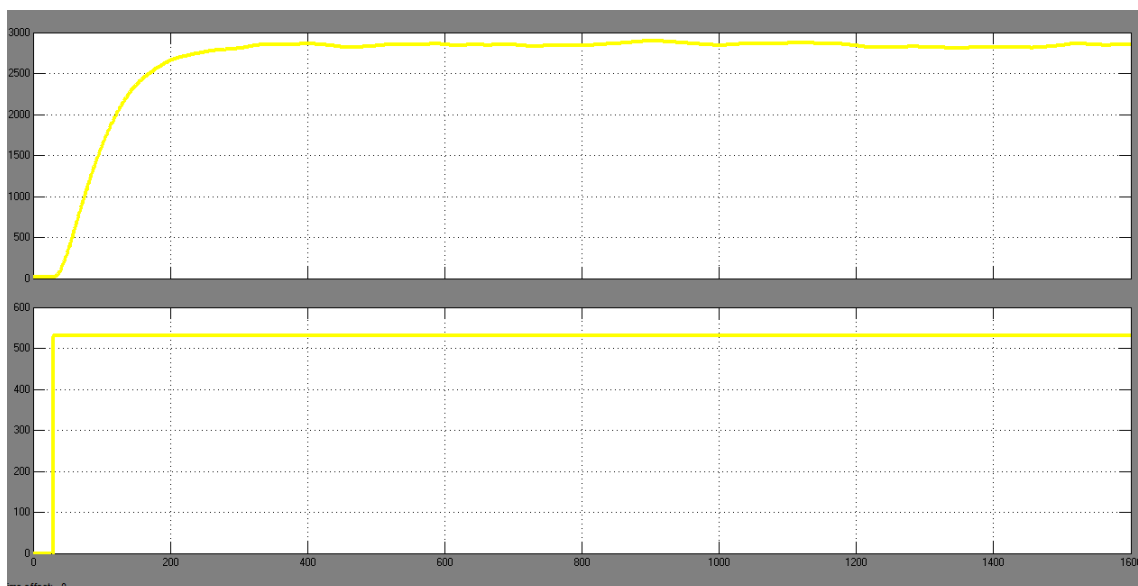


Рисунок 3.20 - Результат моделювання динамічної характеристики об'єкта керування

3.5 Висновки до розділу

У розділі виконано дослідження об'єкта керування за допомогою математичного пакета Matlab. У результаті отримано динамічну характеристику і дані для побудови статичної характеристики. Крім того, об'єкт керування досліджено за допомогою П-образного впливу та отримано перевіірочні дані. У результаті структурної ідентифікації та параметричної ідентифікації встановлено, що об'єкт керування може бути представлений у вигляді аперіодичного ланки другого, або більш високого порядку без запізнення. За результатами параметричної ідентифікації встановлено, що об'єкт керування може бути представлений у вигляді аперіодичного ланки другого порядку без запізнення та розраховані його параметри. На підставі отриманої передавальної функції розроблено модель об'єкта керування у середовищі імітаційного моделювання Simulink. Модель об'єкта керування відповідає експериментальним даним на 96.8 %. Виходячи з цього, модель об'єкта керування є адекватною і може використовуватися для синтезу системи керування і її дослідження.

4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

4.1 Обґрунтування доцільності автоматизації процесу виробництва технічного вуглецю

В кваліфікаційній роботі розглядається економічна доцільність впровадження комп'ютеризованої системи для керування та регулювання подачею газу в реактор виробництва тех.вуглецю.

Система керування температури в реакторі має такі переваги:

А) Контролювати кількість подачі газу газовою горілкою MG10/2-LN в реактор;

Б) Задавати значення температури в зоні реакції, та підтримка її в діапазоні 1480-1520° C;

В) зменшує витрати енергоносіїв;

Г) поліпшує якість вуглецю;

Розрахуємо капітальні витрати необхідні на придбання, монтаж та налагодження системи керування та експлуатаційних витрат на систему. Ціни на прилади визначаємо виходячи з каталогів постачальників . Витрати на монтаж сприймають в 7% від цін приладів. Транспортні витрати приймаємо по тарифам компанії з експрес перевезень “Нова пошта”.

Капітальні витрати становлять:

$$K = C_{об} + D_{тр} + M_{мн} \quad (4.1)$$

де $C_{об}$ – витрати на апаратні засоби системи керування;

$D_{тр}$ – транспортно-заготівельні витрати;

$M_{мн}$ – витрати, пов'язані з монтажем та наладкою системи.

