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

Навчально-науковий інститут електроенергетики
(інститут)
Електротехнічний факультет
(факультет)
Кафедра кіберфізичних та інформаційно-вимірювальних систем
(повна назва)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
кваліфікаційної роботи ступеню бакалавра

студента Бессчастнов Єгор Володимирович
(П.І.Б.)

академічної групи 151-17-1
(шифр)

спеціальності 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології
(код і назва спеціальності)

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

на тему Автоматизація процесу управління процесом виробництва електродів для дугової сварки
(назва за наказом ректора)

Консультанти	**Прізвище, ініціали**	**Оцінка за шкалою**		**Підпис**
		рейтинг.	**інституційною**	
Керівник кваліфікаційної роботи	доц. Трипутень М.М.			
Провідний консультант	ст. викл. Надточий В.В.			
Розробка апаратного забезпечення системи управління	доц. Соснін К.В.			
Розробка програмного забезпечення системи управління	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
2021

ЗАТВЕРДЖЕНО:
завідувач кафедри
кіберфізичних та інформаційно-вимірювальних систем
(повна назва)
_____ Ткачов В.В.
(підпис) (прізвище, ініціали)
«_____»_____2021 року

ЗАВДАННЯ
на кваліфікаційну роботу
ступеня бакалавр

студенту Бессчастнов Є.В. **академічної групи** 151-17-1
(прізвище та ініціали) (шифр)

спеціальності 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

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

на тему Автоматизація процесу управління процесом виробництва електродів для дугової сварки

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.	11.05.2021
Розробка апаратного забезпечення системи управління	Обрання датчиків, виконавчих пристроїв та пристрою управління, розробка структурних схем, функціональної схеми автоматизації та принципової схеми електричної.	18.05.2021
Визначення моделі об'єкта управління	Виконання експерименту. Обробка результатів експерименту. Створення моделі об'єкта управління. Перевірка отриманої моделі на адекватність.	25.05.2021
Економічна частина	Економічне обґрунтування доцільність витрат на створення системи управління.	01.06.2021
Охорона праці	Розробка організаційно-технічних заходів, щодо реалізації правил безпеки при експлуатації системи.	05.06.2021

Завдання видано _____ Надточий В.В.
(підпис керівника) (прізвище, ініціали)
Дата видачі 04.05.2021
Дата подання до екзаменаційної комісії 10.06.2021
Прийнято до виконання _____ Бессчастнов Є.В.
(підпис студента) (прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ

Об'єкт дослідження – підсистема автоматичного управління камерою системи сушки та прокалки електродів для дугової сварки у тунельній печі типу ПТ 10/400.

Предмет дослідження – розробка моделі підсистема автоматичного управління для регульованої по температурі камери системи сушки та прокалки електродів для дугової сварки у тунельній печі типу ПТ 10/400.

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

Розглянуто техніко-економічного обґрунтування ефективності результатів розробки і впровадження автоматизованої підсистеми управління технологічним обладнанням з випуску електродів для дугової сварки.

Проведено аналіз небезпечних і шкідливих виробничих чинників, розроблено інженерно-технічні заходи по охороні праці і виконана розрахункова частина.

СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ, ТЕМПЕРАТУРА, СИНТЕЗ ПІДСИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО УПРАВЛІННЯ, ІМІТАЦІЙНА МОДЕЛЬ.

ЗМІСТ

Перелік скорочень 8

Вступ 9

1 Стан питання та постановка завдання 13

1.1 Галузь промисловості 13

1.2 Технологічний процес виготовлення електродів для дугової сварки 14

1.2.1 Складування матеріалів електродного покриття і дроту 14

1.2.2 Технологічна схема виробництва 15

1.2.2.1 Дроблення і помел феросплавів 16

1.2.2.2 Пасивірование феросплавів 17

1.2.2.2 Помел размолвка рудо-мінеральної сировини 18

1.2.2.3 Пневмотранспорт створюється могутніми вентиляторами типу ВВД-8. 19

1.2.2.4 Дозування матеріалів і сухе змішування 19

1.2.2.5 Рубання дроту на стержні 20

1.2.2.6 Технологія виготовлення мокрих замісів 20

1.2.2.7 Прокалка електродів для дугової сварки 21

1.2.2.8 Сортування, зважування і упаковка готових електродів для дугової сварки 22

1.3 Об’єкт управління 23

1.3.1 Загальна характеристика об’єкта управління 24

1.3.2 Структура об’єкту управління 26

1.3.3 Принцип функціонування об’єкту управління 27

1.4 Структура системи управління 27

1.5 Формулювання задачі дослідження 28

1.6 Висновки за розділом 28

2 Розробка апаратного забезпечення системи управління 29
2.1 Розробка структурної схеми підсистеми управління 29
2.2 Розробка структурної схеми інформаційних потоків 30
2.3 Вибір апаратного забезпечення підсистеми управління 31
2.3.1 Вибір датчиків 31
2.3.2 Вибір виконавчих пристроїв 32
2.3.3 Вибір пристроїв управління 35
2.3.4 Вибір джерел живлення 40
2.4 Розробка функціональної схеми автоматизації 42
2.5 Розробка схеми електричної принципової 43
2.6 Висновки за розділом 44
3 Визначення моделі об’єкта управління 45
3.1 Розробка структурної схеми інформаційних потоків дослідницької системи 45
3.2 Розробка методики дослідження об’єкта управління 46
3.3 Виконання експерименту 48
3.4 Обробка результатів експерименту 53
3.4.1 Підготовка даних 53
3.4.2 Структурна ідентифікація 55
3.4.3 Параметрична ідентифікація 58
3.4.4 Розробка моделі об’єкта управління в Simulink 61
3.4.5 Перевірка моделі на адекватність 62
3.5 Висновки за розділом 63
4 Економічна частина 64
4.1 Техніко-економічне обґрунтування впровадження автоматизації процесу підтримання температури в автоклаві 64

4.2 Розрахунок капітальних витрат пов'язаних з впровадженням системи керування..... 64
4.3 Розрахунок капітальних витрат на програмне забезпечення 65
4.3.1 Розрахунок часу на розробку програмного забезпечення 65
4.3.2 Розрахунок витрат на розробку програмного продукту 68
4.4 Розрахунок експлуатаційних витрат 69
4.4.1 Амортизація основних фондів 69
4.4.2 Розрахунок фонду заробітної плати 70
4.4.3 Відрахування на соціальні заходи 71
4.4.4 Розрахунок витрат на технічне обслуговування та ремонт 71
4.4.5 Витрати на електроенергію 71
4.4.6 Інші витрати 72
4.5 Визначення додаткового прибутку від впровадження системи керування .. 73
4.6 Оцінка економічної ефективності проекту 73
4.7 Висновки 74
5 Охорона праці 76
5.1 Аналіз умов праці оператора персонального комп’ютера(ПК)..... 76
5.2 Рекомендації по покращенню умов охорони праці оператора ПК 78
5.2.1 Вибір оптимального режиму праці та відпочинку 78
5.2.2 Безпека праці при користуванні технічними засобами 79
5.2.3 Вимоги до приміщення. 80
5.2.4 Вимоги до освітлення 81
5.2.5 Вимоги до електромережі 81
5.3 Пожежна профілактика..... 82
5.6 Висновки 85
Висновки 86

Перелік посилань 87

Додаток А 90

Додаток Б 91

Відгуки консультантів кваліфікаційної роботи 92

Відгук 93

Рецензія 94

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

ОУ – об’єкт управління;

САУ – система автоматичного управління;

ПЛК – програмований логічний контролер;

ЕОМ – електронна обчислювальна машина.

ВСТУП

Процес зварювання з'явився ще у бронзовому віці, коли людина почала набувати досвід обробки металів для виготовлення знарядь праці, бойової зброї, прикрас та інших виробів.

Першим відомим способом зварювання є ковальське. Воно забезпечувало достатньо високу, на той час, якість з'єднання, особливо при роботі з пластичними металами, такими, як мідь. Із винайденням бронзи, яка є твердішою і гірше піддається куванню, виникало ливарне зварювання. Під час ливарного зварювання крайки з'єднуваних деталей заформовують спеціальною сумішшю і заливають розігрітим рідким металом. Цей присадковий метал сплавляється з виробом і, застигаючи, утворює шов. Такі з'єднання знайдені на бронзових посудинах Стародавньої Греції та Риму. Зварювання було використано під час побудови Залізного стовпа в Делі, Індія.

У 1802 році російський академік Василь Петров звернув увагу на те, що при пропусканні електричного струму через два прутики з вугілля або металу між їхніми кінцями виникає яскрава дуга (електричний розряд), яка має дуже високу температуру. Він дослідив та описав це явище, а також указав на можливість використання тепла електричної дуги для розплавлення металів і тим самим заклав основи дугового зварювання металів.

Але існують відомості про те, що англійський хімік сер Гемфрі Деві в 1800 першим дослідив електричну дугу і описав можливе застосування її в промисловості.

В той час результати досліджень Василя Володимировича Петрова не були використані, ні в Росії, ні за кордоном. Лише через 80 років інженери - Микола Миколайович Бенардос і Микола Гаврилович Слав'янов застосували відкриття Петрова на практиці та розробили різні промислові способи зварювання металів електричною дугою.

Микола Бенардос в 1882 винайшов спосіб дугового зварювання із застосуванням вугільного електрода. У наступні роки він розробив наступні методи зварювання: дугою, яка горить між двома або декількома електродами; в

атмосфері захисного газу; контактне точкове електрозварювання за допомогою кліщів. Створив ряд конструкцій зварювальних автоматів, запатентував в Росії та за кордоном велику кількість різних винаходів у галузі зварювального устаткування та процесів зварювання.

Автором методу дугового зварювання металевим плавким електродом, найпоширенішого в наш час, є Микола Слав'янов, який розробив його в 1888. Через два роки американський інженер Чарльз Гофін повторив відкриття і запатентував метод дугового зварювання плавким металевим електродом на території США.

Микола Слав'янов не лише винайшов дугове зварювання металевим електродом, описав його у своїх статтях, книгах і запатентував у різних країнах світу, але й сам широко впроваджував його в практику. За допомогою навченого ним колективу робітників-зварювальників Слав'янов виправляв дуговим зварюванням брак лиття та відновлював деталі парових машин і різного великого устаткування. Він створив перший зварювальний генератор з автоматичним регулятором довжини зварювальної дуги, розробив флюси для підвищення якості наплавленого металу при зварюванні. Роботи Бенардоса і Слав'янова є основою сучасних методів електричного зварювання металів.

В 1900 англієць Артур Строхменхер почав промисловий випуск покритих металевих електродів зі стійкішою під час горіння дугою. В 1919 англієць Клод Джозеф Холсланг винайшов джерело змінного струму, яке забезпечувало стійкіше горіння дуги, але в промисловості цей винахід на десятиліття забутий.

Родоначальник контактного зварювання — англійський фізик Вільям Томсон (лорд Кельвін), який уперше застосував стикове зварювання в 1856. В 1877 у США Еліх Томсон самостійно розробив стикове зварювання і впровадив його в промисловість. В тому ж 1877 у Росії Микола Бенардос запропонував способи контактного точкового і шовного (роликового) зварювання. На промисловій основі в Росії контактне зварювання запроваджено в 1936, після освоєння серійного випуску контактних зварювальних машин.

Ацетилен, винайдений в 1836 Едмундом Деві, почав використовуватися як горючий агент при газовому зварюванні з 1900, водночас із винаходом газового пальника.

Бурхливий розвиток зварювальних технологій і обладнання почався за часів Першої світової війни. Британці почали використовувати зварювальні процеси при побудові військових кораблів із суцільнозварними корпусами.

Упродовж 20-х років XX ст. головні акценти в зварювальних технологіях ставилися на розвиток автоматичного зварювання. Великий внесок у розвиток різноманітних видів зварювання зробив академік Євген Оскарович Патон та фахівці Інституту електрозварювання, які вперше у світі розв'язали складні наукові і технічні завдання, пов'язані з автоматичним зварюванням броні, розробили досконалу технологію і необхідне обладнання. Було досліджено процеси, що відбуваються у потужній зварювальній дузі, яка горить під флюсом, розроблено нові зварювальні флюси і знайдено місцеву сировину для їх масового виробництва. Широко проводився пошук способів багатодугового та багатоелектродного автоматичного зварювання під флюсом, розроблено технологію напівавтоматичного зварювання під флюсом, створено перші зварювальні напівавтомати.

Застосування автоматичного зварювання в оборонній промисловості дало винятково великий ефект і забезпечило можливість різкого збільшення випуску бойових машин, боєприпасів і озброєння високої якості. В умовах воєнного часу застосування автоматичного зварювання під флюсом для виробництва техніки стало вирішальним чинником різкого нарощування обсягів виробництва у стислі терміни. В роки війни в жодній країні, окрім Радянського Союзу, автоматичне зварювання під флюсом у танковій промисловості не застосовувалося. Лише в останні воєнні роки за прикладом СРСР почали освоювати цей спосіб при виготовленні бронекорпусів танків і самохідних артилерійських установок у США.

Борису Патону було доручено розробити електричну схему нових автоматичних зварювальних головок, що реалізують відкрите в 1942 Володимиром Дятловим явище саморегулювання дуги. З цим завданням

молодий інженер упорався блискуче. Винятково проста конструкція, надійність і зручність у роботі не лише дали змогу випускати нові головки в умовах простих механічних майстерень, а й вирішували проблему кадрів при їх експлуатації. Як відзначав у своїх спогадах Євген Патон, «пробний пуск першої нової головки відбувся у листопаді 1942, а до кінця війни вона вже зварила сотні кілометрів швів на бортах бойових машин! Починаючи з січня наступного року ми встановлювали на всіх нових верстатах тільки спрощені одномоторні головки А-80, виготовлені в майстернях інституту. Вони переможно вирушили по всіх заводах військової промисловості і відіграли величезну роль у випуску продукції для фронту. Це був поворотний момент у поширенні швидкісного зварювання на оборонних підприємствах країни». В 1943 Борис Патон одержав свій перший орден «Знак Пошани».

Зварювання повсюдно витіснило спосіб нероз'ємного з'єднання деталей за допомогою заклепок.

На сьогодні зварювання є найбільш розповсюдженим способом з'єднання деталей при виготовленні металоконструкцій. Широко застосовується зварювання в комплексі з литтям, штампуванням і спеціальним прокатом окремих елементів заготовок виробів, майже повністю відтіснивши складні та дорогі суцільнолиті та суцільноштамповані заготовки.

1 СТАН ПИТАННЯ ТА ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ

1.1 Галузь промисловості

Державне підприємство «Дослідний завод зварювальних матеріалів Інституту електрозварювання ім. Є.О.Патона Національної академії наук України» є одним з ведучих підприємств з виробництва зварювальних матеріалів в Україні і країнах СНД.

Завод входить до складу науково-технічного комплексу "Інститут електрозварювання ім. Є.О.Патона" - визнаного в усьому світі наукового центра в області зварювання. Результатом нашого співробітництва з фахівцями Інституту електрозварювання, що мають великий досвід у розробці нових зварювальних матеріалів, стали численні марки електродів, порошкового дроту, плавлених і керамічних флюсів, впроваджені у вітчизняну промисловість.

Підприємство має успішний багаторічний досвід роботи в Україні і країнах ближнього зарубіжжя з найбільшими підприємствами суднобудування і судноремонту, енергетичного, нафтогазового і металургійного комплексів, машинобудування, а також будівельно-монтажними організаціями.

Завдяки впровадженню нового і постійній модернізації діючого технологічного обладнання, а також високій кваліфікації трудового колективу підприємство змогло не тільки вижити в період становлення ринкової економіки, але і зайняти одне з ведучих місць на ринку зварювальних матеріалів.

Завод має у своєму розпорядженні необхідний комплекс виробничого обладнання і відпрацьованих технологічних процесів, що дозволяють випускати високоякісні зварювальні матеріали. Ми готові розглянути і виконати будь-як замовлення на виготовлення зварювальних електродів для дугової сварки, порошкового дроту, флюсів. При цьому, основна наша мета - забезпечення якості продукції, що цілком задовольняє вимогам споживача.

Спеціалізована випробувальна лабораторія заводу оснащена сучасним обладнанням, приладами і методиками, необхідними для виконання вхідного контролю сировинних матеріалів, поточного контролю технологічних процесів і приймально-здавальних випробувань готової продукції. Випробу- вальна

лабораторія акредитована на технічну компетентність Національним агентством по акредитації України і має атестат акредитації, а також має технічну компетенцію відповідно до вимог Російського Морського Регістра Судноплавства, підтверджену свідоцтвом.

Вся продукція, що випускається ДП "ДЗЗМ ІЕЗ ім. Є.О.Патона НАНУ", сертифікована в державній Системі сертифікації УКРСЕПРО і має сертифікати відповідності, а також має гігієнічні висновки Головного санепідуправління Міністерства охорони здоров'я України. Ряд марок електродів для дугової сварки – УОНИ 13/45, УОНИ 13/55, АНО-6Р мають сертифікати схвалення продукції Російського Морського Регістра Судноплавства.

На заводі діє система управління якістю, що відповідає вимогам міжнародного стандарту ISO 9001-2000 і підтверджена сертифікатом відповідності Системи сертифікації УкрСЕПРО.

1.2 Технологічний процес виготовлення електродів для дугової сварки

1.2.1 Складування матеріалів електродного покриття і дроту

Матеріали покриття поступають на склад в залізничних вагонах або контейнерах насипом в шматках илив вигляді готових порошків в мішках або банках.

Розвантажують вагони за допомогою механічної лопати, вакууму-труби або вручну в спеціальні контейнери, бункери або траншеї. Затарені матеріали складають в штабеля.

Матеріали повинні зберігатися суворо по партіях; різні партії навіть однойменного матеріалу змішувати забороняється. Допуск у виробництво кожної нової партії матеріалу дозволяється після отримання позитивного результату аналізу заводської хімічної лабораторії. Матеріали, що поступають з нового родовища, зазнають еталонного контролю. До повного витрачання партії матеріалу забороняється брати в роботу нову партію.

Склад повинен забезпечувати збереження матеріалів від попадання вологи і забруднення.

Матеріали, придатні для виробництва, відпускаються в цех з обов'язковим супровідним ярликом, на якому потрібно вказувати найменування матеріалу, дату надходження, номер партії і масу.

Всі види обробки даного матеріалу повинні фіксуватися на ярлику з обов'язковою відміткою прізвища робітника. По мірі використання матеріалу супровідні ярлики підколюють до рапорту майстра; таким чином завжди відомо, з яких партій матеріалів виготовлені певні партії електродів для дугової сварки.

Дріт також потрібно зберігати і витратити по партіях незалежно від того, як вона поступає: в бухтах або намотана на котушках.

Приймають матеріали на зовнішній вигляд і сертифікат. Для дозволу матеріалу у виробництво необхідно зробити його хімічний аналіз в заводській лабораторії. Проби матеріалів для хімічного аналізу відбирають по ГОСТ 4423-48.

1.2.2 Технологічна схема виробництва

Виробництво зварювальних електродів для дугової сварки полягає у відповідній обробці кожного матеріалу, вхідного в покриття, дозуванні по рецепту, виготовленні однорідної сухої і мокрої суміші, нанесенні певного шара цієї суміші на стержні, сушці і прокалки готових електродів.

Всі матеріали покриття проходять наступну обробку дроблення, помел, просів, дозування, сухе змішування, змішування сухий шихти з рідким склом, рубання дроту на стержні, нанесення на стержні покриття, пров’ялювання, сушку і прокалку електродів, сортування, зважування і упаковку електродів.

Електроди з фтористо-кальціевим (основним) покриттям дуже чутливі до найменших порушень технологічного процесу. Всі операції обробки матеріалів покриття потрібно ретельно виконувати, параметри рідкого скла суворо витримувати, заміси добре перемішувати. Величина замісів повинна бути але можливості меншої в зв'язку з тим, що така суміш довго зберігатися не може. Температурний режим печі потрібно суворо дотримувати, оскільки такі електроди у великій мірі схильні до тріщино-утворенню і здуттю покриття під час прокалки.

При виготовленні електродів малих діаметрів (1-2,5 мм) потрібно більш тонкий помел матеріалів покриття і тривале перемішування замісів для усереднення; необхідно також підвищити вимоги до якості електродних стержнів і ексцентричності покриття.

1.2.2.1 Дроблення і помел феросплавів

Мінерали і феросплави, що поступають від постачальників у великих шматках, піддають дробленню до розмірів шматків 15-20 мм.

Основна задача, яку переслідують при помелі феросплавів, полягає в отриманні необхідної фракції з мінімальним змістом пилу. Крім того, завжди треба пам'ятати, що феромарганець і фероптан вибухонебезпечні при помелі.

Помел феросплавів можна виробляти наступними способами:

- на млинах безперервної дії в середовищі інертного газу з одночасним просівом;
- шляхом мокрого помелу;
- на млинах періодичної дії з добавкою інертного матеріалу і подальшим просівом на механічних ситах.

Помел феросплавів на млинах безперервної дії в середовищі інертного газу з одночасним просівом - процес досить продуктивний, фракція виходить однорідною і майже не містить пилу.

Мокрий помел забезпечує повну вибухобезпека, феросплав виходить частково пасівірованим, не містить пилоподібної фракції.

Технологія помелу феросплавів мокрим шляхом на млині типу 2ШМ-0. У млин завантажується 675 кг стальних куль, в тому числі 15% діаметром 50 мм, 45%диаметром 60мм і 50% діаметром 80 мм. Роздроблений, таким чином, феросплав живильником подається в млин з швидкістю 300 кг/ч, сюди ж додається хромово-кислий калій з розрахунку 0,2% від маси феросплаву. По мірі помелу феросплав насичається водою. Надходження води відпрацьовується і регулюється в залежності від необхідної фракції феросплаву. Пульпа, вміщує розмолотий феросплав, прямує в центрифугу. Після фугірования залишкова волога в феросплаві, що складає не більше за 2%.

Технологія помелу феромарганця на млині періодичної дії типу ШМ-1П. До цього часу для помелу феромарганця використовують установки періодичної дії з подальшим просівом на механічних ситах.

У млин завантажують 900 кг стальних куль (625 кг діаметром 80-85 мм і 275 кг діаметром 60- 65 мм), 350 кг дробленого феромарганцю і 6% інертних добавки. Інертною добавкою може служити будь-який мінерал у вигляді порошку. Для цієї мети краще використати мелену слюду, якщо вона входить до складу покриття електрода марки, що виготовляється. Час помелу 20-25 хв. Після відключення млина необхідна витримка 15-20 хв. для осідання пилу, потім ферромарганец вивантажують через гратку, яку встановлюють на розвантажувальний люк для затримання куль.

Просів розмолотого феромарганцю проводиться через сітку № 04 (331 отв./см^2) по ГОСТ 6613-53.

Велику фракцію, що Залишилася на сітці піддають повторному помелу по наступній технології: в млин завантажують 350 кг феромарганцю, 3% інертних добавки, час помелу 20-25 мін. Після помелу размолвка повторну фракцію можна просівати через сітку № 05 (198 отв/см2) по ГОСТ 6613-53. У контейнер готового феромарганцю мельник зобов'язаний покласти ярлик з вказівкою дати помелу размолвка і просіву і свого прізвища.

1.2.2.2 Пасивірування феросплавів

Свіже-розмолоті порошки феросплавів дуже активно вступають в реакцію з лугами рідкого скла при виготовлень електродів, тому феросплави заздалегідь піддають пасивіруванню.

Відомі наступні методи пасивірування: 1) мокра обробка водою, або пасивірующими компонентами; 2) шляхом прогрівання; 3) шляхом «остарювання» (окислення з поверхні) на повітрі, з подальшим внесенням пасивірующих коштів в рідке скло або в мокрий змішувач при виготовленні замісу.

Як пасивіруючий засіб застосовують розчини марганцевокислого або хромово-кислого калію.

