

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 магістра

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

кваліфікаційної роботи ступеню МАГІСТРА
(бакалавра, спеціаліста, магістра)

студента **ДУДНИК ДЕНИС ЄВГЕНІЙОВИЧ**
(ІПБ)

академічної групи **151М-19-1**
(шифр)

галузь знань **15 «Автоматизація та приладобудування»**
(шифр і назва галузі знань)

спеціальності **151 АВТОМАТИЗАЦІЯ ТА КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНІ ТЕХНОЛОГІЇ**
(код і назва спеціальності)

на тему **СИНТЕЗ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМ ОБЛАДНАННЯМ ДЛЯ СТЕРИЛІЗАЦІЇ КОНСЕРВІВ**
(назва за наказом ректора)

Керівники	Прізвище, ініціали	Оцінка за шкалою		Підпис
		рейтинговою	інституційною	
кваліфікаційної роботи	доц. Соснін К.В.			
розділів:				
Теоретичний розділ	ст. викл. Надточий В.В.			
Синтез системи	доц. Бубліков А.В.			
Експериментальний розділ	ас. Бойко О. О.			
Економічний розділ	ст. викл. Яремчук І.О.			
Охорона праці	проф. Чеберячко Ю.І.			
Рецензент				
Нормоконтролер	ас. Славінський Д.В.			

Дніпро
2020

ЗАТВЕРДЖЕНО:
завідувач кафедри
кіберфізичних та інформаційно-
вимірювальних систем
(повна назва)

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

« _____ » грудня 2020 року

ЗАВДАННЯ
на кваліфікаційну роботу
ступеня МАГІСТРА
(бакалавра, спеціаліста, магістра)

студенту ДУДНИК ДЕНИС ЄВГЕНІЙОВИЧ академічної групи 151М-19-1
(прізвище та ініціали) (шифр)

галузь знань 15 «Автоматизація та приладобудування»
(шифр і назва галузі знань)

спеціальності 151 АВТОМАТИЗАЦІЯ ТА КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНІ ТЕХНОЛОГІЇ
(код і назва спеціальності)

на тему СИНТЕЗ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМ
ОБЛАДНАННЯМ ДЛЯ СТЕРИЛІЗАЦІЇ КОНСЕРВІВ

затверджену наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка» від 20.11.2020 № 965-с

Розділ	Зміст	Термін виконання
Стан питання та постановка завдання. Теоретичний розділ	Вступ. Опис технологічного процесу для об'єкта автоматизації. Огляд існуючих систем автоматизації. Стан питання. Вибір напрямку створення автоматизованої системи. Визначення моделі об'єкта керування.	12.10.2020
Синтез системи керування	Обрання структури системи керування та регулятора. Розрахунок параметрів регулятора. Дослідження функціонування системи керування на базі обраного регулятора.	02.10.2020
Експериментальний розділ	Розробка програмного забезпечення системи керування на підставі обраного регулятора та його налаштувань.	23.11.2020
Економічна частина	Економічне обґрунтування доцільності витрат на створення системи керування.	30.11.2020
Охорона праці	Розробка організаційно-технічних заходів, щодо реалізації правил безпеки при експлуатації системи.	07.12.2020

Завдання видано

_____ (підпис керівника)

ст. викл. НАДТОЧИЙ В.В.

(прізвище, ініціали)

Дата видачі

01.09.2020 року

Дата подання до екзаменаційної комісії

14.12.2020 року

Прийнято до виконання

_____ (підпис студента)

ДУДНИК Д.Є.

(прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка містить: ____ стор., ____ рис., ____ табл., ____ додат., ____ джерел.

Об'єкт дослідження: комп'ютеризована система керування підтримання температури у автоклаві.

Мета: створення комп'ютеризованої системи керування підтримання температури у автоклаві.

Керування потужністю здійснюється незалежно, та за допомогою заслінок подачі пару, подачі та зливу води. Температура харчових продуктів в автоклаві контролюється датчиком температури.

Головними показниками при розробці комп'ютеризованої системи керування підтримання температури у автоклаві є: забезпечення постійного контролю над протіканням технологічного процесу, дотримання вимог, пред'явлених до комп'ютеризованої системи керування, енерго- та ресурсозбереження, а також забезпечення безпеки роботи персоналу. Робота системи визначається показниками приладів на технологічному обладнанні.

У роботі було обрано апаратне забезпечення, розроблені принципові та функціональні схеми системи керування, проведено ідентифікацію об'єкта, та визначено математичну модель, синтезована система керування на базі ПІД регулятора. За результатами дослідження встановлено, що підвищення часу інтегрування пропорційно збільшенню постійної часу об'єкта керування та зменшення часу диференціювання пропорційно до зменшення коефіцієнта підсилення об'єкта керування, що забезпечує підвищення швидкодії системи керування. У результаті проведеної роботи було розроблено програмне забезпечення об'єкта керування, регулятора, та програмне забезпечення людино-машинного інтерфейсу. Проведено перевірку функціональності роботи системи керування.

СИСТЕМА, АВТОКЛАВ, ТЕХНОЛОГІЯ, СИНТЕЗ, РЕГУЛЯТОР, ЕКСПЕРИМЕНТ=

SUMMARY

Explanatory note: ____ p., ____ figures, ____ tables, ____ appen., ____ sources.
Object of study: Computerized autoclave temperature control system. Objective: To create a computerized autoclave temperature control system.

The power is controlled independently by means of steam, shut-off and water drain valves. The temperature of the food in the autoclave is controlled by a temperature sensor.

The main indicators in the development of a computerized control system for maintaining the temperature in the autoclave are: ensuring constant control over the flow of the technological process, compliance with the requirements imposed on the computerized control system, energy and resource conservation, as well as ensuring the safety of personnel. System performance is determined by the performance of the devices on the process equipment.

The hardware was selected, the basic and functional schemes of the control system were developed, the object was identified, and a mathematical model was determined, the control system was synthesized on the basis of the PID controller. The study found that the increase in integration time is proportional to the increase in the time constant of the control object and the decrease in the differentiation time is proportional to the decrease in the gain of the control object, which increases the speed of the control system. As a result of this work, the software of the control object, the controller, and the software of the human-machine interface were developed. The functionality of the control system was checked.

SYSTEM, AUTOCLAVE, TECHNOLOGY, REGULATOR, EXPERIMENT,
HUMAN-MACHINE INTERFACE

ЗМІСТ

Вступ	7
1 Стан питання та постановка завдання	8
1.1 Галузь промисловості.....	8
1.2 Технологічний процес.....	8
1.3 Об'єкт керування	9
1.3.1 Загальна характеристика об'єкта керування	10
1.3.2 Структура об'єкту керування.....	10
1.3.3 Принцип функціонування об'єкту керування	11
1.4 Структура системи керування.....	12
1.5 Вибір технічних засобів автоматизації	14
1.6 Функціональна схема автоматизації підсистеми керування.....	17
1.7 Схема електрична принципова підсистеми керування.....	18
1.8 Формулювання задачі дослідження.....	18
1.9 Висновки до розділу.....	19
2 Теоретичний розділ.....	20
2.1 Модель об'єкта керування.....	20
2.2 Критерії якості функціонування об'єкта керування	23
2.3 Висновки по розділу.....	29
3 Синтез системи керування	30
3.1 Модель системи керування.....	30
3.2 Висновки по розділу.....	46
4 Експериментальний розділ	47
4.1 Цифрова модель об'єкта керування.....	47
4.2 Розробка програмного забезпечення системи керування	50
4.3 Розробка програмного забезпечення людино-машинного інтерфейсу.....	52
4.4 Перевірка функціонування програмного забезпечення	56
4.5 Висновки до розділу.....	57
5 Економіка.....	58
5.1 Техніко-економічне обґрунтування впровадження автоматизації процесу підтримання температури в автоклаві.....	58
5.2 Розрахунок капітальних витрат пов'язаних з впровадженням системи керування.....	58

5.3 Розрахунок капітальних витрат на програмне забезпечення.....	59
5.3.1 Розрахунок часу на розробку програмного забезпечення.....	59
5.3.2 Розрахунок витрат на розробку програмного продукту.....	62
5.4 Розрахунок експлуатаційних витрат	63
5.4.1 Амортизація основних фондів	63
5.4.2 Розрахунок фонду заробітної плати	64
5.4.3 Відрахування на соціальні заходи	65
5.4.4 Розрахунок витрат на технічне обслуговування та ремонт	65
5.4.5 Витрати на електроенергію	65
5.4.6 Інші витрати	66
5.5 Визначення додаткового прибутку від впровадження системи керування...	67
5.6 Оцінка економічної ефективності проекту.....	67
5.7 Висновки.....	69
6 Охорона праці та безпека з надзвичайних ситуацій.....	70
6.1 Аналіз небезпечних та шкідливих виробничих чинників проектного технологічного автоклава	70
6.2 Інженерно-технічні заходи з норм умов праці	72
6.3 Розрахункова частина	77
6.4 Пожежна профілактика.....	81
6.5 Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях	82
6.6 Висновки.....	84
Вісновки	85
Перелік посилань	87
Додаток А - Програмні модулі системи управління	89
А.1 Модуль об'єкта управління	89
А.2 Модуль регулятора	90
Додаток Б - Програмне забезпечення регулятора	94
Б.1 Програмне забезпечення регулятора Б.1.1 Перелік програм [FBD] Object [ST] Main.....	94
Б.1.1 Основна програма	94
Б.1.2 Перелік змінних.....	94
Б.2 Програмне забезпечення регулятора Б.2.1 Перелік програм [FBD] Controller [ST] Main.....	94
Б.2.1 Основна програма	94
Б.2.2 Перелік змінних.....	94

Додаток В - Програмне забезпечення людино-машинного інтерфейсу	96
В.1 Драйвера.....	96
В.2 Перелік змінних	96
В.3 Шаблони зображень	96
В.4 Функції.....	97
В.5 Зображення	97
Відгуки консультантів	100
Відгук	102
Рецензія	103

ВСТУП

Важливим завданням харчової галузі є збільшення випуску і поліпшення якості продукції шляхом оптимізації технологічних процесів, виявлення і використання прихованих в них резервів, економії сировинних, енергетичних ресурсів. Виробництво комбінованих продуктів можна розглядати як частину штучно створеної людиною технологічної сфери.

