

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 Чорного Данііла Юрійовича

(П.І.Б.)

академічної групи 151-18-1

(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 Автоматизована система керування нагрівом поду мартенівської печі

(назва за наказом ректора)

Консультанти	Прізвище, ініціали	Оцінка за шкалою		Підпис
		рейтинг.	інституційною	
Керівник кваліфікаційної роботи	ст.викл. Проценко С.М.			
Провідний консультант	ст.викл. Проценко С.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. Славінський Д.В.			

Дніпро
2022

ЗАТВЕРДЖЕНО:
завідувач кафедри
автоматизації та
приладобудування
(повна назва)

_____ Ткачов В.В.
(підпис) (прізвище, ініціали)

« _____ » _____ 2022 року

ЗАВДАННЯ
на кваліфікаційну роботу
ступеня бакалавр

студенту Чорному Д. Ю. академічної групи 151-18-1
(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 Автоматизована система керування нагрівом поду мартенівської печі
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.	12.03.2022
Розробка апаратного забезпечення системи керування	Обрання датчиків, виконавчих пристроїв та пристрою керування, розробка структурних схем, функціональної схеми автоматизації та принципової схеми електричної.	02.04.2022
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.	23.04.2022
Економічна частина	Економічне обґрунтування доцільності витрат на створення системи керування.	07.05.2022
Охорона праці	Розробка організаційно-технічних заходів, щодо реалізації правил безпеки при експлуатації системи.	28.05.2022

Завдання видано _____
(підпис п.конс.)

ст.викл. Проценко С.М.
(прізвище, ініціали)

Дата видачі 19.01.2022

Дата подання до атестаційної комісії 14.06.2022

Прийнято до виконання _____
(підпис студента)

Чорний Д. Ю.
(прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка містить: 82 сторінки, 46 рисунки, 20 таблиць, 25 джерел, 1 додаток.

Предмет дослідження: автоматизація процесу керування нагрівом поду мартенівської печі.

Об'єкт дослідження: процес стабілізації температури поду мартенівської печі по контуру регулювання витрати природного газу.

Мета дослідження: отримання моделі процесу нагріву поду по контуру природного газу.

Основними методами дослідження використаними для досягнення поставленої мети були: аналіз літературних джерел, декомпозиція, планування експерименту, статистичний аналіз даних, імітаційне моделювання.

В роботі проаналізована технологічний процес, структура об'єкта керування та вимоги до його функціонування. На підставі чого сформовані вимоги до апаратного забезпечення системи керування її функціонування та дослідження об'єкта керування.

Розроблено структурну схему системи керування на підставі котрої з урахуванням вимог технологічного процесу обрані датчики та виконавчі пристрої системи керування. За результатами аналізу вимог до функціонування системи керування, датчиків та виконавчих пристроїв обрано пристрій керування VIPA – 215-1BA03 та його модулі. На підставі обраного апаратного забезпечення розроблено функціональну схему автоматизації системи керування та схему електричну принципову системи керування.

В результаті проведених досліджень розроблено план експерименту, за яким отримані експериментальні дані. Використовуючи експериментальні дані та аналіз структури і функціонування об'єкта керування проведена структурна ідентифікація, результатом якої є запропонована модель об'єкта керування у вигляді передавальної функції відповідної аперіодичній ланці другого порядку з

запізненням. За результатами параметричної ідентифікації це припущення підтверджено та отримані параметри моделі об'єкта керування.

На підставі параметричної та структурної ідентифікації розроблено імітаційну модель об'єкта керування в графічному середовищі Simulink математичного пакету MATLAB. Порівняння даних отриманих на моделі з перевірочними даними показало їх відповідність на 98.8%. Враховуючи аналіз об'єкта керування, його структури і функціонування та відповідність результатів моделювання, встановлено, що отримана модель є адекватною до об'єкта керування.

Подальшим напрямком розвитку роботи є використання отриманої моделі об'єкту керування для його дослідження з метою отримання нових закономірностей та розробки на їх підставі нових принципів та методів керування об'єктом які дозволять підвищити ефективність його функціонування.

Ключові слова: МАРТЕНІВСЬКА ПІЧ, ВИРОБНИЦТВО, ПРОМИСЛОВІСТЬ, МЕТАЛУРГІЯ, КОНТРОЛЕР, АВТОМАТИЗАЦІЯ, КЕРУВАННЯ, ГАЗ, ПОВОРОТНА ЗАСУВКА.

ЗМІСТ

Зміст	5
Вступ	7
1 Стан питання та постановка завдання	9
1.1 Галузь промисловості	9
1.2 Технологічний процес	10
1.3. Об'єкт керування	14
1.3.1 Загальна характеристика об'єкта керування	14
1.3.2 Структура об'єкту керування	18
1.3.3. Принцип функціонування об'єкту керування	21
1.4 Висновки по розділу	22
2 Розробка апаратного забезпечення системи управління	24
2.1 Розробка структурної схеми системи керування	24
2.2 Вибір апаратного забезпечення системи керування	25
2.2.1 Вибір датчиків	25
2.2.2 Вибір виконавчих пристроїв	32
2.2.3 Вибір пристроїв керування	35
2.2.4 Вибір пульта оператора	38
2.2.5 Вибір джерел живлення	39
2.3 Розробка функціональної схеми автоматизації	40
2.4 Розробка схеми електричної принципової	41
2.5 Висновки по розділу	41
3 Визначення моделі об'єкта керування	43
3.1 Розробка структурної схеми інформаційних потоків дослідницької системи.....	43
3.2 Розробка методики дослідження об'єкта керування	44
3.3 Виконання експерименту.....	45
3.4 Обробка результатів експерименту.....	48
3.4.1 Підготовка даних.....	48
3.4.2 Структурна ідентифікація.....	49

	6
3.4.3 Параметрична ідентифікація.....	52
3.4.4 Розробка об'єкта керування в Simulink.....	56
3.4.5 Перевірка моделі на адекватність.....	57
3.5 Висновки по розділу	58
4 Економіка	60
4.1 Розрахунок капітальних витрат	60
4.2 Розрахунок експлуатаційних витрат	62
4.2.1 Розрахунок амортизаційних відрахувань	62
4.2.2 Розрахунок річного фонду заробітної плати.....	63
4.2.3 Єдиний соціальний внесок	64
4.2.4 Визначення річних витрат на технічне обслуговування і ремонт	64
4.2.5 Розрахунок вартості спожитої електроенергії	64
4.2.6 Визначення інших витрат	64
4.3 Висновки по розділу	65
5 Охорона праці.....	66
5 Аналіз небезпечних та шкідливих виробничих чинників проектного технологічного процесу, об'єкту, системи або пристрою	66
5.2 Розробка заходів з охорони праці	67
5.2.1 Техніка безпеки.....	67
5.2.2 Профілактика перегріву організму робітників.....	69
5.2.3 Боротьба з пилом та отруйними газами.....	71
5.2.4 Забезпечення електричної безпеки.....	72
5.3 Пожежна профілактика.....	73
Висновки	75
Перелік посилань	77
Додаток А	80
Відгук	81
Рецензія	82

ВСТУП

Сучасне сталеплавильне виробництво – це складний комплекс технологічного, енергетичного та транспортного обладнання, кожне з яких потребує відповідної автоматизації. Для управління сталеплавильними цехами розробляють спеціальне АСУ, автоматизуючи тим самим управління всім господарством цеху та виконання виробничої програми. Частиною АСУ являється і система автоматизованого керування мартенівською піччю, котра складається з систем автоматизації теплового та технологічного режимів плавки. Втім, такий розподіл є досить умовним і повністю розділити вказанні системи неможливо.

Мартен – піч полум'яного типу із регенерацією тепла продуктів горіння. Її конструкція розроблена французьким металургом П'єром-Емілем Мартеном та названа на його честь. Суть мартенівського процесу полягає у видаленні домішок з чавуну для отримання сталі заданого складу. Він протікає на поду робочого простору печі за рахунок тепла, що отримується від факела, переробляючи чавун та металевий брухт, що закладаються в робочий простір печі. Переважна частина тепла надходить до мартенівської ванни з робочого простору печі в результаті тепловіддачі від факела та елементів кладки. Але, так як для виплавки сталі необхідно підтримувати температуру до 1700°C , в робочому просторі її отримують шляхом спалювання в струмені повітря газоподібного або рідкого палива. Це дозволяє компенсувати нестачу теплової енергії хімічних реакцій та фізичного тепла шихтових матеріалів. Надлишковий вміст кисню обумовлює в мартені окисну газову атмосферу, завдяки чому метал протягом плавки піддається прямому та непрямому впливу окисного середовища. Після утворення шлакового шару на поверхні розплаву тепло передається через нього металу.

Наприкінці 19 століття та першої половини 20 століття мартенівський процес був основним сталеплавильним процесом. Так наприклад, у 1940 році, на території України, з 8,3 млн. т. виробленої сталі, мартенівським способом було виплавлено 78,5%. А станом на 1970 рік, у мартенівських печах виготовлялося до 40% сталі по всьому світу.

Незважаючи на те, що частка мартенівських печей у світовому виробництві сталі з кожним роком неухильно знижується, поступаючись більш сучасним технологіям киснево-конвертерного та електросталеплавильного процесів, вони все одно використовуються в багатьох окремих країнах. Таке тривале використання мартенівського методу за наявності прогресивніших сталеплавильних агрегатів обумовлено можливістю:

- 1) широкого варіювання сировинних складових: застосування шихта чавуну чушкового та розплавленого з підвищеним вмістом шкідливих домішок, сталевого брухту, стружки, окалини та інших металевих відходів виробництва;
- 2) виплавки якісної вуглецевої та легованої сталі в одному агрегаті, без використання будь-яких додаткових установок вторинного доведення;
- 3) використання доступного газового та мазутного палива.

Однак, мартенівський цех за умовами праці відноситься до об'єктів підвищеної небезпеки, вимагає великої кількості енергоресурсів та застосування дорогих систем фільтрації і газоочищення для зниження екологічного навантаження.

В Україні планується остаточний перехід на виплавку сталі у кисневих конвертерах та електродугових печах, що дозволить нам зробити галузь безпечнішою та екологічно чистішою і при цьому не втратити досить високих позицій на світовому ринку. Проте, у нашій країні на окремих підприємствах поки що збережено виробництво сталі у мартенівських печах, а значить, вдосконалення забезпечення мартенівського виробництва матиме позитивний ефект за рахунок полегшення управління технологічним процесом, підвищення надійності роботи агрегатів та поліпшення техніки безпеки. Крім того, автоматизація мартенівського процесу забезпечує зниження витрат сировини, матеріалів, збільшення виходу та поліпшення якості продукції, підвищує культуру виробництва у цілому.

1 СТАН ПИТАННЯ ТА ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ

1.1 Галузь промисловості

Мартенівський спосіб одержання сталі належить до галузі чорної металургії, яка у свою чергу є однією з найважливіших напрямків важкої промисловості. Підприємства чорної металургії зазвичай виробляють чавун, сталь, різноманітні феросплави і металеві вироби промислового призначення.

До найбільших вітчизняних підприємств цієї галузі належать: «Криворіжсталь», «Дніпроспецсталь», «Запоріжсталь», Дніпропетровський металургійний комбінат та інші. Стратегічно, для України металургія залишається дуже важливою галуззю промисловості, яка надає більше 200 тисяч робочих місць, понад 10 мільярдів доларів експортної виручки і займає п'яту частину товарного експорту. Втім, галузь має досить низький рівень екологічності виробництва а також, страждає від слабкої інноваційності. Це ставить питання щодо рішучих змін та підвищення ефективності виробництва в металургійній промисловості. На рис. 1.1 ви можете побачити деякі показники діяльності металургійної промисловості в Україні за останні роки.[20]

Показники	2013	2014	2015	2016	2017	2018	I півріччя 2019
Частка металургії в загальному обсязі реалізованої промислової продукції, %	15,7	16,6	15,7	14,8	15,7	16,2	17,0
Індекси металургійної продукції, % до попереднього періоду	94,7	85,5	83,9	106,8	100,2	100,6	101,8
Частка металургії в загальному обсязі товарного експорту, %	28,1	28,3	24,8	22,9	23,4	24,6	22,8
Середньооблікова кількість штатних працівників, тис. осіб	313	272	244	218	207	190	195
Рентабельність операційної діяльності, %	-2,7	2,8	0,7	3,9	1,6	1,6	-5,0**
Частка металургії в загальному обсязі викидів шкідливих речовин в атмосферу стаціонарними джерелами забруднення, %	23,5	25,2	27,9	26,8	27,9	29,0	н/д
Темпи зростання прямих іноземних інвестицій у металургії, % до попереднього періоду	64,8	65,0	70,3	101,8	104,9	101,6	99,1
Частка металургійних підприємств, які займалися інноваційною діяльністю, в загальній кількості підприємств у металургії, %	16,7	17,3	17,5	21,7	18,9	н/д	н/д

Динаміка виробництва окремих видів металопродукції*, МЛН Т

Вид металургійної продукції	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Чавун	29,1	24,8	21,9	23,6	19,8	20,5
Сталь	32,8	27,2	23,0	24,2	21,4	21,1
Прокат готовий чорних металів	15,1	12,7	11,2	13,3	11,7	11,3
Труби і трубки, профілі порожнисті зі сталі	1,8	1,6	1,0	1,0	1,2	1,1

Відсоток приросту виробництва окремих видів металопродукції*, 2018/2013 рр., %



*Складено і розраховано за даними Державної служби статистики України (Дата звернення 8.09.2019).

Рисунок 1.1 – Металургія в Україні

1.2 Технологічний процес

На рис. 1.2 ви можете побачити конструкцію мартенівської печі.

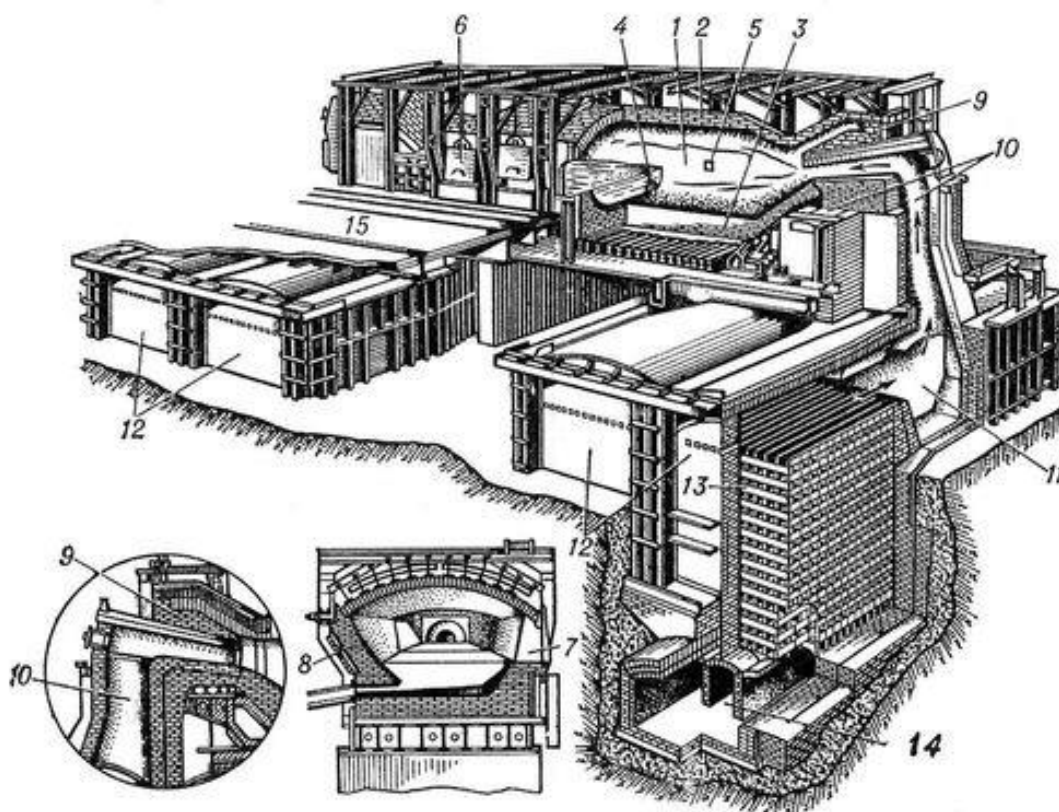


Рисунок 1.2 – Конструкція мартенівської печі

- | | |
|-----------------------------|----------------------------|
| 1- Робочий простір печі; | 9- Головка печі; |
| 2- Звід печі; | 10- Вертикальні канали; |
| 3- Подина печі; | 11- Шлаковики; |
| 4- Отвір для випуску сталі; | 12- Регенератори; |
| 5- Отвір для спуску шлаку; | 13- Насадка регенераторів; |
| 6- Завалочні вікна; | 14- Борова; |
| 7- Передня стінка; | 15- Робочий майданчик. |
| 8- Задня стінка; | |

Мартенівська піч – це складний агрегат, у якого плавильне відділення розташоване горизонтально, воно складено з вогнестійкої цегли і укладено у жорсткий сталевий каркас з посилених колон, балок і облицювальних плит. Всі основні процеси, а саме спалювання палива і плавка сталі, відбуваються у робочому просторі печі.

Подина печі конструюється з вогнестійких матеріалів, які запобігають проривам металу а також, піддаються впливу температур до 1600 °С і ударним навантаженням при завантаженні шихти.

Задня стінка робочого простору зазвичай нахилена на 45...55 градусів – це зроблено задля більшої стійкості. Вона має отвори для випуску сталі й шлаку. Також, вона оснащена посиленою теплоізоляцією яка має знижувати втрати тепла через її збільшену площу. Передня стінка зазвичай виповнена з магнезитової цегли та оснащена робочими вікнами через які загрузають шихту, заливають чавун та ведуть спостереження за ходом плавки.

Звід печі також виступає дуже важливим елементом її робочого простору. Він піддається впливу температури понад 1700 °С, термічним ударами та температурним коливанням факела, а також, хімічному впливу від пилу шихти і бризок шлаку. Зазвичай, в печах створюються аркові, розпорено-підвісні перекриття, які збираються з прямих та клинових цеглин, що підвішують до металоконструкцій мартена на сталеві штирі і пластини. При переході до голівок звід набуває невеликого нахилу та має вбудовані у ньому фурми, що подають кисень.

Займання палива відбувається у голівках печі, що розташовані по торцях робочого простору. У мартена дві головки: одна подає факел - полум'я, інша відводить продукти горіння. В цілому, вони виконують наступні функції:

- 1) Відведення продуктів горіння з робочого простору;
- 2) Змішування палива з підігрітим струменем повітря.

Шлаковики - це камери, що збирають частки пилу і шлаку захоплені продуктами горіння при виході з робочого простору. Вони розміщені над вертикальними каналами і для більш ефективного осідання часток мають, у порівнянні з ними, більш широкий поперечний переріз.

Регенератори – це перетворювачі, які являють собою камеру, заповнену спеціальною насадкою. Вони конденсують і передають теплову енергію відхідних продуктів горіння повітрю чи газу, що транспортується в робочий простір. Вкладаються в сталевий каркас з кожухом і конструюються з

вогнетривкої цегли(як і шлаковики). З'єднані з боровами, що відводять продукти горіння до димаря.

Регулювання руху газу та інтенсивність тяги забезпечують перекидні клапани і шибери, що керуються в автоматичному режимі.

Мартенівська плавка складається з наступних періодів:

1) Заправка поду печі доломітовим або магнетизованим порошком. Початком періоду заправки можна вважати початок випуску попередньої плавки. У період заправки не допускають остуджування печі, оскільки це призведе до подовження чергової плавки. Щоб уникнути затримок, зазвичай подають першу порцію шихти до початку випуску плавки. Заправка печі вище за рівень шлаку поєднується з періодом доведення, при цьому не допускається загушення шлаку заправними матеріалами. Ділянки, що знаходяться нижче рівня шлаку, заправляють у міру оголення стін під час випуску плавки.

Заправка печі під час чистого кипіння забороняється. Також, заправка забороняється при довготривалому сході металу по жолобу під час випуску.

2) Завантаження залізної руди, вапняку(сипучих матеріалів) і залізного лому. Першим шаром завалюють залізну руду, розміщуючи її по всій поверхні поду. Другим шаром сиплюють вапняк. Завантаження забороняється, якщо подина печі остудилася. Завалка залізного лому починається після закінчення прогріву сипучих матеріалів і проводиться послідовно і рівномірно в кожне вікно, при цьому важкий лом з кожного складу завалюється в останню чергу в середні вікна, ближче до задньої стінки. До закінчення завалки повинні бути встановлені з передньої сторони дві шлакові чаші та дві чаші під шлакові отвори задньої стінки.

3) Прогрів завантажених матеріалів до 600 – 800 °С при температурі поверхні в 1400 – 1450 °С. Тривалість прогрівання має бути не більше 1 години для 650 т. та 1 година 20 хв – для 900 т. печей. Прогрів слід вважати закінченим, якщо на поверхні лому немає темних плям а його кромки злегка оплавлені і шихта трохи осіла.