При мокрому пасивіруванні в меленим феросплавом наливають 2% водний розчин марганцевокислого калію або 5% розчин хромово-кислого калію і періодично, при 24-годинній витримці, перемішують. Потім розчин зливають, феросплав висушують і просівають через відповідну сітку.

Пасивірування шляхом прогрівання - просіяний феросплав прогрівають на механічній сущці або противне при температурі 160°С протягом 30 хв. при періодичному перегортанню.

Остарювання- витримку просіяного феросплаву па повітрі протягом 5-6 діб можна прискорити періодичним перегортанням.

Якщо застосовують остаренний таким чином феросплав, при виготовленні мокрого замісу досить залити в бігуни насичений розчин марганцевокислого калію (6,5% водний розчин) з розрахунку 300 $см^3$ розчину на 100 кг сухий шихти. Якщо застосовують сіль хромово-кислого калію як пасивірующій засіб, її можна завантажувати безпосередньо в автоклав при вариві рідкого скла. У автоклав завантажують хромово-кислий калин в межах 0,1-0,5% від кількості силікатної брили, що завантажується, потім це рідке скло застосовують при виготовленні мокрих замісів. При використанні остаренних на повітрі феросплавів досить завантажувати в автоклав 0,1% хромо-вокислого калію.

З урахуванням вимог естетики виробництва, техніки безпеки і трудомісткості, кращим є третій метод пасивірування, по якому потрібно лише створити тижневий запас просіяного феросплаву.

1.2.2.2 Помел размолвка рудо-мінеральної сировини

Помел размолвка руд і мінералів проводять на млинах безперервної дії з сепарацією, і пневмотранспортом, а також на млинах з одночасним просівом на млинах періодичної дії.

При помелі размолвка на млинах безперервної дії з сепарацією і пневмотранспортом завантаження дробленого матеріалу в млин відпрацьовують так, щоб за одиницю часу маса матеріалу, що завантажується і маса розмолотого придатного порошку, понесеного пневмотранспортом, були рівні і максимальні.

Матеріал по мірі помелу размолвка з допомогою пневмотранспорту передається в сепаратора, де відділяється велика фракція від придатної, великий порошок прямує по трубах в млин на помел, придатна фракція по окремих трубопроводах поступає в циклони, де осідає і через «мигалки» передається в бункери дозуючого відділення. Пилоподібна фракція повітрям несеться далі на фільтри, де затримується, обчищене повітря видається в атмосферу.

1.2.2.3 Пневмотранспорт створюється могутніми вентиляторами типу ВВД-8

Швидкість повітря відпрацьовується в кожному окремому випадку експериментально для кожного матеріалу і залежить також від довжини і діаметрів трубопроводів пневмотранспорту, заданої величини фракції матеріалу і продуктивність млина.

При завантаженні млина потрібно враховувати, що оптимальна норма заповнення об'єму млина кулями становить 30-40%.

1.2.2.4 Дозування матеріалів і сухе змішування

В цехах, побудованих останнім часом, є автоматичні лінії дозування матеріалів і сухого змішування. Майже скрізь працює автоматична вага типу ДМС-1-,20 і ДП-20. Збір зважених матеріалів здійснюється стрічковим транспортером або вібротрубою.

Для змішування шихти застосовують барабанні змішувачі у вигляді усіченого конуса, валкові змішувачі або ж змішування проводять за допомогою стислого повітря.

Найбільш ефективним змішувачем є барабан у вигляді усіченого конуса з лопатями на внутрішній поверхні.

Весь процес дозування матеріалів і сухого змішування при повній автоматизації проводиться натисненням однієї кнопки.

Зважені матеріали поступають в змішувач на 10-12 хв. осереднюються до повної однорідності. Правильність роботи ваги і однорідність змішування контролюються систематично.

Зберігають шихту по замісах в контейнерах з конусним дном, що відкривається або в спеціальних бункерах, де заміси нашаровуються один на іншій. При другому варіанті зберігання порушується систематичність контролю якості шихти по замісах, втрачається можливість вилучення бракованого замісу. Крім того, при тривалому зберіганні і зсипанні шихти може статися розшарування, чому порушується її однорідність. Тому зберігання шихти по замісах в контейнерах потрібно вважати більш технологічним.

1.2.2.5 Рубання дроту на стержні

Рубання дроту на стержні проводиться на правильно-відрізних станках різних типів. Відрізняються станки в основному конструкцією ріжучого пристрою: летучі ножі (ножі зміцнюються на роликах, що обертаються) і гільйотинний ніж. Кут зрізу стержнів виходить краще на станках з гільйотинним розрізом, але ці з ганки менш продуктивні і складніше по конструкції.

Перед заправляння дроту в правильно-відрізний станок оператор зобов'язаний пересвідчитися, що дріт перевірений контролером ОТК. Правильна установка технологічного інструмента відповідно до діаметра дроту і необхідний догляд за станками дають можливість одному оператору обслуговувати одночасно три-чотири станки при роботі з 1-т котушок.

Рублені стержні за допомогою спеціального пристрою перевантажуються в контейнери і транспортуються до пресів або за допомогою транспортера переноситься від станків безпосередньо до пресів.

1.2.2.6 Технологія виготовлення мокрих замісів

Суха шихта по замісах або певна доза сухої шихти переноситься в бігунковий змішувач, куди за допомогою автоматичного дозатора і іншого пристрою подається задана кількість рідкого скла необхідної характеристики. Час перемішування 10- 16 мін. Суміш повинна бути однорідною, без сухих грудок.

Для зручності завантаження мокрого замісу в прес і рівномірної опресовки виготовляють брикети. Брикети готують безпосередньо біля бігункового

змішувача і готові транспортують до електродо-обмазочному агрегату, або готовий заміс транспортують до агрегату, де на пресі його брикетують. Для завантаження мокрої шихти в брикетовний прес застосовують спеціальний черв'ячний живильник.

На 20-т пресах типу АОЕН-1 суміш подається в брикетовний пристрій з допомогою стругача.

1.2.2.7 Прокалка електродів для дугової сварки

Вогкість покриття електрода після опресовки становить 10-12%. Ця волога повинна бути видалена при прокалці майже повністю, при цьому електродне покриття не повинне тріскатися, склеюватися і проминається. Прокалка повинна забезпечити вологостійкість покриття.

У цей час існує цілий ряд конструкцій камерних і конвеєрних печей для: прокалки електродів для дугової сварки.

Вогкість покриття електрода після опресовки свіже-опресовані електроди витримують на повітрі протягом 24 г, при цьому втрачається біля 50% вологи покриття (так зване природне пров’ялювання) потім електроди на рамках завантажують в камерні печі для прокалки.

У високопродуктивних сучасних цехах електродо-обмазочний агрегат знаходиться в потоку з прокалочною піччю. Свіже-опресовані електроди поступають безпосередньо в прокалочну піч. Поступово підвищення температури по зонах від 50°С до температури прокалки забезпечує необхідну технологію прокалки електродів. Задана температура прокалки вказується в паспортах на електрод кожної марки і коливається від 200 до 400°С. Прі цьому електроди основного типу прокалюються при більш високій темпера турі (360-400°С).

Вологостійкість покриття забезпечується застосуванням високо-модульного рідкого скла і відповідним для кожної марки температурним режимом прокалки. Залишкова вогкість прокалених електродів з кислим покриттям не повинна перевищувати 0,5%, а в електродах з основною обмазкою - ОД %.

Вологостійкість для всіх електродів обов'язкова.

1.2.2.8 Сортування, зважування і упаковка готових електродів для дугової сварки

При дотриманні технологічного процесу по всіх операціях і високої культури виробництва електроди але зовнішньому вигляду повинні повністю задовольняти вимогам ГОСТ 9466-60. Механічні властивості і хімічний склад металу шва повинні відповідати ГОСТ 9467-60. Найменше відхилення від технології виробництва погіршує якість електродів і їх зовнішній вигляд. Тому технологічний процес повинен суворо зазнавати пооперaційному контролю, а готова продукція перевірятися відповідно до вимог вказаних ГОСТів.

Відсортовані на зовнішній вигляд захололі електроди зважують пачками по 5 кг, пов'язують, завертають у водонепроникний папір (ГОСТ 8828-61) або картонні пачки. На кожну пачку наклеюють ярлик.

Ярлик повинен містити наступні відомості про електроди: 1) найменування організації постачальника) марку електродів, тип, номери ГОСТів, яким відповідають електроди; 3) масу однієї пачки; 4) діаметр, номер партії і дату виготовлення; 5) рекомендовані режими зварювального струму; 6) механічні властивості металу шва; 7) технологічні параметри при зварюванню; 8) основні технологічні властивості; 9) умовне позначення електродів по ГОСТ 9467-60.

На більшості сучасних виробництв зважування механізоване, упаковка в папір або в пачки в ящики досі проводиться вручну. Розроблені автомати для сортування, зважування і упаковки електродів мають ряд недоліків.

Упаковану продукцію піддають перевірці. До повної перевірки готову продукцію споживачу не відвантажують.

По ГОСТ 9467-60. передбачається наступне умовне позначення електродів: наприклад, марка електродів МР-3, діаметр 5,0 мм, покриття рутилове МР-3-5, ГОСТ 9467-60.

Технологія виробництва електродів на кожному підприємстві розробляється відповідно до діючого обладнання і інших специфічних умов.

Розроблена і затверджена технологія виробництва є законом для всіх працюючих.

1.3 Об’єкт управління

Головною проблемою ринку зварювальних електродів для дугової сварки на сьогоднішній день є те, що розроблені інновації практично не впроваджуються, що пов'язано з відсутністю достатньої кількості вільних коштів в обороті українських підприємств. Крім того, варто враховувати, що впровадження нових технологій в сферу неможливий без підвищення загального технічного рівня і культури виробництва зварювальних матеріалів, а також зростання попиту. Важливим для виведення інновацій на ринок є також пошук більш доступною сировинної бази.

Рівень випуску зварювальної продукції досить сильно залежить від масштабів промислового виробництва і будівництва. Зафіксований в минулому році в нашій країні зростання виробництва може позитивно позначитися і на досліджуваній галузі.

На ринку зварювальних електродів сьогодні працюють середні і кілька більших виробників електродів, які контролюють близько 90% внутрішнього виробництва даної продукції. Зварювальні електроди українського виробництва користуються високим попитом як в Україні, так і за кордоном завдяки своїй якості та доступної вартості. Разом з тим, асортимент імпортних електродів все ж переважає над українською продукцію по ширині - вітчизняні компанії ведуть нові розробки в цій галузі, але підприємства на даному етапі не вкладають кошти в модернізацію своєї продукції.

Одним з найбільш енергоємним при виготовленні електродів є процес прокалки електродів, тому у кваліфікаційні роботі саме цьому й буде присвячена основна увага, тобто розробці підсистеми управління технологічним обладнанням прокалки електродів.

1.3.1 Загальна характеристика об’єкта управління

Виходячи з технологічного процесу у якості об’єкта управління обрана технологічна піч для процесу прокалки електродів для дугової сварки (рис. 1.1).

Печі тунельні для сушки і розжарювання електродів ПТ 10/400, ПТ 16/450, ПТ 24/450.

- піч секційна-модульного типу;
- забезпечує рівномірний нагрів;
- гранично проста в обслуговуванні;
- захищена патентами.

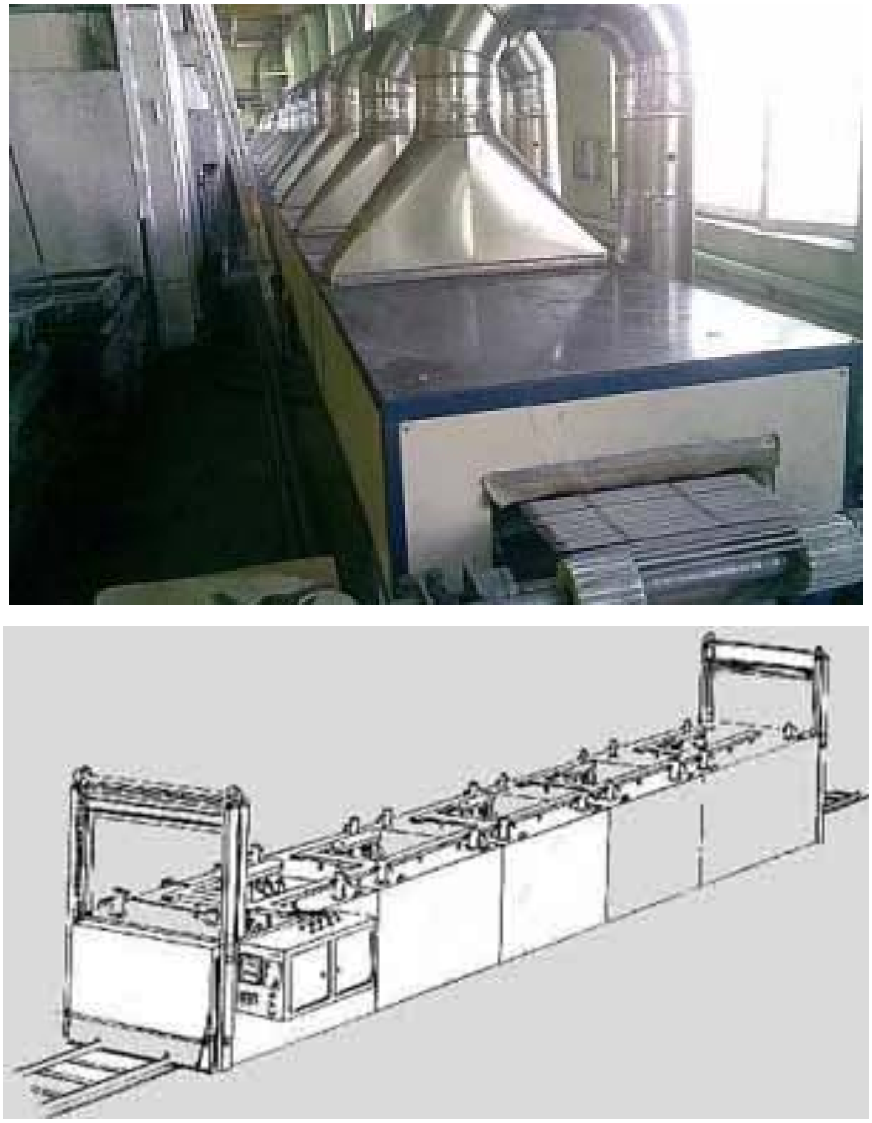

Рисунок 1.1 – Печі тунельні для сушки та прокалки електродів ПТ 10/400, ПТ 16/450, ПТ 24/450

Таблиця 1.1 – Технічні характеристики печей тунельних для сушки та прокалки електродів ПТ 10/400, ПТ 16/450, ПТ 24/450

Модель печі	ПТ 10/400	ПТ 16/450	ПТ 24/450
Максимальна температур, Со	400	450	
Діаметр електродів, мм	1,6; 2; 3; 4; 5		
Потужність печі з урахуванням пров'ялювання електродів, т/зміну:			
- рутилового типу (200Со max)	8,0...10,0	12,0...14,0	16,0...18,0
- основного типу (400Со max)	4,0...5,0	5,5...7,0	8,0...10,0
Максимальне завантаження печі:			
-електродами, кг	2500	4000	6000
- повна, кг	3750	6000	9000
Кратність загрузки електродами (повна), кг	500 (750)		
Цикл загрузки хв.	10...60		
Розмір робочої камери, мм:	1100х1500		
- в перетині	500 (750)		
- довжина	10 000	16 000	24 000
Кількість теплових секцій, шт.	5	8	12
в т.ч. регулюючих по температурі, од.	3	4	6
Встановлена потужність, кВт	170	240	380
Продуктивність вентилятора (однієї секцій), м3/час	1000, 1500		
Габаритні розміри (с механізмом завантаження), мм 2380 (В) х 3200 (Н)	х 10500 (16500) (L)	х 16500 (24000) (L)	х 24500 (30500) (L)
Маса, кг	16000	25500	37500
Фундамент не потребуються.			
Пересування теліжок крізь піч - за допомогою електромеханічного приводу (конвеєр).			

Державне підприємство «Дослідний завод зварювальних матеріалів Інституту електрозварювання ім. Є.О.Патона Національної академії наук України» у своєму технологічному процесі для сушки та прокалки електродів використовує піч тунельну ПТ 10/400.

Піч для сушки та прокалки електродів влаштована за модульним принципом і складається з п'яти п'ятиметрових модулів, три з яких одночасно є

зонами температурного нагріву. Контроль температури треба здійснювати з точністю до одного градуса за допомогою термопари.

Основні технічні характеристики:

- маса завантажених електродів – 2,5 тони електродів діаметром до 5 мм. за 7 годин роботи.
- кількість керованих зон нагріву - 3 (знизу);
- максимальна температура нагріву вироби - 400°С;
- кожна зона нагріву має щілинну трубу для видалення вологи;
- параметри вентилятора видалення вологи (загальній вентилятор для усіх зон нагріву) ~380 В, 560 Вт;
- максимальна споживана потужність – 170 кВт (2 некерованих зони по 10 кВт, кожна та 3 керованих зони по 50 кВт кожна.

1.3.2 Структура об’єкту управління

До складу структури система управління процесом сушки та прокалки електродів у печі тунельній типу ПТ 10/400 входять наступні електричні компоненти:

- кількість керованих зон нагріву – 3 (кожна з них 50 кВт, ~380 В);
- кількість некерованих зон нагріву – 2 (кожна з них 10 кВт, ~380 В);
- кількість датчиків температури нагріву вироби (до 400°С, 1 %);
- привід вентилятора видалення вологи (0,56 кВт, ~380 В);
- привід конвеєру переміщення електродів у печі (2,0 кВт, ~380 В);

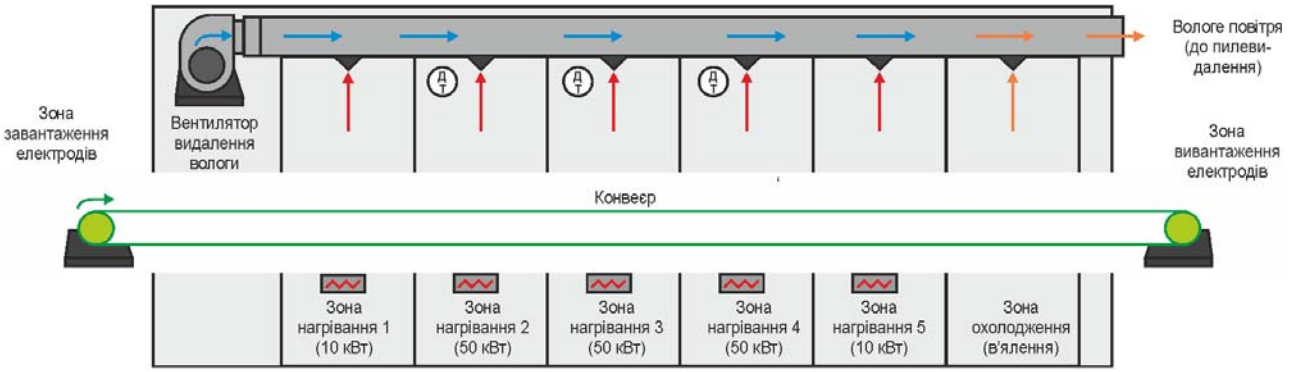

Рисунок 1.2 – Загальна структура системи сушки та прокалки електродів у печі тунельній типу ПТ 10/400

1.3.3 Принцип функціонування об’єкту управління

У кваліфікаційній роботі, в якості об’єкту управління, обрано технологічне обладнання прокалки електродів.

При подачі електричної енергії на термоелектричний елемент, відбувається його нагрівання. Тепло передається на внутрішню камеру печі, в якій відбувається прокалка і сушка електродів, вони рівномірним шаром розкладаються на спеціальних решітках конвеєра печі.

Залежно від типу електродів необхідно плавно набирати і знижувати температуру, відповідно до технологічної карти, без різких стрибків, що може привести до руйнування обмазувального шару на електроді.

Час і температура, необхідна для розжарювання і сушки, також визначаються відповідно до технологічної карти випуску продукції і тому час просування електродів на конвеєрі по тунельній печі, через всі температурні зони, займає близько 4 ... 8 годин.

1.4 Структура системи управління

Роботою установки керують автоматичні регулюючі прилади.

У кожній регульованій камері встановлено датчик температури, завдяки показникам якого і підтримується задана температура у відповідній камері.

Нагрів у камерах здійснюється завдяки потужним електронагрівачам (ТЕН).

Просування електродів по зонам здійснюється завдяки конвеєру з тефлоновою стрічкою.

Видалення зайвої вологи з кожної камери здійснюється загальним нагнітаючим вентилятором через спеціальні ежекторні щілини у камері.

1.5 Формулювання задачі дослідження

Системи управління має управляти заданими температурними режимами для трьох регульованих камер, які мають однакові параметри, двома нерегульованими, які також мають однакові між собою параметри, та вентилятором видалення вологи і приводом конвеєра. Система управління має відповідати вимогам технологічного процесу, наведеного раніше при його огляді.

1.6 Висновки за розділом

Головною метою роботи є розробка моделі регульованої по температурі камери системи сушки та прокалки електродів для дугової сварки у печі тунельній типу ПТ 10/400, яка має у своєму складі три таких камери.

Актуальність роботи піддержується необхідністю модернізації систем управління, які використовуються кінця минулого століття, та вже встали морально та фізично застарілими.

2 РОЗРОБКА АПАРАТНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ

2.1 Розробка структурної схеми підсистеми управління

В якості об’єкта управління виступають однакові три регульовані по температурі камери (2, 3, 4), однакові дві нерегульовані по температурі камери (1 и 5), конвеєр просування електродів для дугової сварки по камерам нагріву, вентилятор видалення надлишкової вологи з усіх камер.

Вхідними параметрами об’єкту управління є дискретні сигнали управління вентилятором, конвеєра, електро-нагрівачами ТЕН-1, ТЕН-5 відповідно у нерегульованих камерах 1 и 5, та пропорційні сигнали управління електро-нагрівачами ТЕН-2…ТЕН-4, які нагрівають повітря відповідно у камерах 2, 3, 4. Вихідними параметрами об’єкту управління є поточна температура повітря у зонах 3, 4, 5 (аналоговий сигнал).

Виходячи з цього, підсистема управління повинна мати три датчики поточної температури повітря у зонах 2, 3 та 4, дискретні пристрої узгодження для управління ТЕН-1, та ТЕН-5, пропорційні пристрої управління ТЕН2…ТЕН4, можливість під’єднання до загально промислової мережі (рис. 2.1).

Окремо зазначимо що для регульованих по температурі камер 2…4 також виконується розробка підсистеми автоматичного управління температурою в цих камерах.