Спосіб консервування стерилізацією у харчовій промисловості та громадському харчуванні є основним і найбільш надійним серед всіх методів збереження харчових продуктів. При цьому ставиться завдання, що стерилізація не повинна приводити до зміни білкових і екстрактивних речовин, вітамінів органолептичних властивостей, зниження харчової та біологічної цінності продукту. Залежно від фізичних властивостей продуктів, які стерилізуються, та мети стерилізації, застосовують різні методи стерилізації: гарячий (волога, дробова, суха стерилізація) і холодний (механічна стерилізація, іонізація, стерилізація ультразвуком та ультрафіолетовим випромінюванням). Основним з них є теплова стерилізація за рахунок нагрівання продукту до високих температур (100°C та вище).

Одним з головних напрямків підвищення ефективності сучасних харчових виробництв є створення маловідходних і енергоощадних процесів, залучення в харчову промисловість вторинних сировинних ресурсів.

1 СТАН ПИТАННЯ ТА ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ

1.1 Галузь промисловості

Автоклави широко застосовують у виробництві будівельних матеріалів, хімічній і харчовій промисловості, кольоровій металургії, медицині і т.д. Застосовується, зокрема, для приготування зрідженого палива з вугілля, а також виробництва вугільних термо-брикетів (авто-клавно-брикетний комплекс). У цьому розділі кваліфікаційної роботи будуть розглянуті питання, пов'язані з рішенням цих проблем, буде вибраний спосіб автоматизації відповідних технологічних процесів, придатних для харчових заводів України по виробництву консервованого тушкованого м'яса.

1.2 Технологічний процес

Технологічний процес

Метод консервування пов'язаний зі спеціальними операціями і обладнанням. У цій главі описані наступні основні операції нормального технологічного процесу виробництва консервів:

1. підготовка харчових продуктів до консервації;
2. наповнення банок;
3. екстаустірованія.
4. закачування банок;
5. стерилізація;
6. охолодження.

Підготовка харчових продуктів до консервації здійснюється низкою окремих операцій: сортуванням, обрізанням, або доочистки, мийкою, змішуванням (об'єднання окремих компонентів), бланшуванням, попереднім нагріванням тощо. Залишається тільки відзначити, що для отримання задовільних результатів процес консервування повинен проводитися якомога швидше, з мінімальними інтервалами між підготовкою і консервуванням. Особливо для продуктів з високим вмістом вологи, наприклад м'ясного паштету, інтервал в 2-3 години достатній для швидкого росту мікроорганізмів, які можуть викликати псування

продукту в результаті газоутворення або закисання.

1.3 Об'єкт керування

Типова схема розташування обладнання автоклава приведена на рис. 1.1.

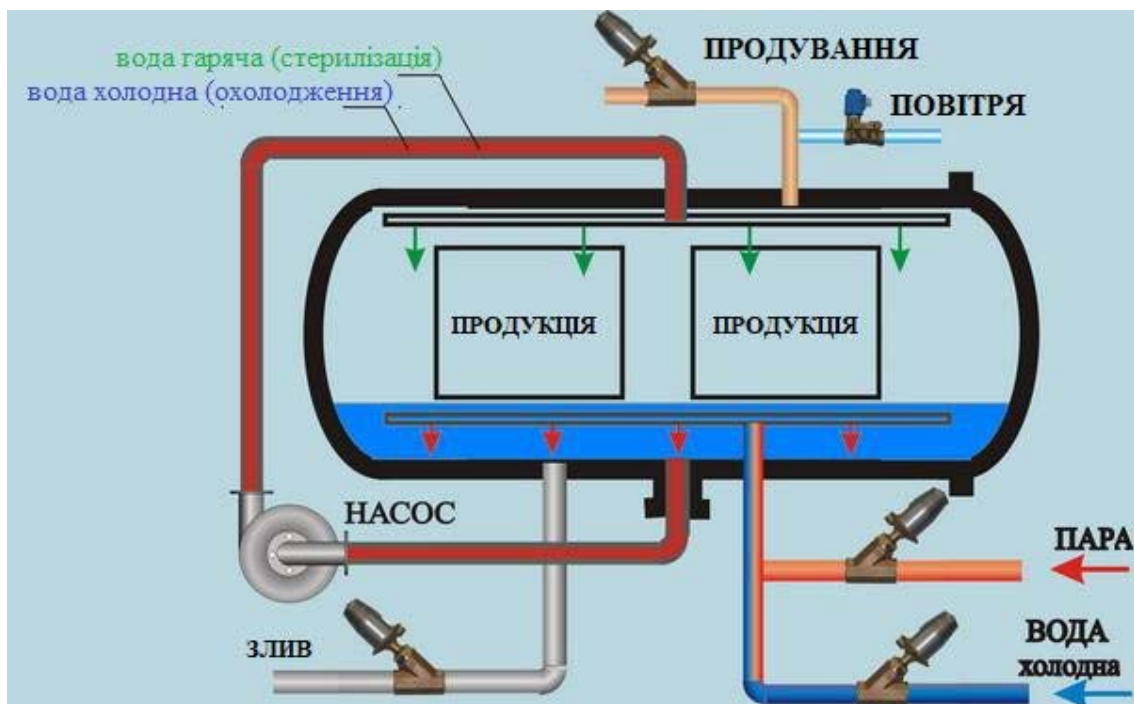


Рисунок 1.1 - Схема розташування обладнання автоклава



Рисунок 1.2 - Зовнішній вигляд промислового автоклава Levati

Промисловий автоклав Levati має вигляд посудини (камери, циліндра), який на час роботи закривається спеціально підігнаними сферичними кришками, що забезпечують його повну герметичність, так як в ньому відбувається нагрів продукту під тиском до високих температур.

1.3.1 Загальна характеристика об'єкта керування

Сучасні промислові автоклави є складними високотехнологічними апаратами, що мають велику продуктивність. За конструкцією автоклави бувають вертикальні, горизонтальні, ті що обертаються, ті що коливаються і колонні. Конструкція і основні параметри промислового автоклава різноманітні, ємність від декількох десятків см³ до сотень м³, призначаються для роботи під тиском до 150 МПа (1 500 кгс/см²) при температурі до 500°С. Для хімічних виробництв перспективні безсальникові автоклави з екранованим електродвигуном, що не вимагає ущільнення. Ротор цього електродвигуна насаджений безпосередньо на вал мішалки і накритий герметичним тонкостінним екраном з немагнітного матеріалу, що не перешкоджає проникненню магнітних силових ліній від статора електродвигуна до ротора. При виробництві будівельних матеріалів застосовують тунельні або тупикові автоклави. Зовні вони являють собою трубу 3-6 м в діаметрі і 15-20 м в довжину, що закривається кришкою з байонетним затвором (тупикові з одного боку, тунельні з двох сторін). Уздовж по довжині автоклава розташовані рейки для вагонеток з виробами. Автоклави обладнані магістралями для впуску насиченої пари, перепуску відпрацьованого пара в інший автоклав, випускання пари в атмосферу або в утилізатор і для конденсата-відводу. У харчовій промисловості використовуються вертикальні і горизонтальні автоклави широкого спектру різновидів, розмірів і принципів дії. Наприклад, в горизонтальних автоклавах для харчової промисловості може створюватися необхідна протидія по відношенню до кожної окремо взятої упаковки з продуктом, що дозволяє проводити стерилізацію продуктів не тільки в жорсткій тарі (склобанка, жестебанка), але і в м'якій і напівжорсткій упаковці.

1.3.2 Структура об'єкту керування

Окрім автоматичної системи керування, як правило має бути підсистема ручного керування усіма компонентами об'єкту керування, представлена у вигляді перемикачів і кнопок, розташованих на дверцях шафи керування, закріпленого на стіні цеху. Як правило у цій же шафі зазвичай розташовані і

компоненти системі автоматичного керування (як правило виконана за допомогою логічного контролера) і автомати захисту приводів від короткого замикання.

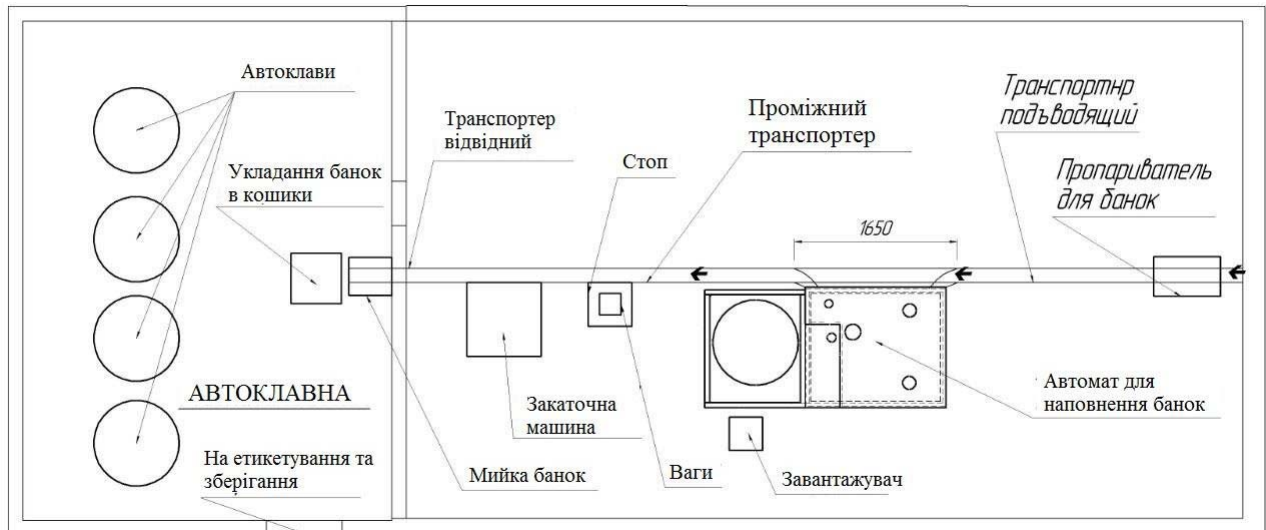


Рисунок 1.3 – Загальна структурна схема виробництва консервів

1.3.3 Принцип функціонування об'єкту керування

В автоклаві для підвищення температури і створення тиску використовується водяне середовище, якою заповнюється міжстінний простір водопарова камера. Після вибору технологічного (робочого) циклу в робочій камері автоклава створюється попередній фракціонований з періодичним прогрівом вакуум, тобто відбувається ефективне видалення повітря і конденсату в робочій камері. При нагріванні водяна пара надходить в камеру, підвищуючи в ній тиск і температуру відповідно до заданих параметрів, і починається фаза стерилізації. Підвищений тиск в автоклаві компенсує температурне розширення продукту. Такі умови дозволяють прискорити реакцію, а також збільшити вихід продукту. Після закінчення стерилізаційної витримки в камері автоклава скидається тиск і починається етап вакуумної пульсуючої сушки виробів, а волога, яка залишилась-миттєво випаровується при високій температурі і від'ємному тиску.