4) Завантаження рідкого чавуну. Заливання чавуну за відсутності шлакових чаш під печами забороняється. Жолоба для заливки чавуну встановлюють не пізніше ніж за 10 хв до початку заливки. Загальний час завантаження має бути для печей ємністю 900 т трохи більше 50 хвилин, для печей ємністю 650 т – трохи більше 45 хвилин. Необхідно враховувати, що скорочення часу заливки чавуну призводить до зменшення тривалості плавки, збільшення кількості первинного шлаку, що спускається, і поліпшення умов для видалення сірки по ходу плавки. Під час завантаження чавуну також контролюють завершення прогріву шихти(особистими спостереженнями).

5) Плавлення, під час котрого залізний лом розчиняється у металевому сплаві, формування шлаку та видалення з металу практично усього кремнію і марганцю та значимої частини фосфору та вуглецю. Для випалення домішок, в робочому просторі забезпечують температуру, приблизно більшу на 100°C точки плавлення і подають велику кількість повітря. Метал переходить у рідкий стан і на поверхню розплаву виділяється шлак який видаляють. У випадках спінювання шлаку, необхідно зменшити витрати газу та збільшити витрати мазуту до 30% від загального теплового навантаження. Злиття первинного шлаку має починатися не пізніше ніж через 15 хвилин після зливу чавуну. Тривалість видалення шлаку, рахуючи від кінця заливки чавуну, повинна бути не більше 40 хвилин з таким розрахунком, щоб до моменту спливання вапняку спуск первинного шлаку був закінчений. Крім того, під час плавлення, за рахунок власних спостережень регулюють: 1) Кількість та час додавання у піч вапняку, бокситу та інших шлакоутворюючих елементів; 2) Час та умови відбору проб металу та шлаку; 3) Тривалість та інтенсивність продувки ванни киснем(також регулюють по показанням приладів); 4) Кількість чавуну.

б) Доведення і розкислення, під час котрого метал доводиться до заданого хімічного складу і температури. Частиною доведення є період чистого кипіння, тобто кипіння ванни без присадок руди, окалини та без продувки киснем. Розкислення – це остання стадія плавки, яку зазвичай, проводять використовуючи феросиліцій, феромарганець, силікомарганець, алюміній, титан

або кальцій. Ці елементи вступають в реакцію з FeO і виводять кисень, який потрапляє в шлак.

7) Випуск. Випускний жолоб встановлюється на піч до заливання чавуну. Жолоб повинен бути ретельно очищений від гребінців та настилів вогнетривкої глини, сміття та добре просушений до моменту випуску плавки. Після встановлення жолобу слід перевірити справність і надійність роботи механізму регулювання швидкості зливання металу по рукавах жолобу. Перевірити справність затворів на бункерах для введення феросплавів у ківш. Ківш для прийняття металу повинен бути ретельно очищений усередині та зовні від настилів металу та шлаку, глини, сміття. Після очищення ківш продувається стисненим повітрям. Ківш повинен бути встановлений під плавку не пізніше ніж за 1 годину до початку випуску. Забороняється приступати до оброблення сталевипускного отвору за відсутності ківшу під жолобом та до встановлення та приймання у розливному прольоті складу з виливницями. Випускний отвір печі до моменту випуску плавки повинен бути оброблений до його перерізу і очищений від заправних матеріалів. Тривалість випуску металу з печі має бути не більше 30 хвилин для 650 т. печі та не більше 40 хвилин – для 900 т. печі.

Під час випуску металу треба слідкувати за рівномірним розподіленням металу між ківшами. Категорично забороняється вивід сирих матеріалів.

Після розливки сталі в виливниці, вона охолоджується і застигає.

1.3 Об'єкт керування

1.3.1 Загальна характеристика об'єкта керування

В якості об'єкта керування виступає контур управління стабілізації температури поду мартенівської печі. Для більшої наочності обираємо 500 – тонну мартенівську піч. На рис. 1.3 наведено більш схематичне зображення мартенівської печі а на рис. 1.4 основні габарити поду та висота sklepinня.[22]

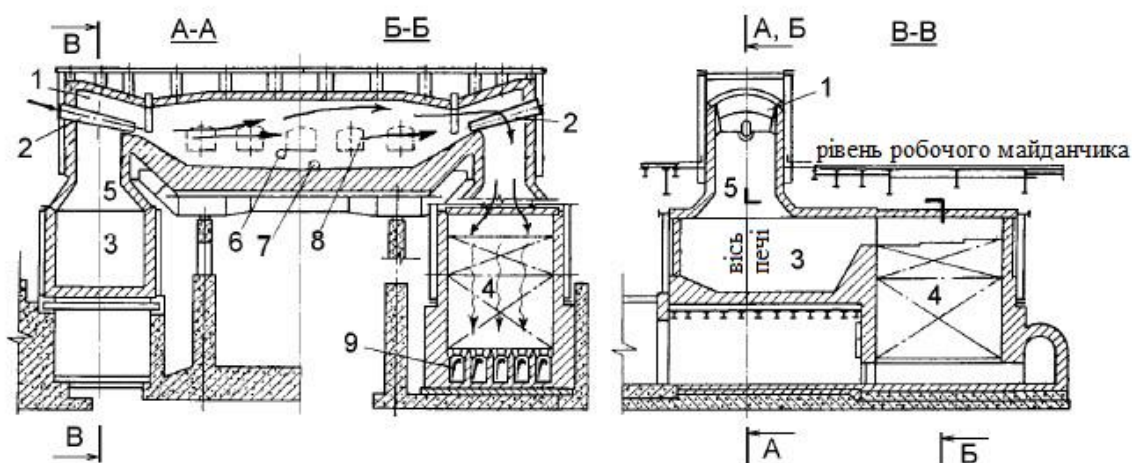


Рисунок 1.3 – Схематичне зображення мартенівської печі.

- | | |
|------------------------------|-----------------------------|
| 1- Головка печі; | 6- Отвір для спуску шлаку; |
| 2- Паливоспалюючий пристрій; | 7- Отвір для випуску сталі; |
| 3- Шлаковик; | 8- Завалочні вікна; |
| 4- Регенератор; | 9- Борова для диму. |
| 5- Вертикальний канал; | |

Параметри	Місткість, тонни
	500
Площа поду, м ²	94,5
Довжина ванни, м	16,1
Ширина ванни, м	5,8
Глибина ванни всередині печі, м	1,2
Висота склепіння, м	3,1

Рисунок 1.4 – Таблиця параметрів поду і зводу(склепіння) мартенівської печі.

Кладка подини 500-т печі виконується на шарі листового азбесту (до 20 мм), що укладається на металеві листи, і складається з ряду пористого шамоту

(130 мм), ряду шамотної цегли (70 мм) та кількох рядів магнезитової цегли (650 мм). - поверх магнезитової цегли слід наварка з магнезитового порошку (280 мм). Загальна товщина подини печі становить 1150 мм.

Одним із недоліків мартенівської печі є її мала енергоефективність. Саме тому, для підвищення температури факелу газоподібне паливо та повітря задалегідь підігрівають в регенераторах. При опаленні печей підігрітим газовим паливом широко використовуються голівки. Підігрітий газ надходить центральним вертикальним каналом, повітря — двома крайніми. Проходячи через газові і повітряні прольоти, що поступово звужуються, газ і повітря набувають великої швидкості, що забезпечує інтенсивне перемішування їх і належну організацію факела. Швидкість газу при виході з прольоту становить 3,4-8,5 м/с, повітря 1,1-3,4 м/с; кут нахилу газового прольоту 13° , повітряного 31° .

На рис. 1.5 зображено більш точну схему встановлення пальника.[16]

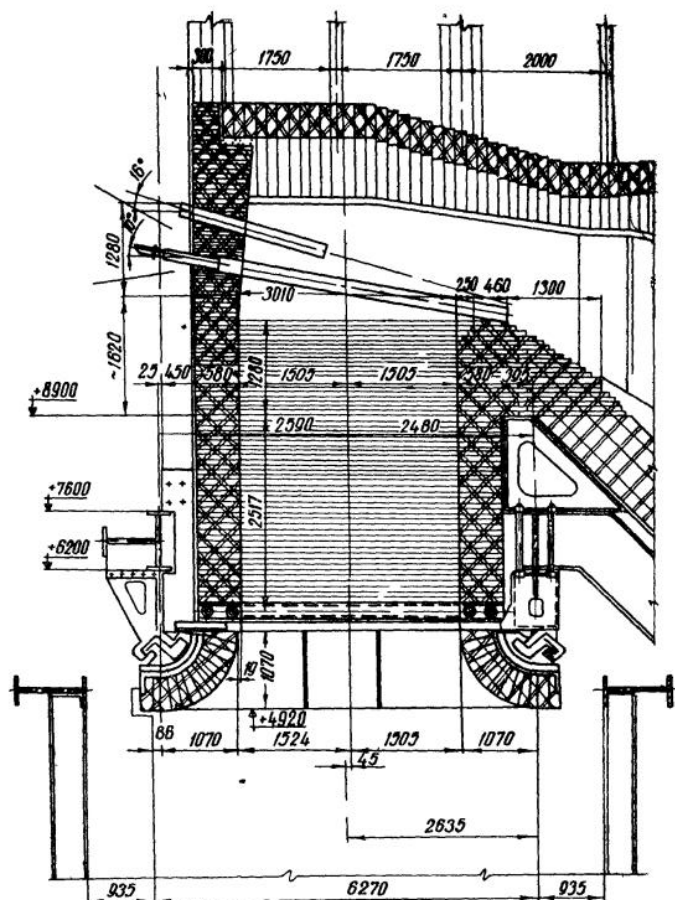


Рисунок 1.5 – Схема встановлення пальника

Холодний висококалорійний газ зазвичай використовують із добавками мазуту. Газ і мазут надходять через пальник та форсунку, що розташовані по поздовжній осі печі.

У регенераторах переважно застосовуються насадки двох типів з відкритими (Сіменса) і наскрізними (Каупера) каналами (рис. 1.6), найбільш поширені насадки з відкритими каналами. перетин осередку 157x157 мм. Верхня частина насадки (40—50% висоти) викладена з динасової, а нижня частина — із шамотної цегли. Допустима температура нагрівання такої насадки 1350-1375 °. У великих печей насадки викладені із фасонної цегли довжиною 230 мм, товщиною 75 мм; перетин осередку 157x157 мм.

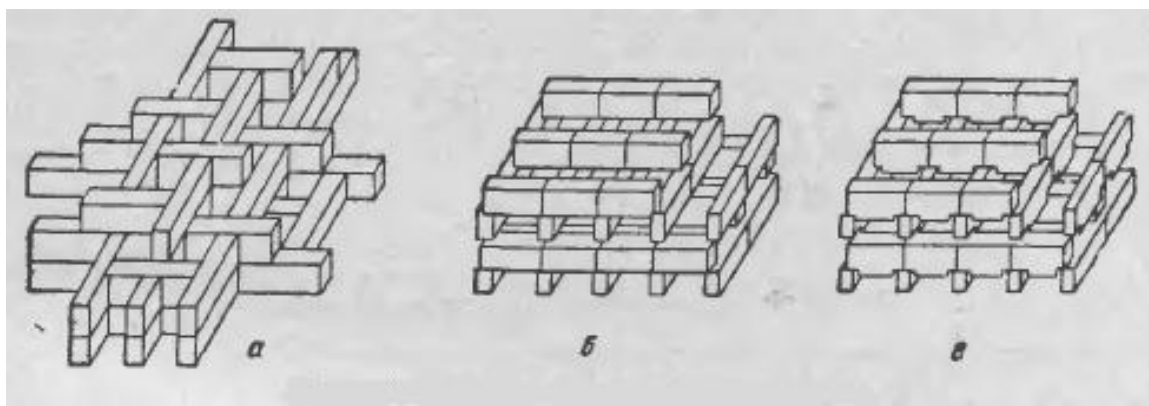


Рисунок 1.6 – Типи насадок регенераторів

- а) – із наскрізними каналами; б) – з відкритими каналами;
в) – з фасованої цегли.

Система автоматичного перекиду клапанів у мартенівській печі слугує для захисту насадки регенераторів від перегріву та забезпечення оптимального режиму роботи регенераторів. Задля уникнення зміни частоти перекиду клапанів при випадкових короткочасних коливаннях температури насадки, систему блокують з реле часу, котре не пропускає командний сигнал до збігу встановленого на реле мінімального часу.

1.3.2 Структура об'єкта керування

Загалом, до основних контурів управління технологічним процесом мартенівської печі належать:

- Контур контролю та управління витратою природного газу;
- Контур контролю та управління витратою низькокалорійним газом(доменним та коксовим);
- Контур контролю витрати вентиляторного повітря;
- Контур контролю та управління витратою кисню;
- Контур контролю витрати стисненого повітря на піч.

В цілому, контури контролю витрат працюють на методах змінного перепаду тиску. Датчики, що фіксують різності тиску підключаються до службових пристроїв в виді діафрагм, що встановлені на трубопроводах.

Якщо ж казати про контури управління, вони регулюються радіаційними пірометрами і дифманометрами, що підключені до електроприводів шиберів та засувок. Так наприклад, досить важливий для нашого дослідження контур управління витратою природного газу регулюється радіаційним пірометром, що зчитує інформацію зі склепіння робочого простору печі і передає сигнали на електропривід засувки, яка регулює подачу газу.

Зв'язок між різноманітними параметрами та регулюючими впливами представлений на табл. 1.1.

Таблиця 1.1

Параметр	Спосіб контролю параметру	Регулюючий вплив	Спосіб контролю регулюючого впливу
Теплове навантаження	По сумі кількості тепла, від кожного виду палива	Витрати різноманітного палива	Діафрагми в трубопроводах, дифманометри
Температура склепіння робочого простору	Радіаційні пірометри	Витрати палива	Діафрагми в трубопроводах, дифманометри

Продовження Таблиці 1.1

Параметр	Спосіб контролю параметру	Регулюючий вплив	Спосіб контролю регулюючого впливу
Температура верху насадок регенераторів	Радіаційні пірометри	1)Витрати палива; 2)Витрати вентиляторного повітря; 3)Частота перекиду клапанів.	Діафрагми в трубопроводах, дифманометри -
Тиск під склепінням робочого простору	Дифманометр	Положення шиберу в загальному боріві	Вказівник положення шиберу
Вміст кисню в продуктах горіння	1)Ручний аналіз; 2)Автоматичний газоаналізатор.	1) Витрати палива; 2) Витрати повітря; 3)Витрати кисню.	Діафрагми в трубопроводах, дифманометри
Вміст вуглецю в металі	1)Аналіз проб у експрес – лабораторії; 2)Автоматичний розрахунок по балансу вуглецю.	1)Витрати кисню для продувки ванни; 2)Витрати руди чи окалини.	Діафрагми в трубопроводах, дифманометри. Зважування на шихтовому дворі чи по числу мульд і середній масі матеріалу в мульді.
Вміст фосфору та сірки у металі	Аналіз проб у експрес – лабораторії	Витрати шлакоутворюючих (вапняк, окалина, руда)	По числу мульд і середній масі матеріалу в мульді.
Параметр	Спосіб контролю параметру	Регулюючий вплив	Спосіб контролю регулюючого впливу
Теплозасвоєння ванни	Розрахунок по миттєвому тепловому балансу	1)Витрати палива; 2)Витрати повітря; 3)Витрати кисню; 4)Тиск у робочому просторі.	Діафрагми в трубопроводах, дифманометри.

Продовження Таблиці 1.1

Параметр	Спосіб контролю параметру	Регулюючий вплив	Спосіб контролю регулюючого впливу
Температура металу	Термопари	1)Витрати палива; 2)Витрати кисню для продувки.	Діафрагми в трубопроводах, дифманометри.

Оскільки в мартенівських печах використовується різне паливо, його витрати призводять до умовно спільного палива, теплота згоряння якого приймається рівною 29400 кДж/кг (7000 ккал/кг). Витрата палива для 500 -т. печі приблизно складає 97,5 кг/т. На табл. 1.2 представлені більш точні данні щодо витрат різноманітного палива.

Таблиця 1.2

Середовище	Тиск кн/м ²	Витрати газів(м ³ /с) Витрати мазуту(кг/с) Витрати пару(кг/с)
Опалення змішаним газом		
Коксовий газ	4	2,9
Доменний газ	4	1,8
Мазут	500	0,17
Пар	1000	0,17
Опалення природним газом і мазутом		
Природний газ	1200	1,8
Мазут	600	0,5
Пар	1600	0,5
Стиснене повітря	1000	0,5
Опалення мазутом		
Мазут	600	1,45
Пар	1600	1,45
Стиснене повітря	1000	1,45
Для усіх видів палива		
Вентиляторне повітря	2	20
Кисень у факел	1000 – 1600	0,9
Кисень для продувки ванни	1000 – 1600	0,9

1.3.3 Принцип функціонування об'єкта керування

Піч опалюється за допомогою пальника – при роботі на висококалорійному газі або за допомогою форсунки – при роботі на мазуті. При роботі на низькокалорійному газі, окрім палива, особливо необхідне повітря, що нагнітається вентилятором і надходить з регенератора в головку печі і далі в робочий простір печі. При згорянні палива утворюється факел із температурою 1800-1900 °С. Факел паливоспалюючого пристрою організують так, щоб він стелився по поверхні шихти. Продукти горіння проходять над шихтою, нагрівають її і видаляються через протилежну головку, потрапляючи через шлаковики в регенератори з температурою 1500-1550 °С. Тепло відпрацьованих газів акумулюється насадкою з вогнетривкої цегли, яка заповнює камеру регенератора, а потім віддається повітрі, що подається в піч для спалювання палива. Ступінь використання тепла газів, що відходять (коефіцієнт регенерації) залежить від розміру осередків регенеративної насадки: чим менший цей розмір, тим вище коефіцієнт регенерації. У шлаковиках осідає основна кількість плавильного пилу. Після регенератора дим із температурою 500-700 °С йде до димової труби за системою боровів. Поки через регенератор проходить дим, він (регенератор) поступово нагрівається. Через 5-10 хвилин слідує, так зване перекидання клапанів. Система клапанів перенаправляє потоки газу, повітря та диму в протилежний бік. У нагріті регенератори надходять холодне повітря і холодний газ, нагріваються в ньому і через головку печі надходять до горіння. Тим часом, продукти горіння йдуть через протилежні регенератори, нагріваючи його. Потім цикл повторюється.

Мартенівська піч належить до безперервних об'єктів керування.

На рис. 1.6 зображено спрощену схему роботи мартенівської печі.

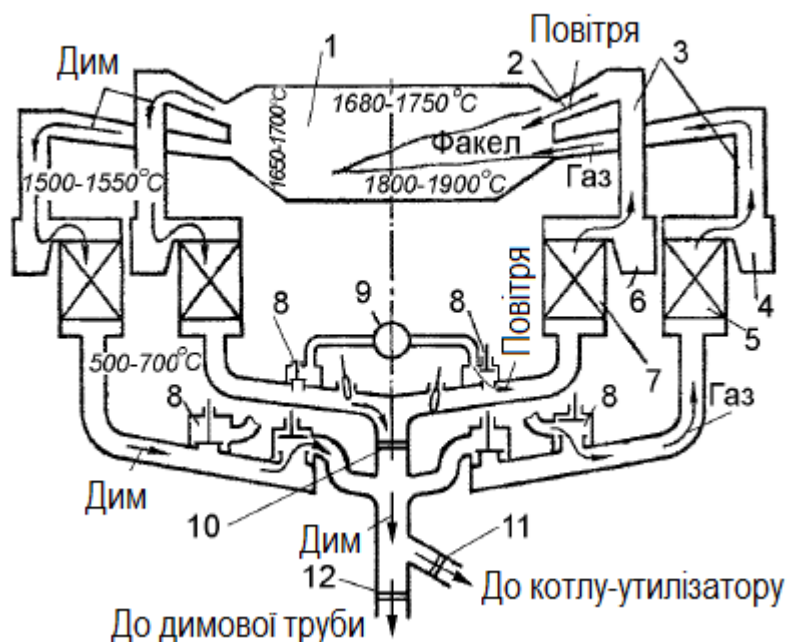


Рисунок 1.6 – Схема роботи мартенівської печі.

- | | |
|--------------------------|---|
| 1- Робочий простір печі; | 7- Повітряний регенератор; |
| 2- Головка; | 8- Перекидні клапани; |
| 3- Вертикальні канали; | 9- Вентилятор; |
| 4- Шлаковик; | 10- Регульовальна засувка(шибер); |
| 5- Газовий регенератор; | 11- Засувки на борові до котла-утилізатора; |
| 6- Шлаковик; | 12- Засувки на борові димової труби; |

1.4 Висновки по розділу

За результатами аналізу об'єкта керування як об'єкта автоматизації та об'єкта дослідження встановлено:

- об'єктом дослідження є процес стабілізації температури поду мартенівської печі по контуру регулювання витрати природного газу;
- предметом дослідження є автоматизація процесу керування нагрівом поду мартенівської печі;
- метою дослідження є отримання моделі процесу нагріву поду по контуру природного газу;
- об'єктом керування є система стабілізації температури;

- вхідними параметрами об'єкта керування є відсоток відкриття засувки з колектору природного газу;
- вихідними параметрами об'єкта керування є інформація з пірометричних датчиків температури та датчиків витрати газу;
- об'єкт керування відноситься до класу неперервних об'єктів керування;
- так як сучасні прилади автоматизації дозволяють не тільки виконувати керування процесом під час виробництва, а й автоматизувати процес дослідження об'єкту керування то перед початком дослідження необхідно розробити структурну, функціональну і електричну принципову схему з'єднань;
- на підставі структурної схеми системи керування з урахуванням вимог технологічного процесу потрібно обрати датчики та виконавчі пристрої системи керування відаючи перевагу елементам з стандартними входами, виходами та напругою живлення;
- необхідно проаналізувати вимоги до функціонування системи керування, датчиків і виконавчих пристроїв та обрати в якості пристрою керування промисловий контролер;
- на підставі обраного апаратного забезпечення необхідно розробити функціональну схему автоматизації системи керування та схему електричну принципову системи керування;
- відповідно до апаратного забезпечення потрібно розробити структурну схему інформаційних потоків дослідницької системи;
- згідно до вимог технологічного процесу та структури дослідницької системи необхідно розробити методику дослідження об'єкта керування;
- для визначення статичних та динамічних характеристик моделей елементів об'єкта керування та оцінки їх адекватності будуть застосовані методи статистичної обробки даних та методи теорії автоматичного керування;
- остаточна модель об'єкта керування повинна бути отримана у вигляді передавальної функції;
- для визначення імітаційної моделі об'єкта керування будуть враховані вимоги технологічного процесу та отримані закономірності.