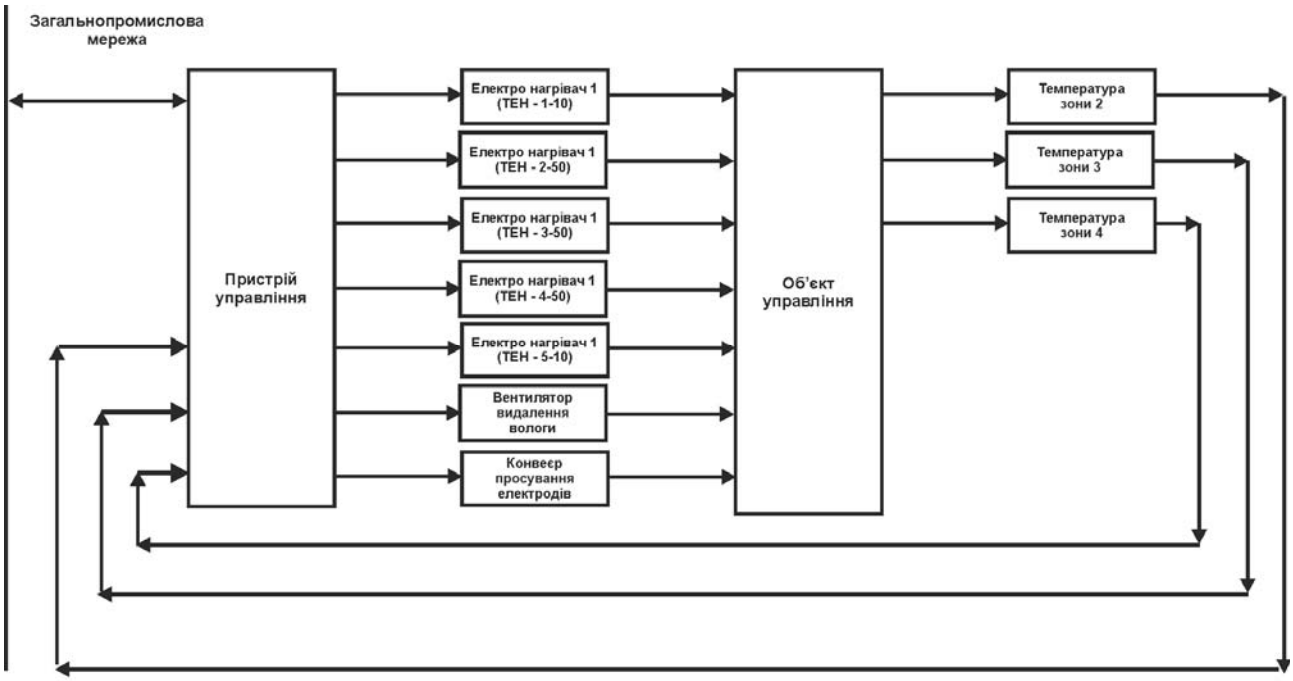

Рисунок 2.1 – Структурна схема підсистеми управління

2.2 Розробка структурної схеми інформаційних потоків

Виходячи з вимог до підсистеми управління процесом сушки та прокалки електродів для дугової сварки у печі тунельній типу ПТ 10/400 відповідає класичним вимогам до підсистем автоматизованого управління технологічним обладнанням. До неї входять пристрої збору інформації (датчики температури повітря), еталони стану обладнання (максимальна температура у печі), система автоматичного контролю стану обладнання, програма управління, яка повинна реалізувати формування керуючих впливів для підтримки температури повітря на заданому рівні, протиаварійний захист, блок переводу до ручного режиму управління, та виконавчі пристрої (ТЕН-1, ТЕН-2, ….ТЕН-5), двигуни вентилятора та конвеєра.

Розроблена структурна схема інформаційних потоків наведена на рис. 2.2. Дана структура забезпечує підтримку температури повітря у печі на заданому рівні, і є складовою системи управління з виготовлення електродів.

Рисунок 2.2 – Структурна схема інформаційних потоків

Таким чином, згідно з вимогами, підсистема що розробляється представляє собою апаратно програмний комплекс, до якого входять датчики температури, об’єкт управління, пристрій управління, в якості котрого згідно з вимогами повинен виступати програмований логічний контролер, тепло-електро-нагрівачі ТЕН-1…ТЕН-5, двигун вентилятора та двигун конвеєру.

2.3 Вибір апаратного забезпечення підсистеми управління

2.3.1 Вибір датчиків

Головною задачею підсистеми, що розробляється є управління температурою повітря у регульованих камерах, обладнаних датчиками температури. Максимальна температура повітря у камері не повинна перевищувати 400 °С. Крім того датчик виміру поточної температури повітря повинен мати стандартний струмовий інтерфейс для підключення до програмованого логічного контролера. Також треба забезпечити дискретне управління нагрівом у

Виходячи з цього, для вимірювання температури повітря у регульованих камерах обрано датчик ДТС015.И (рис. 2.3), який є термоелектричним перетворювачем з діапазоном вимірювання -50÷500 °С, та який має вбудований перетворювач напруги на виході термопари до стандартного струмового сигналу 4÷20 мА. Технічні характеристики датчика наведені в табл. 2.1.

Рисунок 2.3 – Датчик ДТС015.И

Таблиця 2.1 – Технічні характеристики датчика ДТС015.И

№	Найменування параметра	Значення
1	Тип	НСХ: Pt100
2	Діапазон вимірюваних температур, °С	-50÷500
3	Клас допуску	1
4	Точність, °С	±1.5 / ±0.004t
5	Діапазон вихідного сигналу, мА	4÷20
6	Напруга живлення, В	12÷36
7	Потужність споживання, Вт	1

На підставі обраних датчиків та їх технічних характеристик складена табл. 2.2.

Таблиця 2.2 – Датчики

№	Назва параметру	Принцип дії	Тип	Діапазон змінення	Точність	Значення виходу	Період оновлення	Напруга живлення	Потужність споживання
1	Поточна повітря у камері 2	Термоелектричний перетворювач	Аналоговий	-50÷500 °С	±1.5°С	4÷20 мА	0.1 с	12÷36 В	1 Вт
2	Поточна повітря у камері 3	Термоелектричний перетворювач	Аналоговий	-50÷500 °С	±1.5°С	4÷20 мА	0.1 с	12÷36 В	1 Вт
3	Поточна повітря у камері 4	Термоелектричний перетворювач	Аналоговий	-50÷500 °С	±1.5°С	4÷20 мА	0.1 с	12÷36 В	1 Вт

2.3.2 Вибір виконавчих пристроїв

Основні параметри виконавчих пристроїв наступні:

– кількість керованих зон нагріву – 3 (кожна з них 50 кВт, ~380 В) – пропорційне управління;

– кількість некерованих зон нагріву – 2 (кожна з них 10 кВт, ~380 В) – дискретне управління;

- привід вентилятора видалення вологи (0,56 кВт, ~380 В)) – дискретне управління;
- привід конвеєру переміщення електродів у печі (2,0 кВт, ~380 В)) – дискретне управління;

Для управління керованими зонами нагріву з пропорційним управлінням використаємо тиристорні промислові джерела живлення серії Autonics DPU.

Це комплексне рішення для регулювання параметрів електроживлення і застосовуються в різних промислових технологічних процесах.

Завдяки малому опору тиристорів у відкритому стані, всі наявні моделі регуляторів потужності серії Autonics DPU мають компактні розміри, виділяють мінімальну кількість тепла і, для більшої надійності, забезпечені вбудованим вентилятором охолодження.

У товарній номенклатурі регуляторів потужності серії Autonics DPU представлені моделі виробів, що працюють від мереж змінного струму з напругою в діапазоні від 110 В - до 440 В, для навантажувального струму від 25 А до 600 А.

Вхідна змінна напруга може бути одне - або трьох-фазним.

Комунікаційний інтерфейс регуляторів потужності серії Autonics DPU - RS485. Значення контрольованих параметрів і їх установка відображаються на крупній LED-панелі.

Таблиця 2.3 – Технічні характеристики DPU

Серія		**DPU**	
Кількість фаз		**1 фаза**	**3 фази**
Напруга		110/220/380/440 В~	
Діапазон відхилення напруги		90–110 %	85–115 %
Частота		50/60 Гц ±2 Гц	
Мин. струм навантаження		1 А	
Діапазон виходу		Фазове управлення: 5–98 %. Циклічне управління: 0—100 %	
Навантаження		Фазове управління: резистивне навантаження, індуктивне навантаження. Дискретне, циклічне управління: резистивне навантаження	
Вхід управління		Автомат. управл.: 4–20 мА=/0–20 мА=/0–5 В=/1–5 В=/0–10 В=/імпульс напруга (0/12 В=) /вхід зв’язку (RS485).	
Умови зберігання і експлуатації	Температура	-10...+50 °С, зберігання: -20...+80 °С	
	Вологість	5–90 % відносної вологості	

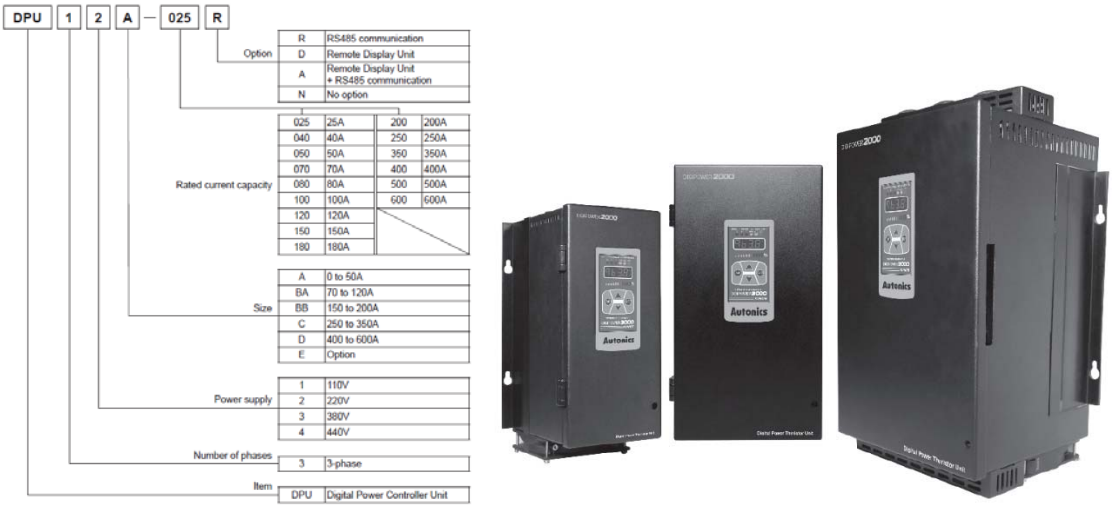

Рисунок 2.4 – Тиристорні промислові джерела живлення Autonics DPU

У нашому випадку для управління керованими зонами нагріву з пропорційним управлінням будемо використовувати тиристорне промислове джерело живлення Autonics DPU 33C350R (3x380 В, 350 А).

Для управління некерованими зонами, приводом вентилятора видалення вологи та приводом конвеєру переміщення електродів у печі, де використовується дискретне управлінням - використаємо трифазне твердотільне реле змінного струму Jotta SSR 10DA / 25DA / 40DA / 60DA, 480 В змінного струму, з управлінням 0…24 В постійної напруги, яке будемо використовувати у дискретному режимі управління.

Рисунок 2.4 – Трифазне твердотільне реле Jotta SSR 40 (3x~380 В, 0-24 В)

У нашому випадку для управління всіма вищеперерахованими виконавчими пристроями застосуємо один тип трифазного твердотільного реле Jotta SSR 40DA.

На підставі наведеного вище для виконавчих пристроїв, та їх технічних характеристик складена табл. 2.4.

Таблиця 2.4 – Виконавчих пристроїв

№	Назва параметру	Принцип дії	Тип	Діапазон змінення	Лінійність	Значення входу	Період оновлення	Напруга живлення	Потужність споживання
1	Потужність нагріву ТЕН-1-10	Твердотільне реле	Дискретний	вимк./вкл.	Нелінійний	0÷24 В	0,1 с	24 В	1,0 Вт
2	Потужність нагріву ТЕН-2	Тиристорне промислове джерело	Аналоговий	вимк./вкл.	Ленійний	КІ-485В	0,1 с	24 В	7,2 Вт
3	Потужність нагріву ТЕН-3	Тиристорне промислове джерело	Аналоговий	вимк./вкл.	Ленійний	КІ-485В	0,1 с	24 В	3,2 Вт
4	Потужність нагріву ТЕН-4	Тиристорне промислове джерело	Аналоговий	вимк./вкл.	Ленійний	КІ-485В	0,1 с	24 В	3,2 Вт
5	Потужність нагріву ТЕН-1-10	Твердотільне реле	Дискретний	вимк./вкл.	Нелінійний	0÷24 В	0,1 с	24 В	1,0 Вт
6	Вентилятор видалення вологи	Твердотільне реле	Дискретний	вимк./вкл.	Нелінійний	0÷24 В	0,1 с	24 В	1,0 Вт
7	Конвеєр просування електродів	Твердотільне реле	Дискретний	вимк./вкл.	Нелінійний	0÷24 В	0,1 с	24 В	1,0 Вт

2.3.3 Вибір пристроїв управління

Відповідно вимогам до підсистеми управління процесом сушки та прокалки електродів у печі тунельній типу ПТ 10/400, в якості пристрою управління, треба використовуватися програмований логічний контролер компанії VIPA. Цикл роботи контролера повинен бути не більше 100 мс, для забезпечення реакції на змінення температури. Крім того контролер повинен мати не менш 1 Кбайт вільної робочої пам’яті для реалізації програми управління.

Виходячи з того, що до контролеру повинні бути підключені два датчики температури виходи для управління ТЕН-1, ТЕН-5 зі струмовим інтерфейсом 4÷20 мА, контролер повинен мати модульну структуру, що забезпечить підключення тільки обраного обладнання, та забезпечить легке розширення подальшого функціоналу.

Так як підсистема управління процесом сушки та прокалки електродів у печі тунельній типу ПТ 10/400 повинна інтегруватися у систему управління

технологічним обладнанням з виготовлення електродів, то бажано мати інтерфейс RS-485 (як один з найбільш розповсюджених).

Наведеним вимогам відповідає програмований логічний контролер VIPA 214-2BS33. Контролер має час арифметичної операції над речовим числом 40 мкс, об'єм пам'яті програм 144 Кбати, об'єм робочої пам'яті 96 Кбайт та інтерфейс RS-485 (рис. 2.5). Технічні характеристики контролеру наведені в табл. 2.5.

Рисунок 2.5 – Програмований логічний контролер VIPA 214-2BS33

Таблиця 2.5 – Технічні характеристики програмованого логічного контролеру VIPA 214-2BS33

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

Три датчики температури мають стандартний струмовий сигнал 4÷20 мА. Для підключення датчиків температури обрано модуль аналогового вводу VIPA 231-1BD40 який має чотири аналогові входи (рис. 2.6). Технічні характеристики модуля наведені в табл. 2.6.

Рисунок 2.6 – Модуль аналогового вводу VIPA 231-1BD40

Таблиця 2.6 – Технічні характеристики модуля аналогового вводу VIPA 231-1BD40

№	Найменування параметра	Значення
1	Тип	SM 231, ECO
2	Кількість каналів	4
3	Тип каналу	Аналоговий
4	Діапазон вхідного сигналу, мА	4÷20
5	Довжина екранованого провідника, м	200
6	Споживана потужність, Вт	0.6

Схема підключення датчика температури до модуля аналогового вводу наведена на рис. 2.7.

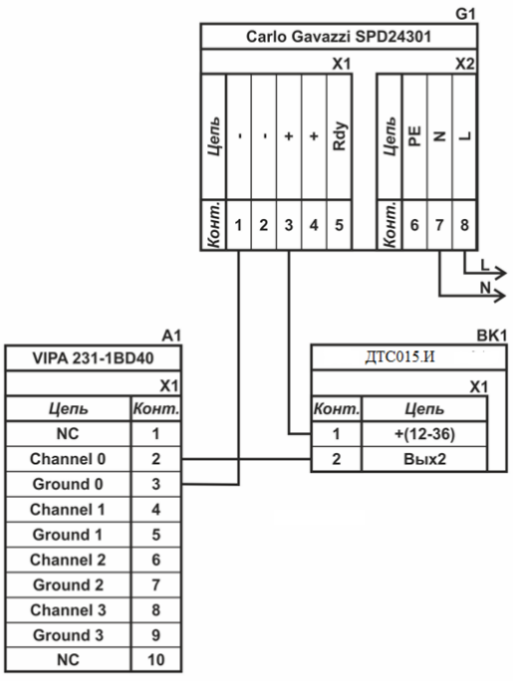

Рисунок 2.7 – Схема підключення датчика температури

Відповідно до схеми підключення модуль має чотири незалежні канали, к кожному з яких може бути підключено джерело струму. До позитивного входу датчика підключається позитивний вихід джерела напруги. Вихід датчика, який виступає в якості джерела струму, підключається до відповідного каналу модуля аналогового вводу 2, 4, 6, 8. Земляний вихід модуля аналогового вводу 3, 5, 7, 9 підключається до земляного контакту джерела напруги.

Входи управління ТЕН-1, ТЕН-5, вентилятора та конвеєра є дискретними та відкриваєтеся напругою +24 В. Для підключення ТЕН-1 і ТЕН-2 обрано модуль дискретного вводу VIPA 222-1BF00 (рис. 2.8). Технічні характеристики модуля наведені в табл. 2.7.

Рисунок 2.8 – Модуль дискретного виводу VIPA 222-1BF00

Таблиця 2.7 – Технічні характеристики модуля дискретного виводу VIPA 222-1BF40

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

Схема підключення ТЕН-1 до модуля дискретного виводу наведена на рис. 2.9. Відповідно до схеми підключення модуль має вісім незалежних каналів,

кожний з яких може бути використаний для управління дискретним виконавчим пристроєм з напругою +24 В. Блок живлення підключено до 1 та 10 входів модуля. Відповідний вихід модуля 2 підключено до входу ТЕН-1. Земляний вихід ТЕН-1 підключено до земляного входу блока живлення. Аналогічно підключено ТЕН-5, але відповідно до виходам модуля 3.

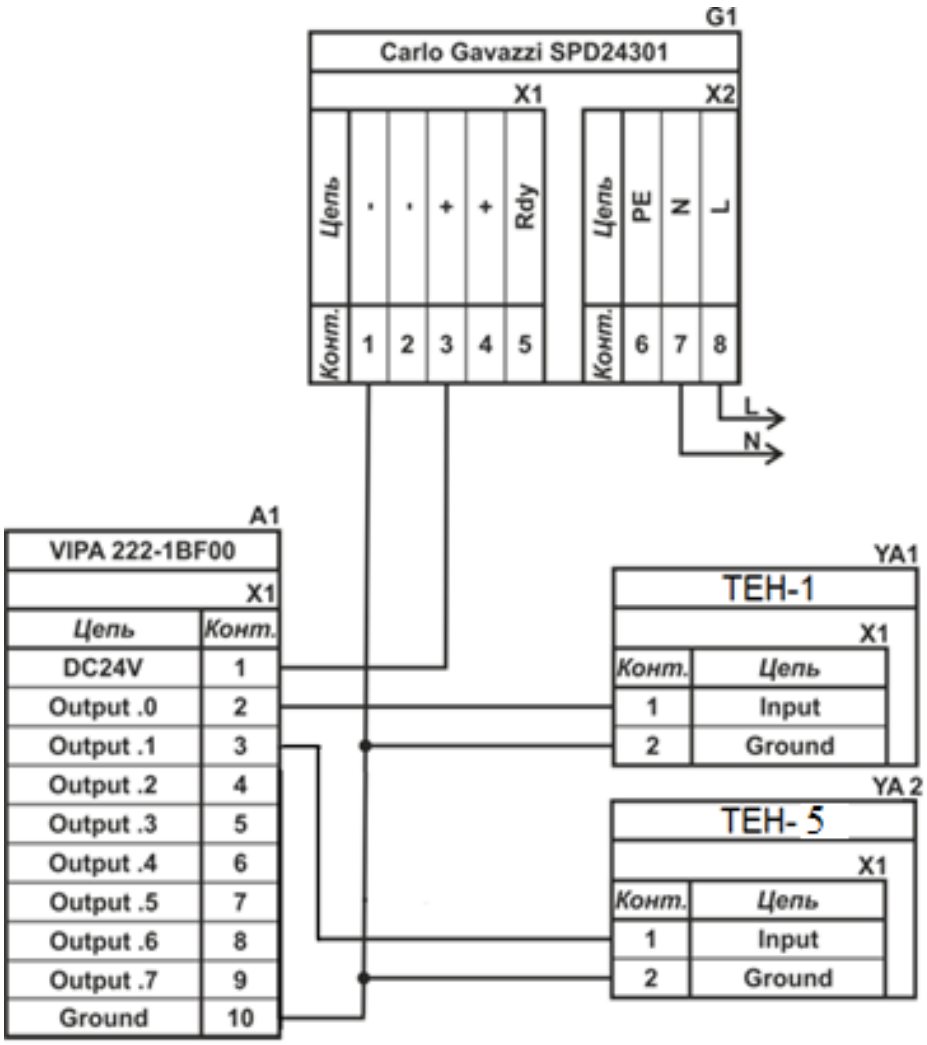

Рисунок 2.9 – Схема підключення клапану

Входи управління вентилятора та конвеєра підключаються за аналогією з ТЕН-1 та ТЕН-5, відповідно до виводів 4 та 5 модуля VIPA 222-1BF00.

На підставі обраного програмованого логічного контролера та його модулів складена табл. 2.8.

Таблиця 2.8 – Пристрій управління та його модулі

№	Назва модуля	Пристрій	Напруга живлення	Потужність споживання
1	VIPA 214-2BS33	Центральний процесорний модуль	24 В	5.00 Вт
2	VIPA 231-1BD40	Модуль аналогового вводу	24 В	0.60 Вт
		Датчик температури у зоні 2 ДТС015.И	24 В	1.00 Вт
		Датчик температури у зоні 3 ДТС015.И	24 В	1.00 Вт
		Датчик температури у зоні 4 ДТС015.И	24 В	1.00 Вт
	VIPA 222-1BF00	Модуль дискретного виводу	24 В	2.00 Вт
		ТЕН-1	24 В	1.0 Вт
		ТЕН-5	24 В	1.0 Вт
3		Вентилятор	24 В	1.0 Вт
		Конвеєр	24 В	1.0 Вт

2.3.4 Вибір джерел живлення

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

$$P = 5.00 + 0.60 + 2.00 = 7.60 \text{ Вт}. \quad (2.1)$$

Виходячи з потужності споживання контролеру та його модулів у якості джерела живлення обрано блок живлення SPD24301 з вихідною напругою +24 В та потужністю 30 Вт (рис. 2.10). Технічні характеристики блока живлення наведені в табл. 2.9.

Рисунок 2.10 – Блок живлення Carlo Gavazzi SPD24301

Таблиця 2.9 – Технічні характеристики блока живлення Carlo Gavazzi SPD24301

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

Схему підключення програмованого логічного контролера до блока живлення наведена на рис. 2.11.

Виконавши аналіз обраного обладнання можливо зробити вивід, що зовнішній блок живлення потрібен для датчиків температури та електромагнітного клапана які мають напругу живлення +24 В та потужність споживання:

$$P = 7 * 1.00 = 7.0 \text{ Вт.} \quad (2.2)$$

Виходячи з потужності споживання датчиків та виконавчого пристрою у якості джерела живлення обрано блок живлення такий самий як і для програмованого логічного контролера SPD24301 з вихідною напругою +24 В та потужністю 30 Вт.

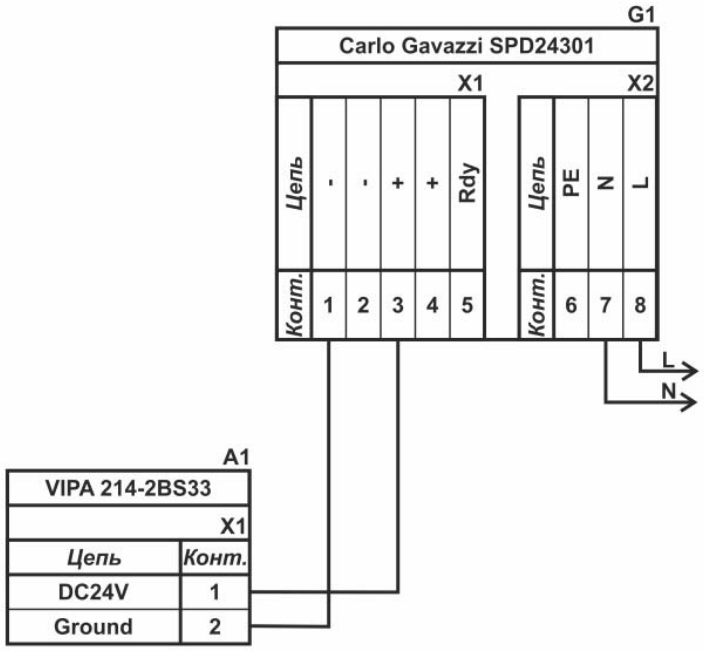

Рисунок 2.11 – Схема підключення програмованого логічного до блока живлення

2.4 Розробка функціональної схеми автоматизації

Виходячи з вимог до підсистеми управління процесом сушки та прокалки електродів у печі тунельній типу ПТ 10/400 розроблена функціональна схема автоматизації, яка наведена на рис. 2.12.