Залежно від характеру роботи автоклави забезпечуються внутрішніми, зовнішніми або виносними теплообмінниками, механічними, електромагнітними або пневматичними пристроями, різними приладами для контролю режиму температури, тиску, рівня рідини і регулювання параметрів. У промисловості

використовують автоклави з водяним (вода в системі циркулює за допомогою насоса) і повітряним (охолодження відбувається за допомогою струменя холодного потоку повітря) охолодженням.

Керування циклом стерилізації, а також відображення параметрів циклу, здійснюється за допомогою інтерактивного електронного сенсорного екрану, розташованого на лицьовій панелі автоклава. За допомогою розташованих на панелі елементів керування (кнопки, плавні регулятори і так далі) оператор здійснює вибір циклу, налаштування параметрів, а також має можливість переводити автоклав в режим очікування.

Зовнішній вигляд типової шафи керування показаний на рис. 1.4.

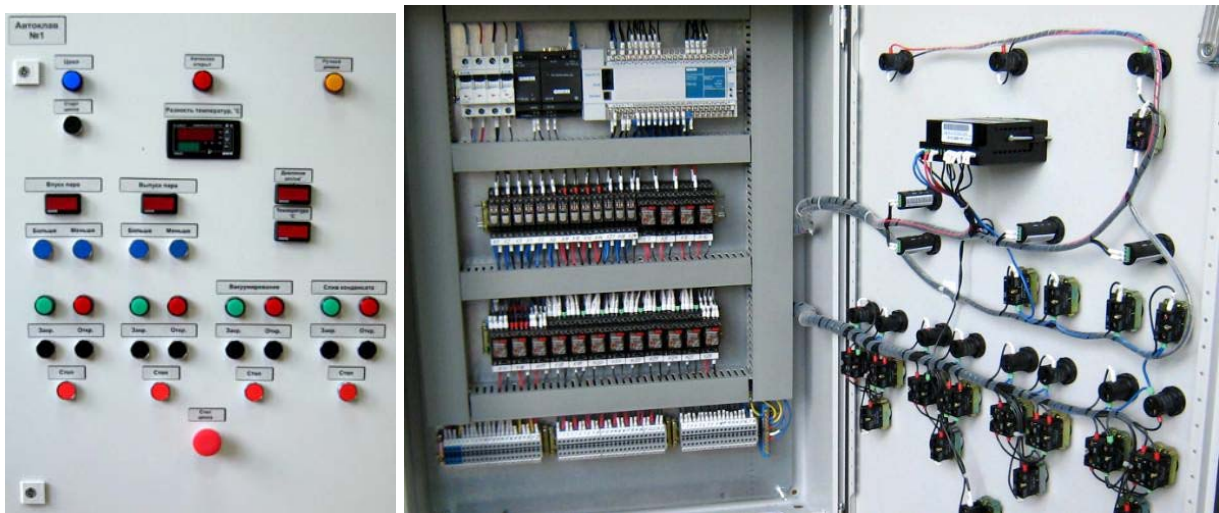


Рисунок 1.4 - Зовнішній вигляд і внутрішній вміст шафи керування

1.4 Структура системи керування

Виходячи з вимог система повинна забезпечувати керування об'єктом та включати підсистему керування технологічним обладнанням. Дана підсистема складається з пристроїв збору інформації (датчики температури, тиску, тиску води в магістралі подачі холодної води), еталонів стану обладнання, системи автоматичного контролю стану обладнання, програми керування яка повинна реалізувати зміну положення клапанів за заданим алгоритмом, протиаварійного захисту та виконавчих пристроїв (положення клапану подачі води, подачі пару, зливу води).

Крім того система повинна забезпечувати візуалізацію та контроль, за

технологічним процесом, тому до неї повинна входити підсистема інформаційного забезпечення роботи оператора. Дана підсистема складається з реєстрації параметрів процесу, людино-машинного інтерфейсу та сигналізації досягнення параметрами заданих значень.

Також системою повинно забезпечуватися архівування технологічних процесів які відбуваються, тому в неї повинна бути підсистема ведення архівів параметрів та подій, включно з базою даних та резервним сховищем.

Розроблена структурна схема інформаційних потоків наведена на рис. 1.5. Дана структура забезпечує контроль, за обладнанням та сигналізацію досягнення параметрами керування заданих значень.

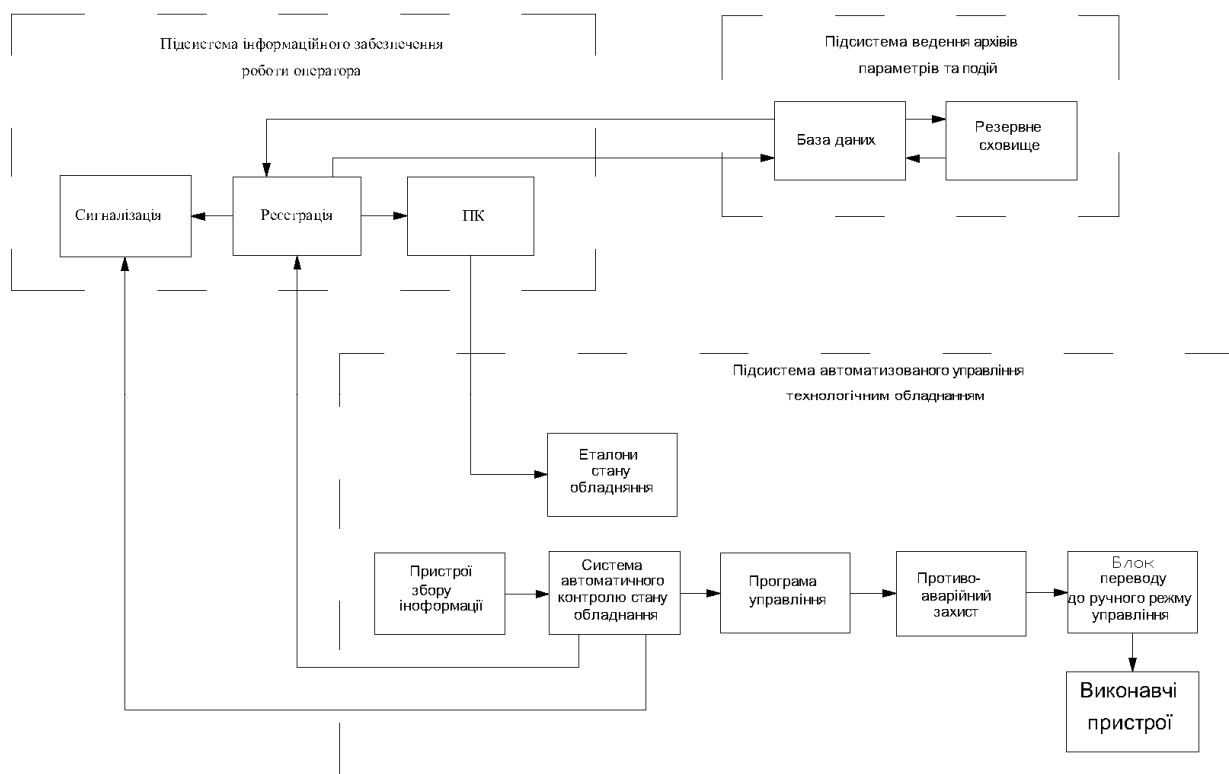


Рисунок 1.5 – Структурна схема інформаційних потоків

Таким чином згідно з вимогами підсистема автоматизованого керування технологічним обладнанням представляє собою апаратно програмний комплекс до якого входять: датчик температури, датчик тиску, датчик тиску води в магістралі подачі холодної води, об'єкт керування, пристрій керування в якості котрого виступає програмований логічний контролер, клапан подачі води, клапан подачі

пару, клапан зливу води.

Підсистема інформаційного забезпечення роботи оператора представляє собою апаратно програмний комплекс з персонального комп'ютера та програмного комплексу SCADA системи ZENON.

Підсистема ведення архівів параметрів та подій представляє собою окремий програмний модуль програмного комплексу SCADA системи ZENON.

Зв'язок між наведеним апаратним комплексом згідно з вимогами забезпечується за допомогою загальнопромислової мережі підприємства, а між програмним забезпеченням за допомогою стандартних протоколів.

1.5 Вибір технічних засобів автоматизації

Для вимірювання температури автоклава обрано датчик ТЄРА ТЖК-У- 1-5- J-1-И (рис. 1.6) який є термоелектричним перетворювачем з діапазоном вимірювання $-40\div 375^{\circ}\text{C}$ та який має вбудований перетворювач напруги на виході до стандартного струмового сигналу $4\div 20$ мА.



Рисунок 1.6 – Датчик ТЄРА ТЖК-У-1-5-J-1-И



Рисунок 1.7 – Перетворювач тиску ПД-І-24

Перетворювач тиску ПД-І-24 фірми «МастерКИП» з діапазоном вимірювання – від 0 до 0,4 МПа та призначений для вимірювання надлишкового тиску різних середовищ в уніфікований сигнал постійного струму 4...20 мА

(рис. 1.7).

Для вимірювання тиску води в магістралі подачі холодної води встановлюється перетворювач тиску ПД-І-45 фірми «МастерКИП» з діапазоном вимірювання – від 0 до 10 МПа та призначений для вимірювання надлишкового тиску різних середовищ в уніфікований сигнал постійного струму 4...20 мА (рис. 1.8.)



Рисунок 1.8 – перетворювач тиску ПД-І-45

Для того, щоб управляти температурою в автоклаві встановлюється клапани що забезпечують подачу води, подачу пару, та злив води. Для подачі та зливу води вибраний був клапан моделі D211 фірми Jaksá.



Рисунок 1.9 – Клапан D211

Так як підсистема керування температурою повинна інтегруватися у систему керування ділянкою контролер повинен мати інтерфейс RS-485.