2 РОЗРОБКА АПАРАТНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ

2.1 Розробка структурної схеми системи керування

Об'єктом керування є система стабілізації температури в мартенівській печі. Отже, вхідним сигналом для системи керування буде температура в робочому просторі печі, що вимірюється за допомогою датчика температури та пірометра (загальний діапазон виміру від 0 до 2500°C), а вихідним є сигнал до приводу засувки, що регулює подачу газу у робочий простір печі. Також, вхідним сигналом до пристрою керування, буде параметр положення засувки, що регулюється відповідними датчиками.

На рис. 2.1 зображено структурну схему підсистеми управління.

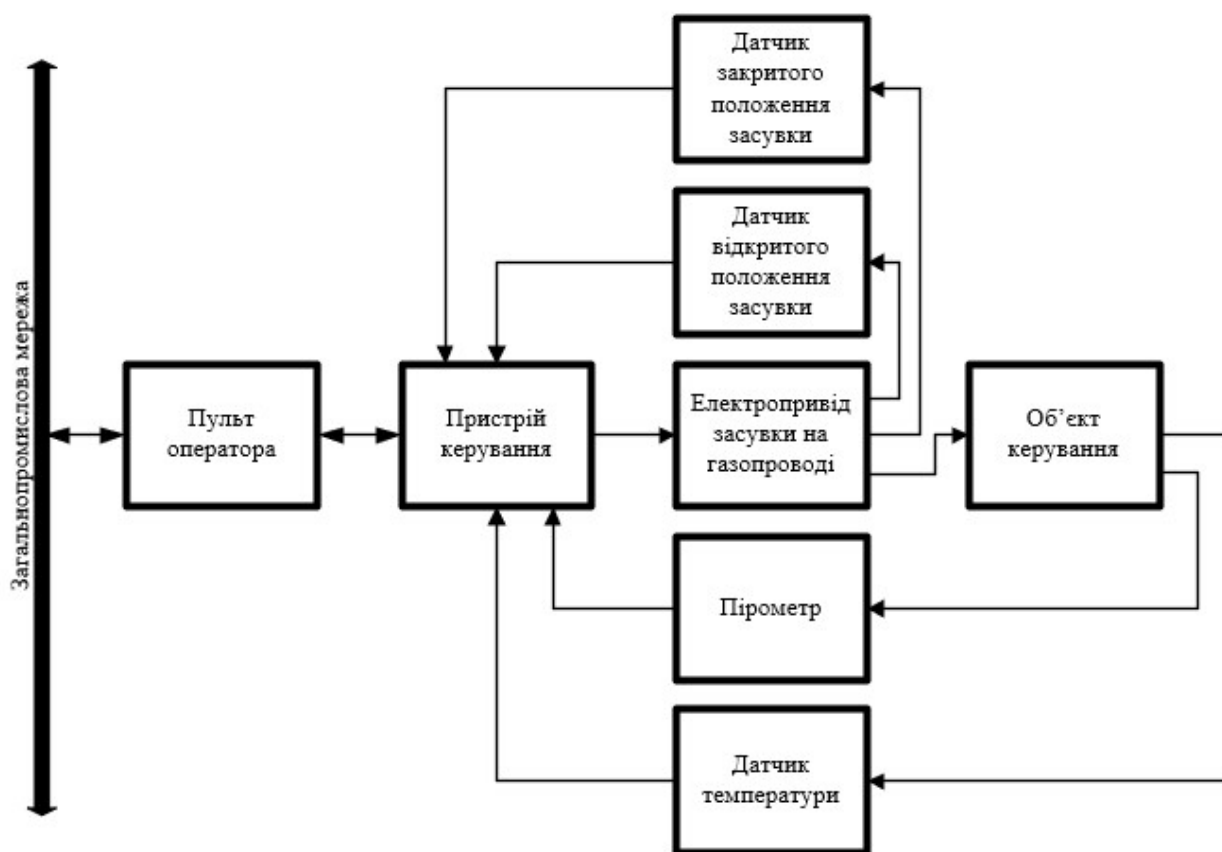


Рисунок 2.1 – Структурна схема підсистеми управління

2.2 Вибір апаратного забезпечення системи керування

2.2.1 Вибір датчиків

Основним завданням підсистеми керування є регулювання температури поду в робочому просторі печі, задля нормального протікання плавки металу. Температура в печі досягає до 1700°C і потребує відповідних вимірювальних пристроїв.

Відповідно до цих умов, було обрано два датчики температури:

1) Пірометр ISR 6 Advanced(MB 25) – це цифровий, компактний та швидкий двоколірний пірометр для безконтактного виміру температури. Він виконує його методом відношень, при якому для визначення температури використовуються довжини двох суміжних хвиль. Крім того, пірометр можна переключити на звичайний одноколірний режим. Діапазони аналогового виходу 0 – 20 мА або 4 – 20 мА.

Час відгуку складає лише 2 мс і значно полегшує вимір швидкопротікаючих процесів. Обладнаний вбудованою системою попередження про «забруднене вікно». Пристрій може бути підключено до USB порту персонального комп'ютера через інтерфейс RS485.

Пірометр зображено на рис. 2.2 а його більш точні параметри у табл. 2.1.



Рисунок 2.2 - Пірометр ISR 6 Advanced

Назва параметру	Значення
Діапазон температур	800 - 2500°C
Температура навколишнього середовища	0 - 65°C на корпусі
Корпус	Нержавіюча сталь
Робоче положення	Будь яке
Аналоговий вихід	Перемикання між діапазонами 0 – 20 мА або 4 – 20 мА, лінійний(через цифровий інтерфейс)
Цифровий інтерфейс	RS485
Час відгуку	2 мс
Напруга живлення	24 В пост. струму $\pm 25\%$
Споживання енергії	Макс. 3 Вт
Оптика	Ручне фокусування з задньої кришки, вимірювальна відстань $a = 210 - 5000\text{мм}$
Пропорція відстані	Приблизно 360:1
Вага	0.6 кг

Більш точні розміри пірметру, та точки його підключення зображені на рис. 2.3 та 2.4.

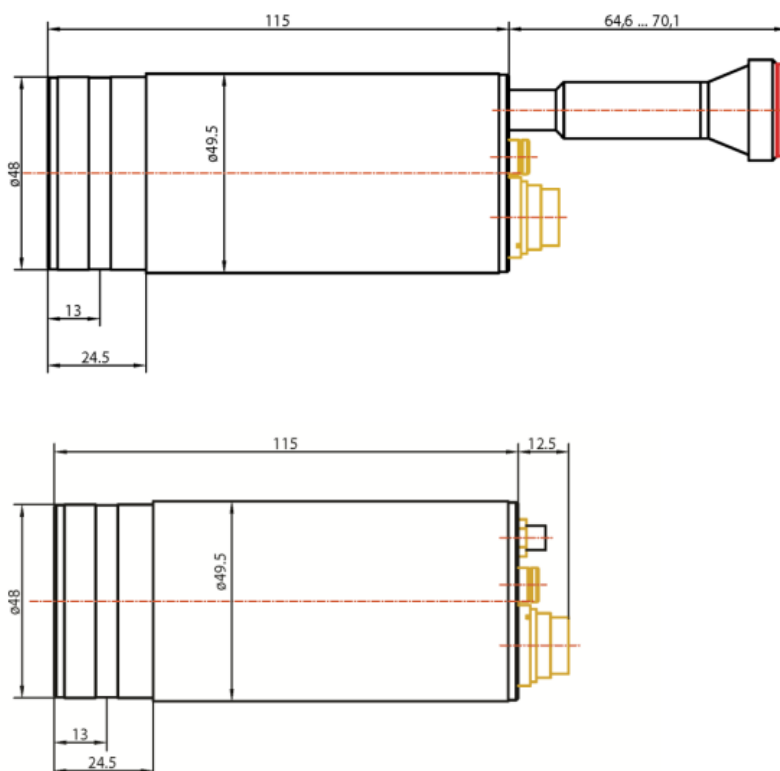


Рисунок 2.3 – Схема пірметру(в міліметрах). З об'єктивом(зверху) та з лазером(знизу)



Рисунок 2.4 – Точки підключення пірометра

Призначення кожної точки наведено в табл. 2.2.

Таблиця 2.2

Точка	Колір	Призначення
K	Білий	Блок живлення, +24 В постійного струму
A	Коричневий	Блок живлення, 0 В постійного струму
L	Зелений	+I _{out} , аналоговий вихід
B	Жовтий	-I _{out} , аналоговий вихід
H	Сірий	Увімкнення\ вимкнення Підсвічування через зовнішній комутатор(з'єднано з K)
J	Рожевий	Зовнішнє очищення макс. значення зберігання (з'єднано K), функція утримання, або вихід для моніторингу «брудного вікна»
G	Червоний	DGND (GND для інтерфейсу)
F	Чорний	B1(RS485) або RxD(RS232)
C	Фіолетовий	A1(RS485) або RxD(RS232)
D	Сіро-рожевий	B2(RS485)(з'єднано з F)

Точка	Колір	Призначення
Е	Синій	A2(RS485)(з'єднано з С)
М	Оранжевий	Екран тільки для подовжувача кабелю, не підключатися до щита

Для функцій пірометра, таких як увімкнення/вимкнення підсвічування та очищення макс. значення зберігання використовуються дві замикаючі кнопки без фіксації – «DS-316 SPST». Зовнішній вигляд кнопки зображено на рис. 2.5 а основні характеристики у табл. 2.3.



Рисунок 2.5 – Кнопка «LPCB6144»

Таблиця 2.3

Характеристика	Значення
Робоча напруга, В	125
Номінальний струм, А	0.5
Алгоритм роботи	OFF-(ON)
Матеріал	Метал

Продовження Таблиці 2.3

Характеристика	Значення
Матеріал контакту	Метал
Розміри посадкові, мм	10
Тип контактної групи	2pin

2) Так як, діапазон вимірюваних температур пірометра знаходиться в межах 800 - 2500°C, нам потрібен другий датчик, що буде вимірювати температуру нижче 800°C. Для цих цілей було вирішено обрати термопару платинородій-платина(ТПП). Платинородій-платинові термопари призначені для вимірювання температури повітря та газів у різних галузях промисловості та науки. Використовуються як у нейтральних, так і в окисних газових середовищах, за умови, що вони не містять речовини, що вступають у взаємодію з матеріалами термопари. Термопара зображена на рис. 2.6.

Деякі технічні характеристики термопари приведені у табл. 2.4.

Таблиця 2.4

Тип	Позначення	Назва	Діапазон Температур (°C)	Короткий опис
ПП	S(Pt10Rh-Pt)	платинородій-платина	0 - 1600	Міжнародний стандарт. Висока термостабільність та стійкість у окислювальних середовищах.
Клас допуску	Показник теплової інерції	Кількість робочих спаїв	Матеріал занурюваної частини	Діаметр монтажної та занурюваної частини(мм)
2	15с.	1	Кераміка	8

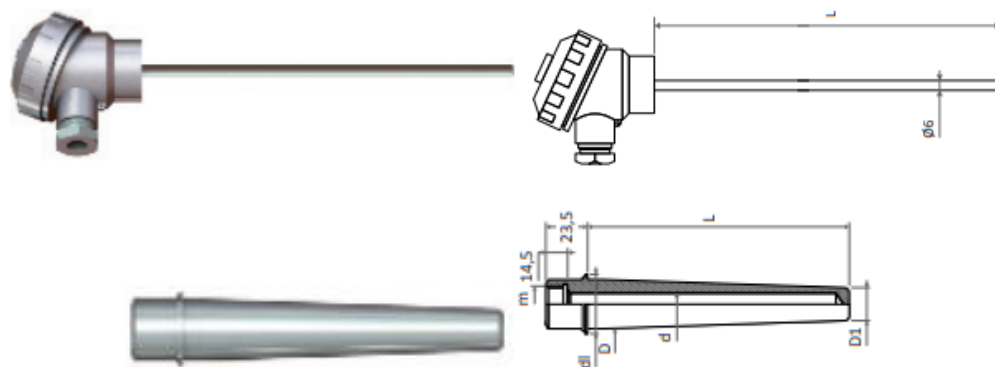


Рисунок 2.6 - платинородій-платинова термопара та гільзи до неї

Окрім самої термопари, потрібен також перетворювач температури, що буде обертати значення вимірної температури в уніфікований сигнал постійного струму. Обираємо універсальний нормуючий перетворювач «ОВЕН НПТ1».

Зовнішній вигляд перетворювача і його характеристики наведено на рис.2.7 та у табл. 2.5 відповідно. Схема підключення наведена на рис. 2.8.



Рисунок 2.7 - ОВЕН НПТ1

Таблиця 2.5

Характеристика	Значення
Номінальне значення напруги живлення(постійний струм)	24 В
Діапазон допустимої напруги живлення(постійний струм)	12 – 36 В
Споживаний струм для робочого режиму, не більше:	35 мА
Споживаний струм для режиму конфігурації, не більше:	50 мА
Номінальний діапазон вихідного струму перетворювача	0 – 20 мА ,4 – 20 мА

Характеристика	Значення
Нелінійність перетворення, не гірше:	0.1%
Розрядність аналогово-цифрового перетворювача при роботі з термопарами, не менше:	14 біт
Розрядність ЦАП, не менше:	11 біт
Опір кожного з'єднувального дроту з давачами не більше:	100 Ом
Максимальний допустимий опір навантаження (при напрузі у 36 В)	1200 Ом
Пульсації вихідного сигналу	0.6%
Попередній прогрів не більше:	15 хв.
Час роботи	Цілодобово
Габарити	98x82x22 мм
Маса	500 г

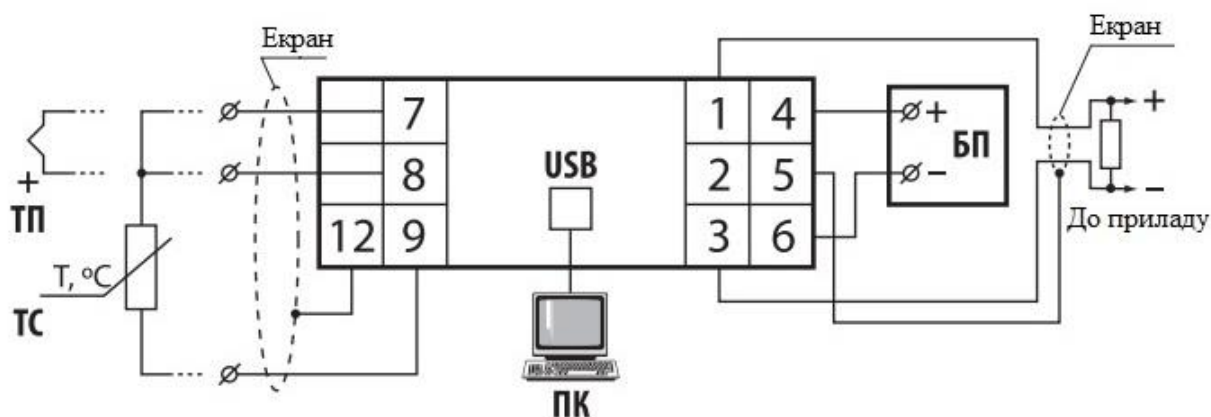


Рисунок 2.8 – Схема підключення перетворювача

Таблиця 2.6

№	1	2
Назва параметру	Температура	Температура
Назва датчика	ISR 6 Advanced	платиновий-платинова термопара
Принцип дії	Метод відношень	Термоелектричний ефект
Тип	МВ 25	ТІП
Діапазон змінення	800 - 2500°C	0 - 1600°C
Точність	Похибка в 0.3%	Похибка ≈ 1%

№	1	2
Значення виходу	4 – 20 мА	4 – 20 мА (Через перетворювач температур)
Період оновлення	2мс	1с (У перетворювача температури)
Напруга живлення	24В пост.струму±25%	24 В
Потужність споживання	3 Вт	≈ 0.84 Вт (У перетворювача температури)

2.2.2 Вибір виконавчих пристроїв

В якості виконавчого пристрою буде використана дискова поворотна засувка «SYLAX(VFY)» з електроприводом від компанії «Danfoss». Зображення габаритів засувки та більш детальна інформація по ній, знаходяться на рис. 2.9 та у табл. 2.7 відповідно. Звичайне зображення самої засувки надано на рис. 2.10.

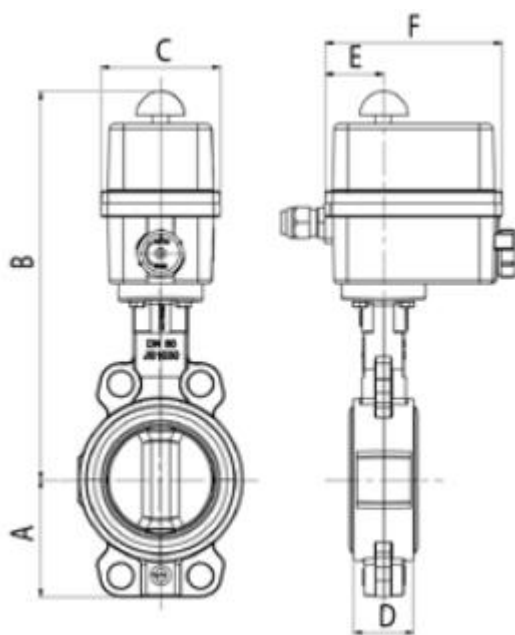


Рисунок 2.9 – Схематичне зображення засувки та її габарити

Діаметр диску – 80 мм;

C – 92 мм;

F – 136 мм.

A – 89 мм;

D – 46 мм;

B – 298 мм;

E – 45 мм;



Рисунок 2.10 – Звичайне зображення засувки

Таблиця 2.7

Параметр	Значення
Тип приводу	ER35
Макс. момент, Н×м	35
Потужність, Вт	45
Час повороту, с	19
Маса, кг	4.9
Тип корпусу	Сірий чавун GG25
Тип диску	Нержавіюча сталь AISI316
Температура навколишнього середовища	Від -10 до +55°C
Тиск, бар	10 - 16

Схема підключення приводу надана на рис. 2.11, позиції надані у табл. 2.8.

Таблиця 2.8

Позиція	Опис
FC0	Кінцевий вимикач відкриття
FCF	Кінцевий вимикач закриття
FC1	Допоміжний кінцевий вимикач 1(сигнал зворот. зв'язку)
FC2	Допоміжний кінцевий вимикач 2(сигнал зворот. зв'язку)
М	Мотор постійного струму

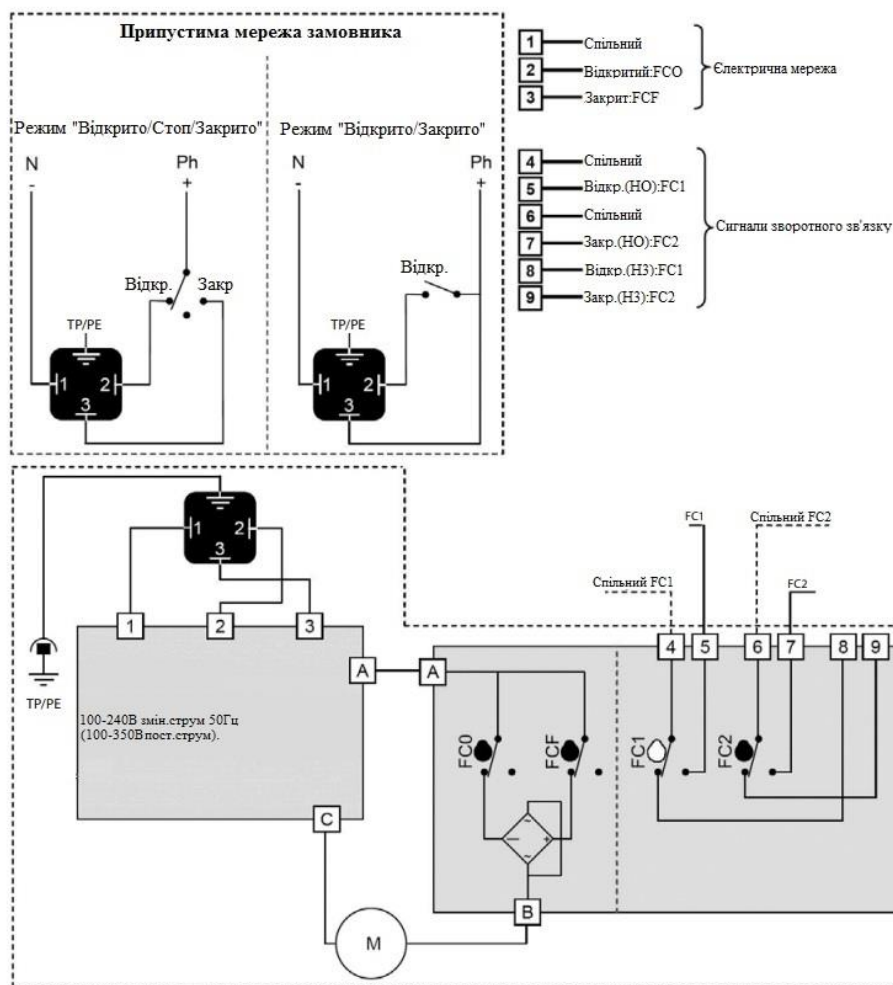


Рисунок 2.11 – Схема підключення приводу засувки

Як ми бачимо, привід засувки окрім мотору має також два датчики, що регулюють закрите та відкрите положення засувки і сигналізують про це на пристрій керування.