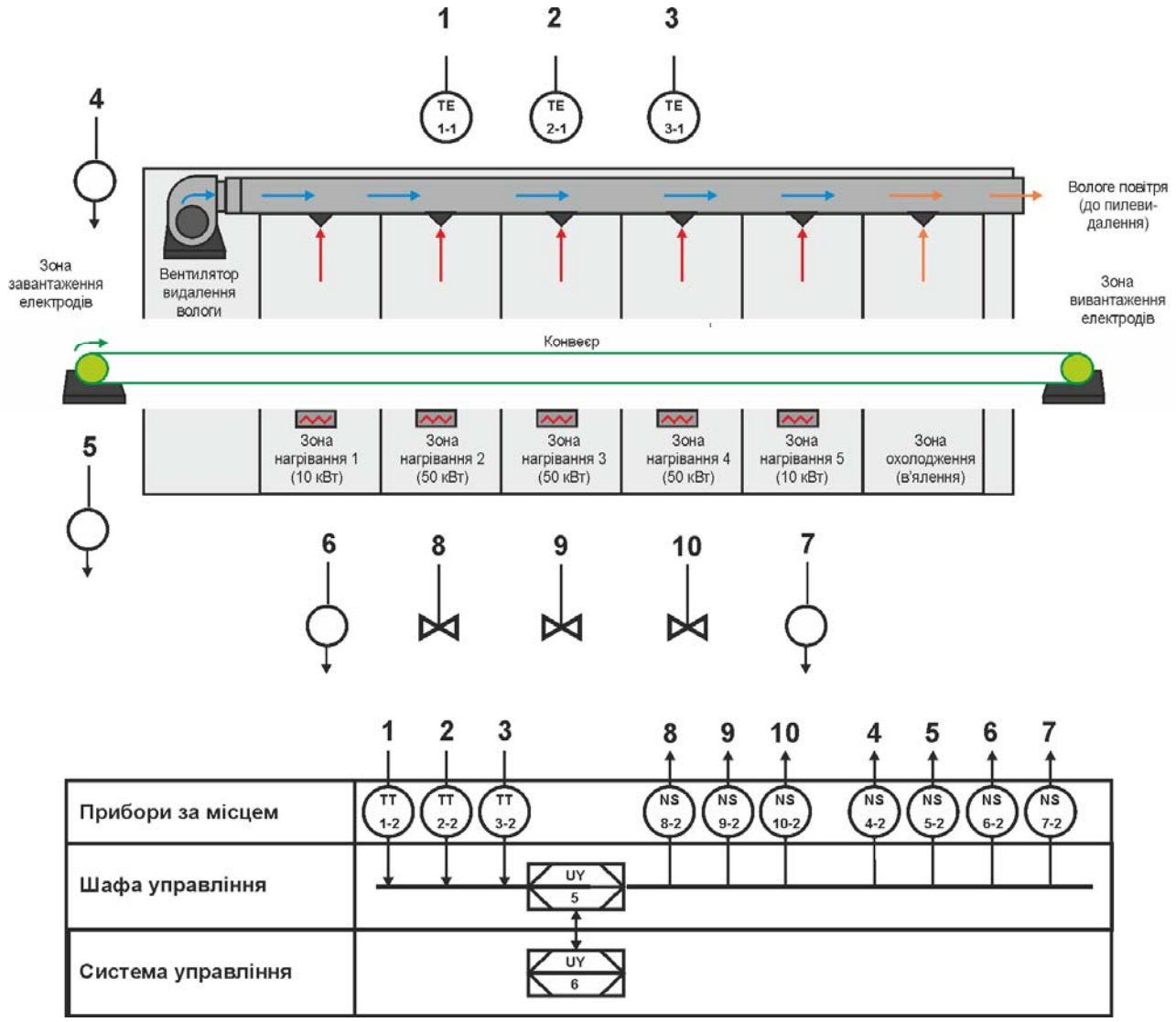

Рисунок 2.12 – Функціональна схема автоматизації підсистеми управління

У якості пристрою управління використовується програмований логічний контролер (UY 5) – VIPA 214-2BS33. Програмований логічний контролер підключено до системи управління технологічним обладнанням з виготовлення електродів, за що відповідає контролер більш високого рівня (UY 6), зв’язок між ними реалізовано за допомогою інтерфейсу RS-485.

Поточна температура повітря у зонах 2, 3, 4 вимірюється за допомогою датчиків температури (ТЕ 1-1, ТЕ 2-1, ТЕ 2-1 – ДТС015.И), виміряне значення за допомого вбудованого до датчика перетворювача (ТТ 1-2, ТТ 2-2, ТТ 2-2 – ДТС015.И) трансформується в стандартний струмовий сигнал 4÷20 мА.

На підставі значення поточної температури повітря у зонах 2, 3, 4 програмований логічний контролер (UY 5 – VIPA 214-2BS33) формує керуючі впливи, які за допомогою перетворювачів 8, 9 і10 (NS 8-2, NS 9-2, NS 10-2), які виконують нагрів повітря у відповідних зонах.

ТЕН-1, ТЕН-5, вентилятор та конвеєр управляються через керуючі впливи, які за допомогою перетворювачів 4, 5, 6 і 7 (NS 4-2, NS 5-2, NS 6-2, NS 7-2).

2.5 Розробка схеми електричної принципової

На основі функціональної схеми автоматизації та обраного апаратного забезпечення розроблена схема електрична принципова підсистеми управління температурою води (рис. 2.13).

В підсистемі використовуються два блока живлення. Блок живлення Carlo Gavazzi SPD24301 (G1) підключено до програмованого логічного контролеру VIPA 214-2BS33 (A1). Блок живлення Carlo Gavazzi SPD24301 (G2) підключено до модулю дискретного виводу VIPA 222-1BF00 (A1 – X5), к датчикам температури води ДТС015.И (ВК1…ВК3).

Вимірювання температури повітря у зонах 2, 3, 4 виконують аналогові датчики ДТС015.И (ВК1…ВК3), які підключені до модулю аналогового вводу VIPA 231-1BD40 (A1 – X4) до каналів 0, 1, 2 за допомогою стандартного струмового сигналу 4÷20 мА.

ТЕН-1, ТЕН-5, вентилятор та конвеєр управляються через модуль виводу VIPA 222-1BF00 (A1 – X5) через ланцюжки КЗ1, КЗ5, VENT, KONV (YA1, YA2, YA3, YA4). При наявності на вході напруги +24 В вони підключають відповідні пристрої управління до трифазної мережи ~380 В, а при вимиканні напруги вони самостійно повертається до зачиненого стану.

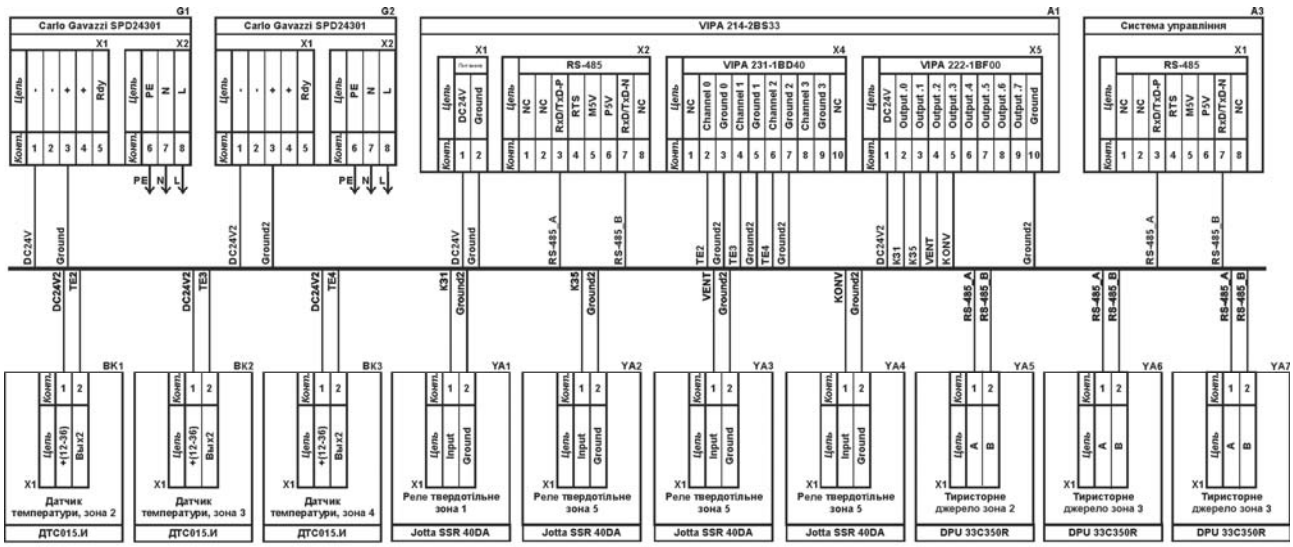

Рисунок 2.15 – Схема електрична принципова підсистеми управління

Управління ТЕН-2, ТЕН-3, ТЕН-5 (YA5, YA6, YA7) реалізовано за допомогою інтерфейсу RS-485 (A1 – X2).

Зв’язок між програмованим логічним контролером VIPA 214-2BS33 (A1) та системою управління виготовленням електродів (A3) реалізовано за допомогою інтерфейсу RS-485 (A1 – X2).

2.6 Висновки за розділом

У якості об’єкта управління виступає підсистема управління процесом сушки та прокалки електродів у печі тунельній типу ПТ 10/400.

У цьому розділі вибрано апаратно-програмні засоби для створення підсистеми управління, розроблена функціональна схема автоматизації, розроблена схема принципова підсистеми управління.

3 ВИЗНАЧЕННЯ МОДЕЛІ ОБ'ЄКТА УПРАВЛІННЯ

3.1 Розробка структурної схеми інформаційних потоків дослідницької системи

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

Згідно з завданням та розробленим апаратним забезпеченням підсистеми, до контуру управління процесом сушки та прокалки електродів для дугової сварки у печі тунельній типу ПТ 10/400, входять - об'єкт управління, в якості котрого виступають три однакові по параметрам камери нагріву з завантаженими в кожну електродами, масою 2 т., три однакових датчика температури повітря, в якості яких виступають термоелектричні перетворювачі, які мають діапазон вимірювання -50÷500 °С з сигналом струму 4÷20 мА, пристрій управління в якості якого виступає програмований логічний контролер VIPA 214-2BS33, три ТЕН для нагріву камери, потужністю, потужністю по 50 кВт, кожний.

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

Враховуючі той факт, що об'єкт управління має три однакових камери нагріву, то в подальшому будемо проводити всі подальші дії, пов'язані с розробкою підсистеми управління для однієї з камер нагріву, так як для залишившихся двох камер нагріву все бути ідентичним. Розглядати у подальшому все будемо стосовно до камери нагріву 2.

Згідно зі структурною схемою, система дослідження може формувати керуючий вплив, в якості якого виступає потужність ТЕН-2, у діапазоні

0…100 %, за рахунок якої виконується нагрів повітря камери, яке свою чергу нагріває електроди, розташовані у камері нагріву. Температура повітря вимірюється за допомогою відповідного датчика з діапазоном -50÷500 °С. Програмований логічний контролер виконує управління ТЕН-2 та отримання значення температури води з датчика температури.

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

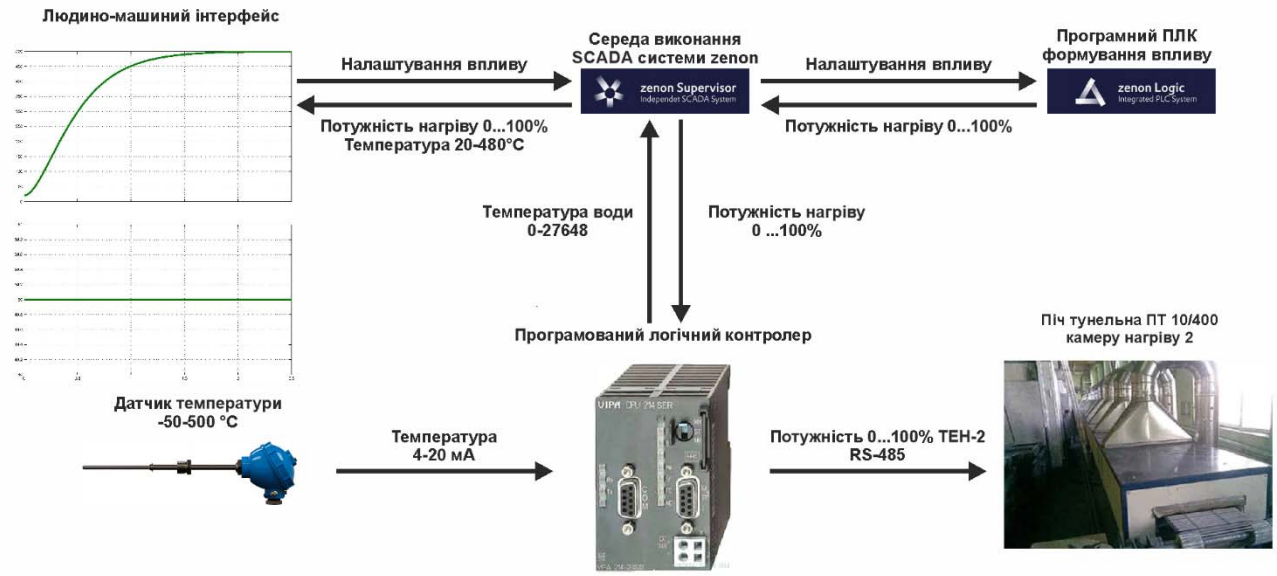

Рисунок 3.1 – Структурна схема інформаційних потоків дослідницької системи

3.2 Розробка методики дослідження об’єкта управління

Система дослідження дозволяє формування різноманітних керуючих впливів, та поданнях їх на ТЕН-2 камери нагріву 2. При цьому об’єкт управління не накладає ні яких обмежень на керуючий вплив. Виходячи з цього об’єкт управління можливо дослідити за допомого метода активного експерименту.

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

1. Налаштувати систему дослідження.

2. Отримати динамічну характеристику.

2.1. Привести об’єкт управління до начальних умов, дочекатися досягнення усталеного режиму – температура повітря у камері повинна дорівнювати початковим умовам (як правило, дорівнювати температурі навколишнього середовища).

2.2. Запустити процес реєстрування.

2.3. Задати потужність нагріву 100 %, дочекатися досягнення усталеного режиму.

2.5. Зупинити процес реєстрації.

3. Отримання даних за для побудови статичної характеристики.

3.1. Привести об’єкт управління до начальних умов (дивись п. 2.1).

3.2. Запустити процес реєстрування.

3.3. Задати потужність нагріву 20 %, дочекатися досягнення усталеного режиму.

3.4. Задати потужність нагріву 40 %, дочекатися досягнення усталеного режиму.

3.5. Задати потужність нагріву 60 %, дочекатися досягнення усталеного режиму.

3.6. Задати потужність нагріву 80 %, дочекатися досягнення усталеного режиму.

3.7. Задати потужність нагріву 100 %, дочекатися досягнення усталеного режиму.

3.8. Зупинити процес реєстрації.

4. Отримання даних при П-образному впливі.

4.1 Привести об’єкт управління до начальних умов (дивись п. 2.1).

4.2 Запустити процес реєстрування.

4.3. Задати потужність нагріву 100 %, дочекатися досягнення усталеного режиму.

4.4. Задати потужність нагріву 0 %, дочекатися досягнення усталеного режиму.

4.5. Зупинити процес реєстрації.

5. Отримання перевірочних даних.

5.1. Привести об’єкт управління до начальних умов (дивись п. 2.1).

5.2. Налаштувати псевдовипадковий влив таким чином, щоб період зміни впливу бажано був у п’ять разів менший за час перехідного процесу, а амплітуда впливу змінювалася в дискретно в діапазоні 0…100 %.

5.3. Запустити процес реєстрування.

5.4. Запустити формування псевдовипадкового впливу.

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

5.6. Зупинити процес реєстрації.

3.3 Виконання експерименту

Початкова температура повітря у камері нагріву 20 °С, що дорівнює температурі навколишнього середовища.

На першому етапі проведення експерименту виконано налаштування системи дослідження таким чином, що керуючий вплив може знаходитися дискретно в діапазоні 0, 100 %, а значення температури повітря в камері нагріву в діапазоні 20÷480 °С.

На другому етапі було виконано отримання динамічної характеристики об’єкта управління (рис. 3.2).

Для цього нагрів було встановлено на потужність 0 %. Після досягнення усталеного режиму потужність нагріву було встановлено на потужність 100 %. Після досягнення усталеного режиму експеримент було закінчився.

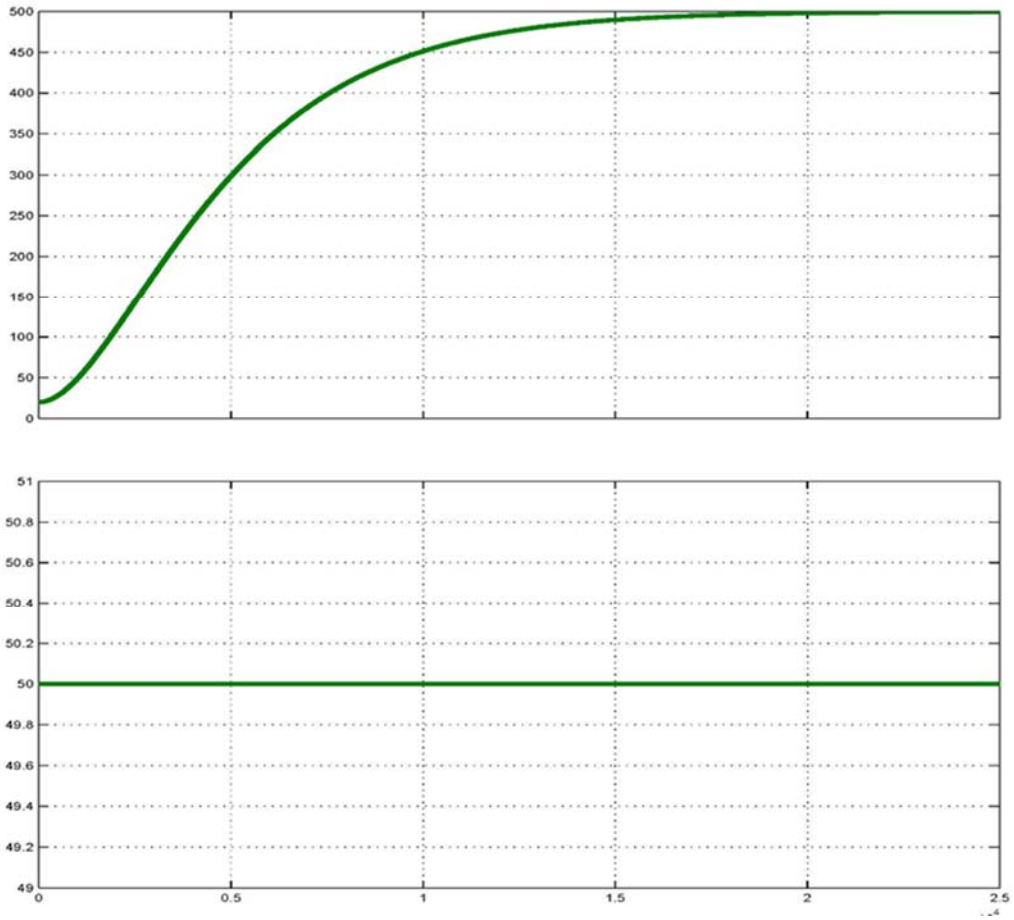

Рисунок 3.2 – Отримання динамічної характеристики

На третьому етапі було виконано отримання даних для побудови статичної характеристики (рис. 3.3). Для цього нагрів було встановлено на потужність 0 %. Після досягнення усталеного режиму нагрів було встановлено на потужність 20 %. Після досягнення усталеного режиму було потужність встановлено на потужність 40 %. Після досягнення усталеного режиму було потужність встановлено на потужність 60 %. Після досягнення усталеного режиму було потужність встановлено на потужність 80 %. Після досягнення усталеного режиму було потужність встановлено на потужність 100 %. Після досягнення усталеного режиму експеримент було закінчився.

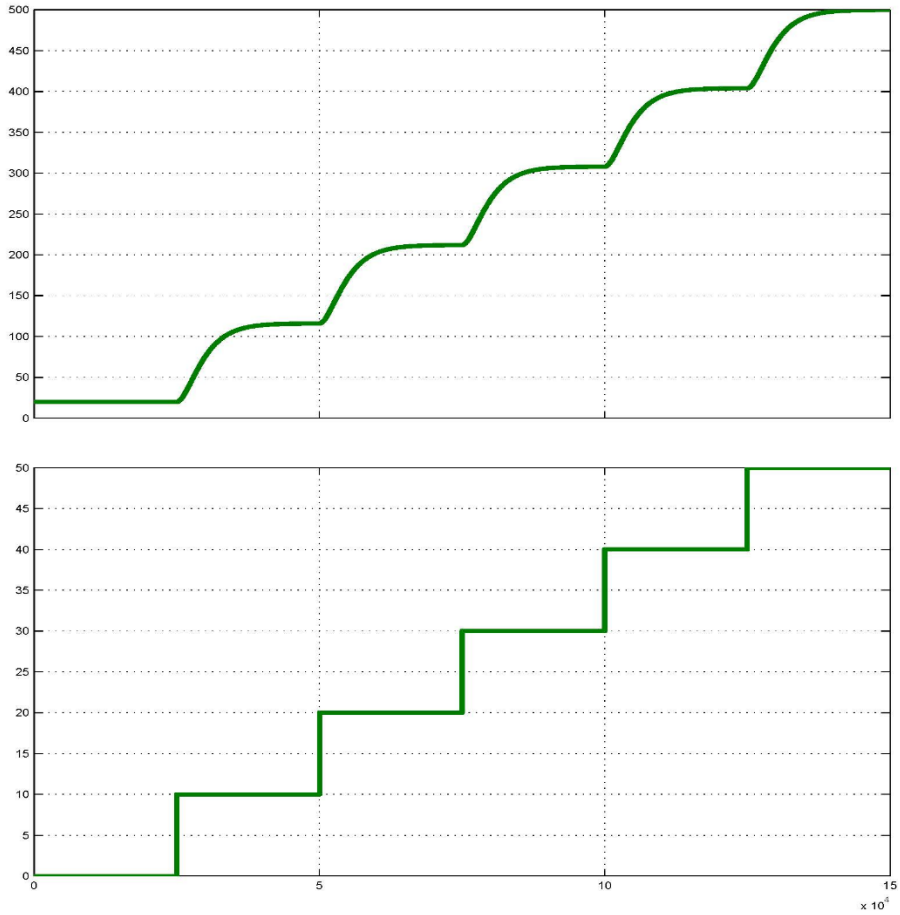

Рисунок 3.3 – Отримання даних для побудови статичної характеристики

На четвертому етапі було виконано отримання даних П-образному керуючому впливі (рис. 3.4). Для цього потужність було нагрів на потужність 0 %. Після досягнення усталеного режиму нагрів було встановлено на потужність 100 %. Після досягнення усталеного режиму нагрів було встановлено на потужність 100 %. Після досягнення усталеного режиму експеримент було закінчився.