Наведеним вимогам відповідає програмований логічний контролер VIPA 214-2BS33. Контролер має час арифметичної операції над речовим числом 40 мкс, об'єм пам'яті програм 144 кБайт, об'єм робочої пам'яті 96 кБайт та інтерфейс RS-485 (рис. 1.10).



Рисунок 1.10 – Програмований логічний контролер VIPA 214-2BS33

Для підключення до програмованого логічного контролера датчика температури ТЄРА ТЖК-У-1-5-І-1-І, перетворювачів тиску ПД-І-24 та ПД-І- 45, і клапану D211 необхідно використовувати модуль аналогового введення / виводу з діапазоном входних / вихідних сигналів від 4 до 20 мА . Даним вимогам задовольняє модуль VIPA 234-1BD60 має чотири аналогових входу і два аналогових виходи з діапазоном сигналів від 4 до 20 мА (рис. 1.11).



Рисунок 1.11 – Модуль аналогового вводу / виводу 234-1BD60

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. 1.12).



Рисунок 1.12 – Блок живлення Carlo Gavazzi SPD24301

1.6 Функціональна схема автоматизації підсистеми керування

На основі вимог до підсистеми керування температурою автоклава та обраного апаратного забезпечення розроблена функціональна схема автоматизації, яка наведена на рис. 1.13.

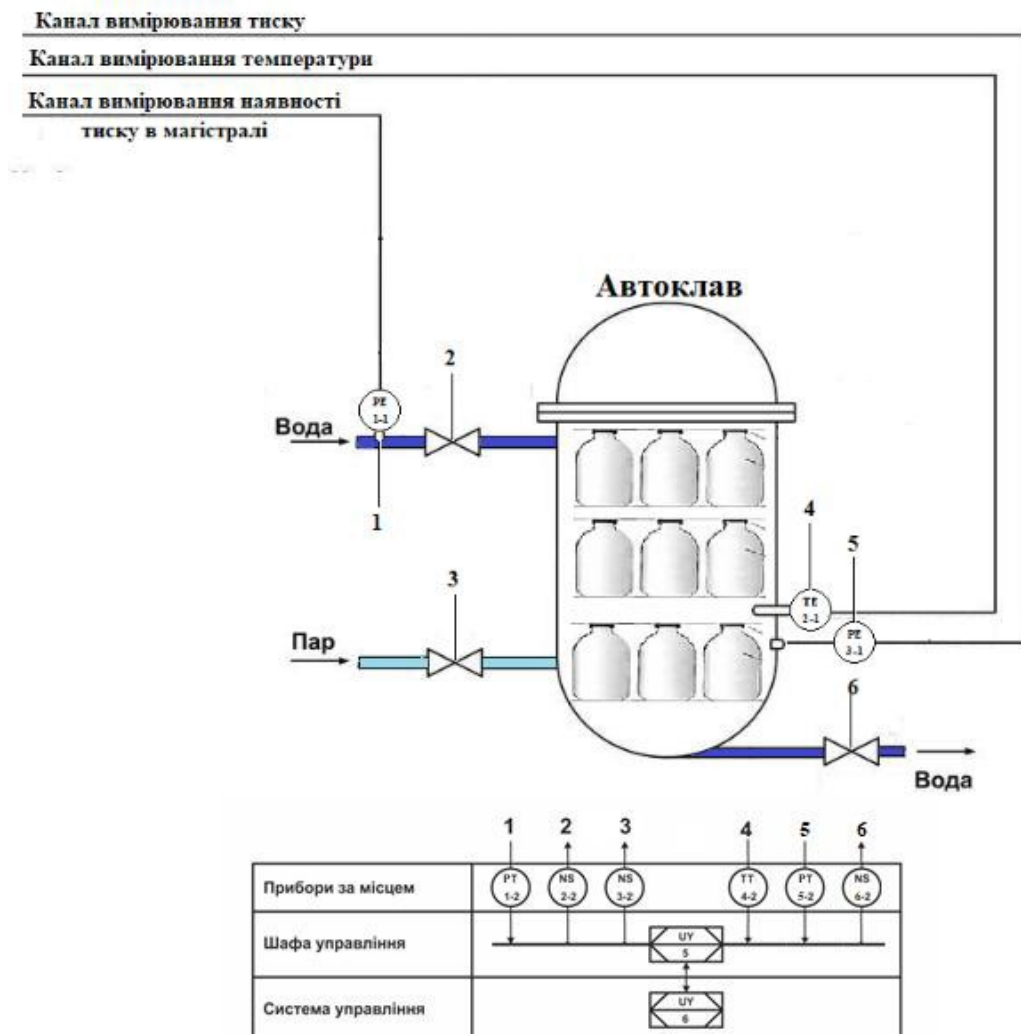


Рисунок 1.13 – Функціональна схема автоматизації підсистеми керування

1.7 Схема електрична принципова підсистеми керування

На основі функціональної схеми автоматизації та обраного апаратного забезпечення розроблена схема електрична принципова підсистеми керування температурою автоклава (рис. 1.14).

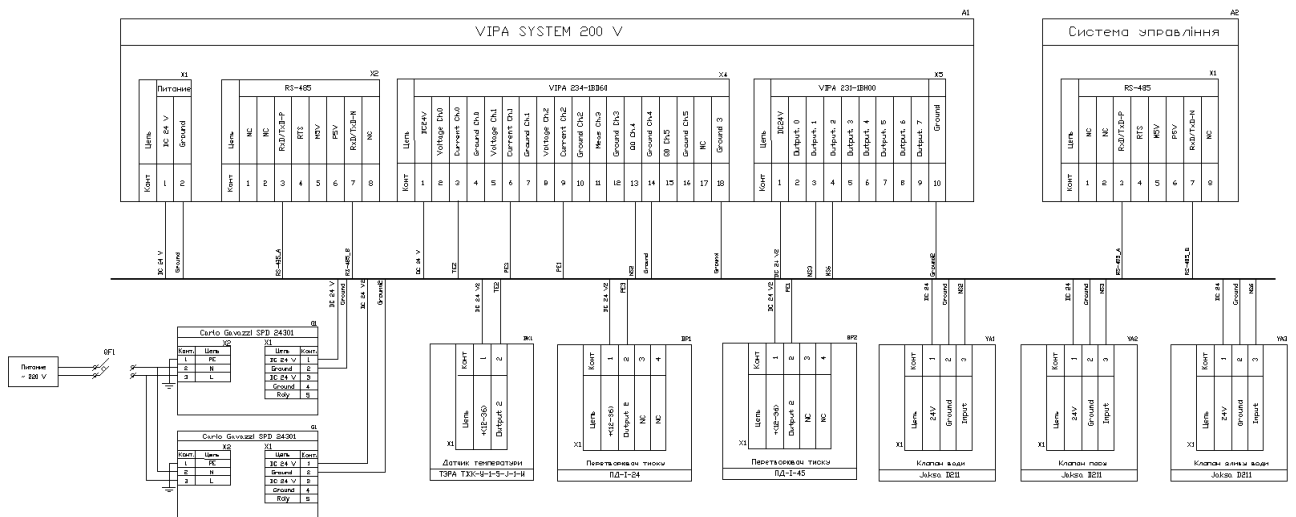


Рисунок 1.14 – Схема електрична принципова підсистеми керування

1.8 Формулювання задачі дослідження

Виходячи з того, що головною задачею даної кваліфікаційної роботи є створення комп'ютеризованої системи керування, що забезпечить контроль температури в автоклаві та її підтримку на заданому рівні, сформуємо основні задачі дослідження:

Розрахувати параметри для P, PI, PID регуляторів, та порівнявши їх оброти найкращий, що буде задовольняти усім вимогам.

- оцінити реакцію на збурюючий вплив;
- оцінити інтеграл помилки, дослідити систему на робастність.

Створення комп'ютеризованої системи керування, що забезпечить контроль температури в автоклаві, та її підтримку на заданому рівні, треба проводити враховуючи основні вимоги до системи, такі як:

- доведення температури в автоклаві до заданого рівня;
- підтримка температури на заданому рівні;
- забезпечення мінімального часу перехідного процесу;

- забезпечення мінімального часу встановлення, коли дійсне значення потрапило у діапазон $\pm 5\%$;
- зменшення енерговитрат.

1.9 Висновки до розділу

Об'єктом дослідження є комп'ютеризована система керування підтримання температури в автоклаві для приготування готового до споживання продукту.

Метою роботи є створення комп'ютеризованої системи керування підтримання температури в автоклаві для приготування готового до споживання продукту.

Актуальність роботи полягає в тому, що розробка нової комп'ютеризованої системи керування, згідно з висунутими вимогами щодо якості та часу перехідного процесу, зменшить вплив основних недоліків автоклава, забезпечить досконале керування об'єктом.

2 ТЕОРЕТИЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Модель об'єкта керування

У промисловості найбільш поширеним способом отримання математичної моделі є ідентифікація об'єкта керування. Ідентифікація - це процес побудови математичної моделі об'єкта керування, заснований на обробці спостережуваних вхідних і вихідних сигналів.

Процес ідентифікації об'єкта керування складається з трьох етапів: структурна ідентифікація, параметрична ідентифікація та оцінка адекватності моделі.

Спочатку, було виконано повне налаштування людино-машинного інтерфейсу SCADA системи zenon, що входить до складу системи дослідження відбивної печі.

А далі, отримано динамічну характеристику (рис. 2.1). Для цього об'єкт було приведено до початкового стану, шляхом подачі в якості амплітуди керуючого впливу 0.