Витрати на апаратні засоби системи керування зведені в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Вартість комплектуючих системи

Найменування виробів згідно проектних розробок	Кількість	Ціна за од., грн.	Монтаж, 7% (грн)	Транспортні витрати, грн. «Нова пошта»	Загальна сума, грн.
Контролер VIPA 312 (312-5BE13).	1	38765	2713	364	41842
Модуль аналогового вводу VIPA 231-1BD40	1	5 528	387	170	6085
Модуль дискретного виводу VIPA 322-1BL00	1	6160	431	170	6761
Блок живлення <u>LOVATO Electric</u> PSL112024	1	4085	286	120	4491
Джерело живлення Carlo Gavazzi SPD24301	1	2500	175	120	2795
Газова горілка MG10/2-LN	1	251000	17570	2155	270725
Датчик температури TBP-3488 (ТУ 25-7363.054-90)	1	4485	314	170	4969
Разом			21876		295826

Витрати на транспортно-заготівельні і складські роботи складають: 3269грн.

Вартість монтажних-налагоджувальних робіт приймаємо на рівні 7 % від вартості обладнання.

$$K_{\text{мн}} = K_{\text{об}} \times 0.07 \quad (4.2)$$

Монтажно-налагоджувальні витрати складуть:

$$K_{\text{мн}} = \quad \times 0.07 = 21876 \text{ грн.} \quad (4.3)$$

Капітальні витрати на встановлення нової системи автоматизації загалом будуть коштувати: 295826 грн

4.2 Розрахунок експлуатаційних витрат

При повсякденному використанні системи віникають експлуатаційні витрати. Річні експлуатаційні витрати розраховуються за формулою:

$$З = C_a + C_з + C_T + C_e + C_{\text{пр}} \quad (4.4)$$

де, $З$ – річні поточні витрати, пов'язані із застосуванням системи керування,

C_a – амортизація основних фондів;

$C_з$ – заробітна плата обслуговуючого персоналу;

C_T – витрати на технічне обслуговування та поточний ремонт обладнання;

C_e – вартість електроенергії;

$C_{\text{пр}}$ – інші витрати.

4.2.1 Розрахунок амортизаційних відрахувань

Мінімальний термін експлуатації ($T_{\text{п}}$) для обладнання становить 5 років.

Тоді норма амортизації розраховується за формулою:

$$H_a = (1 : T) \times 100\% \quad (4.5)$$

де, T – термін корисного використання об'єкта,

H_a – норма амортизації;

Отже, норма амортизації для проекрованої системи керування складе:

$$H_a = (1 : 5) \times 100\% = 20\% \quad (4.6)$$

Тоді амортизаційні відрахування визначаються за формулою:

$$A = K \times N_a \div 100\% \quad (4.7)$$

де, K - капітальні витрати

N_a – норма амортизації;

Отже, амортизаційні відрахування становлять: 59165 грн.

4.2.2 Розрахунок річного фонду заробітної плати та соціальних заходів

Система керування процесом виробництва тех.вуглецю є автоматизованою, для її обслуговування та ремонту необхідний лише один фахівець.

Таблиця 4.1 Розрахунок річного фонду заробітної плати

Найменування професії	Чисельність персоналу	Тарифна ставка (грн/год)	Тривалість, годин	Фонд ЗП (грн) за місяць	Фонд ЗП (грн) за рік
Інженер з автоматизації	1	200	168	33600	403200
ЄСВ (22%):					88704
Разом					491904

Відрахування на соціальні заходи (ЄСВ) становлять 22% від заробітної плати обслуговуючого персоналу: 88704 грн/рік.

Загальний фонд заробітної плати інженера з автоматизації з урахуванням ЄСВ становить: 491904 грн.

4.2.3 Визначення річних витрат на технічне обслуговування та поточний ремонт

Витрати на технічне обслуговування та поточний ремонт обладнання та мережі становить 0,5% від величини капітальних витрат:

$$C_T = 0,05 \times K \quad (4.7)$$

$$C_T = 0,05 \times 295826 = 14791 \text{ грн}$$

Витрати на систему керування, технічне обслуговування та поточний ремонт обладнання та мережі за рік становить 14791 грн.