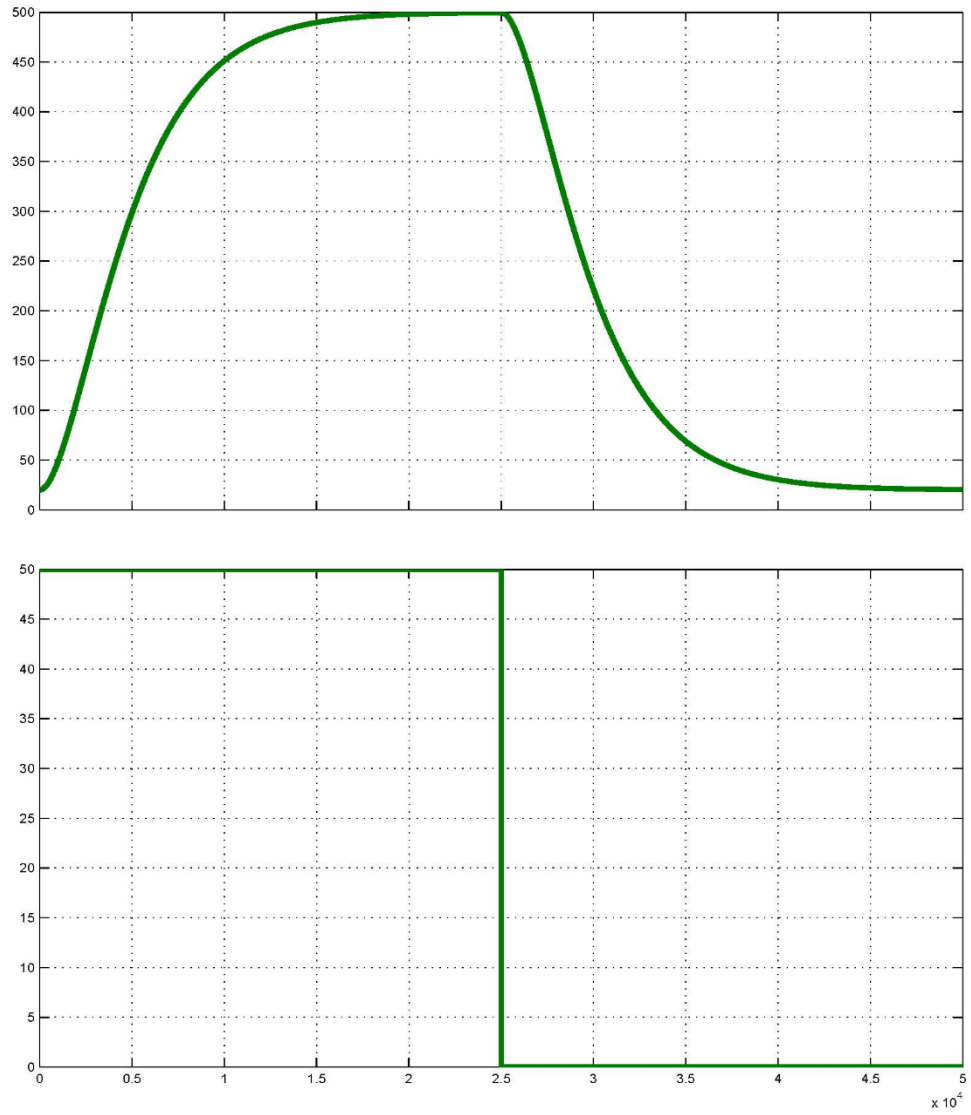

Рисунок 3.4 – Отримання даних при П-образному керуючому впливі

На п’ятому етапі було виконано отримання перевірочних даних (рис. 3.5). Для цього період псевдовипадкового дискретного впливу було налаштовано но послідовність з ймовірних потужностей 0…100 %, а реєстрація відбувалася на протязі 150 000 секунд.

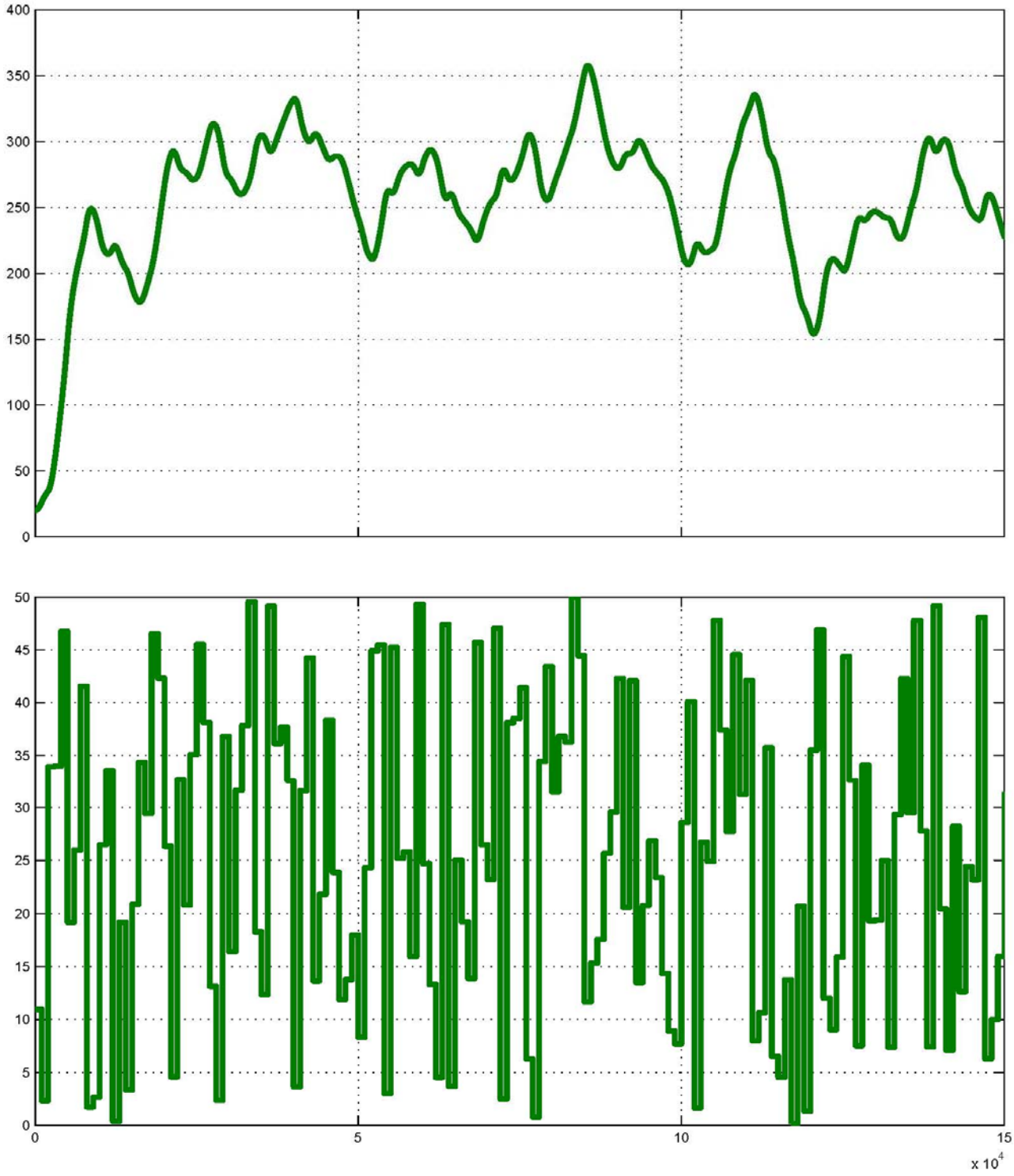

Рисунок 3.5 – Отримання перевірочних даних

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

3.4 Обробка результатів експерименту

3.4.1 Підготовка даних

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

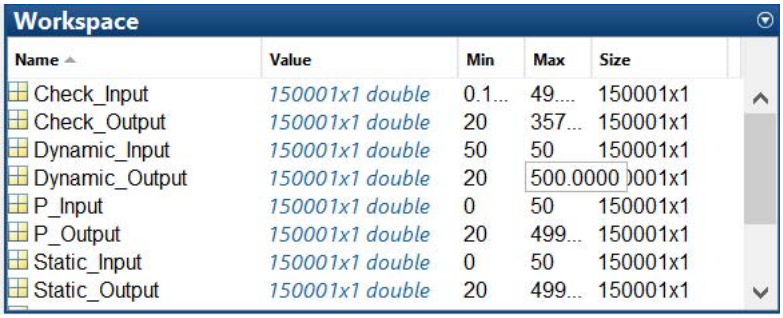

Рисунок 3.6 – Імпортовані данні

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

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

З отриманих даних була видалена статична складова:

```
>> Dynamic_Raw_Trend = getTrend(Dynamic_Raw);
>> Dynamic_Raw_Trend.OutputOffset = 20;
>> Dynamic = detrend(Dynamic_Raw, Dynamic_Raw_Trend);

>> Static_Raw_Trend = getTrend(Static_Raw);
>> Static_Raw_Trend.OutputOffset = 20;
>> Static = detrend(Static_Raw,Static_Raw_Trend);

>> P_Raw_Trend = getTrend(P_Raw);
>> P_Raw_Trend.OutputOffset = 20;
>> P = detrend(P_Raw, P_Raw_Trend);
```

```
>> Check_Raw_Trend = getTrend(Check_Raw);
>> Check_Raw_Trend.OutputOffset = 20;
>> Check = detrend(Check_Raw, Check_Raw_Trend);
```

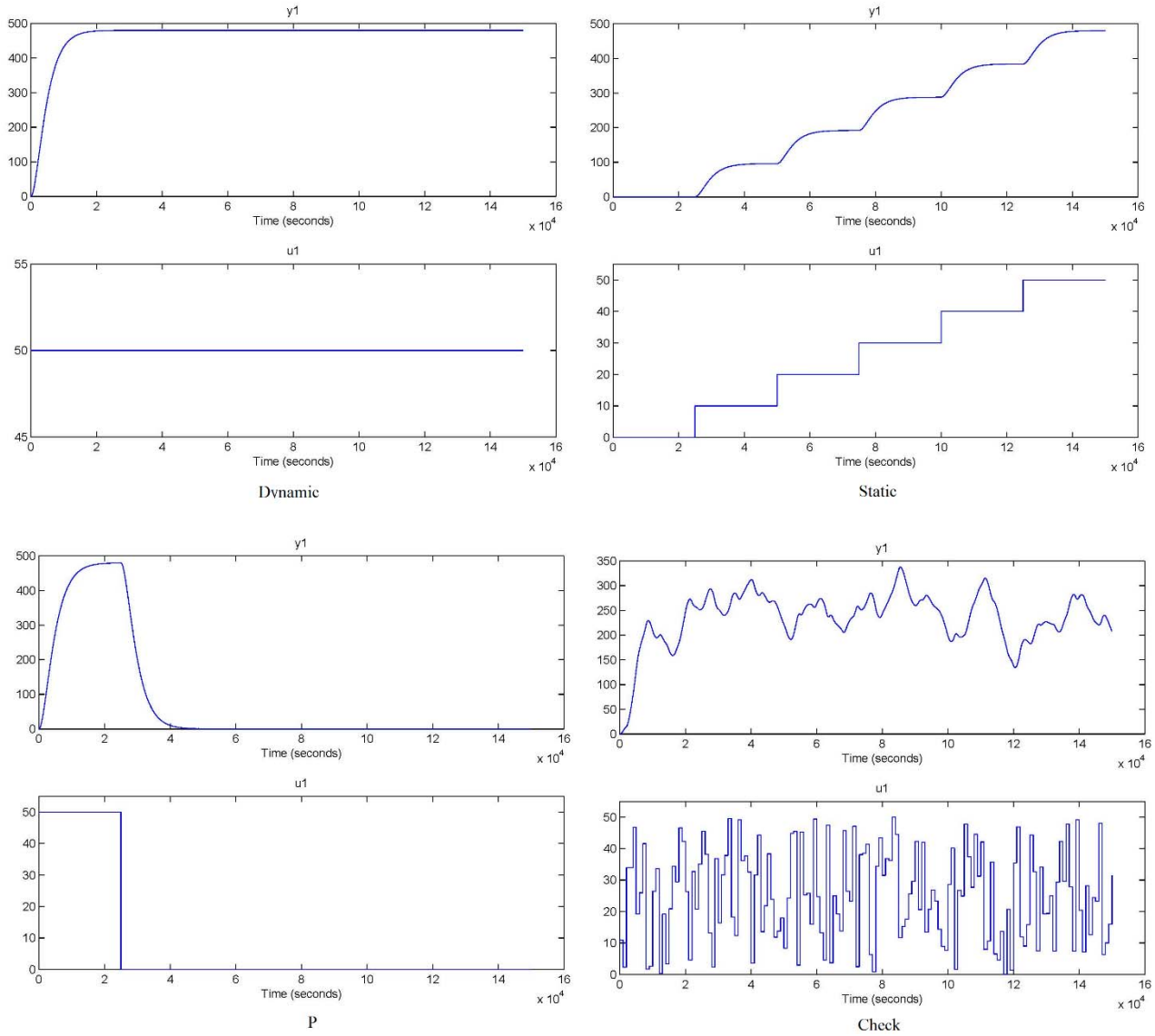

Рисунок 3.7 – Динамічна, статична, П-образна та перевірочна характеристики з видаленими статичними складовими (20 °С)

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

3.4.2 Структурна ідентифікація

З метою оцінки структури моделі об’єкта управління проаналізуємо динамічну характеристику об’єкта управління (рис. 3.8). Після подачі керуючого впливу температура змінюється, виходячи з цього можливо зробити висновок, що об’єкт не володіє запізненням. Крім того на динамічній характеристиці відсутня інерція, характер перехідного процесу монотонний, а кількість перегинів дорівнює двом. На підставі цього можливо зробити висновок, що модель об’єкта управління може бути представлена у вигляді аперіодичної ланки другого порядку без запізнення.

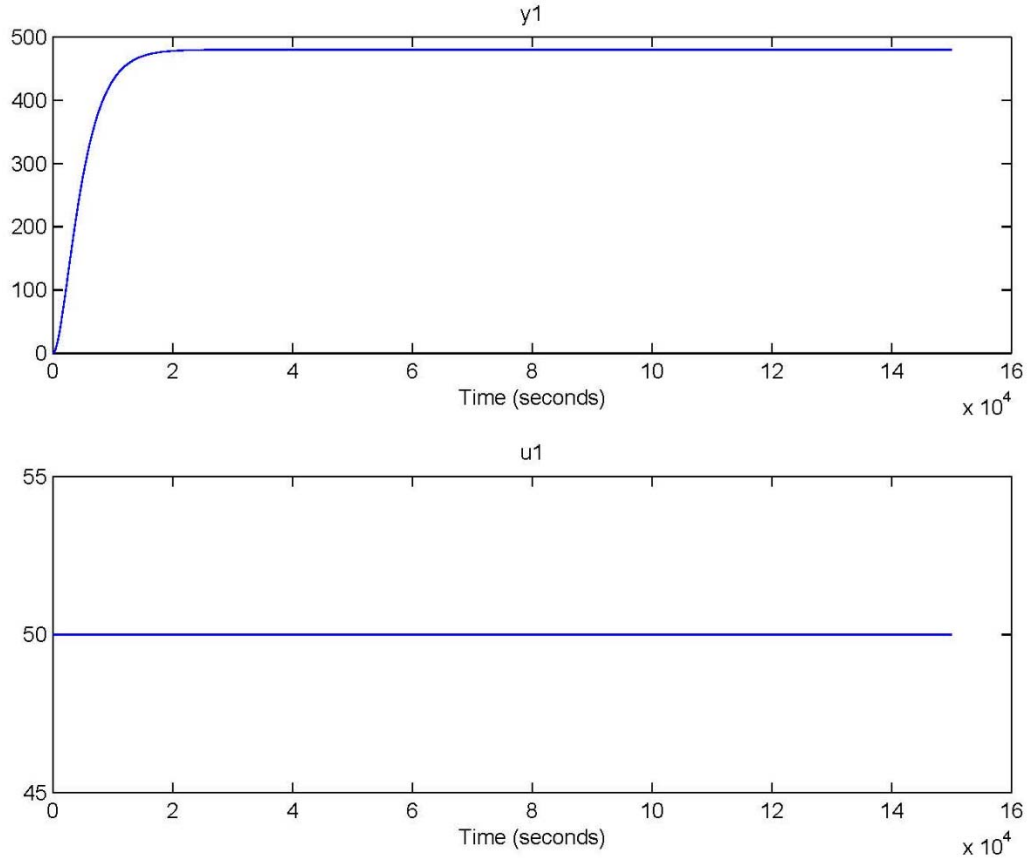

Рисунок 3.8 – Динамічна характеристика

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

```
>> Static_Input_Vector =  [25000  50000  75000 100000 125000  150000];
>> Static_Output_Vector = [    0   95.9  191.9  287.9  383.9   479.9];
>> plot(Static_Input_Vector, Static_Output_Vector, '-ok', 'LineWidth', 3)
```

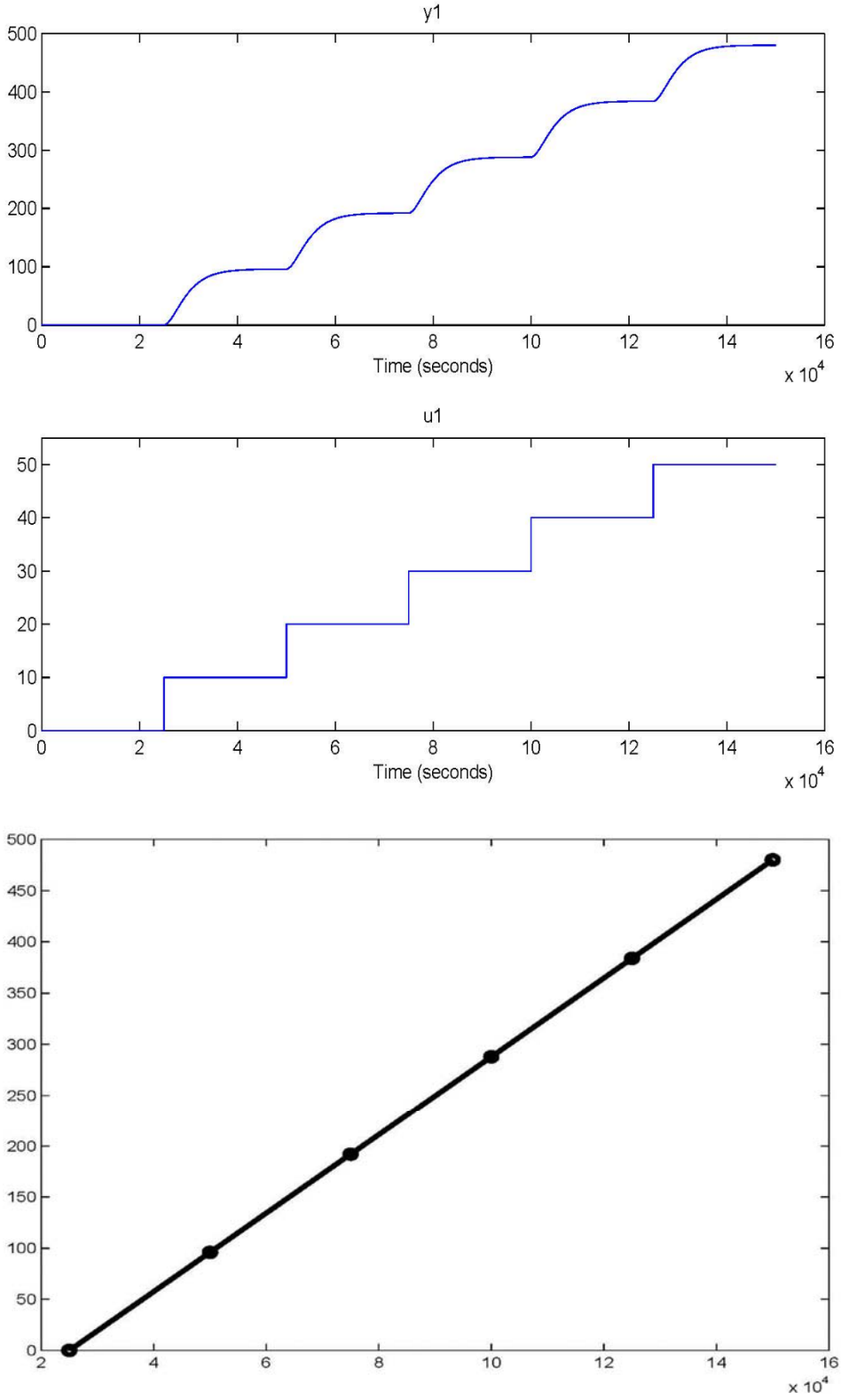

Рисунок 3.9 – Статична характеристика

Статична характеристика об’єкта управління лінійна. На підставі цього можливо зробити висновок, що об’єкт управління також є лінійним у діапазоні потужності 0…100 %.

Проаналізуємо характеристику отриману при П-образному керуючому впливі (рис. 3.10). Змінення потужності нагріву від 0 % до 100 % приводить до відповідного збільшення температури води, а зменшення потужності від 100 % до 0 % приводить до відповідного зменшення температури води. На підставі цього можливо зробити висновок, що об’єкт не володіє інтегруючими властивостями є об’єктом з самовирівнюванням.

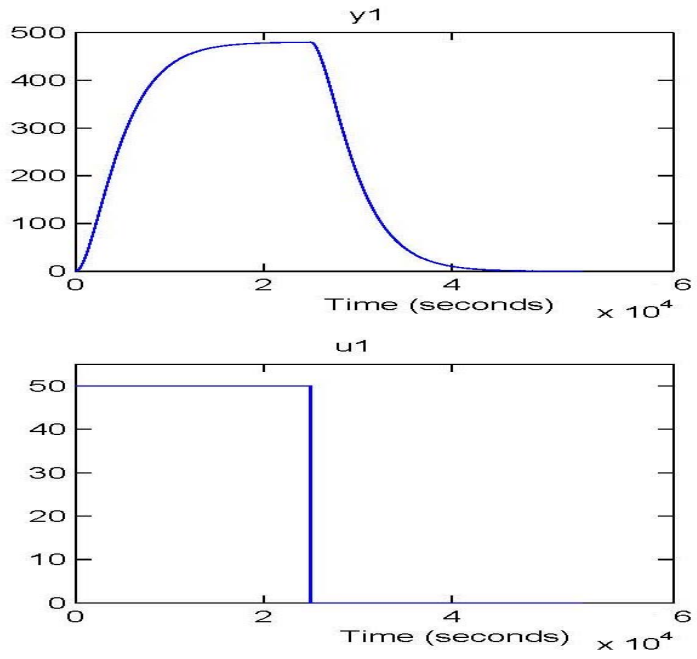

Рисунок 3.10 – Характеристика при П-образному керуючому впливі

На підставі даних отриманих при П-образному керуючому впливі виконаємо перевірку об’єкта управління на симетричність:

```
>> (std(P_First) - std(P_Second)) * 100.0 / 480.0
ans =
   0.071311824845971
```

Так як різниця стандартних відхилень етапу підйому до етапу спаду відносно діапазону зміни температури з 0 до 480,0 °С становить 0,07 %, що є значно меншим ніж величина технічної похибки 10 %, об’єкт управління є симетричним.

Виходячи з проведеного аналізу експериментальних даних можливо зробити висновок, що об’єкт управління може бути представлений в виді аперіодичної ланки другого порядку без запізнення.

$$W(s) = \frac{k}{(T1s + 1) * (T2s + 1)} \quad (3.1)$$

де $W(s)$ – передавальна функція;

k – коефіцієнт підсилення;

$T1$ – перша постійна часу (с);

$T2$ – друга постійна часу (с).

3.4.3 Параметрична ідентифікація

При аналізі динамічної характеристики було встановлено, що коефіцієнт підсилення:

$$k = \frac{480}{50} = 9.6 \quad (3.2)$$

Подальше визначення параметрів об’єкта управління виконано за допомогою “System Identification Toolbox”, для якого у якості робочих даних використані данні динамічної характеристики “Dynamic”, а перевірочні данні “Check” для оцінки відповідності моделі об’єкта управління, так як ці данні раніше не використовувалися при ідентифікації (рис. 3.8).