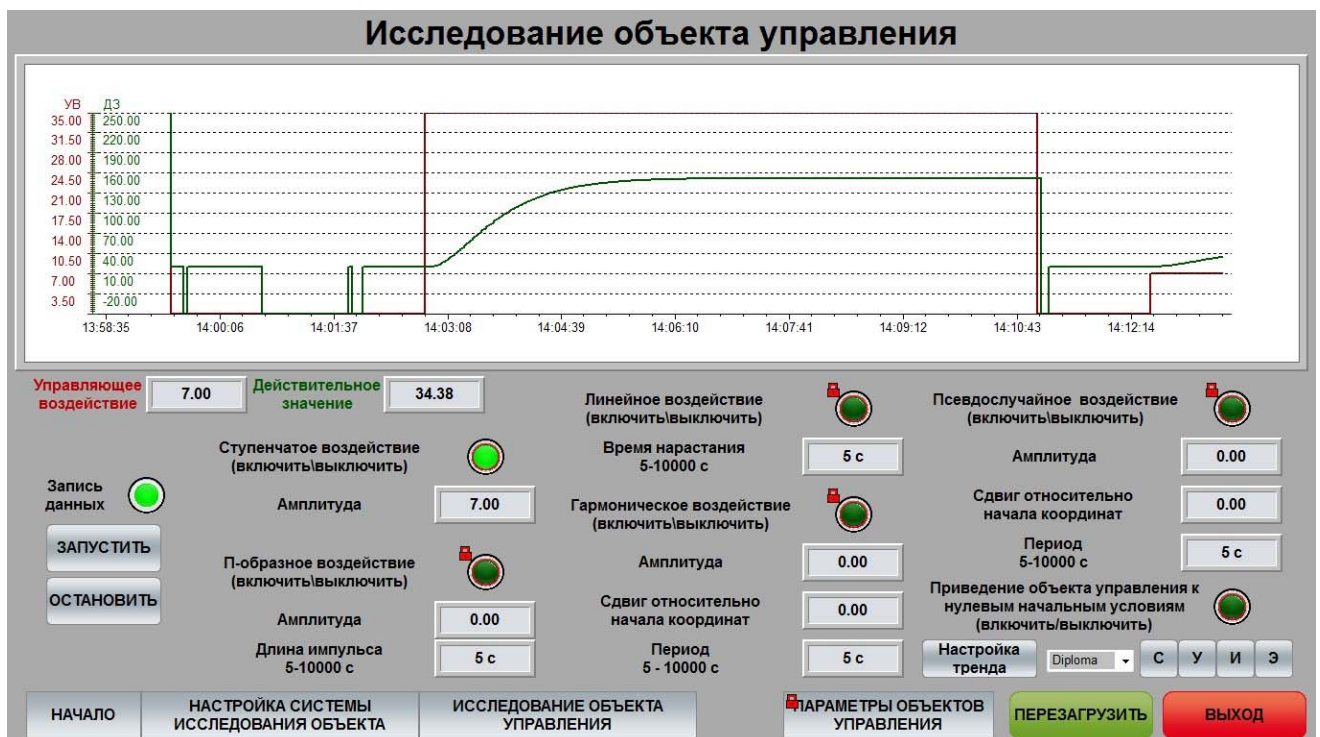


Рисунок. 2.1 – Отримання динамічної характеристики

За динамічною характеристикою було визначено структуру об'єкта керування. Так як були чітко виражені 2 перегини, можна зробити висновок, що об'єкт має два чітко виражених кореня, і модель об'єкта може бути представлена у вигляді аперіодичної ланки другого чи більш високого порядку (2.1).

$$W(s) = \frac{ke^{-\tau s}}{(T1s + 1)(T2s + 1)} \quad 2.1$$

Далі було отримано дані для побудови статичної характеристики (рис. 2.2). Для цього об'єкт переводиться до початкового стану, шляхом подачі у якості амплітуди керуючого впливу 0.

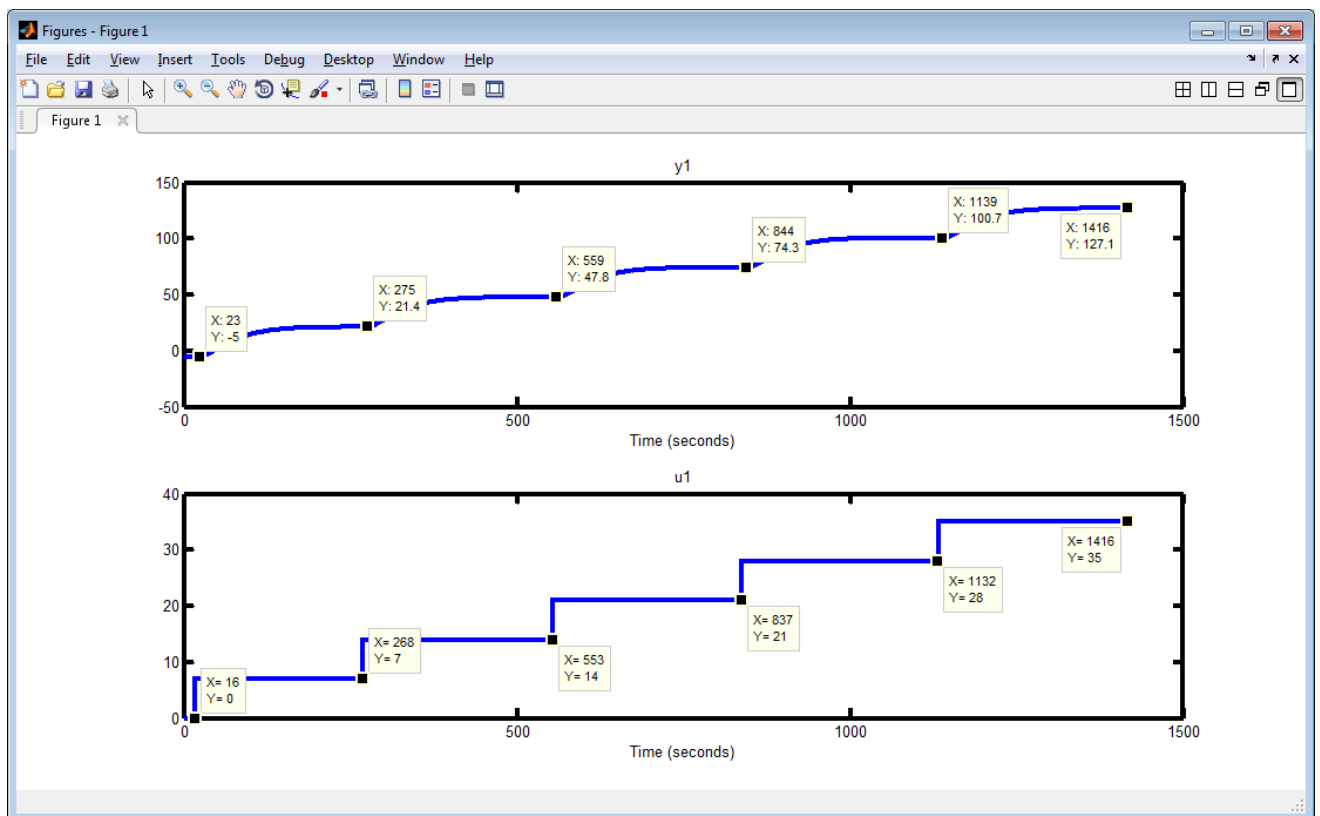


Рисунок 2.2 – Статична характеристика об'єкту керування

І проведено дослідження за допомогою П-образного впливу, що показав симетричність моделі, та відсутність інтегруючої складової (рис. 2.3)

Таким чином у результаті виконання плану експерименту проведено всеосяжне дослідження у результаті якого були отримані динамічна характеристика, дані для побудови статичної характеристики, проведено дослідження за допомогою П - образного керуючого впливу, а також отримані

перевірочні дані.

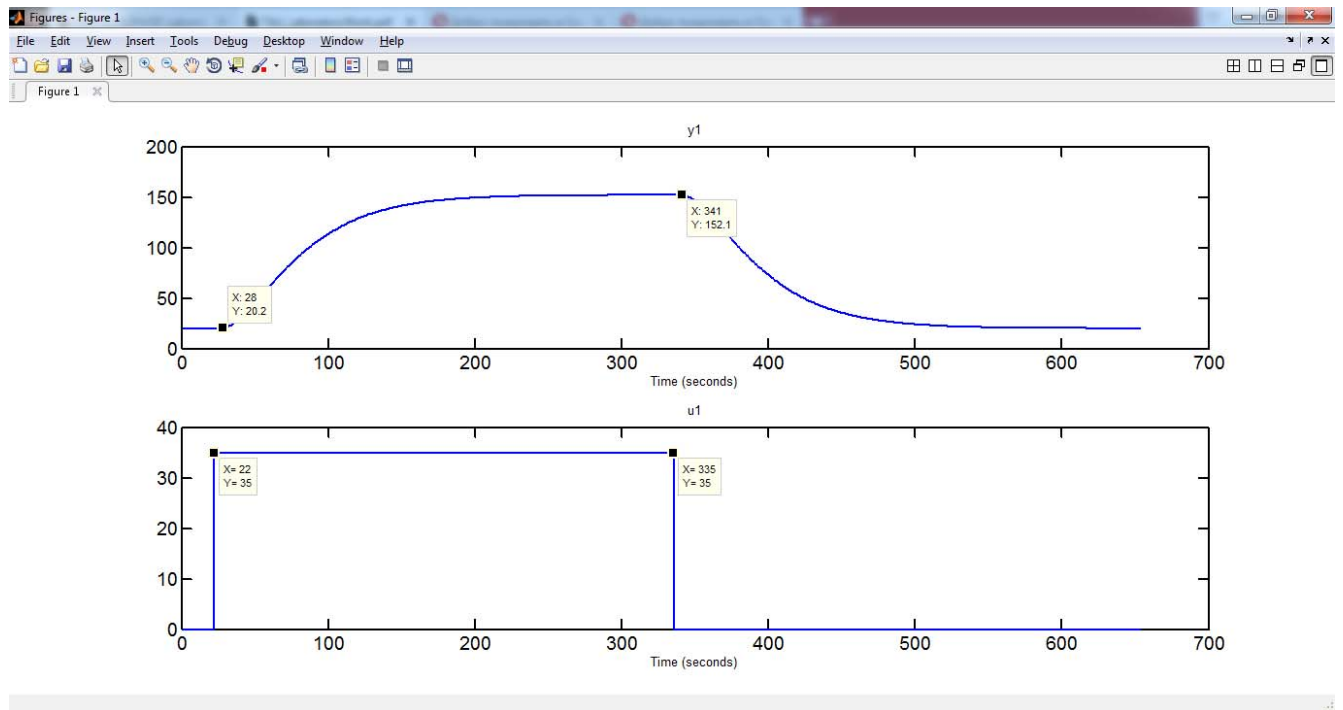


Рисунок. 2.3 – Характеристика при П- подібному впливі

І модель об'єкту керування у математичному пакеті MATLAB має вигляд рис. 2.4.