4.2.4 Розрахунок вартості спожитої електроенергії

Вартість електроенергії, спожитої автоматизованою системою за рік, визначається за формулою:

$$C_{ee} = K_e \times D_s \times K_{др} \times T \quad (4.8)$$

де K_e - кількість електроенергії, спожитої системою керування за одну годину. Згідно з параметрами апаратного забезпечення, підрахунками їх споживної електроенергії $K_e = 1.546 \text{ кВт}$

$K_{др}$ – кількість днів у році, $K_{др} = 365$

T – тариф на електроенергію для підприємств становить 2.016 грн/кВт×год з урахуванням ПДВ

D_s – тривалість зміни, 24 годин;

$$K_e = 1.546 \times 24 \times 365 \times 2.016 = 27\,303 \text{ грн} \quad (4.8)$$

Отже витрати системи керування на електроенергію за рік складуть 27 303 грн.

4.2.5 Інші витрати

Інші витрати включають в себе витрати з охорони праці, вони визначаються в розмірі 4% від річного фонду заробітної плати обслуговуючого персоналу:

$$C_{\text{інш}} = C_3 \times 0,04 \quad (4.9)$$

$$C_{\text{інш}} = 403200 \times 0,04 = 16128 \text{ грн}$$

Розрахунок річних експлуатаційних витрат проведемо за формулою (4.4)

$$З = 59165 + 491904 + 14791 + 27\,303 + 16128 = 609291 \quad (4.10)$$

Таблиця 4.4 - Експлуатаційні витрати на систему керування

Найменування статей витрат	Сума (грн)
Амортизація обладнання (20%)	59165
Заробітна плата обслуговуючого персоналу	491904
Поточний ремонт	14791
Витрати на електроенергію	27 303
Інші витрати	16128
Разом	609291

Таким чином річні експлуатаційні витрати становлять: 609291 грн.

4.3 Висновки до розділу

Підбиваючи підсумки до розділу економічний розрахунок показав, що для автоматизованої системи керування капітальні витрати дорівнюють 295826 грн а експлуатаційні витрати становлять 609291–грн. Впровадження та експлуатація системи керування процесом підтримки температури в зоні реакції реактора для виготовлення технічного вуглецю, є дуже витратним. Але ці витрати є також необхідними, оскільки впровадження системи керування температурою в реакторі дозволить підвищити якість марок тех.вуглецю, пришвидшити виробничий процес, зменшити витрати енергоносіїв, надати інформативність

процесу. Автоматизація процесу виробництва технічного вуглецю допомагає підвищити продуктивність, знизити витрати, покращити якість і безпеку, а також забезпечити гнучкість і масштабованість виробництва. Це раціональне рішення для підприємств, що працюють у цій галузі, з метою підвищення конкурентоспроможності і забезпечення стабільного виробництва. Тому можна зробити висновок, що впровадження керованої комп'ютеризованої системи автоматизації економічно вигідно.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1 Небезпечні та шкідливі виробничі фактори

У кваліфікаційній роботі бакалавра розглядається розробка та впровадження системи керування в зону реакції реактора для виготовлення технічного вуглецю. Під час виробництва технічного вуглецю існують такі небезпечні фактори:

1. Високі температури: Виробництво технічного вуглецю зазвичай відбувається за високих температур. Це може створювати ризик опіків або термічних уражень для робітників, якщо не дотримуються відповідні заходи безпеки.

2. Хімічні речовини: У процесі виробництва технічного вуглецю можуть використовуватися хімічні речовини, такі як сірчана кислота або фенол. Ці речовини можуть бути токсичними або небезпечними для здоров'я, і взаємодія з ними без належного захисту може призвести до уражень або отруєнь.

3. Пил та відпрацьовані матеріали: Під час процесу виробництва технічного вуглецю утворюється багато пилу та відпрацьованих матеріалів. Вдихання пилу може бути шкідливим для дихальної системи та може викликати проблеми зі здоров'ям.

3. Електричні ризики: Виробництво технічного вуглецю може включати в себе використання високої напруги або електричних приладів. Неправильне використання або обслуговування електричного обладнання може призвести до уражень електричним струмом.

5. Пожежний ризик: У зв'язку з високими температурами та наявністю горючих матеріалів, виробництво технічного вуглецю може бути пов'язане з ризиком пожежі. Недотримання правил пожежної безпеки або неналежне керування вогнем може призвести до серйозних пожеж та пошкоджень.