Таблиця 2.9

№	1
Назва параметру	Управління
Назва виконавчого пристрою	SYLAX(VFY)
Принцип дії	Через електропривід
Тип	ER35
Діапазон змінення	0 ... 100%
Лінійність	Лінійний
Повний хід	19с
Період оновлення	0.2с
Напруга живлення	100 – 240 В
Потужність споживання	45 Вт

2.2.3 Вибір пристроїв керування

В якості центрального процесору пристрою керування буде використовуватись модуль VIPA – 215-1BA03.

Основні характеристики центрального процесору наведені у табл. 2.10, його зовнішній вигляд та схема підключення на рис. 2.12.

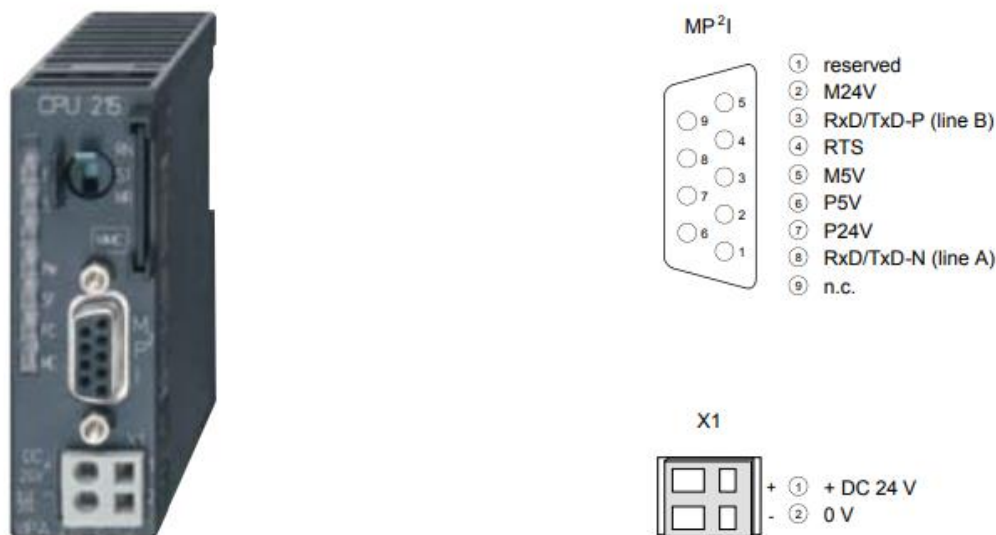


Рисунок 2.12 - Зовнішній вигляд та схема підключення 215-1BA03

Таблиця 2.10

Параметр	Значення
Тип	CPU 215
Пам'ять, Кбайт	192
Робоча пам'ять, Кбайт	128
Максимальна кількість модулів	32
Час виконання команди над бітом, мкс	0.18
Час виконання команди над словом, мкс	0.78
Напруга живлення, В	24
Споживана потужність, Вт	3.5

Крім того, нам знадобляться модулі дискретного вводу – виводу та модуль аналогового вводу. В якості аналогового вводу виступає модуль VIPA – 231-1BD40. Основні характеристики модуля аналогового вводу наведені у табл. 2.11, його зовнішній вигляд та схема підключення на рис. 2.13.



Рисунок 2.13 – Зовнішній вигляд та схема підключення модуля 231-1BD40

Таблиця 2.11

Параметр	Значення
Тип	SM 231 ESO
Кількість входів	4
Діапазон вхідного сигналу, мА	4...20
Довжина екранованого провідника, м	200
Номінальна напруга навантаження, В	24
Споживана потужність, Вт	0.6 Вт

Модуль VIPA – 221-1BF00 виступає в якості дискретного вводу. Основні характеристики дискретного вводу наведені у табл. 2.12 а його зовнішній вигляд зі схемою підключення на рис. 2.14.

Таблиця 2.12

Параметр	Значення
Тип	SM 221
Кількість входів	8
Довжина екранованого провідника, м	1000
Довжина неекранованого провідника, м	600
Вхідний струм для сигналу «1», мА	7
Вхідне навантаження для сигналу «1», В	15...28.8
Вхідне навантаження для сигналу «0», В	0...5
Споживана потужність, Вт	2

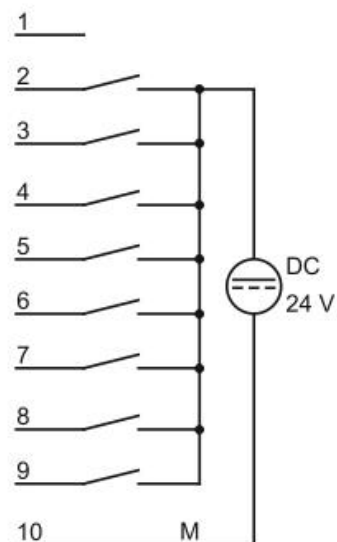


Рисунок 2.14 – Зовнішній вигляд та схема підключення модуля 221-1BF00

Для дискретного виводу обраний модуль VIPA – 222-1DB00. Характеристики модуля аналогового виводу наведені у табл. 2.13 а його зовнішній вигляд та схема підключення на рис. 2.15.

Таблиця 2.13

Параметр	Значення
Тип	SM 222
Кількість виводів	2
Споживаний струм від задньої шини, мА	190
Вихідний струм при «1», номінальне значення, А	2
Затримка виходу від «0» до «1»	1 АС цикл
Затримка виходу від «1» до «0»	1 АС цикл
Номінальна напруга навантаження, В	АС 100...240
Споживана потужність, Вт	6

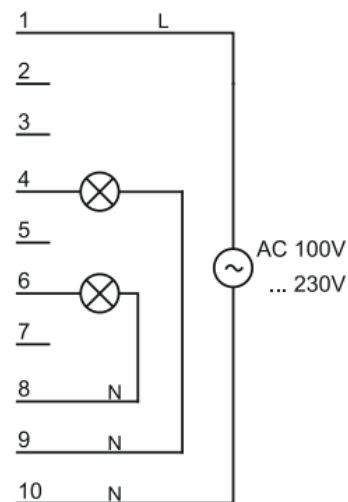


Рисунок 2.15 - Габарити та схема підключення модуля 222-1DB00

Таблиця 2.14

№	1	2	3	4
Назва модулю	215-1BA03	231-1BD40	221-1BF00	222-1DB00
Пристрій	Центральний процесорний модуль	Модуль аналогового вводу	Модуль дискретного вводу	Модуль дискретного виводу
Напруга живлення	24 В	24 В	15...28.8 В	100...240 В
Потужність споживання	3.5 Вт	0.6 Вт	2 Вт	6 Вт

2.2.4 Вибір пульта оператора

Роль пульта оператора виконує будь – який персональний комп'ютер з встановленим на нього програмним забезпеченням SCADA системи «ZENON», що працює на операційних системах:

- 1)Windows 7,8,10;
- 2)Embedded Standard 7,8;
- 3)Server 2008 R2;
- 4) Server 2012;
- 5)Server 2012 R2;
- 6)Server 2016 + усі 64 Bit версії.

2.2.5 Вибір джерел живлення

Перш за все, розрахуємо загальну потужність, що споживається модулями пристрою керування:

$$P = 3.5 + 0.6 + 2 + 6 = 12.1 \text{ Вт. (2.1)}$$

Виходячи з розрахованої потужності обираємо блок живлення «307-1BA00». Зовнішній вигляд та схема підключення даного блоку зображені на рис. 2.16 а характеристики наведені у табл. 2.15.[25]

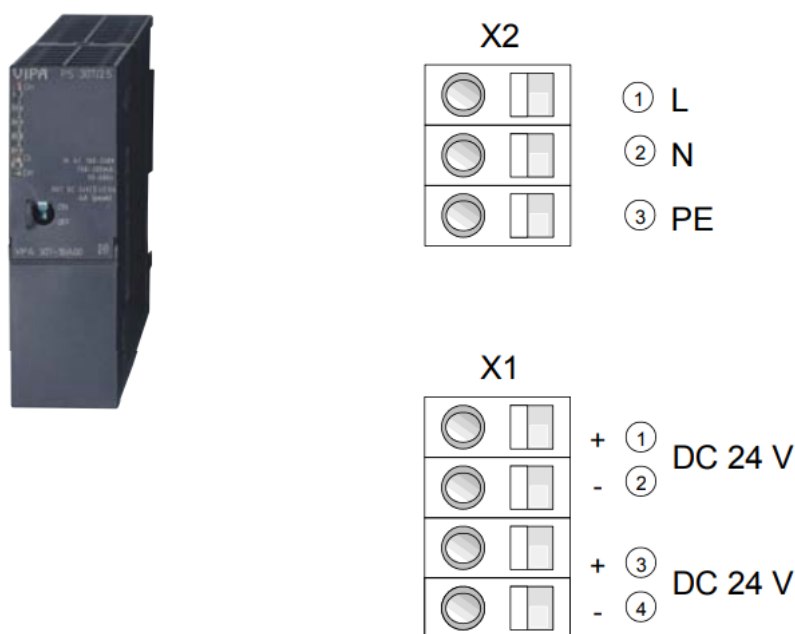


Рисунок 2.16 - Зовнішній вигляд та схема підключення 307-1BA00

Таблиця 2.15

Параметр	Значення
Тип	PS 307
Напруга живлення, В	100...240
Вихідна напруга, В	24
Потужність, Вт	67
Вихідний струм, А	2.5

Розрахуємо загальну потужність датчиків та засувки:

$$P = 0.336 + 0.84 + 3 = 4.176 \text{ Вт. (2.2)}$$

Виходячи з розрахованої потужності обираємо другий, такий самий блок живлення. І того, в якості джерела живлення виступають два блоки «307-1BA00».

2.3 Розробка функціональної схеми автоматизації

За вимогами до системи регулювання контуру витрати природного газу, для автоматизації керування нагріву поду мартенівської печі та по обраному апаратному забезпеченню, була розроблена функціональна схема автоматизації, що зображена на рис. 2.17.

Для визначення температури в робочому просторі печі використовуються пірометр та термопара, що позначені на схемі як «ТЕ 1-1» і «ТЕ 2-1» відповідно. Пірометр встановлено в охолоджувальній арматурі і спрямовано на склепіння, через амбразури в передній стіні печі. Термопара знаходиться в отворі передньої стінки печі і фіксує температуру до того діапазону, як її почне вимірювати пірометр. Значення температури на термопарі надходить до перетворювача («ТТ 2-2»). Сигнали з перетворювача та пірометра надходять до контролера («УУ 5»), який у свою чергу взаємодіє з комп'ютером («УУ 6») та поворотною засувкою. Кінцеві положення засувки регулюються вимикачами – «SQ 3-1» і «SQ 3-2» а електропривід («М») регулюється через «SC 4-1» та «SC 4-2».

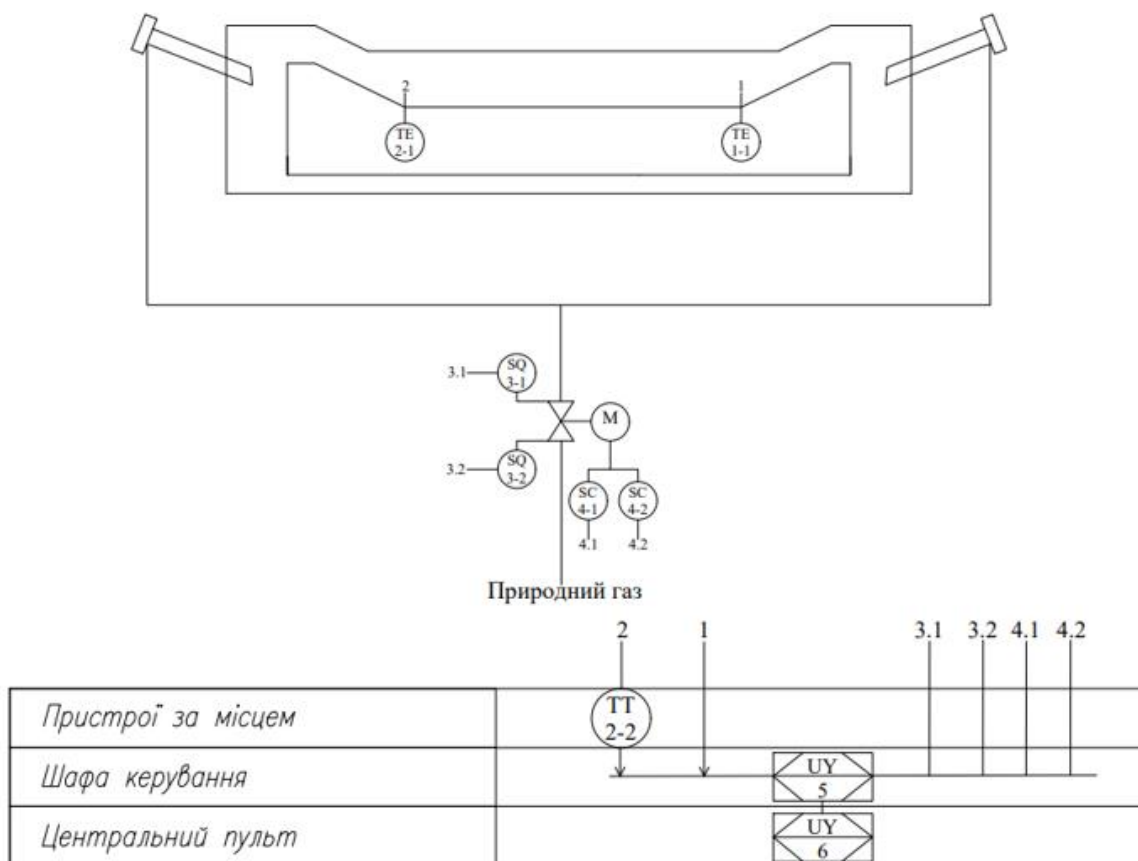


Рисунок 2.17 – Функціональна схема.

2.4 Розробка схеми електричної принципової

На основі обраного апаратного забезпечення та розробленої функціональної схеми, було виконано схему електричну принципову, що зображена на рис. 2.18.

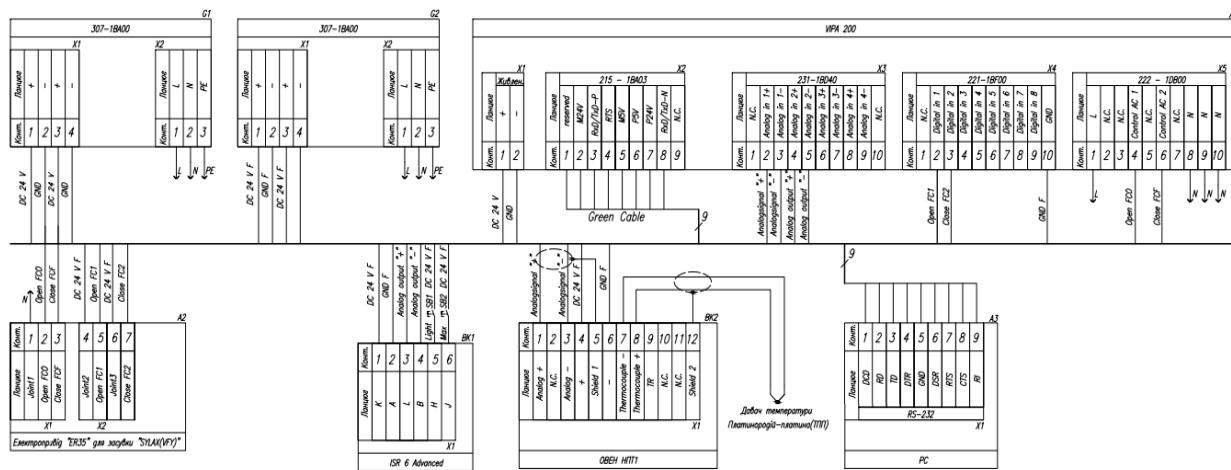


Рисунок 2.18 – Схема електрична принципова

2.5 Висновки по розділу

1. На підставі технологічного процесу, структури об'єкта керування, функціонування об'єкта керування та вимог до системи керування розроблено структурну схему системи керування.

2. Враховуючи вимоги до технологічного процесу, діапазони зміни вимірювальних параметрів та керованих параметрів обрані датчики та виконавчі пристрої які мають стандартні діапазони вхідних та вихідних сигналів (4÷20 мА) та стандартне живлення 24 В, ~220 В.

3. На підставі вимог до технологічного процесу та функціонування системи керування в якості пристрою керування обрано програмований логічний контролер VPA – 215-1B403. Враховуючи датчики, виконавчі пристрої та тип контролера обрано його модулі які забезпечують підключення усіх елементів.

4. Згідно з вимогами до розміщення автоматизованого робочого місця оператора та людино-машинного інтерфейсу в якості пульта оператора обрано персональний комп'ютер з операційною системою Microsoft Windows та SCADA системою zenon Supervisor.

5. Згідно з обраними датчиками, виконавчими пристроями, пристроєм керування та пультом оператора розраховані споживані потужності та обрані блоки живлення.

6. На підставі структурної схеми системи керування та обраного апаратного забезпечення розроблена функціональна схема автоматизації системи керування з урахуванням якої розроблена схема електрична принципова системи керування.

7. Результати розробки апаратного забезпечення системи керування будуть використанні при створенні дослідницької системи для збору даних про функціонування об'єкта керування, за якими буде проведено визначення моделі об'єкта керування.

3 ВИЗНАЧЕННЯ МОДЕЛІ ОБ'ЄКТА КЕРУВАННЯ

3.1 Розробка структурної схеми інформаційних потоків дослідницької системи

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

До контуру регулювання температури поду в робочому просторі печі входять:

1) Пірометр, що має діапазон виміру температури 800 - 2500°C і сигнал струму 4...20 мА, а також платиновородій-платинова термопара яка вимірює температуру в діапазоні 0 - 1600°C і через температурний перетворювач надає сигнал 4...20 мА.

2) Пристрій управління, який складається з центрального процесору VIPA – 215-1BA03, модулів вводу – виводу а також поворотної засувки «SYLAX(VFY)» з електроприводом компанії «Danfoss».

Візуалізація процесу управління відбувається за допомогою ПК з SCADA системою ZENON.

Структурна схема інформаційних потоків даної дослідницької системи наведено на рис. 3.1.