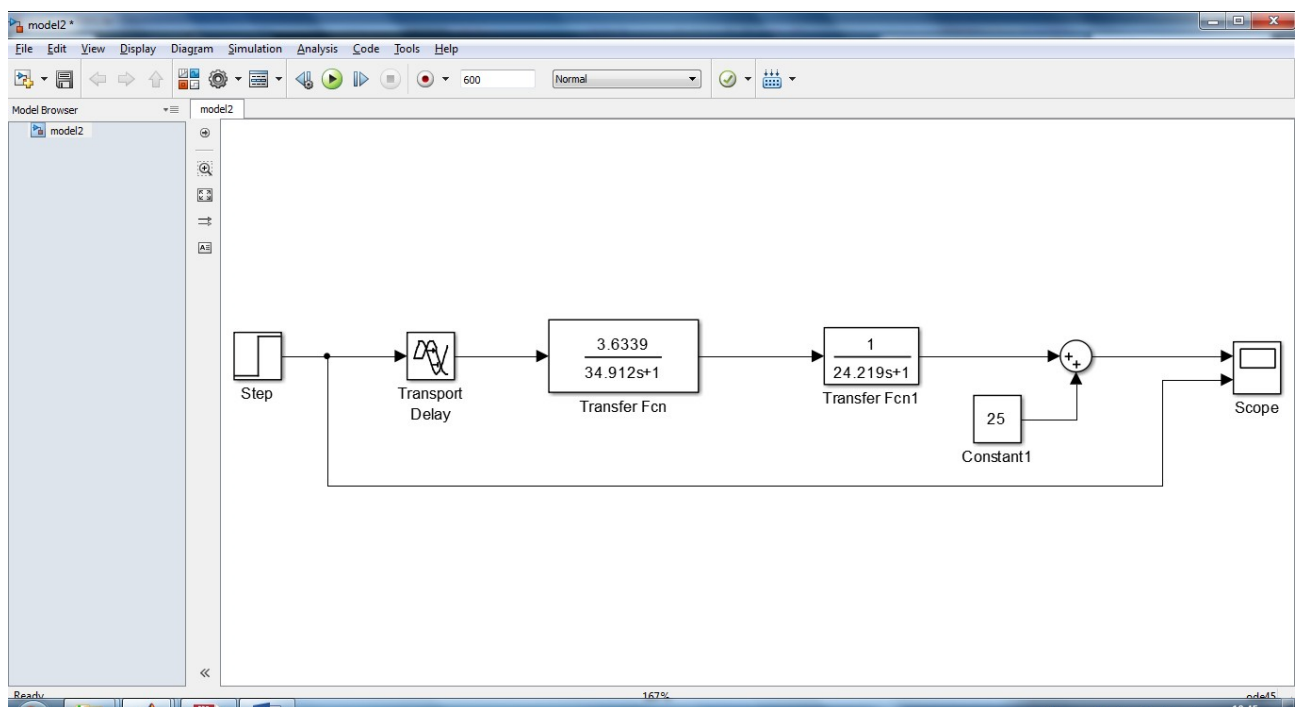


Рисунок 2.4 – Модель об'єкту керування

2.2 Критерії якості функціонування об'єкта керування

Відповідно до поставлених вимог до роботи системи, і ідентифікованої раніше моделі об'єкта (аперіодичної ланки другого порядку без затримки), необхідно провести дослідження на робастність – за рахунок погіршення футерування, збільшуються тепловтрати, таким чином варто збільшити коефіцієнт посилення на 10%. Та найбільшу з двох постійну часу збільшити на 10% за рахунок змін теплопередачі.

Також необхідно дослідити поведінку системи, з умовою застосування декількох типів регуляторів. Та вивести залежності якості роботи системи відповідно до зміни параметрів системи.

Для цього об'єкту, виходячи з його характеристик, буде проведено дослідження з використанням оптимального регулятора для визначення граничних показників, P, PI, PID регуляторів. PI регулятор є кращим рішенням для об'єктів 1-2 го порядків без затримки, а також має здатність компенсувати статичну помилку за її наявності. Проте PID регулятор може показати кращі результати.

Методи за допомогою яких, буде проведено дослідження, і одержання параметрів для кожного з регуляторів:

- pidtune;
- метод AMIGO.

Алгоритм налаштування регулятора, методом pidtune відповідає основним цілям регулятора. Під час налаштування, K вибирається таким чином, щоб забезпечити хороше співвідношення між продуктивністю і робастністю. За замовчуванням алгоритм вибирає частоту зрізу (ширину смуги пропускання) на підставі динаміки моделі і мінімального запасу по фазі в 60 градусів.

Алгоритм розрахунку проводиться за таким планом:

1. Створення моделі ОУ на мові matlab.
2. Створення налаштувань опції pidtune за допомогою функції pidtuneOptions.
3. Розрахунок параметрів регулятора.
4. Перетворення до стандартної форми за допомогою функції pidstd.

5. Отримання результатів розрахунку за допомогою функції pidtool.

Щоб визначити граничні показники для критеріїв якості, розробимо оптимальний регулятор для даного об'єкту керування [3].

Існує об'єкт керування виражений аперіодичною ланкою другого порядку без затримки з такими параметрами:

Максимальний керуючий вплив: $12 K=35$

$T1=34.972 T2=24.219$

Виконаємо розрахунок моментів перемикавання оптимального регулятора.

$$\frac{K}{(T1p+1) \cdot (T2p+1)} = \frac{x(t)}{Um} \quad (2.2)$$

$$[T1T2p^2 + (T1 + T2)p + 1] \cdot x(t) = \pm KUm \quad (2.3)$$

Введемо корені характеристичного рівняння об'єкта керування:

$$p1 = \frac{-1}{T1}, p2 = \frac{-1}{T2} \quad (2.4)$$

Початкові значення моментів перемикавання рівні 0.

Кінцеве значення: 112.

$Um = \pm 35$.

Знайдемо постійні інтегрування на різних інтервалах керування.

$$A0 \pm KUm = \pm 900 \quad (2.5)$$

$$x(t) = A0 + A1e^{p1t} + A2e^{p2t} \quad (2.6)$$

$$\dot{x}(t) = p1A1e^{p1t} + p2A2e^{p2t} \quad (2.7)$$

На другому інтервалі:

$$x(t) = A20 + A21e^{p1t} + A22e^{p2t} \quad (2.8)$$

$$\dot{x}(t) = p1A21e^{p1t} + p2A22e^{p2t} \quad (2.9)$$

Запишемо 1 і 2 на момент $t2$:

$$x2 = A20 + A21e^{p1t} + A22e^{p2t} = 112 \quad (2.10)$$

$$\dot{x}2 = p1A21e^{p1t} + p2A22e^{p2t} = 0 \quad (2.11)$$

Відносно $t1$ маємо:

$$t1 = T1 \ln \left[\left(\left[1 + \frac{x2}{kUm} \right] e^{\frac{t2}{T1}} + 1 \right) / 2 \right] \quad (2.12)$$

$$t_1 = T_2 \ln \left[\left(\left[1 + \frac{x_2}{kU_m} \right] e^{\frac{t_2}{T_2}} + 1 \right) / 2 \right] \quad (2.13)$$

Перевіримо правильність розрахунків за допомогою пакета MATLAB:

```
function PontryaginMaximumPerformanceO2(K, T1, T2, xn, xk, Umin, Umax)
fprintf('\nОб'єкт керування\n'), tf([K],[T1 1]) * tf([1],[T2 1])
    %Діапазон розрахунку відповідає більший постійній часу if (T1 > T2)
if (T1 > T2)
    t2=0 : T1 / 1000.0 : T1 * 3;
else
    t2=0 : T2 / 1000.0 : T2 * 3;
end
if (xn < xk)
    U0 = Umax;
    U1 = Umin;
fprintf('Виконується збільшення дійсного значення \n\n')
else
    U0 = Umin;
    U1 = Umax;
fprintf('Виконується зменшення дійсного значення \n\n')
end
%Розрахунок двох кривих точка перетину яких дає час комутації
ft1 = T1 * log(((xk - K * U1) * exp (t2 / T1) - (xn - K * U0))/(K * (U0 - U1)));
ft2 = T2 * log(((xk - K * U1) * exp (t2 / T2) - (xn - K * U0))/(K * (U0 - U1)));
%Розрахунок часу комутації
TI = 0;
TU1 = 0;
TU2 = 0;
for i=2:size(ft1, 2) - 1
if (ft1(i) > ft2(i - 1) && ft1(i) < ft2(i + 1))
    TU1 = TU1 + ft1(i) + ft2(i);
    TU2 = TU2 + t2(i);
    TI = TI + 1;
end
end
TU1 = TU1 / TI / 2;
TU2 = TU2 / TI;
U2 = xk / K;
fprintf('u0 = %f, u1 = %f, u = %f, t1 = %f, t2 = %f\n\n', U0, U1, U2, TU1, TU2)
%Візуалізація характеристик
figure_handle = findobj('Tag', 'Tag_PontryaginMaximumPerformance_Figure');
if (ishandle(figure_handle))
    close(figure_handle);
end
```

```

figure('Name',          'Часові          характеристики',          'Tag',
'Tag_PontryaginMaximumPerformance_Figure');
if (xn < xk)
    plot(ft1, t2);hold all;plot(ft2, t2);hold off;figure(gcf);
else
    plot(ft2, t2);hold all;plot(ft1, t2);hold off;figure(gcf);
end
xlabel('t2, c');
ylabel('t1, c');
Маємо: u0 = 35.000000, u = 29.169763, t1 = 93.995940, t2 = 97.904114