Ці фактори можуть бути небезпечними для робітників у виробничому процесі виробництва технічного вуглецю. Для зменшення ризику нещасних випадків та забезпечення безпеки праці необхідно дотримуватися відповідних

протоколів безпеки, надавати необхідне навчання робітникам щодо використання захисного спорядження та правильних процедур роботи з небезпечними речовинами, а також забезпечувати належну вентиляцію та системи відведення пилу. Для забезпечення безпеки при роботі з системою керування потрібно суворо дотримуватися правил її обслуговування, монтажу, пуску та експлуатації, запобігаючи небезпеці своєчасним здійсненням необхідних технічних і організаційних заходів. Потрібно періодично перевіряти справність всіх вузлів і конструкцій, чітко дотримуватися інструкції по експлуатації системи керування. У цьому запорука безпечної і продуктивної роботи.

5.2 Інженерно-технічні заходи з охрани праці

Кожний працівник, що влаштовується на роботу, повинен пройти вступний інструктаж з охорони праці. Запис про проведення вступного інструктажу заноситься в спеціальний журнал, та документ про приймання працівника на роботу. Інструктаж з охорони праці проводиться в відділі охорони праці підприємства.

5.2.1 Виробничий шум

Джерелами шуму та вібрації в виробництві технічного вуглецю є робота машин та устаткування, електродвигуни, насоси, вентилятори та вентиляційні системи, транспортування матеріалів. Шум класифікується як постійний. Рівень шуму – $L = 100$ дБ, що не відповідає вимогам.

Тривалий вплив інтенсивного шуму на слух приводить до його часткової або повної втрати. Для зниження шуму застосовуються наступні заходи, що дають змогу знизити шум до 65 дБА:

- зниження початкової гучності вентиляційного агрегату, електродвигунів і насосів, ізоляцією агрегатів за допомогою віброзахисних елементів.
- застосування звукопоглинаючих матеріалів, таких як скловолокно, поролон для повітропроводів і облицювання вентиляційних систем.

– для зменшення вібрації ізолювання азбестом фундаментів, впровадження під відцентрові насоси та електродвигуни пружин чи гумових прокладок.

– своєчасний ремонт всіх механічних вузлів за регламентом.

– своєчасне змащування всіх поверхонь, що труться

– для індивідуального захисту від шуму, персонал необхідно забезпечити протишумовими навушниками ПШН-Б. Вони ризначені для захисту органів слуху від дії середнього та високочастотного шуму з рівнем до 115дБА. Також використовують протишумні вкладиші «Беруші СТ-1», що призначені для індивідуального захисту органів слуху від виробничих і побутових шумів.

Сумарний час роботи в контактi з вібрацією не повинен перевищувати 2/3 робочої зміни. Також тривалість неперервної дії вібрації не перевищує 15-20 хв.

5.2.2 Електронебезпека

Приміщення оператора відноситься до приміщення без підвищеної небезпеки. В приміщенні застосовується трифазна, чотирипровідна мережа напругою 380 В з заземленою нейтраллю та частотою 50 Гц.

Приміщення цеху виробництва тех.вуглецю має електропостачання у вигляді трифазної мережі з напругою 220/380В (50 Гц) та глухозаземленою нейтраллю. Приміщення цеху відноситься до приміщення з підвищеної небезпеки так як в ньому використовується різноманітне електричне устаткування, електричні системи та проводка тощо. Неправильна експлуатація, підключення пошкодження або недостатнє обслуговування цих пристроїв і систем може призвести до ризику ураження електричним струмом.

Для захисту людей від уражень електричним струмом в умовах термічного цеху застосовуються такі заходи:

- своєчасний контроль ізоляції;
- забезпечення недоступності струмоведучих частин установкою захисних огорожень в місцях можливого випадкового дотику;
- застосування захисного занулення.
- засоби орієнтації в електроустановках, дають можливість персоналу чітко

орієнтуватися при монтажі, виконанні ремонтних робіт і запобігають помилковим діям, а саме: знаки безпеки на щитку, різні кольори фазування фаз, таблички «не входити, працюють люди»

- застосування індивідуальних захисних засобів. Основні електрозахисні засоби для роботи з електричним обладнанням в цеху: ізолювальні штанги, ізолювальні кліщі, електровимірювальні кліщі, покажчики напруги, діелектричні рукавички, інструмент з ізолювальним покриттям, діелектричне взуття, сигналізатори напруги, захисні огороження (щити, ширми), переносні заземлення.