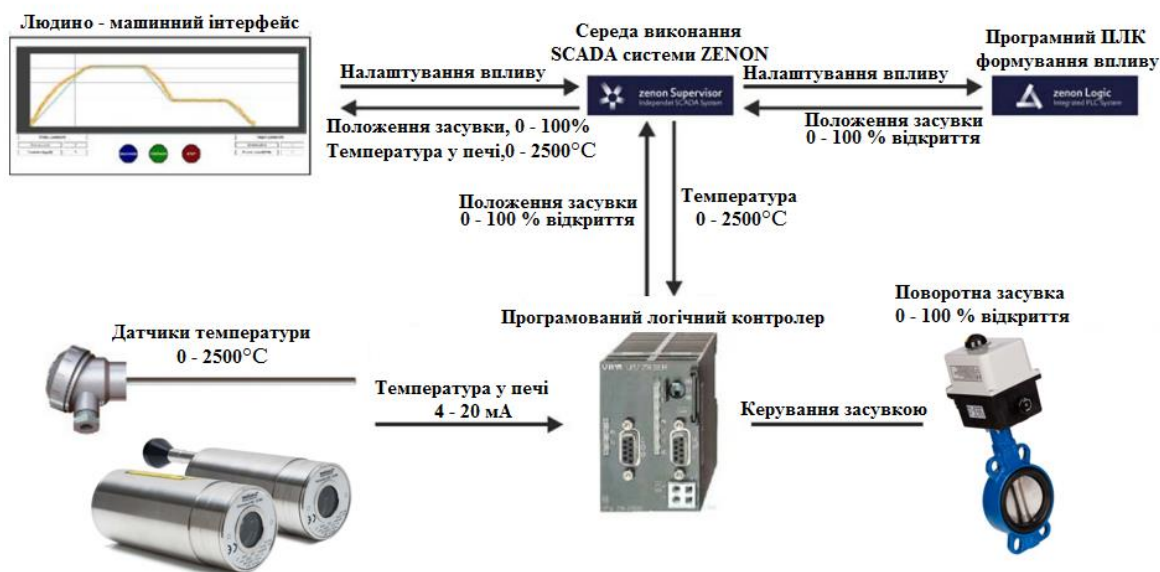


Рисунок 3.1 - Схема інформаційних потоків

3.2 Розробка методики дослідження об'єкта керування

Система дослідження дає можливість формувати та подавати різноманітні керуючі впливи на засувку з колектору природного газу. При цьому, об'єкт управління не накладає жодних обмежень на керуючий вплив. Отже, для дослідження можна використати метод активного експерименту. Під час виконання ідентифікації методом активного експерименту потрібно отримати данні по побудові статичної характеристики, динамічну характеристику, при П – образному впливі та перевіірочні данні. Отже план експерименту буде наступним:

1. Налаштування системи дослідження.
2. Отримання динамічної характеристики.
 - 2.1 Приведення об'єкта управління до початкових умов, відкриття засувки на 0, досягнення усталеного режиму.
 - 2.2 Початок процесу реєстрування.
 - 2.3 Відкриття засувки на 1, досягнення усталеного режиму.
 - 2.4 Зупинення процесу реєстрації.
3. Отримання даних для побудови статичної характеристики.
 - 3.1 Приведення об'єкта управління до початкових умов, відкриття засувки на 0, досягнення усталеного режиму.
 - 3.2 Початок процесу реєстрування.
 - 3.3 Відкриття засувки на 0.4885, досягнення усталеного режиму.
 - 3.4 Відкриття засувки на 0.5853, досягнення усталеного режиму.
 - 3.5 Відкриття засувки на 0.7483, досягнення усталеного режиму.
 - 3.6 Відкриття засувки на 0.9194, досягнення усталеного режиму.
 - 3.7 Відкриття засувки на 1, досягнення усталеного режиму.
 - 3.8. Зупинка процесу реєстрації.
4. Отримання даних при П-образному впливі.
 - 4.1 Приведення об'єкта управління до початкових умов, відкриття засувки на 0, досягнення усталеного режиму.
 - 4.2 Початок процесу реєстрації.

4.3 Відкриття засувки на 1, досягнення усталеного режиму.

4.4 Відкриття засувки на 0, досягнення усталеного режиму.

4.5 Зупинка процесу реєстрації.

5. Отримання перевірочних даних.

5.1 Приведення об'єкта управління до початкових умов, відкриття засувки на 0, досягнення усталеного режиму.

5.2 Налаштування псевдовипадкового впливу на період зміни у 10 раз менше за час перехідного процесу, а амплітуду впливу на змінення в діапазоні від 0 до 1.

5.3 Початок процесу реєстрації.

5.4 Запустити формування псевдовипадкового впливу.

5.5 Виконання реєстрації на протязі часу 5 перехідних процесів.

5.6 Зупинка процесу реєстрації.

3.3 Виконання експерименту

Перш за все, виконується налаштування системи дослідження.

Дійсне значення – це температура в робочому просторі печі, що знаходиться в діапазоні $0 \div 2500$ °C.

Керуючий вплив - це відкриття засувки, що здійснюється в діапазоні від 0 до 1, де 1 дорівнює 100% відкриття а 0 означає повністю перекритий газопровід.

Динамічну характеристику об'єкту управління, що була отримана на другому етапі, зображено на рис. 3.2.

Для отримання динамічної характеристики, засувка була відкрита на 0 а після досягнення усталеного режиму на 1.

Статичну характеристику, що була побудована на третьому етапі, можна побачити на рис. 3.3. Для її отримання засувка була відчинена на 0, після досягнення усталеного режиму її було відчинено на 0.4885, 0.5853, 0.7483, 0.9194 і на 1.

На четвертому етапі, засувка була відчинена на 0 а після досягнення усталеного режиму на 1. В результаті були отримані данні П – образного керуючого впливу, що зображені на рис. 3.4.

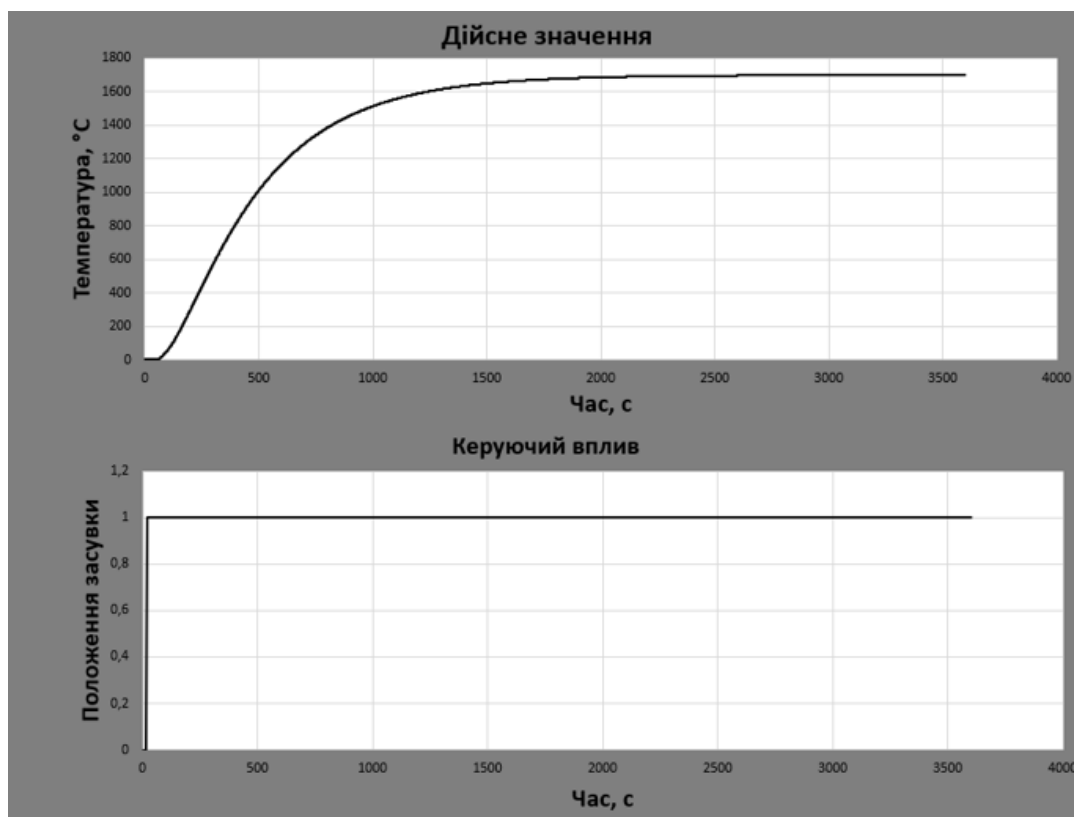


Рисунок 3.2 – Динамічна характеристика

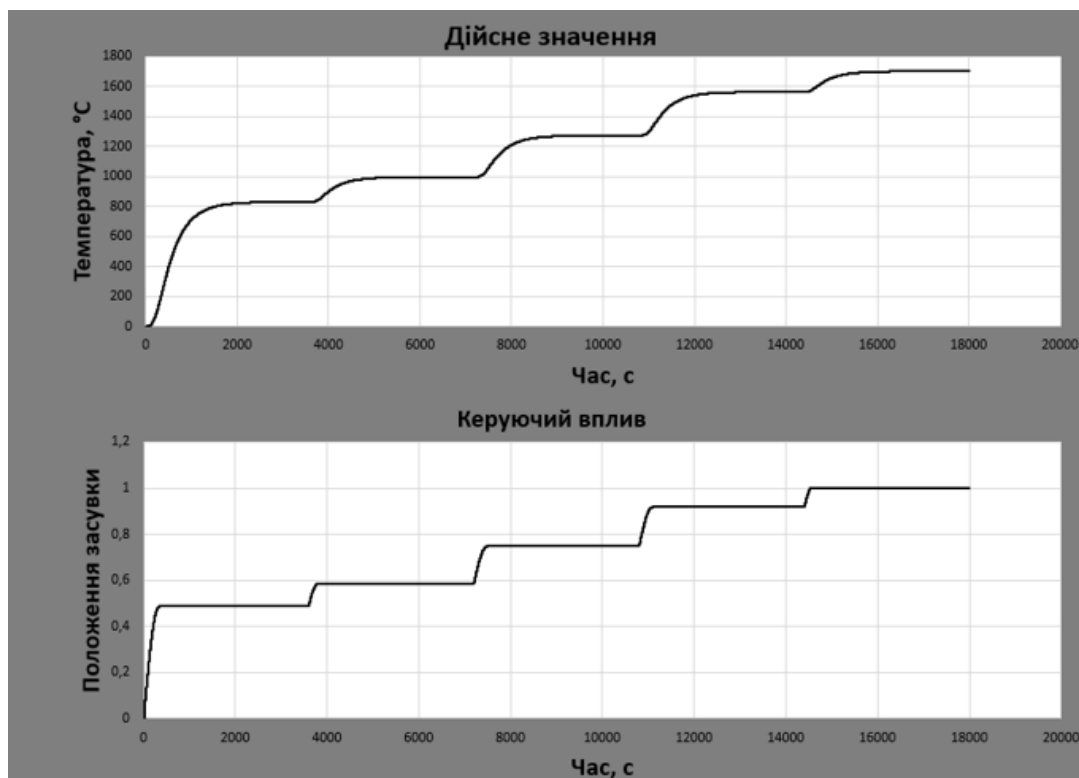


Рисунок 3.3 – Данні статичної характеристики

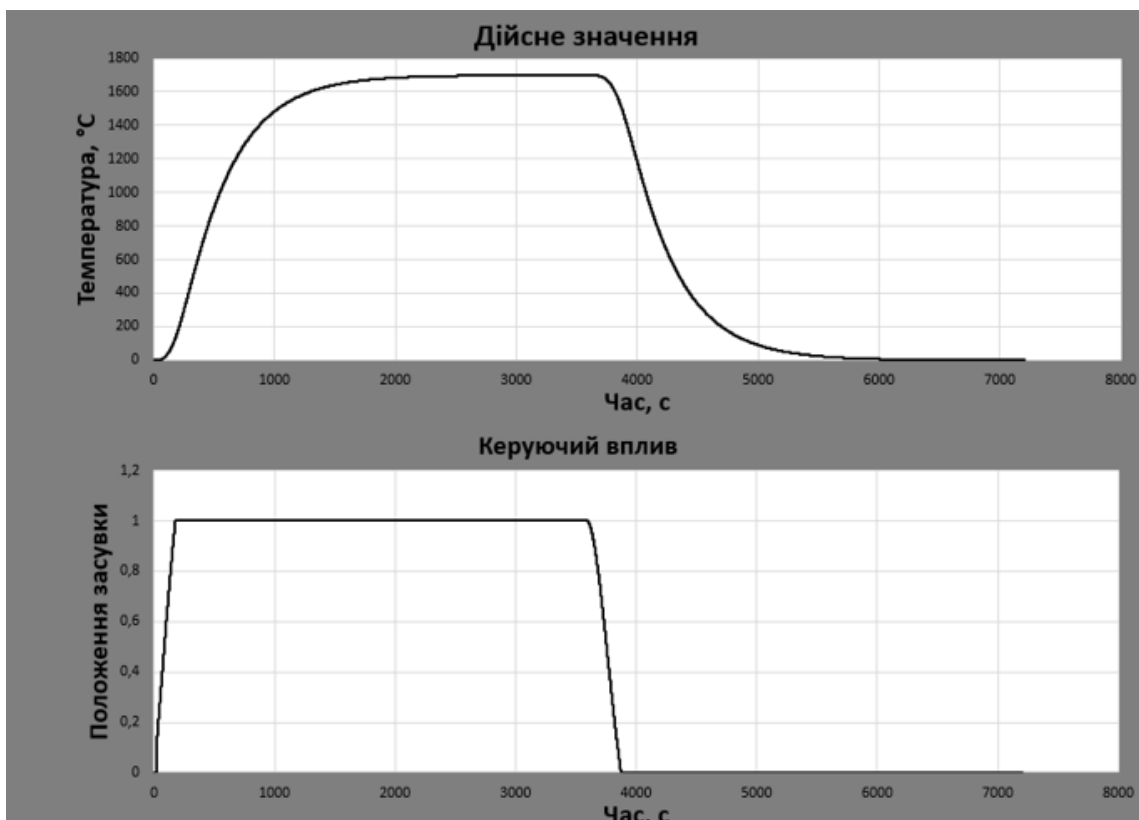


Рисунок 3.4 – Дані П – образного впливу

На п'ятому етапі були отриманні перевірочні данні, що зображені на рис. 3.5. Для цього період псевдовипадкового впливу був встановлений у 36 с. Реєстрація відбувалася протягом 3600 с.

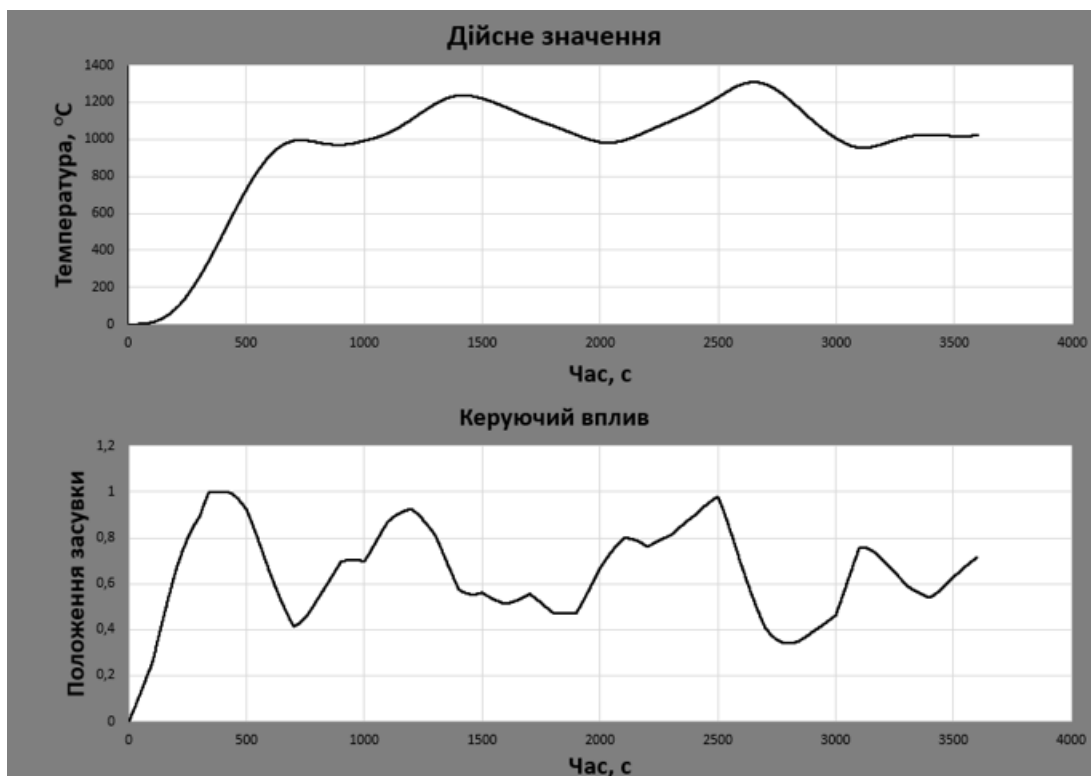


Рисунок 3.5 – Перевірочні данні

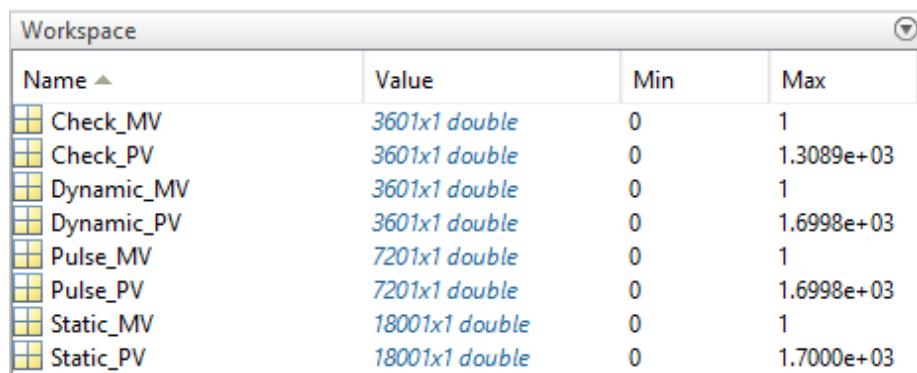
У результаті виконання плану проведено всеосяжне дослідження об'єкта управління та отримані:

- 1) динамічна характеристика;
- 2) дані для побудови статичної характеристики;
- 3) дані при П-образному керуючому впливі;
- 4) перевірочні дані.

3.4 Обробка результатів експерименту

3.4.1 Підготовка даних

Данні отримані в SCADA системі Zenon були імпортовані до математичного пакета MATLAB з метою подальшої обробки, що зображено на рис. 3.7. Змінні які відповідають даним динамічної характеристики “Dynamic_MV”, “Dynamic_PV”, даним для побудови статичної характеристики “Static_MV”, “Static_PV”, даним отриманим при П-образному керуючому впливі “Pulse_MV”, “Pulse_PV”, перевірочним даним “Check_MV”, “Check_PV”. Суфікс “MV” позначає керуючий вплив, а суфікс “PV” дійсне значення.



Name ▲	Value	Min	Max
Check_MV	3601x1 double	0	1
Check_PV	3601x1 double	0	1.3089e+03
Dynamic_MV	3601x1 double	0	1
Dynamic_PV	3601x1 double	0	1.6998e+03
Pulse_MV	7201x1 double	0	1
Pulse_PV	7201x1 double	0	1.6998e+03
Static_MV	18001x1 double	0	1
Static_PV	18001x1 double	0	1.7000e+03

Рисунок 3.6 – Імпортовані данні

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

```
>> Dynamic_Raw = iddata(Dynamic_PV, Dynamic_MV, 1.0);
>> Static_Raw = iddata(Static_PV, Static_MV, 1.0);
>> Pulse_Raw = iddata(Pulse_PV, Pulse_MV, 1.0);
>> Check_Raw = iddata(Check_PV, Check_MV, 1.0);
```


Статична складова була видалена:

```
>> Dynamic_Raw_Trend = getTrend(Dynamic_Raw);
>> Dynamic = detrend(Dynamic_Raw, Dynamic_Raw_Trend);
>> Static_Raw_Trend = getTrend(Static_Raw);
>> Static = detrend(Static_Raw, Static_Raw_Trend);
>> Pulse_Raw_Trend = getTrend(Pulse_Raw);
>> Pulse = detrend(Pulse_Raw, Pulse_Raw_Trend);
>> Check_Raw_Trend = getTrend(Check_Raw);
>> Check = detrend(Check_Raw, Check_Raw_Trend);
```

Дані при П-образному керуючому впливі було розділено на дві змінні. “Pulse_First” - данні етапу підйому дійсного значення а “Pulse_Second” - це данні спаду дійсного значення.

3.4.2 Структурна ідентифікація

На рис. 3.7 зображено динамічну характеристику об’єкта управління, аналізуючи котру, можна побачити що після подачі керуючого впливу температура протягом 4 секунд не змінюється, отже, об’єкт має запізнення.

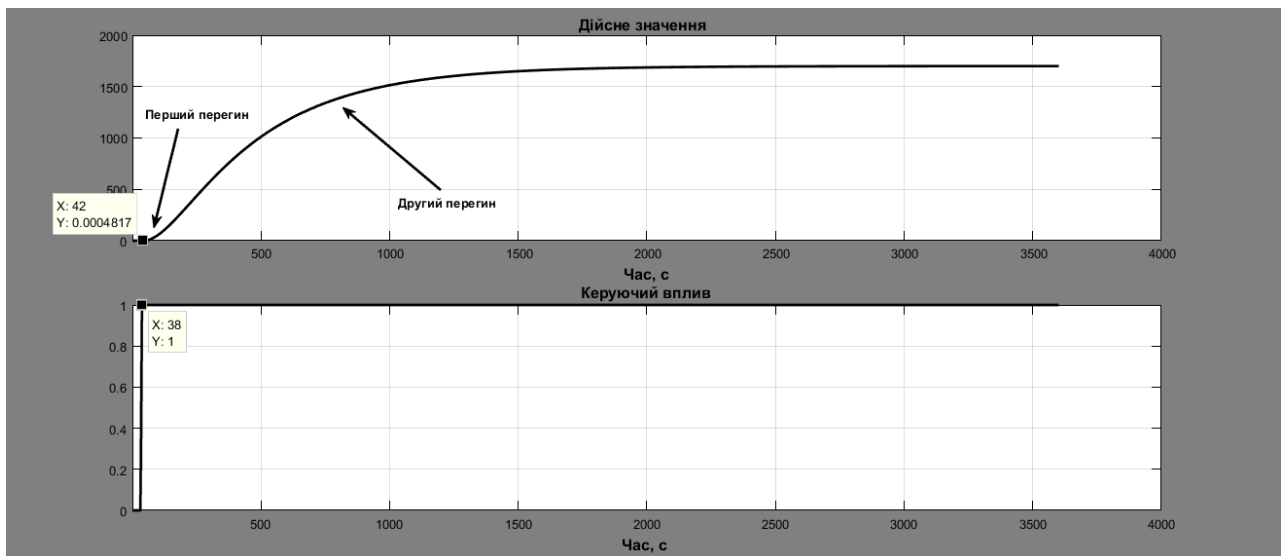


Рисунок 3.7 – Динамічна характеристика

Щоб проаналізувати об’єкт на лінійність, необхідно дослідити його статичну характеристику, що зображена на рис. 3.8 і 3.9.