```

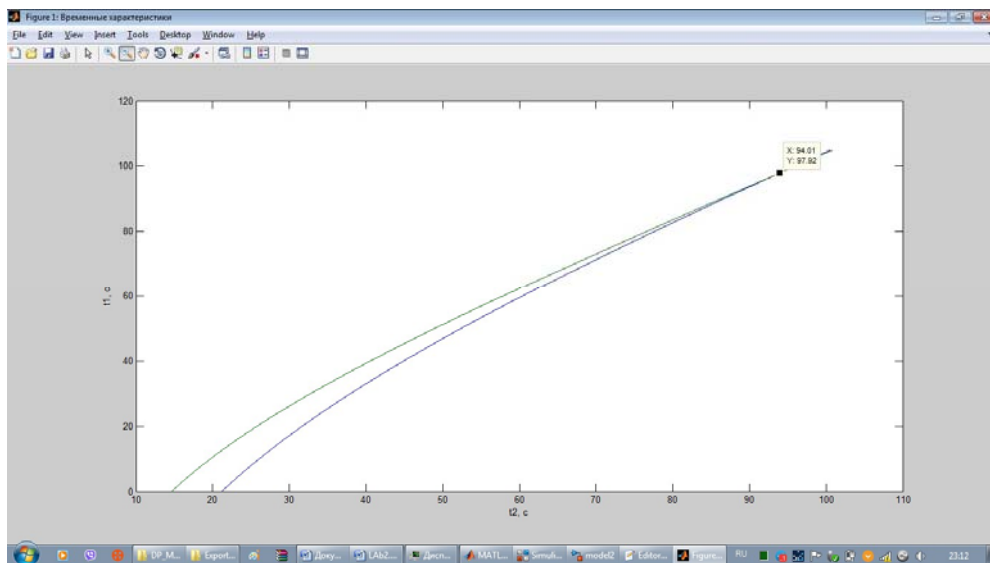


Рисунок 2.5 – Часові характеристики

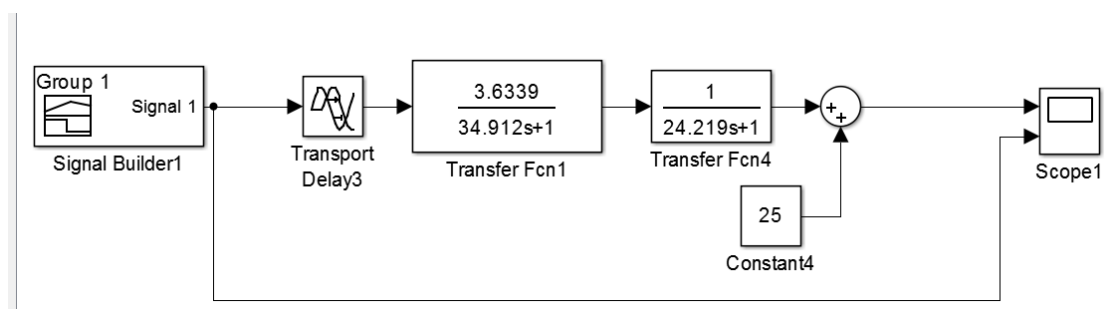


Рисунок 2.6 – Реалізація оптимального регулятора для ОУ

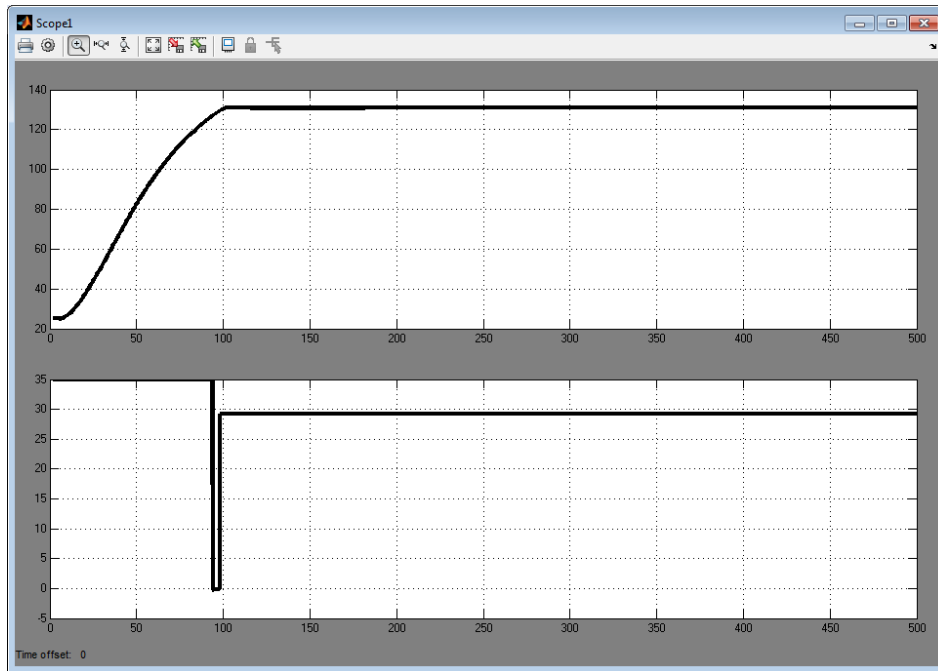


Рисунок 2.7 – Результат моделювання

За результатами моделювання оптимального регулятора можемо сформулювати граничні показники, як вимоги до системи.

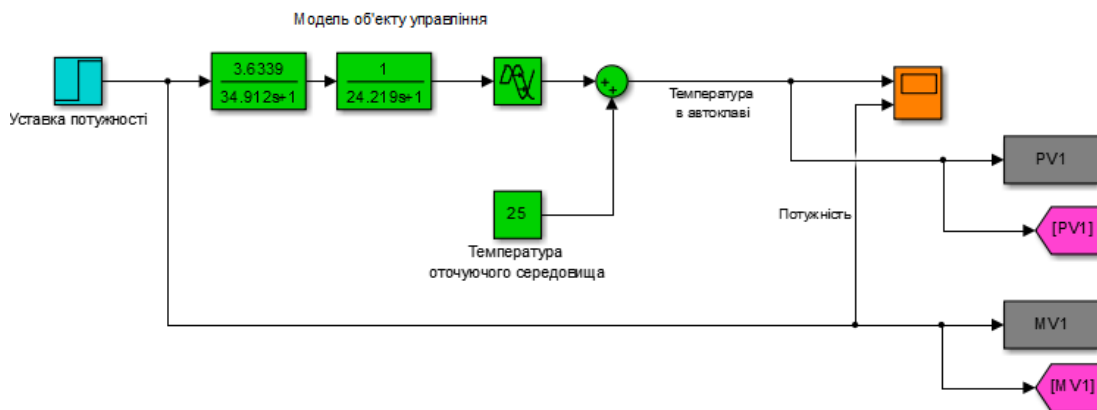


Рисунок 2.8 – Реалізація схеми у пакеті MATLAB для визначення максимального часу наростання та встановлення

Визначимо вимоги, щодо часу наростання – час за який ОУ досягає значення, що дорівнює 90 % від уставки. Для цього порівнюємо час за який ОУ досягає 90% уставки при використанні оптимального регулятора та при використанні керуючого впливу. А також визначимо час встановлення – час за який об'єкт досягає 99% від уставки, та порівнюємо. Таким чином знайдемо мінімальний та максимальний час.

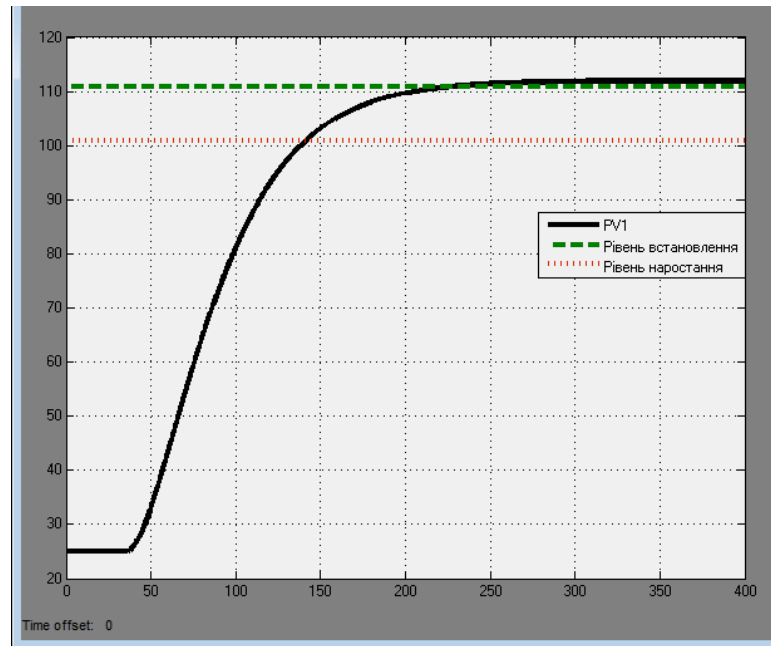


Рисунок 2.9 –Результати моделювання

Виходячи з цього, маємо:

$T_{\text{max наростання}} = 105,2 \text{ с}$, $T_{\text{max встановлення}} = 166,5 \text{ с}$.

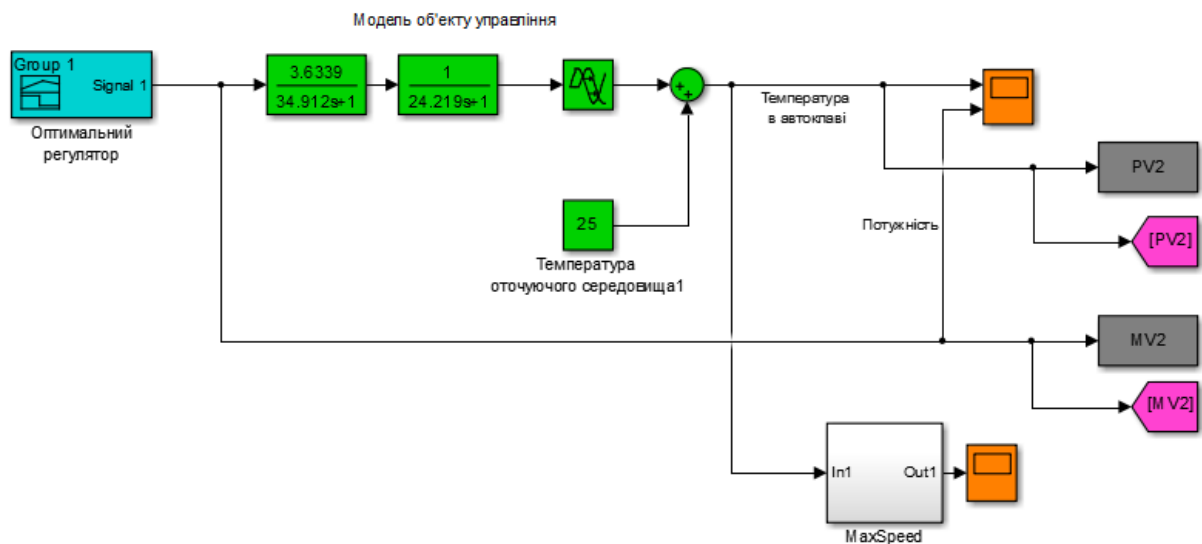


Рисунок 2.10 – Реалізація схеми у пакеті MATLAB для визначення мінімального часу наростання та встановлення