Для запобігання ризикам електробезпеки під час виробництва технічного вуглецю необхідно дотримуватися відповідних стандартів та протоколів безпеки, проводити регулярне технічне обслуговування та перевірки електричного устаткування, надавати належну освіту та навчання працівникам щодо безпечної експлуатації та обслуговування електрообладнання, а також вживати заходів для заземлення та зменшення накопичення статичної електрики.

5.2.3 Повітря робочої зони основні вимоги до виробничих процесів та обладнання для пилового фактору.

Основними джерелами пилеутворення при виробництві технічного вуглецю є механічна обробка вуглецевого матеріалу, обробка вуглецевих композитів, заготівля та обробка сировини, термічна обробка, монтаж та демонтаж виробничого обладнання, монтаж або демонтаж виробничого обладнання.

Для контролю пилових викидів важливо вживати заходів безпеки, таких як використання витяжних систем, забезпечення належного вентиляції робочих приміщень, використання захисного спорядження, такого як маски або респіратори, та регулярне очищення робочих місць. Також рекомендується проводити навчання працівників щодо безпеки роботи з пилом та вживати заходів для мінімізації пилових викидів.

Для боротьби з вуглецевим пилом при виробництві технічного вуглецю рекомендується вживати такі заходи:

1. Витяжні системи: Встановлення ефективних витяжних систем і вентиляції у робочих зонах допоможе усмоктувати пилю та забезпечити свіжий повітря. Це можуть бути витяжні канали, пилюсоси, механічні або пневматичні системи видалення пилю.

2. Фільтраційні системи: Використання вискоефективних пилювих фільтрів та аерозольних фільтрів допоможе утримувати пилю у робочому приміщенні та запобігати його викиду в атмосферу. Регулярне обслуговування та заміна фільтрів є важливим.

3. Захисне спорядження: Робітники повинні мати належне захисне спорядження, таке як респіратори, маски з фільтром, спеціальний одяг і рукавиці, які захищають від вдихання та контакту з пилюю.

4. Правильне керування сировиною та матеріалами: Ефективне управління сировиною та матеріалами допомагає запобігти надмірному утворенню пилю. Це включає належне зберігання сировини, мінімізацію розкиду пилю під час обробки та впровадження процесів, які зменшують утворення пилю.

5. Регулярне очищення та підтримка чистоти робочих зон: Регулярне прибирання та очищення робочих приміщень допомагає знизити рівень пилю. Використання вологого прибирання або систем пилюсосів з пилюзбірниками також може бути корисним.

6. Навчання та свідомість працівників: Регулярне навчання працівників щодо ризиків, пов'язаних з вуглецевим пилюю, правил безпеки та користування захисним спорядженням є важливим кроком для забезпечення їхньої безпеки.

7. Максимальна герметизація технологічного обладнання та укриття всіх місць видобутку пилю.

Ці заходи допоможуть зменшити випуск та вплив вуглецевого пилю на здоров'я працівників та оточуюче середовище. Важливо вживати ці заходи відповідно до специфічних вимог та рекомендацій безпеки для вашого конкретного виробничого процесу.

5.3 Пожежна профілактика.

Враховуючи що виробництво технічного вуглицю пов'язане з високими

температурами та наявністю горючих матеріалів, виробництво технічного вуглецю може бути пов'язане з ризиком пожежі. Недотримання правил пожежної безпеки або неналежне керування вогнем може призвести до серйозних пожеж та пошкоджень. Виробництво тех.вуглецю належить до категорії Б (вибухопожежонебезпечне). У цеху існує система попередження та гасіння пожеж. Можливі причини виникнення пожеж:

- Неправильне використання обладнання: Недотримання інструкцій щодо використання обладнання, неправильна експлуатація можуть створити умови для виникнення пожежі.

- Несправність або пошкодження обладнання: Несправність електричного обладнання, або механічні пошкодження можуть стати джерелом пожежі.

- Вибухонебезпека: Деякі процеси виробництва технічного вуглецю можуть мати вибухонебезпеку. Недотримання правил безпеки при роботі з вибухонебезпечними речовинами або процесами може призвести до пожежі.

- Накопичення горючих матеріалів: Накопичення горючих матеріалів, таких як пил, волокна або розчинники, може сприяти поширенню пожежі.

- Перегрів або надмірна температура: Процеси, що супроводжуються високою температурою або перегрівом, можуть сприяти виникненню пожежі. Недостатня вентиляція або недостатнє охолодження можуть бути факторами ризику.

- Статична електрика: Умови, які сприяють накопиченню статичної електрики, можуть призвести до розряду, що може спричинити запалення горючих матеріалів.