Для визначення параметрів моделі об’єкта управління використано метод “Process Models”. Налаштування параметрів ідентифікації наведено на рис. 3.11.

Перевірка результатів розрахунків наведена на рисунку 3.17 та в табл. 3.1.

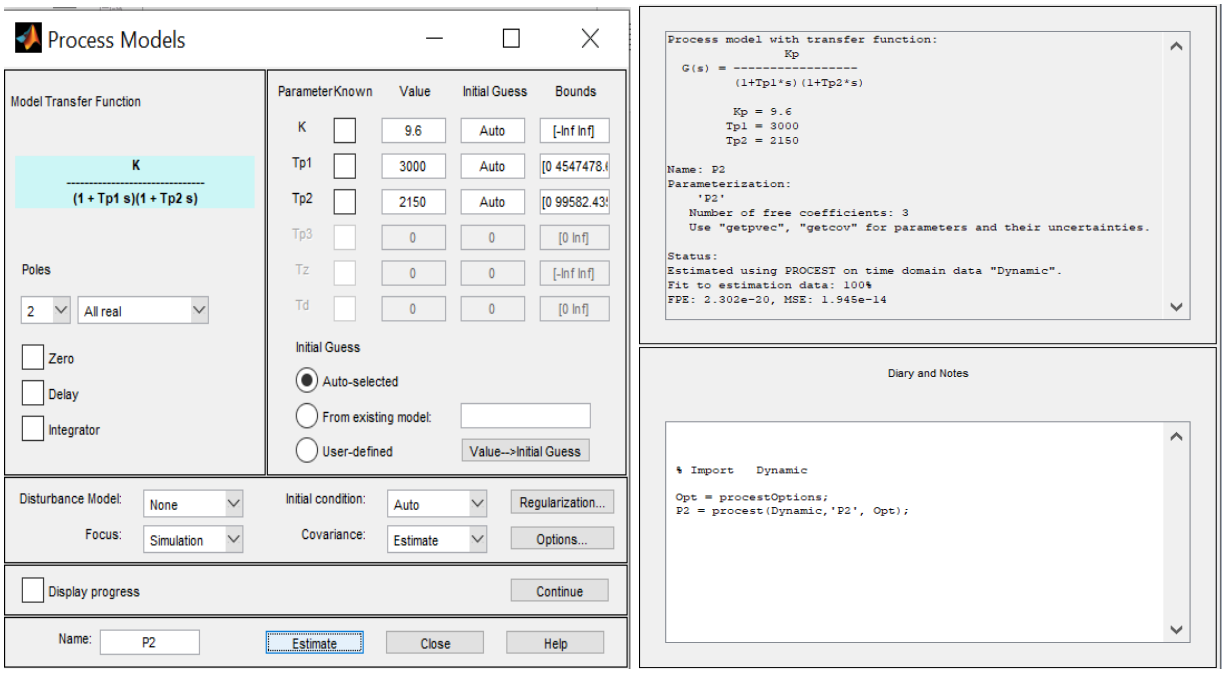

Рисунок 3.11 – Налаштування та результат розрахунку Process Models

Отримана модель “O2” не відповідає об’єкту управління, на 100.00 % за нормованим середнє квадратичним відхиленням, по перевірочним даним та на 100 % по динамічній характеристиці. Виходячи з цього для створення моделі об’єкта управління обрані параметри цієї моделі.

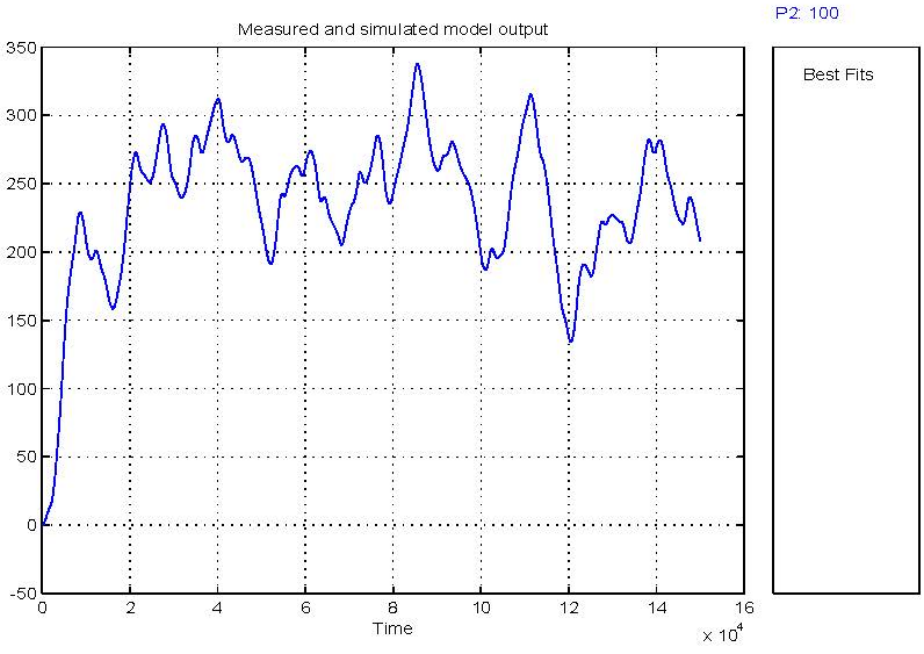

Рисунок 3.12 – Перевірка результатів розрахунків

Таблиця 3.1 – Результати розрахунків параметрів об’єктів управління

Назва параметру	**O2**
k	9.6
T_1, с	3000
T_2, с	2150
Dynamic – Динамічна характеристика	
NRMSE, %	100.00
FPE	$2.302*10^{-20}$
MSE	$1.94*10^{-14}$
Check – Перевірочні данні	
NRMSE, %	100.00

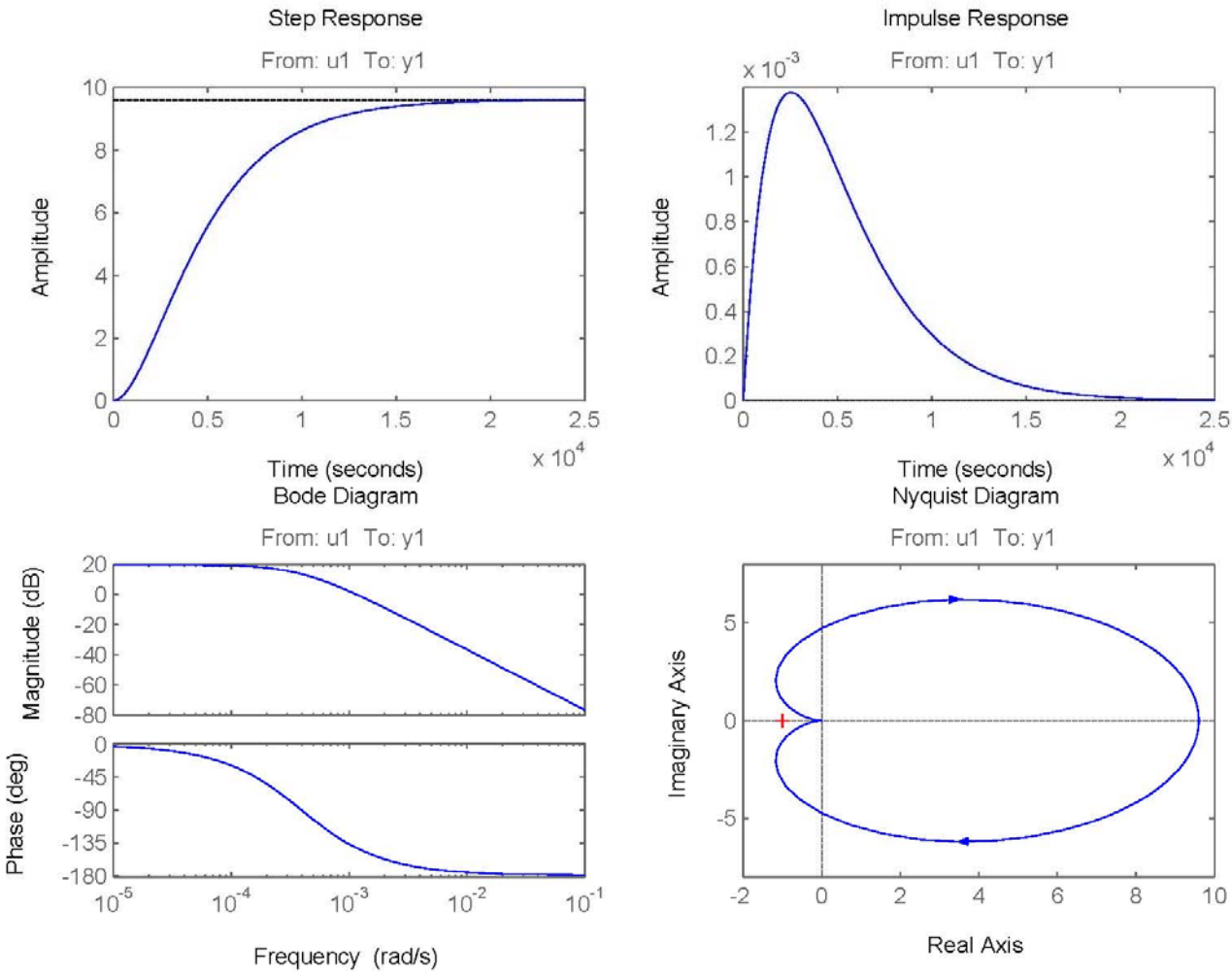

Рисунок 3.13 – Характеристики моделі управління

На підставі виконаних досліджень отримана модель об’єкта управління у виді передавальної функції:

$$W(s) = \frac{9.6}{(3000s + 1) * (2150s + 1)} \quad (3.2)$$

3.4.4 Розробка моделі об’єкта управління в Simulink

За результатами ідентифікації розроблена модель об’єкта управління в графічному середовищі імітаційного моделювання Simulink (рис. 3.14) у вигляді передавальної функції.

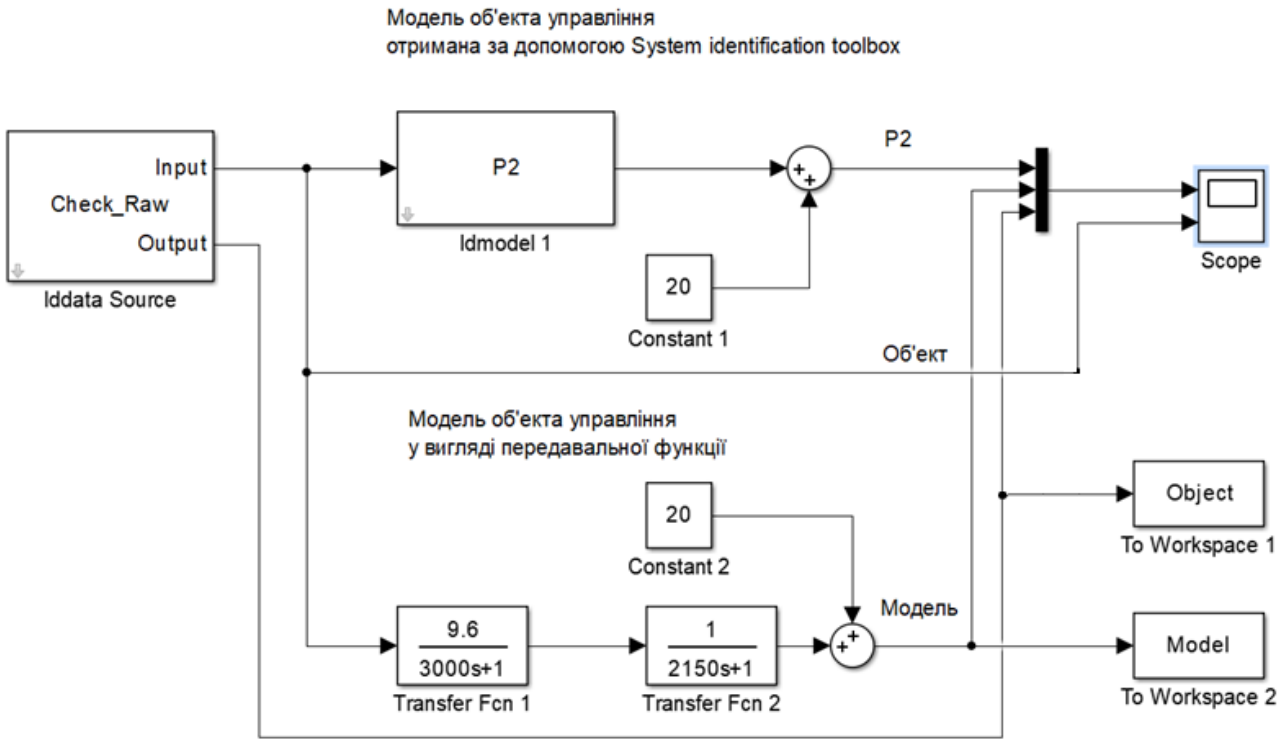

Рисунок 3.14 – Модель об’єкта управління в середовищі Simulink

Результати моделювання об’єкта управління з використання перевірочних даних наведені на рис. 3.15. Отримана модель об’єкта у вигляді передавальної функції не відрізняється від моделі об’єкта отриманої у програмному забезпеченню “System identification toolbox”. Крім того результати моделювання практично не відрізняються від перевірочних даних. Таким чином отриману модель у вигляді передавальної функції може бути використано замість моделі отриманої на етапі параметричної ідентифікації.

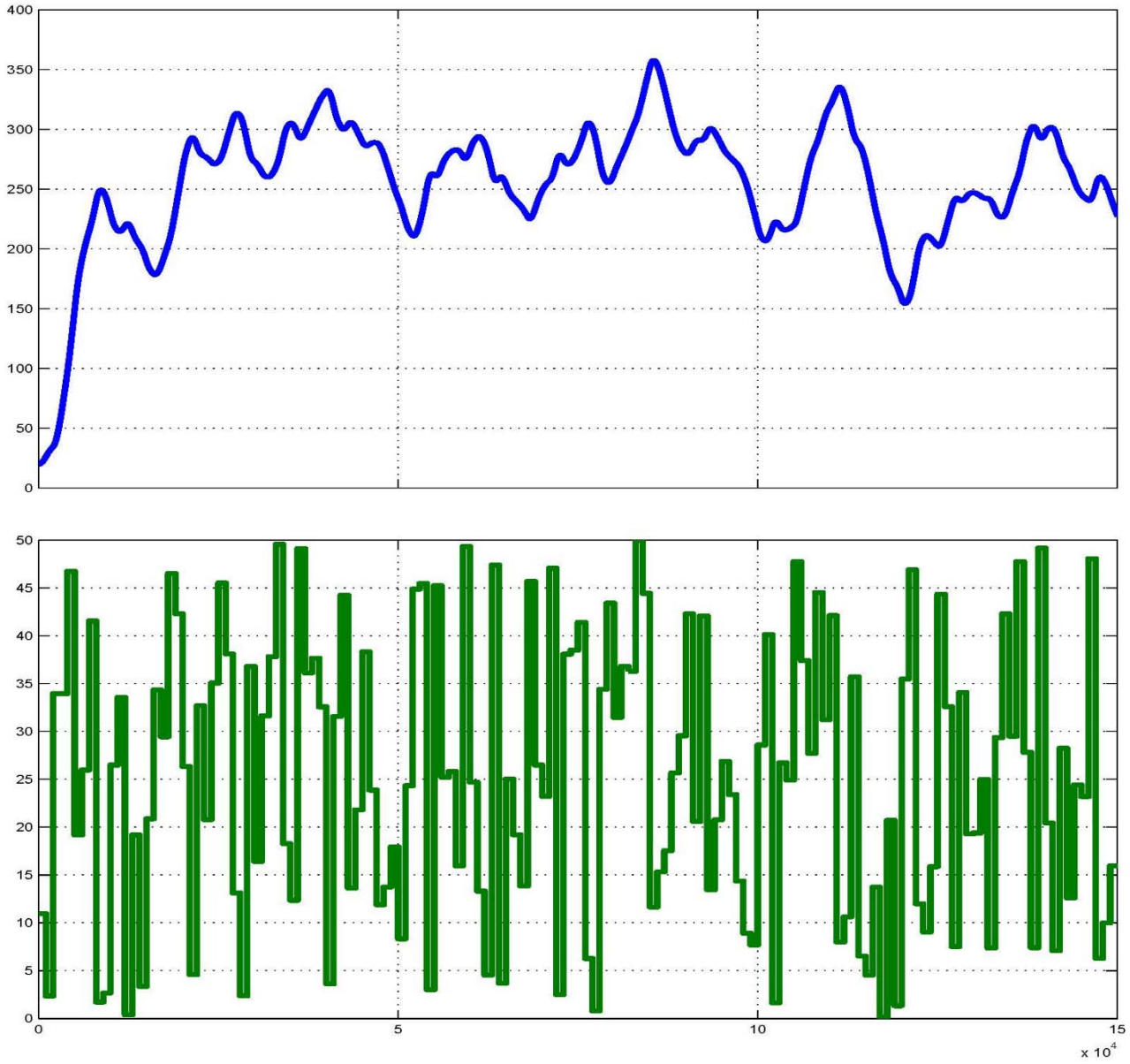

Рисунок 3.15 – Результати моделювання з використання перевірочних даних

3.4.5 Перевірка моделі на адекватність

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

```
>> nrmse = goodnessOfFit(Model, Object, 'NRMSE') * 100.0
nrmse =
  100.00
```

Згідно з результатами модель відповідна до об’єкта управління на 100.00 %, а тому є адекватною та може бути використана для моделювання об’єкта управління в подальших дослідженнях.

Остаточна модель об’єкта управління наведена на рисунку 3.16, а результати моделювання на рисунку 3.17.

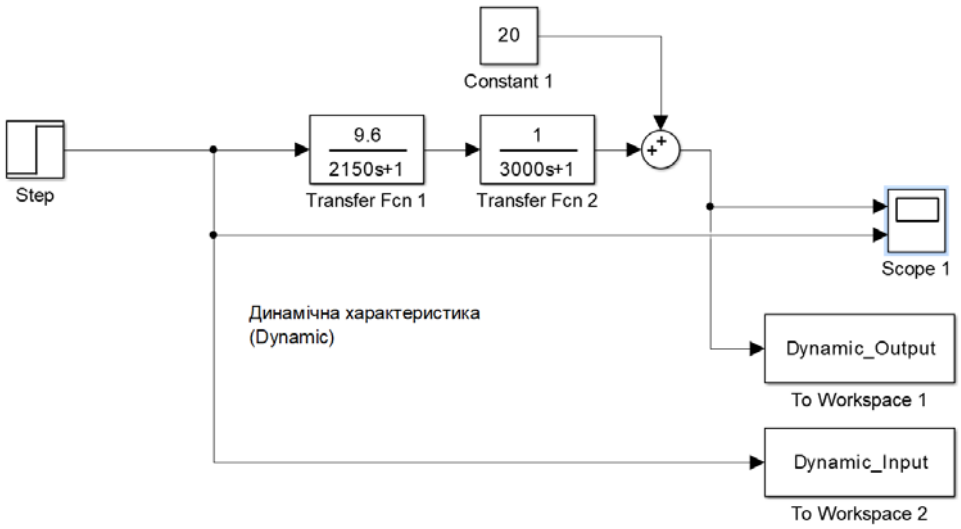

Рисунок 3.16 – Остаточна модель об’єкта управління

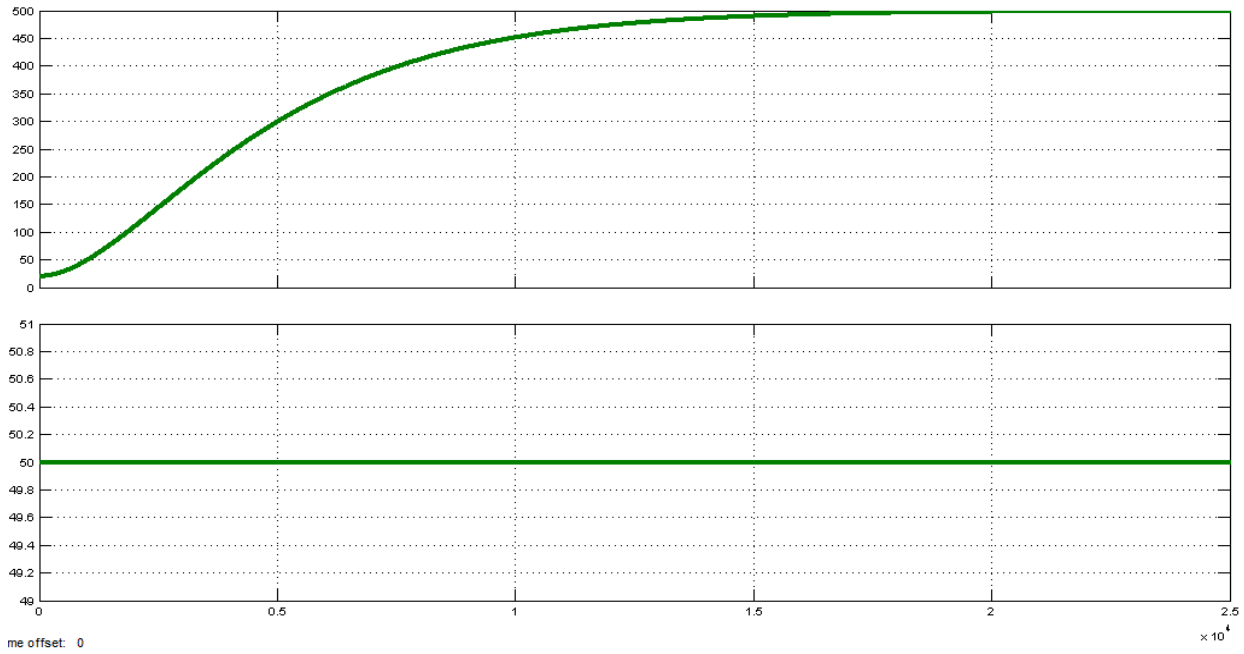

Рисунок 3.17 – Результати моделювання

3.5 Висновки за розділом

Виходячи з отриманих результатів можливо зробити висновок, що модель відповідає об’єкту керування, та може бути використана для подальшої розробки системи керування.

4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

4.1 Техніко-економічне обґрунтування впровадження автоматизації процесу підтримання температури в автоклаві

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

У цьому розділі кваліфікаційної роботи приведено економічне обґрунтування доцільності використання автоматизованої системи керування.

Автоматизована система забезпечує:

- спостереження за процесом від самого початку і до кінця за допомогою зручного HMI;
- постійний контроль за протіканням технологічного процесу;
- енерго- та ресурсозбереження;
- збільшує продуктивність виробництва, та скорочує час підготовки обладнання до процесу виробництва.

Для того, щоб визначити економічну ефективність впровадження даної системи замість застарілої базової, проведемо розрахунки річних витрат та прибутків.

4.2 Розрахунок капітальних витрат пов'язаних з впровадженням системи керування

Розрахуємо капітальні витрати, що пов'язані з виготовленням та впровадженням системи керування. Визначення проектних капітальних витрат проводиться за такою формулою:

$$Кпр = Соб + Дтр + Ммн \quad (4.1)$$

де $С_{об}$ – витрати на комплектуючі вироби;

$Д_{тр}$ – витрати на транспортно-заготівельні витрати;

$М_{мн}$ – витрати на монтаж і налагодження системи.

Вартість комплектуючих деталей наведена в табл. 4.1.