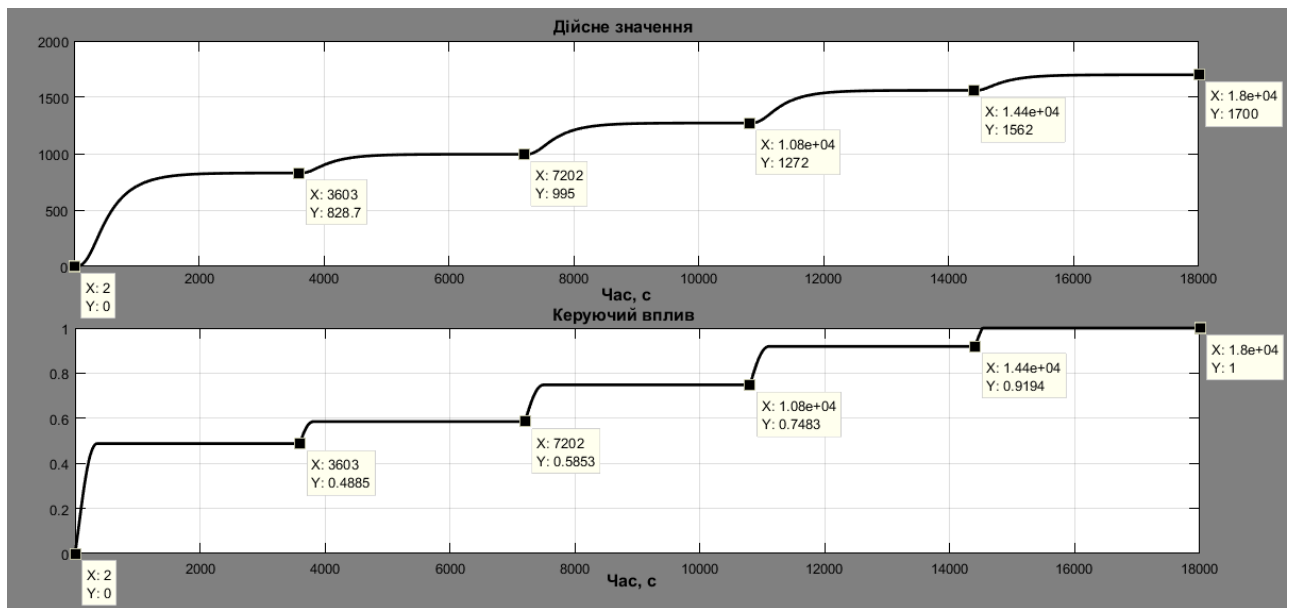


Рисунок 3.8 – Аналіз даних для побудови статичної характеристики

```
>> Static_Input_Vector = [0, 0.4885, 0.5853, 0.7483, 0.9194, 1];
Static_Output_Vector = [0, 828.7, 995, 1272, 1562, 1700];
plot(Static_Input_Vector,Static_Output_Vector, '-ok', 'LineWidth',3);
```

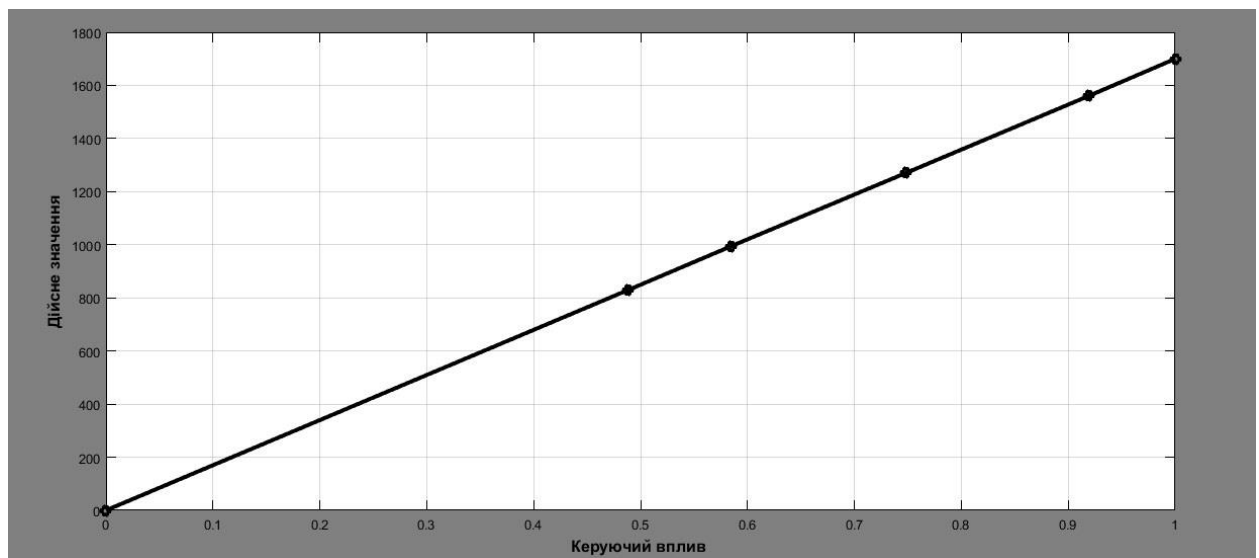


Рисунок 3.9 – Статична характеристика

Статична характеристика об'єкта управління лінійна. На підставі цього можливо зробити висновок, що об'єкт управління також є лінійним.

Аналізуючи характеристику при Π – образному керуючому впливі, що зображена на рис. 3.10, можна зробити висновок що об'єкт не володіє інтегруючими властивостями. Так як, змінення керуючого впливу призводить до відповідної зміни дійсного значення .

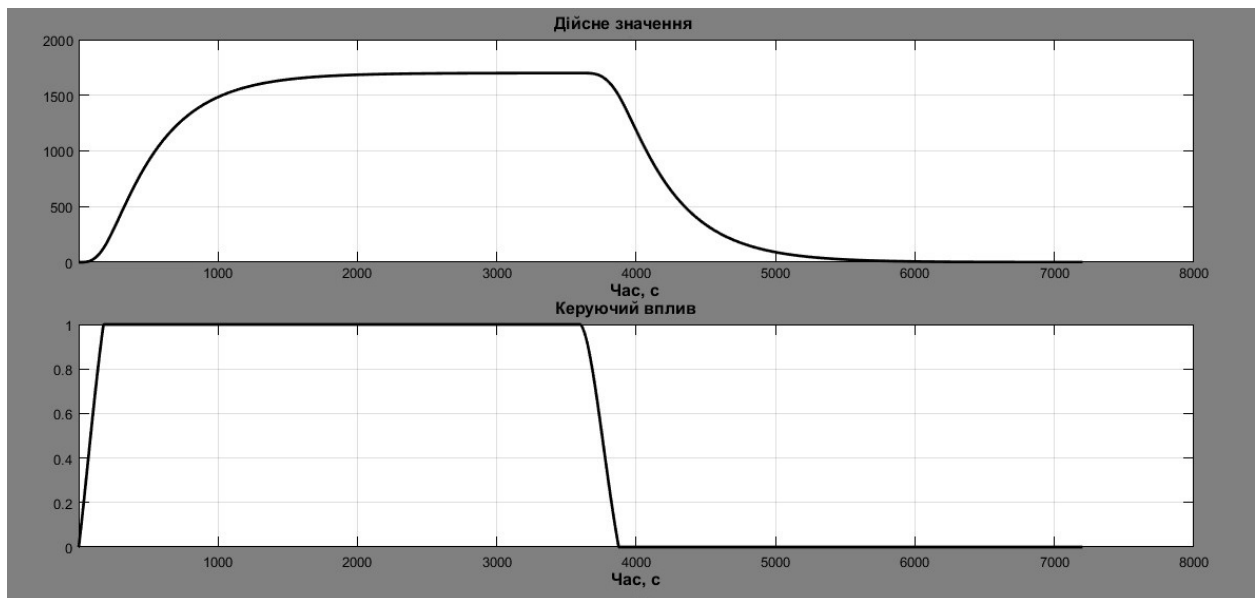


Рисунок 3.10 – Характеристика при П – образному впливі

На підставі отриманих даних при П – впливі, можна перевірити об’єкт на симетричність, що зображено на рис. 3.11.

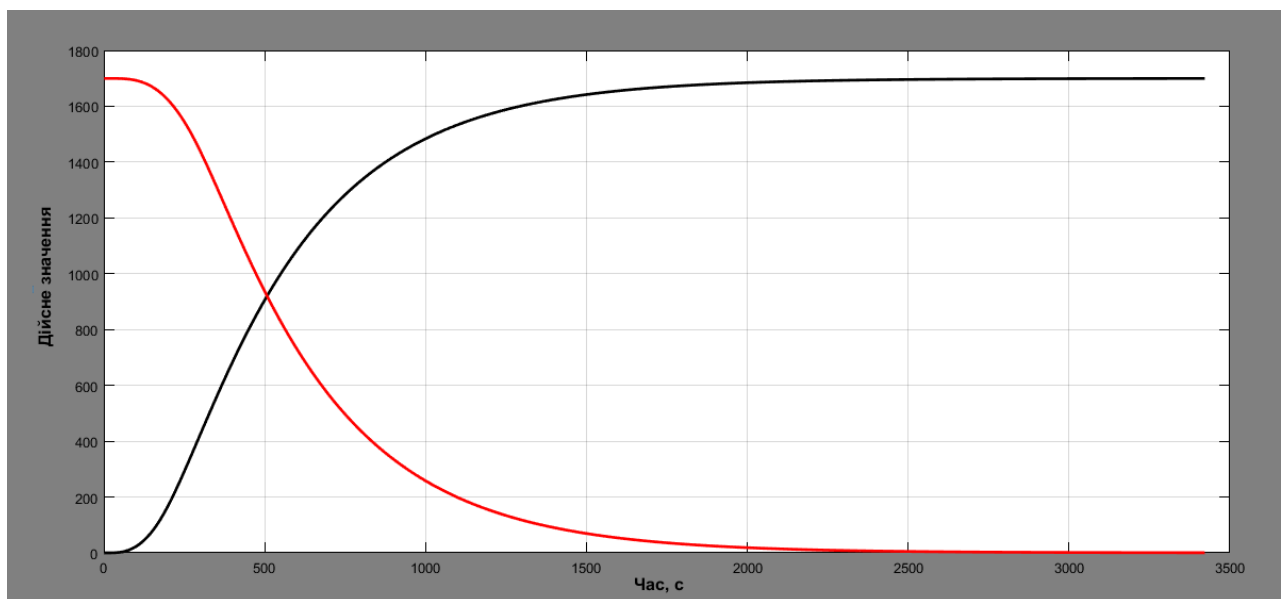


Рисунок 3.11 – Аналіз симетричності

```
>> compareSecondFirst = abs(1 - (std(Pulse_First) / std(Pulse_Second))) * 100;
fprintf('\nПорівняння ділянок підйому та спаду: %.2f %%\n\n', compareSecondFirst);
```

```
Порівняння ділянок підйому та спаду: 6.35 %
```

Так як, різниця стандартних відхилень становить 6.35% - об’єкт є симетричним.

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 з запізненням:

$$W(s) = \frac{ke^{-\tau s}}{(T_1s+1)(T_2s+1)}, \quad (3.1)$$

де $W(s)$ – передавальна функція моделі об’єкта керування, s – оператор диференціювання, k – коефіцієнт посилення ($^{\circ}\text{C}/\text{кВт}$), τ – час запізнення(с), T_1, T_2 – постійні часу(с).

3.4.3 Параметрична ідентифікація

Розрахуємо коефіцієнт підсилення:

```
>> pol = polyfit(Static_Input_Vector, Static_Output_Vector, 1)

pol =

    1.0e+03 *
    1.6999    -0.0004

>> pol(2) = 0;
```

Як видно з розрахунків коефіцієнт підсилення дорівнює: $1.6999 \times 10^3(1699.9)$.

Далі будуюмо лінеаризовану статичну характеристику:

```
>> Static_Output_Linearity_Vector = polyval(pol, Static_Input_Vector);
>> hold on;
>> plot(Static_Input_Vector, Static_Output_Vector, 'k', 'LineWidth', 3);
>> plot(Static_Input_Vector, Static_Output_Linearity_Vector, '-ok', 'LineWidth', 3);
>> hold off;
```

На рис. 3.12 зображено лінеаризовану статичну характеристику.

Статична характеристика об’єкта керування та лінеаризована статична характеристика співпадають, отже, об’єкт керування є лінійним у всьому діапазоні керуючого впливу.

Подальше визначення параметрів об’єкта управління буде виконано у “System Identification Toolbox”. Данні динамічної характеристики будуть використані в якості робочих, а перевіірочні для перевірки моделі на відповідність. Для визначення параметрів моделі об’єкта управління буде використано метод “Process Models”, налаштування параметрів ідентифікації наведено на рисунках 3.13, 3.14 і 3.15.

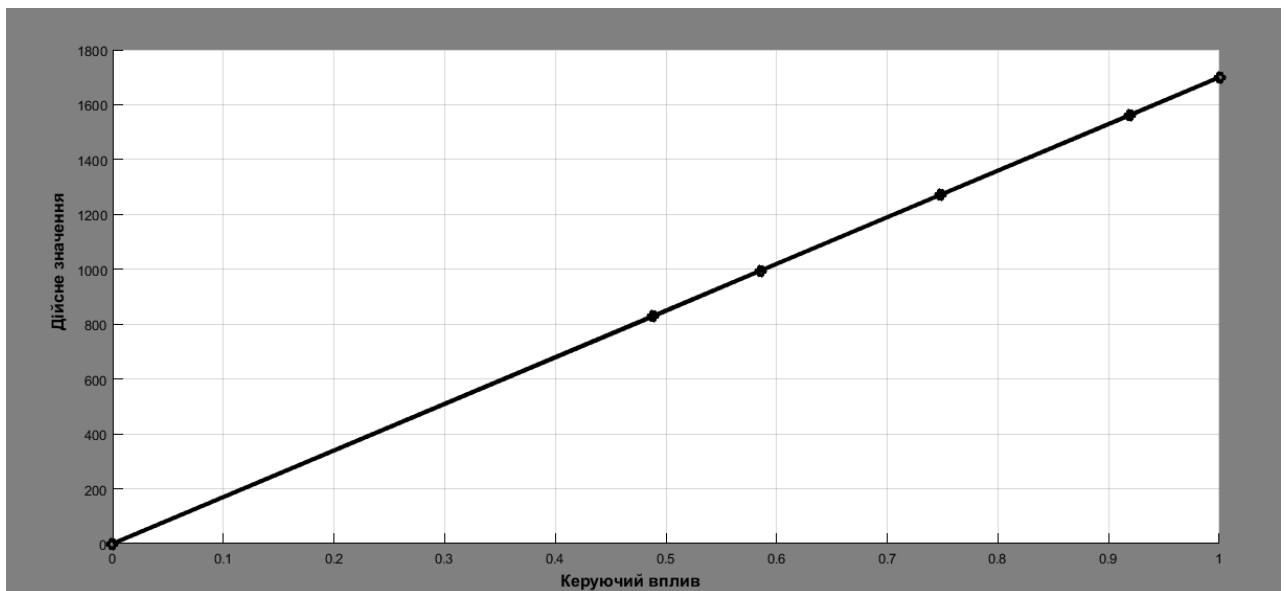


Рисунок 3.12 - Лінеаризована статична характеристика

Par	Known	Value	Initial Guess	Bounds
K	<input checked="" type="checkbox"/>	1699.9	1699.9	[-Inf Inf]
Tp1	<input type="checkbox"/>	379.3443	Auto	[0 432787.8]
Tp2	<input type="checkbox"/>	101.6954	Auto	[0 100000.0]
Tp3	<input type="checkbox"/>	0	0	[0 Inf]
Tz	<input type="checkbox"/>	0	0	[-Inf Inf]
Td	<input checked="" type="checkbox"/>	4	4	[0 30]

Initial Guess: Auto-selected, From existing model, User-defined (Value-->Initial Guess)

Disturbance Model: None, Initial condition: Auto, Regularization...
 Focus: Simulation, Covariance: Estimate, Options...
 Display progress, Continue
 Name: E2TK, Estimate, Close, Help

Рисунок 3.13 – Налаштування моделі аперіодичної ланки другого порядку з розрахованим коефіцієнтом підсилення і часом запізнення

Process Models

Transfer Function

$$\frac{K \exp(-T_d s)}{(1+T_{p1} s)(1+T_{p2} s)(1+T_{p3} s)}$$

Poles

3 All real

Zero
 Delay
 Integrator

Par	Known	Value	Initial Guess	Bounds
K	<input type="checkbox"/>	1699.9984	1699.9	[-Inf Inf]
Tp1	<input type="checkbox"/>	0.94213	Auto	[0 432787.8]
Tp2	<input type="checkbox"/>	380.027	Auto	[0 100179.3]
Tp3	<input type="checkbox"/>	99.9719	Auto	[0 233857.2]
Tz	<input type="checkbox"/>	0	0	[-Inf Inf]
Td	<input type="checkbox"/>	8.593	4	[0 30]

Initial Guess

Auto-selected
 From existing model:
 User-defined Value-->Initial Guess

Disturbance Model: None Initial condition: Auto Regularization...
 Focus: Simulation Covariance: Estimate Options...

Display progress Continue

Name: E3 Estimate Close Help

Рисунок 3.14 – Налаштування моделі аперіодичної ланки третього порядку

Process Models

Transfer Function

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

Poles

2 All real

Zero
 Delay
 Integrator

Par	Known	Value	Initial Guess	Bounds
K	<input type="checkbox"/>	1700	1700.0554	[-Inf Inf]
Tp1	<input type="checkbox"/>	380.0001	Auto	[0 432787.8]
Tp2	<input type="checkbox"/>	99.9997	Auto	[0 100000.0]
Tp3	<input type="checkbox"/>	0	0	[0 Inf]
Tz	<input type="checkbox"/>	0	0	[-Inf Inf]
Td	<input type="checkbox"/>	9.488	4	[0 30]

Initial Guess

Auto-selected
 From existing model:
 User-defined Value-->Initial Guess

Disturbance Model: None Initial condition: Auto Regularization...
 Focus: Simulation Covariance: Estimate Options...

Display progress Continue

Name: E2 Estimate Close Help

Рисунок 3.15 – Налаштування моделі аперіодичної ланки другого порядку

Результати перевірки розрахунків параметрів наведено на рис. 3.16 і у табл. 3.1 відповідно.

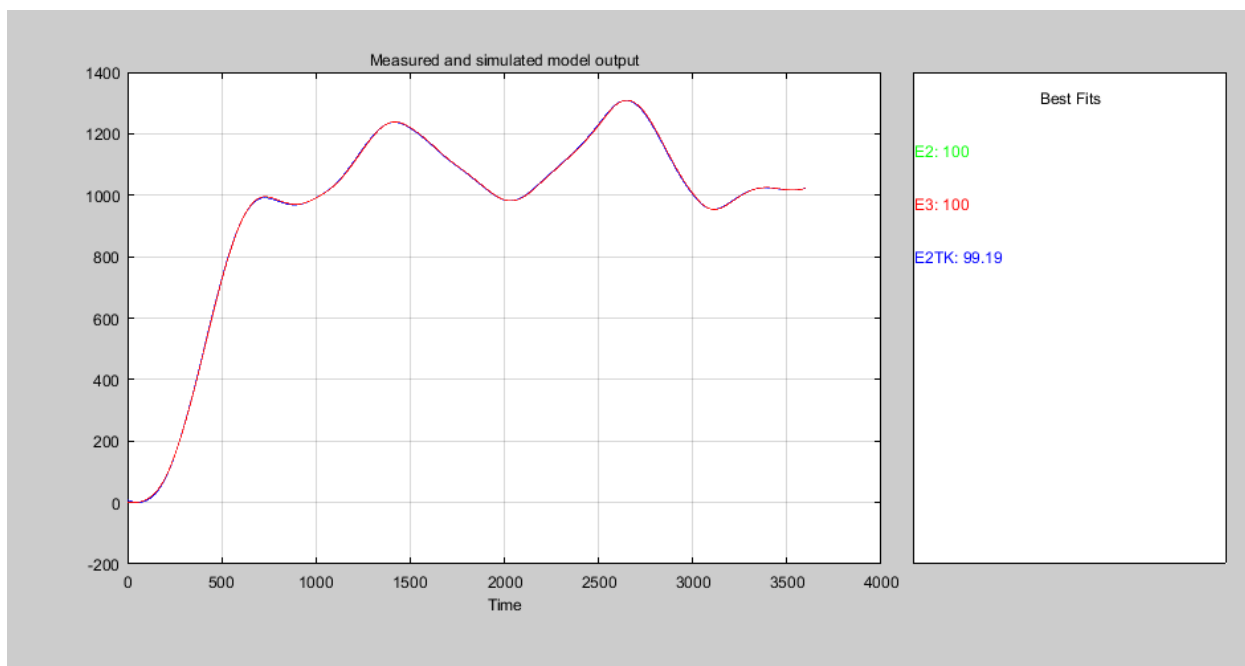


Рисунок 3.16 – Результати порівняння отриманих моделей

Таблиця 3.1

Параметр	E3	E2	E2TK
k	1699.9984	1700	1699.9
T _{1,c}	0.94213	380.0001	379.3443
T _{2,c}	380.027	99.9997	101.6954
T _{3,c}	99.9719	0	0
τ	8.593	9.488	4
Динамічна характеристика			
NRMSE, %	100	100	99.92
FPE	9.148×10^{-5}	8.455×10^{-9}	0.128
MSE	9.108×10^{-5}	8.427×10^{-9}	0.1277
Перевірочні дані			
NRMSE, %	100	100	99.19

Модель «E3» брати не бажано, через її складність при описі та розрахунках. Модель «E2» нас задовольняє більше, але вона як і «E3», була розрахована автоматично і скоріш за все її значення завищують реальну відповідність.