- Іскри в електричних апаратах і машинах, іскри від електростатичних розрядів і ударів блискавки.

- Необережне поводження з вогнем, куріння в легкозаймистих і вибухонебезпечних приміщеннях,

Найбільш швидким та надійним засобом виявлення ознак займання та сигналізації про пожежу вважається автоматична установка пожежної сигналізації (АУПС), яка повинна працювати цілодобово. Комбіновані

сповіщувачі ІПК-1, ІПК-2, ІПК-3 контролюють відразу два чинника, що супроводжують пожежу: дим та температуру.

Також для первинного гасіння пожеж в цеху розміщені ящики з піском, совкові лопати, протипожежні покривала, передбачені щити з протипожежним інвентарем та вогнегасники:

Стаціонарний модульний порошковий вогнегасник САМ-3 Вогнегасник порошковий призначений для гасіння загорянь тліючих матеріалів, горючих рідин, газів і електроустановок, що знаходяться під напругою не більше 1000 В, на промислових підприємствах, складах зберігання горючих матеріалів. Вогнегасник порошковий повинен експлуатуватися в умовах помірного клімату, категорії 2, тип атмосфери ІІ по ГОСТ 15150-69 в діапазоні робочих температур від мінус 40 до плюс 50 ° С. Не слід використовувати порошкові вогнегасники для гасіння обладнання, яке вийти з ладу при попаданні порошку (ЕОМ, електронне обладнання, електромашини колекторного типу і т. Д).

Переносний вогнегасник вуглекислотний ОУ-3 Вуглекислотний вогнегасник, заправлений низькотемпературною вуглекислою, що не залишає слідів забруднень на об'єктах гасіння, що дозволяє гасити загоряння електроустаткування без заподіяння йому шкоди.

Вогнегасник ОУ-3, як і всі вуглекислотні вогнегасники, має такі переваги:

- можливість гасіння електроустаткування без пошкодження електроніки, оскільки вуглекислота безпосередньо не стикається з проводами, що унеможливорює виникнення короткого замикання;

- можливість гасіння вогнища займання, не залишаючи слідів забруднення на поверхні завдяки вуглекислоті, яка у вигляді безбарвного вуглекислого газу розсіюється в повітрі, і не завдає шкоди обладнанню.

Вогнегасник ОУ-3 призначений для гасіння газоподібних та рідких речовин (клас пожежі В та С). Рекомендується використовувати для гасіння електроустановок під напругою до 10 кВ, комп'ютерів, а також пожеж на транспорті, у виробничих та житлових приміщеннях. Вогнегасник не можна використовувати для гасіння горіння твердих речовин (клас пожежі А), рідких

речовин, які розчиняються у воду (підклас пожежі В2), металів (клас пожежі D), а також речовин, горіння яких може відбуватися без доступу повітря.

Приміщення та фундамент цеху повинно бути з вогнетримких матеріалів, Протипожежні перегородки виконуються з матеріалів, що не горять і мають спиратися на фундаменти, встановлюватися на всю висоту цеху. Кількість евакуаційних виходів не менше двох.

5.4 Висновки по розділу

У розділі охорони праці на основі аналізу небезпечних і шкідливих виробничих факторів, виявлених на проєктованому об'єкті, розроблені заходи спрямовані на створення здорових і безпечних умов праці з урахуванням питань пожежної профілактики.

ВИСНОВКИ

Предметом дослідження в кваліфікаційній роботі є автоматизація процесу виробництва технічного вуглецю. Об'єктом дослідження Реактор для виробництва технічного вуглецю. Метою дослідження є забезпечення ефективного керування зоною реакції в реакторі для виробництва технічного вуглецю за рахунок впровадження засобів автоматизації. В якості об'єкта керування виступає зона реакції в реакторі для виготовлення тех.вуглецю.

За результатами аналізу технологічного процесу виготовлення технічного вуглецю, структури об'єкта керування – реактора, та вимог до його функціонування сформовані вимоги до апаратного забезпечення системи керування її функціонування та дослідження об'єкта керування.