Таблиця 4.1 – Вартість комплектуючих системи

№ п/п	Найменування виробів згідно проектних розробок	Одиниці вимірy	Кількість	Оптова ціна за од., грн.	Сума, грн.
1.	ПЛК VIPA System 200V	од.	1	13400	13400
2.	Датчик температури ДТС015.И	од.	1	285	285
3.	Трифазне твердотільне реле Jotta SSR 40DA.	од.	1	300	300
4.	Джерело живлення Carlo Gavazzi SPD24301	од.	1	3170	3170
5.	Тиристорне промислове джерело живлення DPU	од.	1	420	420
6.	Корпус промисловий D211	од.	1	3795	3795
Разом					21370

Витрати на транспортно-заготівельні і складські витрати визначаються по всіх розділах в залежності від вартості обладнання матеріалів, виробів, конструкцій, беруться 8 % від загальної вартості.

$$Д_{тр} = С_{об} \times 0,08 \quad (4.2)$$

де $С_{об}$ – вартість комплектуючих, грн.

Таким чином витрати на транспортно-заготівельні і складські роботи складають

$Д_{тр} = 21370 \times 0,08 = 1709,6$ грн.

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

$$М_{МН} = С_{об} \times 0,07 \quad (4.3)$$

Витрати на монтажна-налагоджувальні роботи складуть

$М_{мн} = 21370 \times 0,07 = 1495,9$ грн.

4.3 Розрахунок капітальних витрат на програмне забезпечення

4.3.1 Розрахунок часу на розробку програмного забезпечення

Трудомісткість розробки програмного забезпечення розраховується за формулою:

$$t = t_o + t_u + t_a + t_n + t_{от} + t_g \quad (4.4)$$

де t_o - витрати праці на підготовку і опис поставленого завдання;

t_u - витрати праці на дослідження алгоритму рішення завдання;

t_a - витрати праці на обробку блок-схеми алгоритму;

t_n - витрати праці на програмування по готовій блок-схемі;

$t_{от}$ - витрати праці на налаштування програм на ЕОМ;

t_g - витрати праці на підготовку документації по завданню.

Складові витрат праці визначаються на підставі умовної кількості оброблюваних операторів у програмному забезпеченні.

Умовне кількість операторів у програмі:

$$Q = q \times c(1 + p), \tag{4.5}$$

де q – кількість операторів, які у програмі, приймаємо q = 42 (виходячи з ПЗ на мові Matlab);

c – коефіцієнт складності програми;

p – коефіцієнт корекції програми в процесі її обробки.

Коефіцієнт складності «c» програми визначає відносну складність програми по відношенню до типового завданням, складність якого відповідає. Приймаємо c=1,35.

Коефіцієнт корегування програми «p» визначає збільшення обсягу робіт за рахунок внесення змін в алгоритм або програму в результаті уточнення постановки завдання. Величина p приймемо рівною 0,1.

Таким чином, для програми, описаної в кваліфікаційній роботі:

Q = 42*1,35(1+0,1) =62,37.

Оцінка витрат праці на підготовку і опис завдання в даній кваліфікаційній роботі складають 35 люд.-годин.

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

$$t_u = \frac{Q \cdot B}{(75...85) \cdot k}, \text{ люд.-годин} \tag{4.6}$$

де B - коефіцієнт збільшення витрат праці приймаємо B = 1,5;

k - коефіцієнт кваліфікації програміста, які визначається залежно від стажу роботи за спеціальністю.

У нашому випадку коефіцієнт кваліфікації програміста становить k=1,2.

Для розроблювального програмного забезпечення:

$$t_u = \frac{62.37 * 1.5}{80 * 1.2} = 1 \text{ люд.} - \text{годин.}$$

Витрати на розробку алгоритму рішення завдання визначаються за формулою:

$$t_a = \frac{Q}{(20...25) \cdot k}, \text{ люд.-годин} \quad (4.7)$$

Для розроблювального програмного забезпечення:

$$t_a = \frac{62,37}{20 * 1.2} = 3 \text{ люд.} - \text{годин.}$$

Витрати праці на складання програми по готовій блок-схемі алгоритму визначаються за формулою:

$$t_n = \frac{Q}{(20...25) \cdot k}, \text{ люд.-годин} \quad (4.8)$$

Для розроблювального програмного продукту:

$$t_n = \frac{62,37}{20 * 1.2} = 3 \text{ люд.} - \text{годин.}$$

Витрати праці на налагодження програми на ЕОМ розраховуються за формулою:

$$t_{нал} = \frac{Q}{(4...5) \cdot k}, \text{ люд.-годин} \quad (4.9)$$

Для конкретного програмного продукту:

Витрати праці на підготовку документації по завданню визначаються за формулою:

$$t_Д = t_{ДР} + t_{ДО}, \text{ люд.-год,} \quad (4.10)$$

де $t_{ДР}$ – трудомісткість підготовки матеріалів до написання;

$t_{ДО}$ – трудомісткість редагування, друку та оформлення документації.

$$t_{ДР} = Q/(15...20) \cdot k, \quad (4.11)$$

$$t_{ДО} = 0,75\ t_{ДР} \quad (4.12)$$

$t_{ДО} = 0,75 * 2,88 = 2$ люд.-год.

Для програмного забезпечення, що розроблено в кваліфікаційної роботі:

$t_Д = 3 + 2 = 5$ люд.-год.

Трудомісткість розробки програмного забезпечення становитиме:

t = 30 + 1 + 3+ 3+ 10 + 5= 57 людино-годин.

4.3.2 Розрахунок витрат на розробку програмного продукту

Витрати на розробку програмного продукту включають витрати на заробітну плату розробника програми $З_{зп}$ і вартість машинного часу, необхідного для налаштування програми на ЕОМ $З_{мі}$

$$Кпз = Ззп + Змі, грн. \quad (4.13)$$

Заробітна плата розробника програмного забезпечення:

$$Ззп = t Спр, грн. \quad (4.14)$$

де t – загальна трудомісткість обробки програмного забезпечення;

$С_{пр}$ – середня годинна тарифна ставка програміста становить:

$С_{пр}$ = 85 грн./час.

Заробітна плата за розробку програмного забезпечення дорівнює:

$З_{зп}$ = 57 * 85 = 4845 грн.

Вартість машинного часу, необхідного для налаштування програми на ЕОМ:

$$Змв = tнал Смч, грн. \quad (4.15)$$

де $t_{нал}$ – трудомісткість налагодження програми на ЕОМ, людино-годин;

$С_{Мч}$ - вартість машино-години ЕОМ, грн. / год ($С_{Мч}$ = 9 грн. / год).

$З_{МВ}$ = 10 * 9 = 90 грн.

Витрати на розробку програмного забезпечення системи керування становитимуть:

$К_{ПЗ}$ = 4845 + 90= 4 935 грн.

Очікувана тривалість розробки програмного забезпечення:

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

де $В_к$ – кількість розробників, так як програма в кваліфікаційні роботі

розроблялася однією людиною, то Вк = 1;

$F_р$ – місячний фонд робочого часу (Fр = 176 годин).

Визначимо тривалість розробки ПЗ:

$$t_{нал} = \frac{57}{1*176} = 0{,}32 \text{ міс.}$$

Розрахувавши всі показники, використовуємо формулу 4.1 і розраховуємо капітальні витрати:

$К_{пр}$ =21370+ 1709,6 + 1495,9 + 4935 = 29510,5 грн.

Вартість системи керування, що знаходиться в експлуатації становить 23 005,5 грн.

Використовувана система в розрахунках прийнята за базовий варіант.

$\Delta К = К_{пр} – К_{баз}$ = 2 9510,5– 23 005,5 = 6 505 грн.

4.4 Розрахунок експлуатаційних витрат

Річні експлуатаційні витрати розраховуються за формулою:

$$С_е = С_а + С_з + С_{ВКП} + С_{р.о.} + С_{ее} + С_{інш}\ , \qquad (4.17)$$

де $С_е$ - річні поточні витрати, пов'язані із застосуванням системи керування;

$С_а$ – амортизація основних фондів;

$С_з$ – заробітна плата обслуговуючого персоналу;

$С_{інша}$ – відрахування на соціальні заходи;

$С_{р.о}$ – витрати на технічне обслуговування та поточний ремонт обладнання;

$С_{ее}$ – вартість електроенергії;

$С_{інш}$ – інші витрати.

Визначимо експлуатаційні витрати при впровадженні системи керування.

4.4.1 Амортизація основних фондів

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

Обладнання, розробленої в кваліфікаційній роботі системи керування,

належить до 4 групи (машини та обладнання). Передбачуваний термін експлуатації системи становить 3 років.

При використанні методу прискореного зменшення залишкової вартості норма амортизації визначається за формулою:

$$Н_а = (2 / Т)*100\% \quad (4.18)$$

де T – термін корисного використання об'єкта;

H_a – норма амортизації.

$$С_а = (ПВ * Н_а)/100\%, \quad (4.19)$$

де C_a – амортизація основних фондів (річна);

$ПВ$ – первинна вартість, дорівнює капітальним витратам $ПВ = К$.

Отже, норма амортизації для проектованої системи керування складе:

$H_a = (2/3)*100\% = 66\%$

Сума амортизації для проектованої і базової системи становитиме:

$C_{а.пр} = (24575,5* 66\%)/100\% = 16\ 219,83$ грн.

$C_{а.баз} = (23005,5* 66\%)/100\% = 15\ 183,63$ грн.

4.4.2 Розрахунок фонду заробітної плати

Номінальний річний фонд робочого часу одного працівника:

$$Т_{ном.рік} =(Т_к – Т_{вих.св} – Т_{відп})*Т_{зм}, \text{ годин} \quad (4.20)$$

де $T_к$ – календарний фонд робочого часу, 365 днів;

$T_{вих.св}$ – вихідні дні та свята, 114 дні;

$T_{відп}$ – відпустка, 21 день;

$T_{зм}$ – тривалість зміни, 8 год.

Таким чином, річний фонд робочого часу працівника складе:

$T_{ном.рік} = (365 – 114 – 21)*8 = 1\ 840$ годин.

Для керування процесом задіяні 1 оператор HMI, 2 технологи і 1 спеціаліст з електроустаткування.

Після впровадження проектованої системи керування штат персоналу не зміниться, отже заробітна плата і відрахування на соціальні заходи будуть однакові.

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

Таблиця 4.2 - Розрахунок заробітної плати персоналу

п/п	Найменування професії робітників	в.	п.	Годинна тарифна ставка, грн. / ч.	Номінальний річний фонд робочого часу	Пряма заробітна плата, грн.	Додаткова заробітна плата	Доплати (7%), грн.	Всього заробітна плата, грн.
	Оператор HMI	1		30	1840	66500	5520	4655	76675
	Технолог	2		28	1840	105100	10310	7357	122767
	Наладчик електроустаткування	1		32	1840	74880	7488	5241,6	87610
	Разом								287051,6

Сз.пр = Сз.баз = 287 051,6 грн.

4.4.3 Відрахування на соціальні заходи

Відрахування на соціальні заходи визначаються за формулою:

$$С_{Спер} = 0,22 * С_з \quad (4.21)$$

$С_{с.пр} = С_{с.баз} = 0,22 * 287051,6 = 63151,35$ грн.

4.4.4 Розрахунок витрат на технічне обслуговування та ремонт

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

$$С_{то.тр} = 0,05 \cdot К \quad (4.22)$$

$С_{р.о.пр} = 0,05 * 36212,25 = 1228,78$ грн.

$С_{р.о.баз} = 0,05 * 35000 = 1150,28$ грн.

4.4.5 Витрати на електроенергію

Розрахуємо вартість електроенергії, споживаної системою керування, розробленої у проекті:

$$С_{ее} = К_е * К_{др} * ds * Т \quad (4.23)$$

де $К_е$ – кількість електроенергії, спожите проектованої системою керування за годину, 0,4 кВт * год;

$К_{др}$ – кількість робочих днів у році ($К_{др}$ = 365 –114= 251день);

ds – тривалість зміни, 8 годин;

Т – тариф на електроенергію для підприємств (для користувачів електроенергії 2 класу тариф складає 2,26 грн. за кВт без ПДВ. З урахуванням ПДВ тариф Т = 2,26 * 1,2 = 2,712грн).

$С_{ее.пр}$ = 0,4*251*8*2,712= 2178,278 грн.

Кількість електроенергії, спожите системою керування, що знаходиться в експлуатації – 0,5 кВт * год

$С_{ее.баз}$ = 0,5*251*8* 1,96 = 1967,84 грн.

4.4.6 Інші витрати

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

$$С_{інш} = С_{з} \cdot 0,04 \text{ грн.} \quad (4.24)$$

$С_{інш.пр} = С_{інш.баз}$ = 287051,6* 0,04 = 11482,06 грн.

За формулою 4.17 розраховуємо річні експлуатаційні витрати для проектного та базового варіантів:

$С_{пр}$= 16 219,83 +254030,6+63151,35 +1228,78 + 2178,278 +11482,06 = 348290,898 грн.

$С_{баз}$= 15 183,63 +254030,6+63151,35 +1150,28 +1967,84+11482,06 = 346965,76 грн.

Таблиця 4.3 – Експлуатаційні витрати

Назва покажчика	Базовий варіант	Проектний варіант
Амортизація	15 183,63	16 219,83
Фонд заробітної плати	254031	254031
Відрахування на соціальні виплати	63151,35	63151,35
Ремонт та технічне обслуговування	1150,3	1228,8
Електроенергія	1967,8	2178,3
Інше	11482	11482
Загалом	346965,76	348290,89

Таким чином, економія експлуатаційних витрат становитиме:

$\Delta С = С_{пр} – С_{баз}$ =348290,89- 346965,76= 1324,24 грн.

4.5 Визначення додаткового прибутку від впровадження системи керування

Середньодобове збільшення виходу готової продукції при впровадженні розробленої системи керування складе 7%, за рахунок зниження простоїв обладнання.

Визначимо додатковий прибуток від впровадження проектованої системи керування:

$$\Delta П = (Ц_{пр.} - S_{пр.}) \times Q_{пр} - (Ц_{баз.} - S_{баз.}) \times Q_{баз.}, \quad (4.25)$$

де $S_{пр.}$, $S_{баз.}$ – Собівартість обробки 1 т. продукції за проектним і базовим варіантами, грн. / од. (5 000 грн.);

$Ц_{пр.}$, $Ц_{баз.}$ – Ціна за 1 т. продукції, грн.;

$Q_{пр.}$, $Q_{баз}$ – обсяг виробництва продукції, кг (на даний момент продуктивність обробки становить 1т. на добу).

При 251 робочому дні обсяг виробленої продукції складе:

$Q_{баз.} = 1 * 251 = 251$ т./рік.

При впровадженні системи керування:

$Q_{пр.} = 1{,}07 * 1 * 251 = 268{,}57$ т./ рік.

Додатковий прибуток від впровадження системи керування

$\Delta П = (6000 - 5000) * 268{,}57 - (6000 - 5000) * 251 = 17570$ грн.

4.6 Оцінка економічної ефективності проекту

Визначимо показники економічної ефективності проектованої системи керування:

– річний економічний ефект:

$$Е = \Delta П - \Delta С - \Delta К * Е_{п} > 0 \quad (4.26)$$

– економічна ефективність:

$$Е_{г} = \Delta П - \Delta С \quad (4.27)$$

– і термін окупності розробки:

$$Т_{ок} = \Delta К / Е_{г} \quad (5.28)$$

$$E_п = (N_{кр} – N_{інф}) /100 \quad (4.29)$$

де $N_{кр}$ – річна процентна ставка, %;

$N_{інф}$ – річний рівень інфляції, %.

В якості нормативного значення приймемо величину банківської кредитної ставки $N_{кр}$ (18%) з урахуванням інфляції $N_{інф}$ (1,2%), тобто:

$E_п = (18 – 1,2) /100 = 0.168.$

$E = 17570– 1324,24 – 0,168*6505 = 16152,92$ грн.

$E_г = 17570– 1324,24 = 16\ 245,76$ грн.

$T_{ок} = 6505/16\ 245,76= 0,402$ року.

Коефіцієнт ефективності капітальних витрат Є показує, скільки гривень додаткового прибутку (економії) приносить одна гривня капітальних витрат:

$$Є = E_г / ΔК \quad (4.30)$$

Коефіцієнт ефективності становить:

$Є = 16\ 245,76/6505 = 2,5$

Отже, при впровадженні системи керування 1 грн. капітальних витрат приносить 2,5 грн. прибутку.

Економічні показники, що характеризують ефективність створення і використання розробленого проекту системи керування відображені в табл. 4.3.

Таблиця 4.3 - Економічні показники

Найменування показників	Од. вимірювання	Показники базового варіанту системи	Показники проектного варіанту системи
Капітальні витрати	грн.	23005,5	24575,5
Експлуатаційні витрати, всього	грн.	346965,76	348290,898
В тому числі: - амортизація	грн.	15 183,63	16 219,83
- заробітна плата обслуговуючого персоналу	грн.	254030,6	254030,6
- відрахування на соціальні заходи	грн.	63151,35	63151,35
- технічне обслуговування та поточний ремонт системи керування	грн.	1150,28	1228,78
- вартість споживаної електроенергії	грн.	1967,84	1580,69
- інші витрати	грн.	11482,06	11482,06
Додатковий прибуток	грн.	-	16 279,535
Річний економічний ефект	грн.	-	17274,8
Коефіцієнт ефективності			2,5
Термін окупності капітальних вкладень	р	-	0,402

4.7 Висновки

При впровадженні проектованої системи капітальні витрати складають

24,6 тис. грн. Річні експлуатаційні витрати, пов'язані з впровадженням системи 34,8 тис. грн. Проте, очікується додатковий прибуток у розмірі 16,3 тис. грн та дуже швидкий термін окупності 0,4 року.

Виходячи з отриманих результатів, та звертаючи увагу на досить великий коефіцієнт ефективності, що дорівнює 2,5.

Можна зробити висновок, що впровадження проектованої комп’ютеризованої системи економічно вигідно.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1 Аналіз умов праці оператора персонального комп’ютера(ПК)

Приміщення відділу оператора знаходиться на 1 поверсі двох поверхового цегельного будинку. У приміщенні працюють директор, головний бухгалтер, менеджери, оператори. Загальна площа приміщення складає 120 кв.м. Висота приміщення – 2,8 м. У операторській постійно працює 6 чоловік. Використовуючи, ці данні можна зробити висновок, що на одного службовця приходитися 16 кв.м. площі і 19,2 куб.м. обсягу.

У операторській верхня частина стіни обшиті ДВП панелями, підлога покрита кахлем, стеля білого кольору. Інтер'єр приміщення оформлений відповідно з вимогами, без надмірностей (рис. 5.1). Приміщення прикрашено великою кількістю кімнатних рослин та рекламними плакатами.

Рисунок 5.1 - Загальний вигляд інтер'єр офісу

У приміщенні відділу температура повітря в холодну пору складає 22…24° С, а в перехідний період – 21…24° С, відносна вологість складає 40..60 %, швидкість руху повітря – 0,1…0,2 м/с, що цілком відповідає стандартам, при яких людина добре себе почуває.

Для забезпечення чистоти повітря і підтримки метеорологічних умов у приміщенні відділу використовується комбінована вентиляція [9-14].

Природна вентиляція створює необхідний обмін повітря за рахунок різниці щільності теплого повітря, що знаходиться в приміщенні, і більш холодного повітря зовні, а також за рахунок вітру. Також, для створення автоматичної

підтримки у відділі незалежно від зовнішніх умов постійної температури і вологості, установлений кондиціонер типу «Samsung».

Рівень шуму в приміщенні відповідає встановленим стандартам і дорівнює 70–60 дБ. Основними джерелами шуму є комп'ютери і принтери.

Комп'ютери є джерелом електромагнітного випромінювання, тому для захисту людей, що користаються комп'ютером, від випромінювання на моніторах встановлені захисні екрани.

Відповідно ДБН В.2.5-28-2018 штучне освітлення повинно бути 300 лк, для цього у кожній кімнаті встановлено по два світильники марки ЛПО 4 з потужністю 18 Вт. Світильники розташовані над робітниками місцями на відстані 2,8 м від рівня підлоги.

Працівники операторської використовують шість персональних комп’ютерів, два лазерні принтери Canon MF-211 та Canon LBP-2900, що мають невеликі габарити: монітор – 35х40х27 см, системний блок – 42х34х18 см, клавіатура – 46х15х2 см, принтер – 31х26х27 см. Зазначені пристрої живляться від мережі змінного струму напругою 220 В із застосуванням спеціального подовжувача – мережного фільтра, що стабілізує перепади напруги. Комп’ютери перебувають в експлуатації 4 роки; принтери – 3 роки.

Небезпека падіння з висоти при розташуванні робочого місця на значній висоті щодо поверхні землі або рівня підлоги повністю відсутня.

У операторській також є побутові приміщення – туалет, умивальник – розташовані в окремих кімнатах та кухня (рис. 5.2). Санітарний стан приміщення добрий: чисто, стіни оброблені плиткою, мається дзеркало. Також у приміщенні маються шафи для зберігання власних речей. Вони добре поєднуються з інтер’єром і мають відповідне розташування щоб не заважати переміщенню.

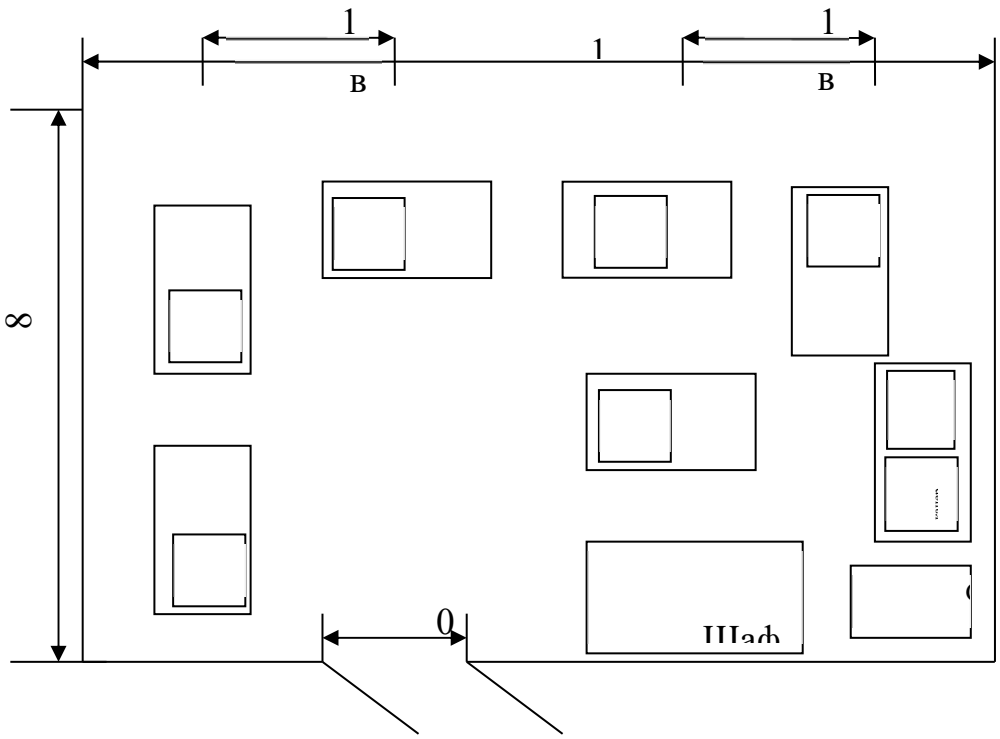

Рисунок 5.2 - Загальний вигляд операторської

Загальні параметри умов праці в приміщенні відділу приведені в таблиці 1, де вони порівнюються з затвердженими нормами і стандартами.