Отже, ми надаємо перевагу моделі «E2TK» через те, що у даної моделі коефіцієнт підсилення та час запізнення були розраховані дослідницьким методом а не автоматичним розрахунком.

Передавальна функція:

$$W(s) = \frac{1699.9e^{-4s}}{(379.34s+1)(101.69s+1)}, \quad (3.2)$$

3.4.4 Розробка моделі об'єкта керування в Simulink

На рис. 3.17, у графічному середовищі імітаційного моделювання «Simulink», була розроблена модель об'єкта управління. Час моделювання задано в 3600 с.

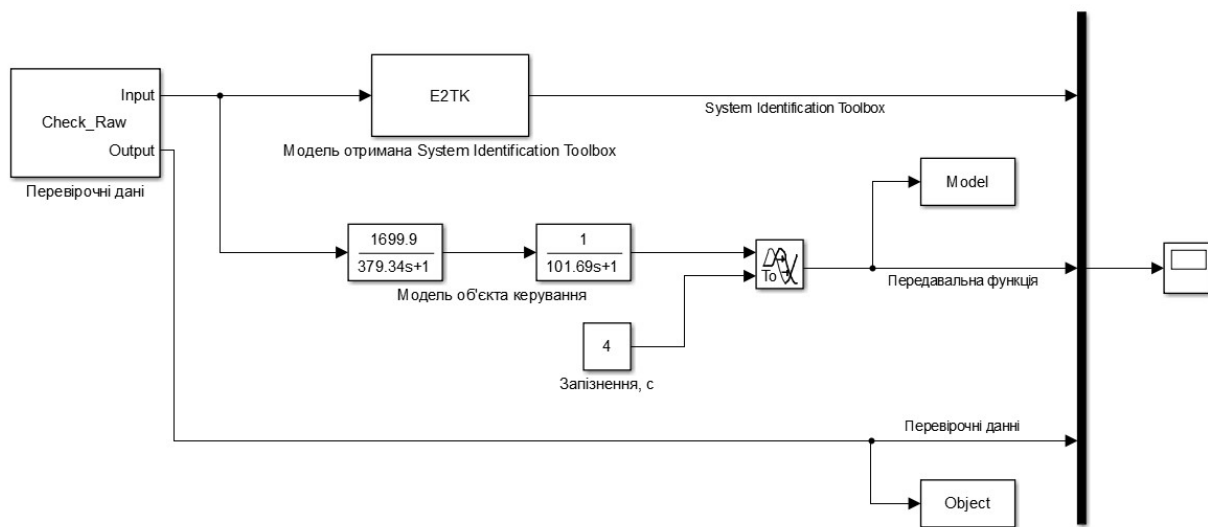


Рисунок 3.17 – Модель об'єкта керування в «Simulink»

Результати моделювання об'єкта управління наведені на рис. 3.18. Отримана модель є такою ж, як і модель у “System Identification Toolbox”.

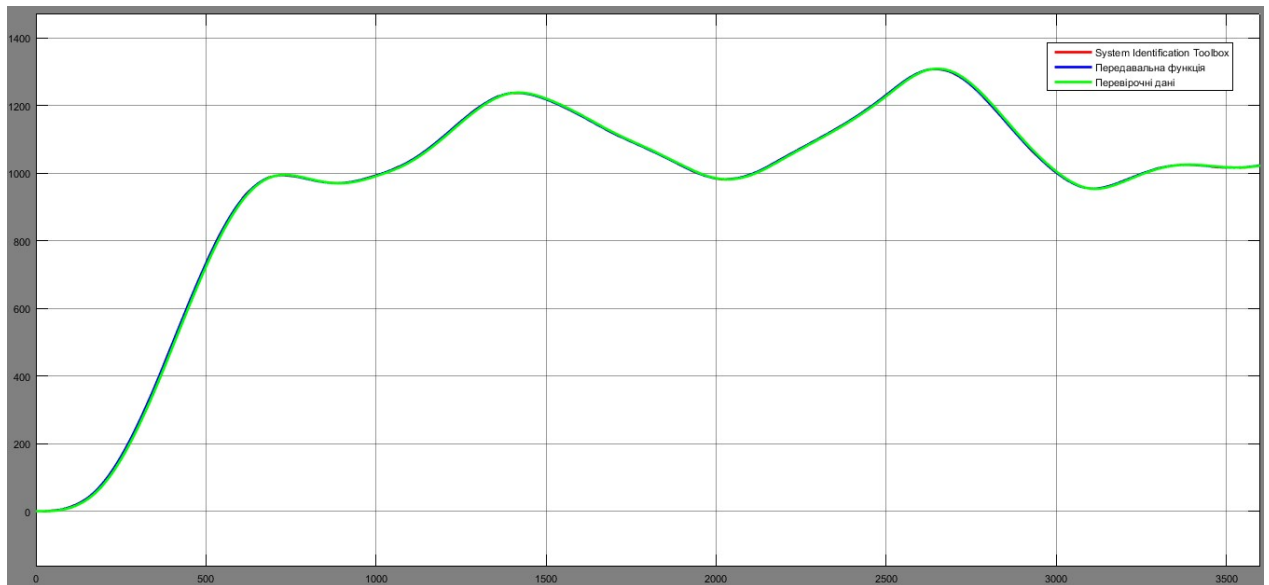


Рисунок 3.18 – Результати моделювання в «Simulink»

3.4.5 Перевірка моделі на адекватність

За рахунок перевірочних даних і результатів моделювання, виконана перевірка моделі об'єкта керування на адекватність за методом нормованого середнє квадратичного відхилення:

```
Skript.m* x +
1 -   nrmse = goodnessOfFit(Model, Object, 'NRMSE') * 100.0

>> Skript

nrmse =

    98.8022
```

За результатами, модель відповідає до об'єкта керування на 98.8%, отже є адекватною і може використовуватись для подальшого моделювання.

На рис. 3.19 і 3.20 наведені, остаточна модель об'єкта управління і результати моделювання відповідно.



Рисунок 3.19 - Остаточна модель об'єкта управління

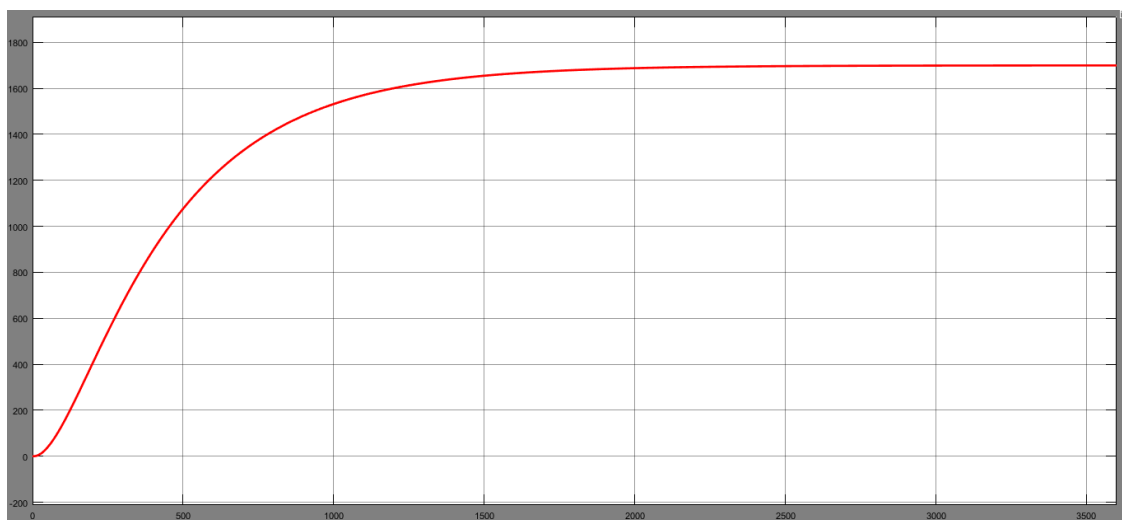


Рисунок 3.20 - Результати моделювання

3.5 Висновки по розділу

1. На підставі аналізу технологічного процесу та апаратного забезпечення системи керування розроблено структурну схему інформаційних потоків дослідницької системи.

2. За результатами аналізу технологічного процесу та схеми інформаційних потоків дослідницької системи розроблено план експерименту, за яким отримані експериментальні дані.

3. Використовуючи експериментальні дані та аналіз структури і функціонування об'єкта керування проведена структурна ідентифікація, результатом якої є запропонована модель об'єкта керування у вигляді

передавальної функції відповідної аперіодичній ланці другого порядку з запізненням. За результатами параметричної ідентифікації це припущення підтверджено та отримані параметри моделі об'єкта керування.

4. Виходячи з результатів параметричної та структурної ідентифікації розроблено імітаційну модель об'єкта керування в графічному середовищі Simulink математичного пакету MATLAB. Порівняння даних отриманих на моделі з перевірочними даними показало їх відповідність на 98.8%.

5. Враховуючи аналіз технологічного процесу, об'єкта керування, його структури і функціонування та відповідність результатів моделювання, встановлено, що отримана імітаційна модель є адекватною до об'єкта керування.

6. Отримана модель може бути використана для дослідження властивостей об'єкта керування, визначення вимог до якості функціонування систем керування, їх розробки і дослідження.

4 ЕКОНОМІКА

У даному розділі досліджуються економічні аспекти впровадження автоматизованої системи керування нагрівом поду мартенівської печі.

4.1 Розрахунок капітальних витрат

Вартість контрольно-вимірювальних приладів та засобів автоматизації визначається за прейскурантами та цінниками. Капітальні витрати на систему автоматизації, що вводиться, складаються з первісної або балансової вартості контрольно-вимірювальних приладів.

Величина капітальних витрат розраховується за формулою:

$$K = K_{об} + Z_{тзс} + Z_{м} + Z_{н} + Z_{пр}, \quad (4.1)$$

Де $K_{об}$ – вартість усього обладнання; $Z_{тзс}$ – транспортно-заготівельні та складські витрати; $Z_{м}$ – монтажні витрати; $Z_{н}$ – налагоджувальні витрати; $Z_{пр}$ – інші одноразові витрати.[]

Ціни на прилади визначаємо виходячи з прайс-листів фірм-постачальників. Витрати на монтаж можна прийняти в 7% від цін приладів. Транспортні ж витрати приймають як 8% від ціни приладу. Різноманітні витрати на нову систему автоматизації наведені в табл. 4.1.

Таблиця 4.1.

Прилад	Кількість	Ціна за одиницю приладу (грн)	Монтаж, 7% (грн)	Транспортні витрати, 8% (грн)	Загальна Ціна (грн)
Пірометр, ISR 6 Advanced	1	223 808	15 666	17 905	257 379

Прилад	Кількість	Ціна за одиницю приладу (грн)	Монтаж, 7% (грн)	Транспортні витрати, 8% (грн)	Загальна Ціна (грн)
Платинородій- платинова термопара	1	3 045	213	244	3 503
Перетворювач температури, ОВЕН-НПТ1	1	2 808	197	225	3 230
Засувка з приводом, SYLAX(VFY)	1	67 234	4 706	5 378	77 318
Центральний процесор, VIPA – 215- 1BA03	1	31 455	2 201	2 516	36 172
Модуль аналогового вводу, VIPA – 231-1BD40	1	13 200	924	1 056	15 180
Модуль дискретного вводу, VIPA – 221-1BF00	1	2 526	177	202	4 500

Продовження таблиці 4.1

Прилад	Кількість	Ціна за одиницю приладу	Монтаж, 7%	Транспортні витрати, 8%	Загальна Ціна
Модуль дискретного виводу, VIPA – 222- 1DB00	1	3 000	210	240	3 450
блок живлення, 307-1BA00	2	4 438	621	710	10 207
Кнопка, DS-316 SPST	2	6	1	1	14

Капітальні витрати на встановлення нової системи автоматизації загалом будуть коштувати – 410 953 грн.

4.2 Розрахунок експлуатаційних витрат

Через активне використання системи виникають експлуатаційні витрати, що розраховуються за формулою:

$$C = C_a + C_z + C_T + C_c + C_e + C_{пр}, \quad (4.2)$$

Де C_a – амортизаційні витрати, C_z - заробітна плата обслуговуючого персоналу, C_T – витрати на технічне обслуговування та ремонт, C_c – єдиний соціальний внесок, C_e – витрати на електроенергію, $C_{пр}$ – інші витрати.

4.2.1 Розрахунок амортизаційних відрахувань

Мінімальний термін експлуатації (T_n) для обладнання печі становить 5 років. Норма амортизації розраховується за формулою:

$$H_a = \left(\frac{1}{T_{\Pi}}\right) \cdot 100\% = \left(\frac{1}{5}\right) \cdot 100\% = 20\% \quad (4.3)$$

Тоді амортизаційні відрахування визначаються за формулою:

$$A = \left(\frac{\Phi_{\Pi} \cdot H_{\Pi}}{100}\right) = \left(\frac{410\,953 \cdot 20}{100}\right) = 82\,190 \text{ грн.} \quad (4.4)$$

Отже, амортизаційні відрахування становлять – 82 190 грн.

4.2.2 Розрахунок річного фонду заробітної плати

Для безперервних виробництв оптимальною вважається схема роботи «в чотири бригади». Працівники розбиваються на чотири бригади і щодня три бригади працюють, кожна у свою зміну, а одна відпочиває. Одна бригада, по обслуговуванню автоматизованої системи, складається з одного чергового електрослюсаря та одного чергового оператора. Загальна чисельність штату, що обслуговує автоматизовану систему нагріву поду мартенівської печі, складає 8 працівників. В середньому, один робітник працює 8 годин, 24 дні на місяць. Загальна кількість вихідних на рік становить 72 дні.

Фонд робочого часу розраховується за формулою:

$$F_H = (D_k - D_{\text{св}} - D_{\text{вих}}) \cdot T_{\text{зм}} = (365 - 72) \cdot 8 = 2\,344 \text{ год.} \quad (4.5)$$

Розрахунок заробітної плати персоналу наведено у табл. 4.2.

Таблиця 4.2

Професія	Число працівників, осіб.	Явочний штат у зміну, осіб.	Годинна тарифна ставка, грн.	Номінальний річний фонд робочого часу, год.	Усього, основна зарплата (річний фонд), грн.
Черговий оператор	4	1	78	2 344	731 328
Черговий електро - слюсар	4	1	104	2 344	975 104
Усього					1 706 432

Додаткова заробітна плата, а саме, понаднормові та преміальні виплати становлять 9% від основної плати і дорівнюють – 153 578 гривень.

Загальний фонд заробітної плати становить:

$$C_3 = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{дод}} = 1\,706\,432 + 153\,578 = 1\,860\,010 \text{ грн.} \quad (4.6)$$

4.2.3 Єдиний соціальний внесок

Єдиний соціальний внесок становить 22% від загального фонду заробітної плати та становить – 409 202 гривень.

4.2.4 Визначення річних витрат на технічне обслуговування і поточний ремонт

Витрати на обслуговування та ремонт будуть коштувати приблизно 4% від капітальних витрат і становитимуть – 16 438 гривень.

4.2.5 Розрахунок вартості спожитої електроенергії

Вартість електроенергії, спожитої автоматизованою системою, розраховуються за формулою:

$$C_{\text{еє}} = K_{\text{е}} \cdot K_{\text{др}} \cdot T = 0.179 \cdot 24 \cdot 365 \cdot 1.84 = 2\,885.19 \text{ грн.} \quad (4.7)$$

Де $K_{\text{е}}$ – кількість спожитої за годину електроенергії (кВт/год.);

$K_{\text{др}}$ – кількість днів у році(365);

T – тариф на електроенергію для підприємств становить 1.84 грн. для кВт/год, (без ПДВ).

4.2.6 Визначення інших витрат

Інші витрати по експлуатації системи включають витрати з охорони праці, на спецодяг та ін. Згідно з практикою, ці витрати визначаються у розмірі 4% від річного фонду заробітної плати і становлять – 74 400 гривень.

Отже тепер, розуміючи значення різноманітних витрат, розрахуємо річні експлуатаційні витрати:

$$C = 82\,190 + 1\,860\,010 + 16\,438 + 409\,202 + 2\,885 + 74\,400 = 2\,445\,125 \text{ (грн)}$$

4.3 Висновки по розділу

Аналіз економічної частини виявив, що капітальні витрати на встановлення даної системи автоматизації буде коштувати – 410 953 гривень, а експлуатаційні витрати за рік становлять – 2 445 125 гривень. При розрахунку експлуатаційних витрат, були також встановлені витрати на амортизацію, заробітну плату працівників, соціальні відрахування, витрати на ремонт, електроенергію, тощо.

Не дивлячись на колосальні витрати, використання даної автоматизованої системи значно підвищить ефективність роботи мартенівської печі, збільшить її функціональні можливості і дозволить удосконалити процес мартенівської плавки.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1 Аналіз небезпечних та шкідливих виробничих чинників проектного технологічного процесу, об'єкту, системи або пристрою

Автоматизована система, що була розроблена в даній кваліфікаційній роботі, керує нагрівом поду мартенівської печі, яка у свою чергу знаходиться в ливарному цеху на підприємстві з важкої промисловості.

До найбільш шкідливих та небезпечних факторів даного об'єкту належать:

1) Пил ливарного цеху, що по дисперсному складу відноситься до дрібних і над дрібних фракцій, які тривалий час перебувають у зваженому стані в повітрі робочої зони. Значні виділення пилу спостерігаються при заправці мартенівської печі доломітовим або магнетизованим порошком і під час завантаження залізного лому, руди та сипучих матеріалів. Якщо дихати пилом день у день, то неминучі захворювання дихальної системи: хронічні захворювання порожнини носа, глотки, бронхів, легенів, алергічні реакції. А також часто спостерігаються запальні процеси, головний біль, подразнення слизових оболонок очей.

2) При плавленні легованої сталі та протіканню хімічних реакцій у печі, в повітря робочої зони можуть виділятися аерозолі конденсації, серед яких найбільш токсичними є аерозолі оксидів марганцю, цинку, ванадію, нікелю і багатьох інших металів та їх сполучень. Також, істотне значення має й небезпека отруєнь окисом вуглецю, значна маса котрого, виділяється при заливці рідкого чавуну. Отруєння призводить до головного болю, запаморочення, нудоти, різкого болю у м'язах, втрати свідомості, коми і смерті.

3) Надмірне виділення теплоти, що спостерігається у відділеннях плавки металу, заливки, термічної обробки, а також при виконанні низки допоміжних операцій (при підсушуванні ківшів, форм та ін.). На робочому майданчику мартенівських печей, біля місць випуску розплавлених сталі та чавуну, температура повітря може перевищувати 35 °С при температурі зовнішнього повітря 20 °С. Надто висока температура на робочому місці викликає перегрів

організму, що в свою чергу може стати причиною теплового удару. Крім того, завищена температура призводить до загострень хронічних захворювань, знижує працездатність в цілому.

4) Опіки та ураження при вибиванні полум'я з печі а також від бризок рідкого чавуну, сталі та шлаку. Небезпека опіків складає 30% від усіх травм в ливарному цеху і є найбільшою для сталеварів та їх помічників. Крім того, серед інших причин травматизму є падіння з висоти різноманітних предметів та матеріалів, рухомі машини і механізми.

5) Ризик ураження струмом безпосередньо від самої системи автоматизації. Основну небезпеку представляють прилади, що підключені до 220 V, а саме підключення: персонального комп'ютера в операторській, джерел живлення, клеми модулів вводу – виводу на контроллері та клеми електроприводу поворотної засувки, що регулює витрати природного газу в печі. Крім того, оскільки ми маємо справу з металургійним виробництвом, для електричних ланцюгів досить небезпечним є металевий пил, що проводить струм і може потрапити на клеми виконавчого пристрою або інші місця з порушеною ізоляцією. Ураження струмом призводить до: опіків, порушення серцевого та дихального ритмів, запаморочення, порушення зору, судомне скорочення м'язів та їх пошкодження, сильний шок і смерть.