Згідно до завдання, підтримка та керування температури в діапазоні 1480 – 1520 та технологічного процесу були обрані датчики та виконавчі пристрої які мають стандартні діапазони вхідних та вихідних сигналів 4÷20 мА та стандартне живлення 24 В, та газовий пальник MG10/2-LN. В якості пристрою керування обрано ПЛК VIPA 312 (312-5BE13), через аналогові та дискретні порти вводу та виводу якого забезпечено підключення датчиків та виконавчих пристроїв. Розроблена функціональна схема автоматизації зони реакції реактора. Згідно структурної схеми, обраних виконавчих пристроїв та пристрою керування створено схему електричну принципіву системи керування

Використовуючи інформацію про особливості реактора для виготовлення технічного вуглецю та апаратних засобів системи керування було розроблено структурну схему інформаційних потоків дослідницької системи. Беручи до уваги розроблену схему інформаційних потоків дослідницької системи створено план активного експерименту.

У результаті виконання експерименту, обробки результатів та структурної ідентифікації було встановлено що об'єкт керування майже не має запізнення, динамічна характеристика має два вигини; об'єкт самовирівнюється і не володіє інтегруючими властивостями; об'єкт керування є симетричним; об'єкт керування є лінійним у всьому діапазоні керуючого впливу.

За результатами параметричної об'єкта керування розроблено імітаційну модель зони реакції реактора в графічному середовищі Simulink/MATLAB.

Модель об'єкта керування відповідає експериментальним даним на 96.8 %. Виходячи з цього, модель об'єкта керування є адекватною і може використовуватися для синтезу системи керування і її дослідження.

В економічному розділі розраховано капітальні витрати загалом будуть коштувати 295826 грн, річні експлуатаційні витрати становлять: 609291 грн. Отже, впровадження системи керування зоною реакції та її експлуатація, є дуже витратним, але ці витрати є також необхідними, оскільки впровадження системи керування температурою в реакторі дозволить підвищити якість марок тех.вуглецю, пришвидшити виробничий процес, зменшити витрати енергоносіїв, надати інформативність процесу.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Методичні рекомендації для студентів бакалаврів спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» / Ткачов В.В., Бубліков А.В., Цвіркун Л.І., Проценко С.М., Бойко О.О., Славинський Д.В., .– Д.: «НГУ», 2016. – 27 с.
2. Технічний вуглець:[https://uk.wikipedia.org/wiki/Технічний_вуглець]
3. Автоматизована система управління процесом виробництва технічного вуглеводу:
[http://4ua.co.ua/manufacture/yb3ac68a5d43b88521216d37_0.html]
4. Ідентифікація та моделювання технологічних об'єктів автоматизації. Методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт для студентів спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології». Ч. 2. [Електронний ресурс] / О.О. Бойко, Є.К. Воскобойник; М-во освіти і науки України, Нац. техн. ун-т «Дніпровська політехніка».
5. Бойко О.О. Проектування систем автоматизації. Методичні рекомендації до виконання курсового проекту з дисципліни для студентів напряму підготовки 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології». / О.О. Бойко ; М-во освіти і науки України, Нац. Техн.. ун-т «Дніпровська політехніка». – Дніро : НТУ «ДП», 2020. – 16 с.
6. Автоматизація процесу виробництва технічного вуглецю, научна стаття/ Дмитро Антропов, Тимофій Петров, Василь Лінник, Сергій Фролов
ДСТУ 3008:2015. Звіти у сфері науки і техніки. Структура та правила оформлювання / Нац. стандарт України. – Вид. офіц. – [чинний від 2017-07-01]. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2016. – 27 с.
7. Методичні вказівки до виконання розділу „Охорона праці“ у кваліфікаційних роботах бакалаврів / В.І. Голінько, С.І. Чеберячко, Ю.І. Чеберячко, О.О. Яворська, М.М. Наумов. – Д.: Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», 2022.
8. ДСТУ 3675-98 «Пожежна техніка. Вогнегасники переносні.

Загальні технічні вимоги та методи випробувань».

9. Положення про організацію атестації здобувачів вищої освіти НТУ «Дніпровська політехніка» / Укладачі: Ю.О. Заболотна, О.О. Конопльова, В.О. Салова, В.О. Салов; М-во освіти і науки України, Нац. техн. ун-т. «Дніпровська політехніка» – Д. : НТУ «ДП», 2018. – 40 с.