Таблиця 5.1 - Характеристика санітарно-гігієнічних умов праці

Параметр	**Фактичне значення**	**Норматив по Держстандарту**	**Відповідність параметра Держстандарту**
Шум, дБ	50–40	50–40	відповідає
Температура повітря, °С: - холодного періоду - перехідного періоду	 22–24 21–24	 23–25 22–24	 відповідає відповідає
Швидкість руху повітря, м/с	0,1–0,2	0,1–0,2	відповідає
Відносна вологість повітря, %	40–60	40–60	відповідає

5.2 Рекомендації по покращенню умов охорони праці оператора ПК

5.2.1 Вибір оптимального режиму праці та відпочинку

Реалізація цілеспрямованих заходів з покращення умов і охорони праці дозволить зменшити показник загального виробничого травматизму, приблизити його значення до рівня розвинених європейських країн, зменшити питому вагу

працівників, зайнятих в умовах, які не відповідають санітарно-гігієнічним нормам. Тому, насамперед, необхідно [13-18]:

- удосконалити управління охороною і безпекою на підприємстві;
- забезпечити на постійній основі комплексну оцінку робочих місць з позиції потреб ергономіки, санітарно-технічних нормативів і державних нормативних правових актів з охорони праці;
- систематично проводити профілактичні засоби виробничого травматизму, які включають в себе атестацію робочих місць, за умовами праці; впровадження системи сертифікації організації робіт з охорони праці; навчанні та інструктаж; підвищення кваліфікації;
- створити правила фінансування у плановому періоді попереджувальних заходів для зменшення виробничого травматизму і професійних захворювань працівників і санітарно-курортного лікування працівників, які зайняті на роботах з шкідливими або небезпечними виробничими чинниками;
- виділяти щорічно із бюджету достатню кількість грошових коштів для фінансування заходів, для поліпшення умов праці робітників.

Слід зазначити, що застосування на виробництві застарілих технологій та матеріалів, нестача технічних засобів захисту працівників і відповідних коштів у підприємств для оптимізації умов праці спричиняють надання майже третині працівників промисловості, будівництва, транспорту, сільськогосподарського виробництва пільг та компенсацій за роботу в шкідливих і важких умовах праці.

5.2.2 Безпека праці при користуванні технічними засобами

Технологічне обладнання, що нині використовується у виробничій діяльності, надзвичайно різноманітне за принципом дії, конструктивними особливостями, типами та габаритами. Однак не зважаючи на це існують деякі загальні вимоги, дотримання яких при конструюванні обладнання дозволяє забезпечувати вимоги безпеки при його експлуатації.

Нині існує дуже багато методів забезпечення безпеки технологічного обладнання, а з часом вони постійно будуть розширюватися й вдосконалюватися.

До загальних належить механізація і автоматизація технологічних процесів, дистанційне управління і спостереження, блокування і сигналізація, надійність і міцність конструктивного виконання.

До часткових методів належать захист обладнання від певної безпеки. Це може бути герметизація, екранування, теплоізоляція, звукоізоляція, амортизація, огородження, заземлення і т. ін.

Конструктивні елементи технологічного обладнання не повинні мати гострих країв, кутів, нерівних, гарячих чи переохолоджених поверхонь.

Рухомі частини технологічного обладнання, а також пасові та ланцюгові передачі мають бути огороджені або захищенні іншим шляхом якщо огородження не допускається.

5.2.3 Вимоги до приміщення.

Розташування монітору має забезпечувати зручність зорового спостереження у вертикальній площині під кутом +-30 град. від лінії зору працівника.

Клавіатуру слід розміщувати на поверхні столу або на спеціальній, регульовуваний за висотою, робочій поверхні окремо від столу на відстані 100…300 мм від краю, ближчого до працівника. Кут нахилу клавіатури має бути в межах 5…15 град.

Робоче місце з ПК слід оснащувати пюпітром (тримачем) для документів, що легко переміщується. Пюпітр (тримач) для документів повинен бути рухомим та встановлюватись вертикально (або з нахилом) на тому ж рівні та відстані від очей користувача ПК, що і монітор.

Розміщення принтера або іншого пристрою введення-виведення інформації на робочому місці має забезпечувати добру видимість монітору, зручність ручного керування пристроєм введення-виведення інформації в зоні досяжності моторного поля: по висоті 900 - 1300 мм, по глибині 400…500 мм.

При потребі високої концентрації уваги під час виконання робіт з високим рівнем напруженості суміжні робочі місця з ПК необхідно відділяти одне від одного перегородками висотою 1,5…2 м.

5.2.4 Вимоги до освітлення

Відносно вікон робоче місце повинно бути розміщено так, щоб природне світло було збоку, переважно з лівого та забезпечувати коефіцієнт природної освітленості не нижче 1,5 %. Робоче місце, обладнане ПК повинно бути розташоване так, щоб уникнути попадання в очі прямого світла. Джерела штучного світла рекомендується розташувати з обох сторін від екрану паралельно напрямку зору. Щоб уникнути світових блисків від екрану, клавіатури, освітлювальних пристроїв, сонця в напрямку очей необхідно застосовувати антиблікові сітки, спеціальні фільтри для екрану, захисні козирки, жалюзі на вікнах. Вікна приміщень повинні мати регулювальні пристрої для відкривання [21].

5.2.5 Вимоги до електромережі

Для електричних мереж слід передбачати технічні заходи забезпеченню якості електричної енергії відповідно до вимог ГОСТ 13109 [22].

Лінія електромережі для живлення персональних комп‘ютерів, їх периферійних пристроїв (принтер, сканер тощо) виконується як окрема групова трипровідна мережа, шляхом прокладання фазового, нульового робочого та нульового захисного провідників. Нульовий захисний провідник використовується для заземлення (занулення) електроприймачів. Використання нульового робочого провідника як нульового захисного провідника забороняється. Нульовий захисний провід прокладається від стійки групового розподільчого щита, розподільчого пункту до розеток живлення. Не допускається підключення на щиті до одного контактного затискача нульового робочого та нульового захисного провідників.

Персональний комп‘ютери, периферійні пристрої повинні підключатися до електромережі тільки з допомогою справних штепсельних з'єднань і

електророзеток заводського виготовлення. Штепсельні з'єднання та електророзетки крім контактів фазового та нульового робочого провідників повинні мати спеціальні контакти для підключення нульового захисного провідника. Конструкція їх має бути такою, щоб приєднання нульового захисного провідника відбувалося раніше ніж приєднання фазового та нульового робочого провідників. Порядок роз'єднання при відключенні має бути зворотним. Необхідно унеможливити з'єднання контактів фазових провідників з контактами нульового захисного провідника. Неприпустимим є підключення комп‘ютерів, периферійних пристроїв до звичайної двохпровідної електромережі, в тому числі - з використанням перехідних пристроїв.

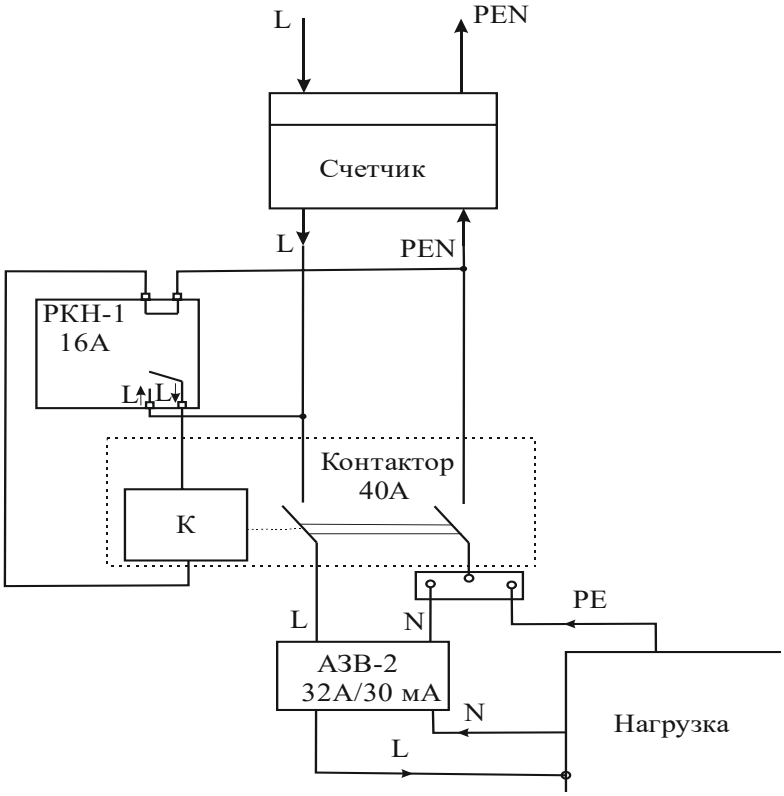

Рисунок 5.3 - Схема захисту лабораторії

5.3 Пожежна профілактика

Дане приміщення за ступенем пожежної небезпеки можна віднести до категорії «В», тому що в роботі відділу використовується папір, пластикові меблі й меблі із ДВП (НАПБ Б.03.002-2014). За ступенем вогнестійкості приміщення відноситься до І категорії. Це відповідає вимогам пожежної безпеки, зазначеним

у ДБН В.1.1-7-2016. За ступенем небезпеки враження електричним струмом приміщення можна класифікувати як таке, що має категорію «без підвищеної небезпеки», оскільки вся зазначена офісна техніка має захисне заземлення, передбачене її конструкцією, і повністю виключає можливість випадкового контакту із частинами, що перебувають під небезпечною для людини напругою.

У приміщенні повністю відсутня небезпека контакту з рухомими частинами обладнання, оскільки характер діяльності підрозділу не пов’язаний із транспортуванням яких-небудь виробів і не має обладнання з рухливими частинами, здатними травмувати людину.

Майже вся офісна техніка має запобіжний механізм, що змушує її відключатися при проникненні усередину корпусу. Тому небезпека враження електричним струмом майже повністю відсутня. Однак така можливість існує у випадках порушення працівниками правил користування офісною технікою, зокрема при самостійних спробах усунення яких-небудь несправностей без наявності для цього необхідної кваліфікації й навичок, особливо якщо техніка при цьому не відключена від електромережі.

Небезпека одержання термічних опіків при дотику до нагрітої до високої або охолодженої до низької температури поверхні обладнання майже повністю відсутня. Друкуючий фотоелемент принтера при тривалій роботі може сильно нагріватися й при дотику до неї працівник може одержати незначний опік. Однак конструкція принтера не допускає можливості випадкового дотику до нього. Про небезпеку дотику до нагрітого фотоелемента є відповідний попереджуючий напис на поверхні принтера.

Небезпека вибуху повністю відсутня, тому що відсутні речовини, здатні викликати вибухи. Небезпека пожежі незначна. Хоча в приміщенні й присутні легкозаймисті матеріали і предмети, здатні спричинити пожежу, паперові документи зберігаються у вогнетривкому сейфі й працівники планово-виробничого відділу пройшли інструктаж із протипожежної безпеки. У приміщенні є протипожежна сигналізація.

Таблиця 5.2 - Порядок дій при пожежі

Дія	**Послідовність дій, обов'язки відповідальних осіб**	**Посада відповідальної особи**
Повідомлення про пожежу	- негайно повідомити про пожежу пожежній охороні за номером 01. при цьому необхідно назвати адресу об'єкта, вказати кількість поверхів будівлі, місце виникнення пожежі, обстановку на пожежі, наявність людей а також повідомити своє прізвище; - сповістити персонал і адміністрацію про пожежу;	- офіс-менеджер або інші особа з персоналу, що перша виявила пожежу
Підготовка до евакуації	-негайно і спокійно оголосити про термінову евакуацію в усіх приміщеннях та всьому персоналові офісу	Старші посадові особи, які перебувають у приміщеннях
Евакуація людей	- негайно вивести усіх людей з будівлі не задимленим найкоротшим маршрутом - проводити евакуацію за вказівкою відповідальних осіб, уразі прямої загрози евакуюватися не чекаючи вказівки - відвести людей на безпечну відстань від будівлі	Старші посадові особи, які перебувають у приміщеннях
Звірення евакуйованого персоналу за списком	- перерахувати усіх евакуйованих людей поіменно - у разі виявлення відсутності когось негайно з'ясувати хто і де його бачив востаннє і передати цю інформацію представникові пожежної охорони, яка прибуде для гасіння пожежі	- генеральний директор - комерційний директор - інші старші посадові особи
Гасіння загорання або осередку пожежі до прибуття пожежних підрозділів	- негайно організувати гасіння пожежі із застосуванням вогнегасників та інших засобів пожежогасіння	- старші посадові особи - черговий охоронець
Евакуація матеріальних цінностей	Якщо немає прямої загрози, евакуювати: - печатку, штампи; - готівку, яка є в касі; -.обліково-бухгалтерську документацію, договори, акти, електронні носії з інформацією; - найважливіші документи, легконосимі матеріальні цінності	- секретар - бухгалтер - юрист - всі інші працівники
Зустріч пожежних підрозділів	Той, хто зустрічає має інформувати керівника підрозділу пожежної охорони, який прибув за викликом, про таке: - чи увесь персонал підприємства евакуйовано з будівлі; - де виникла пожежа; - яке (які) приміщення горить, куди поширюється вогонь та дим; - надавати будь-яку довідкову інформацію на вимогу представників пожежної охорони.	- генеральний директор

5.6 Висновки

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

ВИСНОВКИ

У якості об’єкта управління виступає підсистема автоматичного управління камерою системи сушки та прокалки електродів для дугової сварки у тунельній печі типу ПТ 10/400. Головною метою роботи є розробка моделі розробка моделі підсистема автоматичного управління для регульованої по температурі камери системи сушки та прокалки електродів тунельної печі типу ПТ 10/400. Актуальність роботи піддержується необхідністю модернізації системи управління технологічним обладнанням з виготовлення електродів яке використовуються з кінця минулого століття та вже встали морально та фізично застарілим.

В кваліфікаційній роботі проведено аналіз технологічного процесу з виготовлення електродів.

Відповідно до вимог до підсистеми управління виконаний вибір апаратного забезпечення для розробки автоматизованої підсистеми управління тунельною піччю типу ПТ 10/400.

Виходячи з отриманих результатів можливо зробити висновок, що модель відповідає об’єкту управління, та може бути використана для подальшої розробки підсистеми управління.

Подальше вдосконалення моделі можливе у рамках більш детального аналізу впливів збурення та модифікації програмного коду з метою підвищення швидкодії.

Отримана модель може бути використана для розробки програмного забезпечення підсистеми управління.

Розраховано техніко-економічне обґрунтування ефективності результатів проектування.

Проведено аналіз небезпечних і шкідливих виробничих чинників, розроблено інженерно-технічні заходи по охороні праці і виконана розрахункова частина.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Методичні рекомендації для студентів бакалаврів спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» Ткачов В.В., Бубліков А.В., Цвіркун Л.І., Проценко С.М.., Бойко О.О., Славинський Д.В., .– Д.: «НГУ», 2016. – 27 с.
2. Бойко О.О. Методичні вказівки до лабораторних робіт з проектування систем автоматизації для студентів напрямку підготовки «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» / О.О. Бойко – Д.: Державний ВНЗ «НГУ», 2017. – 109 с. – Режим доступу: https://goo.gl/Ev6J4Z. – Назва з домашньої сторінки Інтернету.
3. Бойко О.О., Проценко С.М. Методичні вказівки до лабораторних робіт з програмування систем реального часу для студентів напрямків підготовки «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології», «Комп'ютерна інженерія» / О.О. Бойко, С.М. Проценко – Д.: Державний ВНЗ «НГУ», 2017. – 168 с. – Режим доступу: https://goo.gl/rBf8Zm. – Назва з домашньої сторінки Інтернету.
4. Бойко О.О. Методичні вказівки до лабораторних робіт з теорії автоматичного управління для студентів напрямку підготовки «Комп'ютерна інженерія» / Укл.: О.О. Бойко – Д.: Державний ВНЗ «НГУ», 2017. – 107 с. – Режим доступу: https://goo.gl/nUMtFE. – Назва з домашньої сторінки Інтернету.
5. Електроний ресурс http://paton-ozsm.com.ua/pro_zavod.html
6. Електроний ресурс: https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%97%D0%B2%D0%B0%D1%80%D1%8E%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F#%D0%86%D1%81%D1%82%D0%BE%D1%80%D1%96%D1%8F
7. Електроний ресурс: https://pro-consulting.ua/ua/pressroom/neobhodimost-innovacij-i-rasshireniya-assortimenta-analiticheskij-obzor-rynka-svarochnyh-elektrodov
8. Електроний ресурс: http://www.welma.mksat.net/pech/pt.htm

9. Міждержавний стандарт ГОСТ 12.0.003-74 (1999) ССБТ «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация».
10. ДСН 3.3.6.042-99 „Державні санітарні норми параметрів мікроклімату” - К.: МОЗ України, 2000.
11. ДБН В.2.5-67:2013 Опалення, вентиляція та кондиціонування.
12. СТУ Б.А.3.2-12:2009. Система стандартів безпеки праці. Системи вентиляційні. Загальні вимоги
13. ДНАОП 0.03-33.14-85. Санітарні норми допустимих рівнів шуму на робочих місцях.
14. Правила улаштування електроустановок Мінпаливвугілля України. – 2017 – 617с.
15. «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості на небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу». № 528 - 2001.
16. Голінько В.І., Фрундін В.Ю. Охорона праці в галузі електротехніки та електромеханіки – Д.: Державний ВНЗ «НГУ», 2011. – 235с
17. Вимоги щодо безпеки та захисту здоров’я працівників під час роботи з екранними пристроями, затверджені наказом Мінсоцполітики від 14.02.2018 № 207.
18. Охорона праці в галузі. Конспект лекцій для студентів Інституту електроенергетики. / Уклад. В.І. Голінько, В.Ю. Фрундін, Ю.І. Чеберячко, М.Ю. Іконніков. - Дніпропетровськ: Державний ВНЗ «Національний гірничий університет», 2013. – 86 с.
19. Методичні рекомендації з виконання заходів стосовно охорони праці при роботі з ПЕОМ та розрахунку освітлення у дипломних проектах студентів усіх спеціальностей/ Уклад. В.І. Голінько, В.Ю. Фрундін, Ю.І. Чеберячко, М.Ю. Іконніков. - Дніпропетровськ: ДВНЗ «Національний гірничий університет», 2013.- 12 с.
20. ДСанПіН 3.3.2-007-98 Державні санітарні правила і норми. Гігієнічні вимоги до організації роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин

21. ДСТУ 7234:2011 Дизайн і ергономіка. Обладнання виробниче. Загальні вимоги дизайну та ергономіки
22. ДСТУ 7950:2015 Дизайн і ергономіка. Робоче місце під час виконання робіт стоячи. Загальні ергономічні вимоги.
23. ДСТУ 8604:2015 Дизайн і ергономіка. Робоче місце для виконання робіт у положенні сидячи. Загальні ергономічні вимоги
24. ДСТУ 3191-95 (ГОСТ 12 2.137-96) Обладнання для кондиціонування повітря та вентиляції. Загальні вимоги безпеки.
25. Методичні рекомендації до практичних занять з розрахунку промислової вентиляції з дисципліни «Охорона праці в галузі» та дипломного проектування для студентів усіх спеціальностей / В.І. Голінько, Я.Я. Лебедєв, С.О. Алексеєнко, В.Г. Марченко. – Д.: Державний ВНЗ «НГУ», 2013. – 34 с
26. ДСП 173-96. Державні санітарні правила планування та забудови населених пунктів (2375)
27. ДСТУ Б В.1.1-36:2016 Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою
28. НАПБ А.01.001-2014 Правила пожежної безпеки в Україні
29. ДБН В.2.5-13-98*. Інженерне обладнання будинків і споруд. Пожежна автоматика будинків і споруд. Зі зміною № 1 (укр).

ДОДАТОК А

Відомість матеріалів кваліфікаційної роботи

№ рядка	Формат	Позначення	Найменування	Кількість аркушів	Шифр документу	Примітка
1			**Документація**			
2						
3	А4	КІВС.КВР.151.17.01.ПЗ	Пояснювальна записка		ПЗ	
4						
5			**Графічна частина**			
6						
7	А2	КІВС.КВР.151.17.01.Е2	Функціональна схема			
8			автоматизації	1	Е2	
9						
10	А2	КІВС.КВР.151.17.01.Е3	Схема електрична			
11			принципова	1	Е3	
12						
13	А4	КІВС.КВР.151.17.01.ПЕ3	Перелік елементів	1	ПЕ	
14						
15	А4	КІВС.КВР.151.17.01.Д	Презентація		Д	
16						
17		КІВС.КВР.151.17.01.ВДЕ	Носій інформації	1	ВДЕ	
18						
19						
20						
21						
22						
23						
24						
25						
26						
27						
28						
29						

			Підп.	Дата	**КІВС.КВР.151.17.01.ТП**		
Зм.	Арк.	№ докум.					
Розробив		Бессчастнов		25.05.21	Автоматизація процесу управління процесом виробництва електродів для дугової сварки. Відомість проекту	Літ.	Аркуш 1 / Аркушів 1
П. конс.							
Н. контр.						Національний ТУ «Дніпровська політехніка», ЕТФ, 151-17-1	

ДОДАТОК Б

Перелік компонентів для схеми електричної принципової

Позиційне позначення	Найменування	Кількість	Примітка
A1	ПЛК VIPA 214-2BS33	1	
A1-X4	Модуль аналогового вводу VIPA 231-1BD40	1	
A1-X5	Модуль дискретного виводу VIPA 222-1BF00	1	
A3	Система управління з випуску електродів	1	
BK1…BK3	Датчик температури ДТС015.И	3	
YA1…YA4	Реле твердотільне Jotta SSR 40DA	4	
YA5…YA7	Тиристорне джерело DPU 33C350R	3	
G1, G2	Блок живлення Carlo Gavazzi SPD24301	2	

			Підп.	Дата	**КІВС.КВР.151.17.01.ПЕ3**		
Зм.	Арк.	№ докум.					
Розробив		Бессчастнов		25.05.21	Автоматизація процесу управління процесом виробництва електродів для дугової сварки. Перелік елементів	Літ.	Аркуш 1 / Аркушів 1
Перевірив							
						НТУ «Дніпровська політехніка», ЕТФ, 151-17-1	
Н. контроль							
Перевірив							

ВІДГУКИ КОНСУЛЬТАНТІВ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

ВІДГУК

на кваліфікаційну бакалавра по темі: «Автоматизація процесу управління процесом виробництва електродів для дугової сварки», студента гр. 151-17-1

Бессчастнов Єгор Володимирович

Кваліфікаційна робот представлена пояснювальною запискою об'ємом ___ стор. формату А4 і графічною частиною ___ стор. формату А4.

Об'єкт дослідження – підсистема автоматичного управління камерою системи сушки та прокалки електродів для дугової сварки у тунельній печі типу ПТ 10/400.

У якості об’єкта управління виступає підсистема автоматичного управління камерою системи сушки та прокалки електродів для дугової сварки у тунельній печі типу ПТ 10/400.

Актуальність роботи пояснюється необхідністю модернізації системи управління технологічним обладнанням з виготовлення електродів, яке використовуються з кінця минулого століття, та вже встали морально та фізично застарілим.

Підсистема управління включає датчики температури, пристрої управління ТЕН, під’єднання до загально промислової мережі.

Основними функціями системи є формування, або реєстрування керуючого впливу, який подається на об’єкт управління, реєстрування дійсного значення на виході об’єкта, візуалізація отриманих даних та їх надання у зручному для подальшої обробки виді. Підсистема дослідження формує керуючий вплив, у якості котрого виступає потужність нагріву, за рахунок якого виконується нагрів камери.

Така система може бути затребувана для будь-яких технологічних процесів з виготовлення електродів для дугової сварки.

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

Цілі, поставлені перед кваліфікаційною роботою, повністю виконані.

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

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

Оцінки по розділах кваліфікаційної роботи - «_____».

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

Керівник кваліфікаційної роботи, _____ ст. викл. Надточий В.В.

__.06.2021

РЕЦЕНЗІЯ

на кваліфікаційну бакалавра по темі: «Автоматизація процесу управління процесом виробництва електродів для дугової сварки», студента гр. 151-17-1 Бессчастнов Єгор Володимирович

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

Рецензент, _____

___.06.2021