5.2 Розробка заходів з охорони праці

5.2.1 Техніка безпеки

До самостійної роботи на ділянці мартенівських печей допускаються особи чоловічої статі не молодші 18 років, які отримали вступний інструктаж, первинний інструктаж з охорони праці в обсязі інструкцій, що діють на ділянці, що пройшли практичне навчання безпечним прийомом під керівництвом досвідчених робітників, які володіють знаннями та вимогами інструкцій з експлуатації обладнання ділянки, атестовані на знання правил в обсязі виконуваної роботи, які мають допуск за станом здоров'я до роботи на «гарячій» ділянці та пройшли перевірку начальником цеху на знання правил охорони праці

з оформленням допуску до самостійної роботи в особистій книжці з техніки безпеки та розпорядженням по цеху.

Персонал, що обслуговує автоматизовану систему, має дотримуватись наступних правил:

1. Опускатися під насадки мартенівської печі можна тільки з дозволом майстра цеху або сталевара печі. Заміну термопар та інші ремонтні роботи на димових трактах мартенівської печі, проводити тільки в період завалки печі та при прогріванні шихти.

2. Не допускається опускатися під насадку при зливі чавуну та кипіння плавки на даній печі.

3. Не допускається працювати на майданчику мартенівських печей під час зливу чавуну, щоб уникнути опіків.

4. У мартенівському цеху не допускається перебувати між заваловою машиною і складом чавуновозних котлів, що рухаються.

5. При вимірюванні температури рідкої сталі за допомогою термопар, щоб уникнути опіків бризками металу, роботи необхідно проводити тільки у призначеному спецодязі та захисних пристосуваннях.

6. Якщо проходи до встановлення постійного виміру температури рідкого металу засипані шлаком, доломітом або сміттям, вимагай від сталевара прибрати сміття або шлак, очистити майданчик до амбразури.

7. Перевір роботу механічної, електричної частини та водяного охолодження установки постійного виміру температури рідкого металу.

8. Перевір стан амбразури.

9. При викиданні полум'я з амбразури не допустимо проводити будь-які роботи на установці постійного виміру, щоб уникнути опіків.

10. Роботи проводити при закритій і не заметаленній пилом амбразурі.

11. Забороняється захаращувати під час роботи робоче місце та проходи сторонніми предметами.

12. Не можна проходити під жолобами під час зливу шлаку з печі.

13. Не допускається знаходитись біля установки вимірювання температури рідкого металу та на майданчику біля амбразури під час зливу чавуну або шлаку.

14. Заміну термопар на установці постійного виміру слюсар повинен проводити під час прогрівання шихти при повністю закритій амбразурі. За заявкою слюсаря, сталевар печі зобов'язаний під час заміни термопар поставити автоматичне перекидання клапанів в положення «Напівавтомат».

15. У всіх випадках слюсар зобов'язаний попередити сталевара печі про виконання робіт на об'єкті.

16. Всі роботи повинні виконуватися у спецодязі, черевиках, касці. У зонах з підвищеним рівнем запиленості, загазованості та теплового випромінення, використовувати респіратори і сині світлозахисні окуляри.

17. Інструмент, вкритий маслом та здатний викликати іскру, при зіткненні з O² запалюється.

18. Після роботи з кисневими приладами, необхідно провітрити одяг протягом 15-20 хвилин, вийшовши з приміщення на відкрите повітря.

5.2.2 Профілактика перегріву організму робітників

Для зменшення тепла, що вноситься в будівлі мартенівського цеху сонячною радіацією, слід покрити стіни та перекриття будівель, орієнтованих на сонячний бік, фарбами, що відбивають радіаційне тепло (алюмінієва та ін.).

Для боротьби з випромінюванням від нагрітих поверхонь обладнання застосовується охолодження їх водою, покриття теплоізоляційними матеріалами, повітряне та водяне екранування, безперервне охолодження холодною проточною водою кришок та рам завалочних вікон печей. Вода, що нагрівається в рамах і кришках, до температури в 50° повинна безперешкодно відводитися з метою попередження утворення пари і вибуху кришок. З метою захисту від впливу променистої енергії машиніста завалки перед його робочим місцем встановлюється щит, знизу азбестовий, а у верхній частині має металеву сітку з віконцем з товстого скла. Сталевари при випуску металу повинні скористатися переносними азбестовими екранами.

У мартенівських цехах широке застосування знаходить також повітряне душення як стаціонарними, так і переносними пропелерними установками. Повітряне душення здійснюється на завалочних майданчиках та у розливному прольоті біля майданчиків жолобів для випуску сталі, а також на робочих місцях біля ливарної канами. Установки стаціонарного типу для душення розташовуються на стіні або колоні таким чином, щоб вони подавали зосереджений струмінь повітря, спрямований перпендикулярно до поздовжньої осі печі або під деяким кутом до неї. Для отримання достатнього фізіологічного ефекту при температурах повітря, що подається в межах 25-30° рухливість повітря необхідно підтримувати в межах від 2 до 5 м³/сек. Також, можливе застосування повітряного душення на майданчику жолобів, біля випускного отвору печі. При влаштуванні установки необхідно передбачити хорошу ізоляцію повітроводів, що проходять поблизу нагрітих поверхонь печі, і охолодження повітря, що подається розпиленою водою. За цих умов, подаючи через патрубок, до 5000 м³/год повітря зі швидкістю на виході близько 8 м³/сек, можна забезпечити рухливість повітря на робочому місці 4 - 7 м³/сек і знизити температуру на 5—10°.

Комплекс інших, рекомендованих заходів для боротьби з перегрівом організму робітників включає: надання робітникам підсоленої газованої та охолодженої води, білково-вітамінних напоїв, використання гідропробуд, носіння відповідного спецодягу.

З метою запобігання вихолодженню приміщень мартенівського цеху та протягів у холодний період року ворота в них повинні обладнуватися пристроями (автоматичними) для їх закривання після в'їзду та виїзду складів або повітряно-тепловими завісами.

В операторській для видалення тепло- і вологонадлишків та для утримання відповідного рівня вологості, передбачається застосування кондиціонерів із водяним охолодженням. При цьому, неприпустимо перевищення рівня вологості за 70%.

5.2.3 Боротьба з пилом та отруйними газами

Для зниження рівня запиленості ливарного цеху зазвичай використовують «мокрі пиловловлювачі», конструкція котрих зображена на рис. 5.1.[]

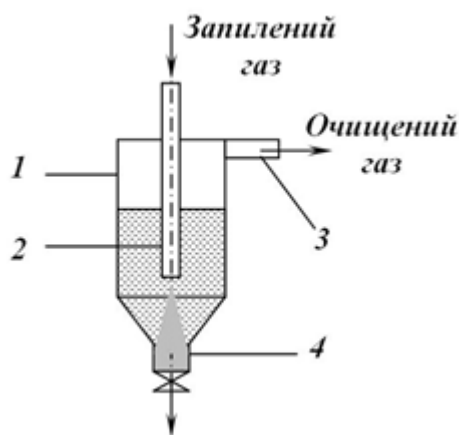


Рисунок 5.1 – Конструкція мокрого пиловловлювача

- | | |
|-----------------------------|-----------------------|
| 1 – Циліндричний резервуар; | 3 – Верхній патрубок; |
| 2 – Центральна труба; | 4 – Нижній патрубок. |

Проходячи по центральній трубі, пилогазова суміш потрапляє в циліндричний резервуар, що заповнений водою. У воді газ звільняється від пилу, що осідає у конічній ділянці циліндру, і виходить крізь верхній патрубок. Осівший пил періодично вичищається з пиловловлювача крізь нижній патрубок. Пил, крупність котрого не перевищує 5 мкм пиловловлювачі нейтралізують з ефективністю в 95%.

Крім того, непоганий ефект по усуненню пилу може дати зрошення, матеріалів що пилять, форсунками з водою при доведенні вмісту в цих матеріалах вологи до 4,5-5%, що робить їх майже безпиловими. Зрошення водою повинно застосовуватися при розвантаженні вагонів на бункерній естакаді та при наборі агломерату з бункерів у вагон-ваги. Ще одним перевіреним засобом позбавлення від шкідливих частинок вважається знепилююча вентиляція. На запилений агрегат монтується місцевий відсмоктувач, що відводить пилові потоки від робочої зони. Експлуатація вентиляційних систем знепилювання

допускається лише після перевірки її ефективності. Для технічного обслуговування таких установок необхідно залучати спеціалістів. До викиду в атмосферу із забрудненого повітря металевий пил видаляється у спеціальних картриджних пиловловлюючих установках.

Можливими заходами з метою запобігання або зниження небезпеки отруєнь окисом вуглецю є взяття на облік небезпечних за газовиділенням ділянок виробництва, систематичний аналіз повітря на утримання окису вуглецю у газонебезпечних місцях. Перебування людей у цих місцях має бути заборонено або обмежене випадками надзвичайної необхідності. Газопроводи та всю апаратуру, що знаходиться під газом, необхідно піддавати періодичним оглядам і у разі виявлення витіку приводити у справний стан. Також, для технологічного оснащення ливарних цехів, обов'язково передбачено місцеві витяжки досить великої продуктивної потужності, зі стійкістю до високих температур.

З метою попередження утворення небезпечної щодо вибуху суміші газу з повітрям, газ у місцях його споживання повинен пускатися тільки на вогонь та попередньо добре прогріті місця. Важливим заходом також є продування газопроводів паром, перед пуском в них газу, оскільки, пара являє собою інертну негорючу речовину, що витісняє повітря яке знаходилося в газопроводі.

Організаційним центром для проведення всіх перерахованих заходів щодо попередження отруєнь окисом вуглецю та вибухів газу має бути добре поставлена газорятувальна служба, що має достатньо навчений штат рятувальників та відповідне обладнання.

5.2.4 Забезпечення електричної безпеки

Так як, в системі автоматизації присутні підключення до 220 V (комп'ютери в операторській, джерела живлення, контроллер та електропривід поворотної засувки), монтаж системи необхідно виконати з використанням дротів та кабелів, що мають ізоляцію напруги не менше 1000 V та не підтримують горіння, обслуговуючому персоналу має бути видано спецобладнання для захисту від ураження струмом. Крім того усі прилади мають

бути підключені до шини загальнопромислового заземлення, використовуючи режим глухозаземленої нейтралі.

Також для забезпечення електробезпеки слід:

- Використовувати запобіжники, задля уникнення КЗ;
- Проводити планово-профілактичні випробовування та ремонти електромереж та обладнання;
- Забезпечити неможливість випадкового доторкання до струмоведучих частин;
- Регулярно проводити інструктажі та перевірки з обізнаності техніки безпеки усіх працівників.

5.3 Пожежна профілактика

Згідно з ДСТУ Б В.1.1-36:2016, мартенівська піч за вибухопожежною небезпекою відноситься до класу Б (вибухопожежо-небезпечна). Так як, у разі утворення газоповітряної суміші в газопроводах та їх нагріву до температури запалювання, може виникнути вибух. Крім того, найбільш частими є вибухи, що виникають у мартенівській печі через використання вологих матеріалів, при потраплянні води в робочий простір печі. Пара, що утворюється в місцях скупчення води не має вільного виходу, через що, її тиск збільшується і вона, прориваючись крізь шар шихти над нею вивільнюється в робочий простір печі – це називається глухим вибухом, в результаті котрого частини розплавлених матеріалів викидаються крізь завалочне вікно.

Також, існують так звані дзвінкі вибухи, які виникають в результаті складних фізико-хімічних процесів, що протікають в печі. Водень та водяна пара, що утворюються в печі, починають активно взаємодіяти з газовою атмосферою і значно підвищують здатність окису вуглецю до вибуху. Через надмірну кількість кисню та температуру над точкою самозаймання газів відбувається вибух.

Наслідки дзвінкого вибуху такі ж як і при глухому, але крім того, можливе пошкодження кладки печі, її склепіння, стінки або голівки.

При викиді розплавленій метал може бути джерелом займання горючих матеріалів і сприяє зниженню стійкості конструкцій будівлі цеху.[24]

Координація роботи по забезпеченню вибухопожежної безпеки а також контроль по проведенню протипожежних заходів має здійснюватися службою пожежної безпеки та газорятувальною службою.

Необхідно регулярно проводити інструктажі з пожежної техніки безпеки та вести протипожежну пропаганду. Приміщення цеху мають бути забезпечені протипожежними засобами а саме: вогнегасниками, ящиками з піском, пожежними кранами з брезентовими рукавами, автоматичними системами пожежогасіння і пожежним водопроводом. Також, робочі місця мають бути оснащені засобами індивідуального захисту та першої допомоги: аптечки, захисні окуляри, протигази, тощо.

При виникненні надзвичайної ситуації необхідно:

- Зберігати спокій, не піддаватися паніці;
- Сповістити протипожежну або газорятувальну службу(по ситуації);
- Повідомити керівника, чергового по об'єкту або іншу компетентну особу;
- Прийняти заходи щодо евакуації(по можливості);
- Вимкнути електромережу(за необхідності).

ВИСНОВКИ

1. В кваліфікаційній роботі предметом дослідження є процес автоматизації керування нагрівом поду мартенівської печі. Об'єктом дослідження є автоматизація процесу стабілізації температури поду мартенівської печі по контуру регулювання витрати природного газу. Метою дослідження є отримання моделі процесу нагріву поду по контуру регулювання витрати природного газу. В якості об'єкта керування виступає система стабілізації температури.

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

3. Розроблено структурну схему системи керування на підставі котрої з урахуванням вимог технологічного процесу обрані датчики та виконавчі пристрої системи керування. За результатами аналізу вимог до функціонування системи керування, датчиків та виконавчих пристроїв обрано пристрій керування VIPA – 215-1BA03 та його модулі. На підставі обраного апаратного забезпечення розроблено функціональну схему автоматизації системи керування та схему електричну принципову системи керування.

4. В результаті проведених досліджень розроблено план експерименту, за яким отримані експериментальні дані. Використовуючи експериментальні дані та аналіз структури і функціонування об'єкта керування проведена структурна ідентифікація, результатом якої є запропонована модель об'єкта керування у вигляді передавальної функції, що відповідає аперіодичній ланці другого порядку з запізненням. За результатами параметричної ідентифікації це припущення підтверджено та отримані параметри моделі об'єкта керування.

5. На підставі параметричної та структурної ідентифікації розроблено імітаційну модель об'єкта керування в графічному середовищі Simulink математичного пакету MATLAB. Порівняння даних перехідних процесів

отриманих на моделі з перевірочними даними показало їх відповідність на 98.8 %. Враховуючи аналіз об'єкта керування, його структури і функціонування та відповідність результатів моделювання, встановлено, що отримана модель є адекватною до об'єкта керування.

6. Подальшим напрямком розвитку роботи є використання отриманої моделі об'єкту керування для його дослідження з метою отримання нових закономірностей та розробки на їх підставі нових принципів та методів керування об'єктом які дозволять підвищити ефективність його функціонування.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Положення про навчально-методичне забезпечення освітнього процесу Національного технічного університету «Дніпровська політехніка» / Укладачі: Ю.О. Заболотна, Є.А. Коровяка, В.О. Салов; М-во освіти і науки України, Нац. техн. ун-т. «Дніпровська політехніка» – Д. : НТУ «ДП», 2018. – 23 с.
2. 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.
3. Стандарт вищої освіти України. Рівень вищої освіти перший (бакалаврський) рівень. Ступінь вищої освіти бакалавр. Спеціальність 151 Автоматизації та комп'ютерно-інтегровані технології. МОН України. – Київ. – 2018. – 17 с.
4. Ткачов В.В. Освітньо-професійна програма вищої освіти «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» / В.В. Ткачов, А.В. Бубликов, М.М. Трипутень – Дніпро, НТУ «ДП», 2019. – 27 с.
5. 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.
6. ДСТУ 1.5:2015. Правила розроблення. Викладання та оформлення національних нормативних документів оформлювання / Нац. стандарт України. – Вид. офіц. – [чинний від 2017-02-01]. – Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2016. – 61 с.
7. ДСТУ 8302:2015. Бібліографічне посилання. Загальні положення та правила складання / Нац. стандарт України. – Вид. офіц. – [Уведено вперше ; чинний від 2016-07-01]. – Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2016. – 17 с.
8. ДСТУ Б А.2.4-16:2008. Система проектної документації для будівництва. Автоматизація технологічних процесів. Зображення умовні приладів і засобів автоматизації в схемах / Нац. стандарт України. – Вид. офіц. – [Уведено вперше ; чинний від 2010-01-01]. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2008. – 10 с.

9. «Графічне оформлення схем електричних принципів» методичні вказівки до практичних занять для студентів напрямів підготовки 0501 інформатика та обчислювальна техніка; 0502 автоматика та управління; 0507 електротехніка та електромеханіка; 0509 радіотехніка, радіоелектронні апарати та зв'язок; 0510 метрологія, вимірювальна техніка та інформаційновимірювальні технології та 1701 інформаційна безпека. / С.В. Балашов, Л.М. Благодарна, Г.С. Тен. – Дніпропетровськ.: НГУ, 2010.–30 с.

10. 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.

11. Бойко О.О. 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

12. 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.

13. Бойко О.О. Проектування систем автоматизації. Методичні рекомендації до виконання курсового проекту з дисципліни для студентів напрямку 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.

14. Положення про систему запобігання та виявлення плагіату у Національному технічному університеті «Дніпровська політехніка» Дніпро, НТУ «ДП», 2019. – 11 с.

16. «Підвищення продуктивності великогрузних мартенівських печей» - Б.П. Зуєв, Е.Г. Гризлов, В.С. Жерновський, А.А. Федюкін, видавництво «Донбас», 1973.

20. <https://rating.zone/ekonomichnyj-ohliad-metalurhijnoi-haluzi-ukrainy/#>.

21. <https://uas.su/articles/raznoe/00006/00006.php>.
22. <https://metinvest-smc.com/ua/articles/martenivska-pich/>
23. 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.
24. <http://opcb.kpi.ua/wp-content/uploads/2014/09/Лекція-9.pdf>.
25. https://www.svaltera.ua/upload/iblock/d6a/VIPA_300S_Catalog_2011.pdf.

ДОДАТОК А – ВІДОМІСТЬ ПРОЕКТУ

№ рядка	Формат	Позначення	Найменування	Кількість аркушів	Шифр документу	Примітка
1			<u>Документація</u>			
2						
3	A4	КІВС.КВР.151.18.20.ПЗ	Пояснювальна записка	82	ПЗ	
4						
5			<u>Графічна матеріали</u>			
6						
7	A2	КІВС.КВР.151.18.20.Е2	Функціональна схема			
8			автоматизації	1	Е2	
9						
10	A2	КІВС.КВР.151.18.20.Е3	Схема електрична			
11			принципова	1	Е3	
12						
13	A4	КІВС.КВР.151.18.20.ПЕ3	Перелік елементів	1	ПЕ	
14						
15	A4	КІВС.КВР.151.18.20.Д	Презентація		Д	
16						
17		КІВС.КВР.151.18.20.ВДЕ	Носій інформації	1	ВДЕ	
18						
19						
20						
21						
22						
23						
24						
25						
26						
27						
28						
29						
			Підп.	Дата	АП.КР.АВТ.151.18.20.ТП	
Зм.	Арк.	№ док.м.				
Розробив		Чорний		05.06	Літ.	Аркуш Аркушів
П. конс.		Проценко				1 1
Н. контр.		Славінський			Національний ТУ «Дніпровська політехніка», ЕФ, 151-18-1	

ВІДГУК
на кваліфікаційну роботу ступеню бакалавра
на тему:

“ Автоматизована система керування нагрівом поду мартенівської печі”
здобувач вищої освіти академічної групи 151-18-1 Чорний Данііл Юрійович

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 Чорний Д.Ю. присвоєння кваліфікації “бакалавр” за спеціальністю “151 Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології”.

Провідний консультант,
Старший викладач

(підпис п.конс.)

Проценко С.М.
(Прізвище, ініціали)

(Дата)

РЕЦЕНЗІЯ

на кваліфікаційну роботу ступеню бакалавра

на тему:

“ Автоматизована система керування нагрівом поду мартенівської печі”
здобувач вищої освіти академічної групи 151-18-1 Чорний Данііл Юрійович

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.

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

Рецензент,

Дата,

Ім'я користувача:
Олег Бойко

ID перевірки:
1011469987

Дата перевірки:
06.06.2022 10:08:25 EEST

Тип перевірки:
Doc vs Internet + Library

Дата звіту:
06.06.2022 10:11:13 EEST

ID користувача:
100008838

Назва документа: 01_151-18-1_Чорний_Д_Ю_ПЗС

Кількість сторінок: 82 Кількість слів: 12351 Кількість символів: 99344 Розмір файлу: 2.43 MB ID файлу: 1011348138

14.1% Схожість

Найбільша схожість: 7.75% з Інтернет-джерелом (<http://ir.nmu.org.ua/bitstream/handle/123456789/158794/%D0%9A%D..>)

14.1% Джерела з Інтернету

166

Сторінка 84

Не знайдено джерел з Бібліотеки

0% Цитат

Вилучення цитат вимкнене

Вилучення списку бібліографічних посилань вимкнене

3.84% Вилучень

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

Немає вилучених Інтернет-джерел

3.84% Вилученого тексту з Бібліотеки

45

Сторінка 84

Модифікації

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

Замінені символи

7