ДОДАТОК А – ВІДОМІСТЬ ПРОЕКТУ

№ рядка	Формат	Позначення	Найменування	Кількість	Шифр документ	Примітка
1			Документація			
2						
3	A4	КІВС.КВР.151.19.1.ПЗ	Пояснювальна записка	73	ПЗ	
4						
5			Графічна матеріали			
6						
7	A2	КІВС.КВР.151.19.1.Е2	Функціональна схема			
8			автоматизації	1	Е2	
9						
10	A2	КІВС.КВР.151.19.1.Е3	Схема електрична			
11			принципова	1	Е3	
12						
13	A4	КІВС.КВР.151.19.1.ПЕ3	Перелік елементів	1	ПЕ	
14						
15	A4	КІВС.КВР.151.19.1.Д	Презентація		Д	
16						
17		КІВС.КВР.151.19.1.ВДЕ	Носій інформації	1	ВДЕ	
18						
19						
20						
21						
22						
23						
24						
25						
26						
27						
28						
29						
			Підп.	Дата	КІВС.КВР.151.19.1.ТП	
Зм.	Арк.	№ докум.				
Розробив		Гурін В.Р.		09.06	Літ.	Аркуш
П. конс.		Ткачов В.В.				1
Н. контр.		Воскобойник				1
					Національний ТУ «Дніпровська політехніка», ЕТФ,151-19-1	
					Автоматизована система керування процесом виробництва технічного вуглецю Відомість проекту	

ВІДГУК

на кваліфікаційну роботу ступеню бакалавра на тему:

“ Розробка системи автоматичного керування процесом виробництва технічного вуглецю.” здобувач вищої освіти академічної групи 151-19-1 Гурін Владислав Русланович

Завдання і зміст кваліфікаційної роботи ступеню бакалавра відповідає основній меті – перевірці знань та ступеню підготовки здобувача вищої освіти за спеціальністю “151 Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології”.

Оформлення пояснювальної записки та графічних матеріалів кваліфікаційної роботи виконано відповідно до вимог стандартів та методичних рекомендацій повністю.

Актуальність роботи полягає в тому, що розробка нової системи керування дозволить значно зменшити витрати природного газу в мартенівському виробництві та збільшити обсяг виготовленої продукції.

Повнота та глибина вирішення поставлених завдань в кваліфікаційній роботі достатня.

В рамках кваліфікаційної роботи виконано аналіз технологічного процесу та об’єкта керування, постановка завдання, вибір апаратного забезпечення, визначення моделі об’єкта керування, розрахунок основних економічних показників та вирішення питань з охорони праці. Розроблено імітаційну модель об’єкта керування, дані якої, на 98.8% відповідають перевірочним даним і дають можливість для дослідження властивостей об’єкта керування, визначення вимог до якості функціонування систем керування, їх розробки і дослідження.

В цілому кваліфікаційна робота ступеню бакалавра заслуговує оцінки “ ” балів при відповідному захисті, а здобувач Гурін В. Р. присвоєння кваліфікації “бакалавр” за спеціальністю “151 Автоматизація та комп’ютерно- інтегровані технології”.

Провідний консультант, професор

_____ (підпис п.конс.)

Ткачов В.В.
(Прізвище, ініціали)

(Дата)

РЕЦЕНЗІЯ

на кваліфікаційну роботу ступеню бакалавра

на тему: “Автоматизація процесу нагріву зерна у зерносушарці” здобувач вищої освіти академічної групи 151-19-1 Гурін Владислав Русланович

Завдання і зміст кваліфікаційної роботи ступеню бакалавра відповідає меті – перевірки знань та ступеню підготовки студента за спеціальністю 151 “Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології”. Оформлення пояснювальної записки та графічних матеріалів кваліфікаційної роботи виконано повністю відповідно до вимог стандартів та методичних рекомендацій повністю. Тема роботи актуальна, а досягнення поставленої у кваліфікаційній роботі мети призведе до створення гнучкої сучасної системи керування яка буде відповідати вимогам часу. В рамках кваліфікаційної роботи виконано аналіз технологічного процесу керування виробництва технічного вуглецю, відповідно до вимог технологічного процесу. Для системи керування обрано апаратне забезпечення, виконано структурну та параметричну ідентифікацію, отримано модель об’єкту керування, визначено капітальні та експлуатаційні витрати при впровадженні системи, запропоновані заходи з охорони праці та протипожежної безпеки об’єкту автоматизації. Повнота та глибина вирішення поставлених завдань в кваліфікаційній роботі бакалавра достатня для навчального процесу. В цілому кваліфікаційна робота ступеню бакалавра заслуговує оцінки «___» балів за умови відповідного захисту, а здобувач Гурін В.Р. присвоєння йому кваліфікації «бакалавр» за спеціальністю 151 “Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології”.