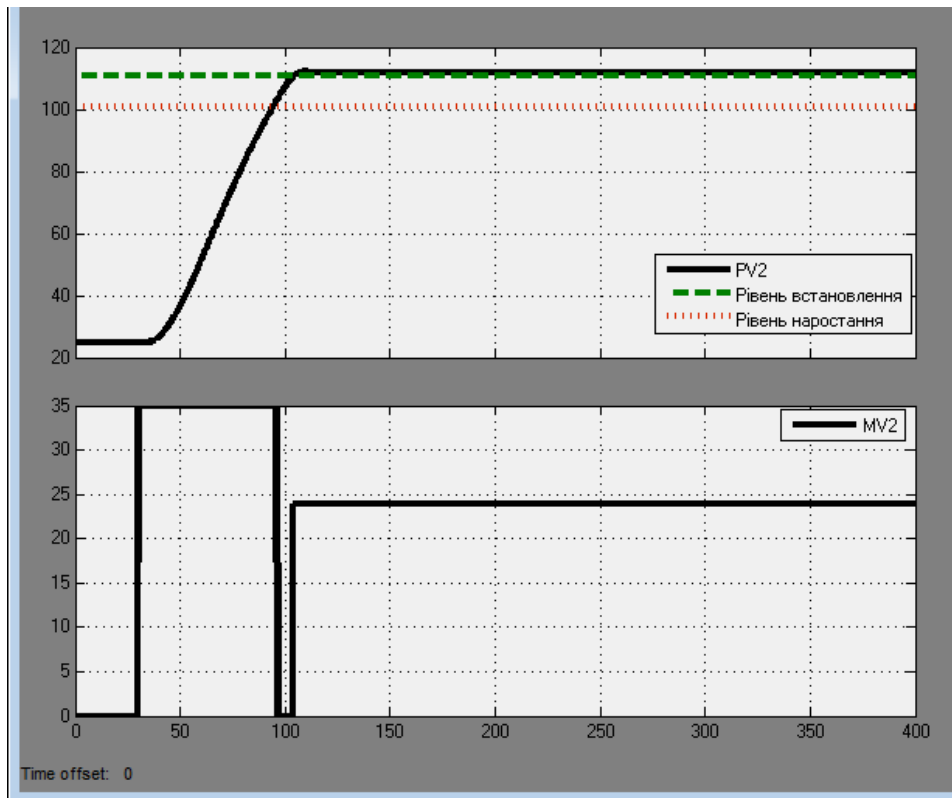


Рисунок 2.11 – Результати моделювання

Виходячи з цього, маємо: T_{\min} наростання = 52,8 с,

T_{\min} встановлення=67,2 с.

Перерегулювання визначається за абсолютним значенням уставки, та складає 5%. Згідно з цим, максимальне значення уставки дорівнює 117,6.

2.3 Висновки по розділу

В результаті проведених досліджень було отримано модель ОУ, розроблено оптимальний регулятор для керування, та визначено граничні показники, межах якої повинна відповідати розроблена система керування.

А саме, T_{\max} наростання = 105,2 с, T_{\min} наростання = 52,8 с, T_{\max} встановлення=166,5 с, T_{\min} встановлення=67,2 с.

Перерегулювання максимум 5%, що дорівнює максимальному значенню уставки 117,6.

Отриманих даних про функціонування ОУ, та висунутих критеріїв достатньо для проведення синтезу системи та обрання конкретного типу регулятора, з використанням описаних у цьому розділі методів.

3 СИНТЕЗ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ

3.1 Модель системи керування

У результаті проведеної ідентифікації моделі, та досліджень згідно з висунутими критеріями якості розглянемо поведінку об'єкту керування з використанням декількох типів регуляторів, та перевіримо на відповідність критеріям якості.

Розрахунок параметрів для П, П I, ПІД регуляторів проведемо методами PIDTUNE, AMIGO які згадувалися вище.

Розрахунок параметрів ПІД регулятора за методом PIDTUNE було виконано за допомогою програмного забезпечення на мові MATLAB:

```
Object=tf([3.619],[34.912 1])*tf([1],[24.219 1])
Options=pidtuneOptions('PhaseMargin',60) C=pidtune(Object,'PIDF',Options)
pidtool(Object,C
Kp=C.Kp
Ti=C.Kp/C.Ki Td=C.Kd
Td_N=C.Tf
```

Результати розрахунків параметрів регуляторів за методом PIDTUNE наведені в табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Параметри регуляторів отримані за методом PIDTUNE

Параметр/Тип регулятора	Kp	Ki	Td=Kd	Tf
П	0.0542			
ПІ	0.526	0.01244		
ПІД	0.485	0.0184	5.636	16.89

Параметри регуляторів за методом AMIGO розраховується на підставі апроксимації моделі об'єкту керування аперіодичною ланкою першого порядку з запізненням. Для отримання параметрів апроксимованої моделі (коефіцієнта підсилення, постійної часу та часу запізнення) розроблено програмне забезпечення на мові MATLAB:

```
function ObjectParameters(Object)
% Подача ступінчатого впливу на модель % у – дійсне значення
```

```

% t – час
[y t] = step(Object);
% прибирання статичної складової
% Offset - величина зсуву по осі y Offset = y(1); y = y - Offset;
fprintf('\nМодель відповідає аперіодичній ланці\n')
% Визначення коефіцієнта підсилення K = y/u, u = 1 K = y(end);
% Визначення початку ділянки підйому динамічної характеристики [~,ind] =
max(diff(y));
% Визначення кутового коефіцієнта прямої k, на ділянці підйому
% k = (y2 - y1) / (t2 - t1)
k = (y(ind+1) - y(ind)) / (t(ind+1) - t(ind));
% Визначення зсуву по осі y % dy = k * t - y dy = k * t(ind+1) - y(ind+1);
% Визначення точки перетину прямої осі x, що відповідає
% значенню затримки tau = dy / k;
% Визначення часу досягнення дійсним значенням 0.63*K* u
% ind2 = find(y>=0.63*K,1,'first'); ind1 = ind2 - 1;
% Визначення постійної часу % T = (t1 + t2) / 2 - tau T = (t(ind1) + t(ind2)) / 2
- tau;
fprintf('\nK = %f T = %f tau = %f\n\n', K, T, tau); end

```

За результатами апроксимації отримані параметри моделі об'єкту керування наведені в табл. 3.2.

Таблиця 3.2 – Параметри апроксимованої моделі об'єкту керування

Параметр	K	Ti	Td
Значення	11,458	45,511	11,824

З метою розрахунку параметрів регуляторів за методом AMIGO розроблено програмне забезпечення на мові MATLAB:

```

function PID_AMIGO_O2D(K, T, tau) fprintf('\nПараметри моделі об'єкту
керування\n') fprintf('\nK = %f T = %f tau = %f\n\n', K, T, tau);
fprintf('\nПараметри П регулятора \n') Kp = (0.3 * T) / (K * tau); fprintf('\nKp =

```



```

%f\n\n', Kp);
fprintf('\nПараметри ПІ регулятора\n')
Kp = 0.15 / K + (0.35 - (T * tau) / (T + tau)^2) * T / (K * tau);
Ti = 0.35 * tau + (13 * tau * T^2) / (T^2 + 12 * T * tau + 7 * tau^2); fprintf('\nKp
= %f Ti = %f\n\n', Kp, Ti);
fprintf('\nПараметри ПІД регулятора\n') Kp = 1 / K * (0.2 + (0.45 * T) / tau);
Ti = (0.8 * T + 0.4 * tau) * tau / (0.1 * T + tau); Td = (0.5 * T * tau) / (T + 0.3 *
tau);
N = 100;
fprintf('\nKp = %f Ti = %f Td = %f N = %f Tf = %f\n\n', Kp, Ti, Td,...
N, Td / N);

```

Параметри регуляторів отримані за методом AMIGO наведені в табл. 3.3.

Таблиця 3.3 – Параметри регуляторів отримані за методом AMIGO

Параметр/Тип регулятора	Kp	Ki	Td	T
ПІ	1.3	158.		
ПІД	20.	94.5	5.9	0

На підставі обраної структури системи керування, типів регуляторів та їх структур і розрахованих параметрів розроблено імітаційні моделі систем керування в графічному середовищі імітаційного моделювання Simulink математичного пакету MATLAB наведені на рис. 3.1...рис. 3.4.

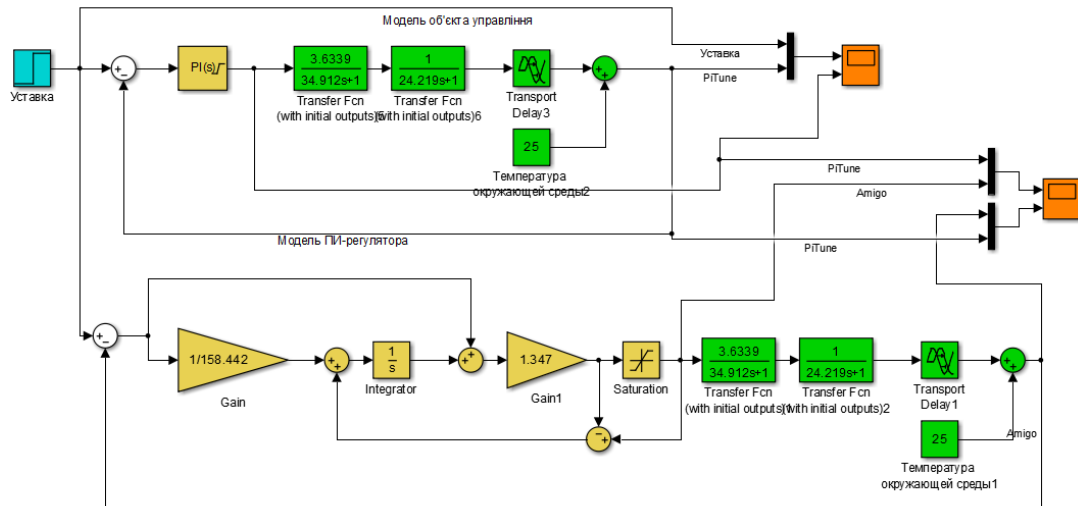


Рисунок 3.1 – Імітаційна модель системи керування на базі ПІ регулятора

Результати моделювання системи керування з ПІ регулятором параметри якого розраховані за методами PIDTUNE та AMIGO наведені на рис. 3.2.

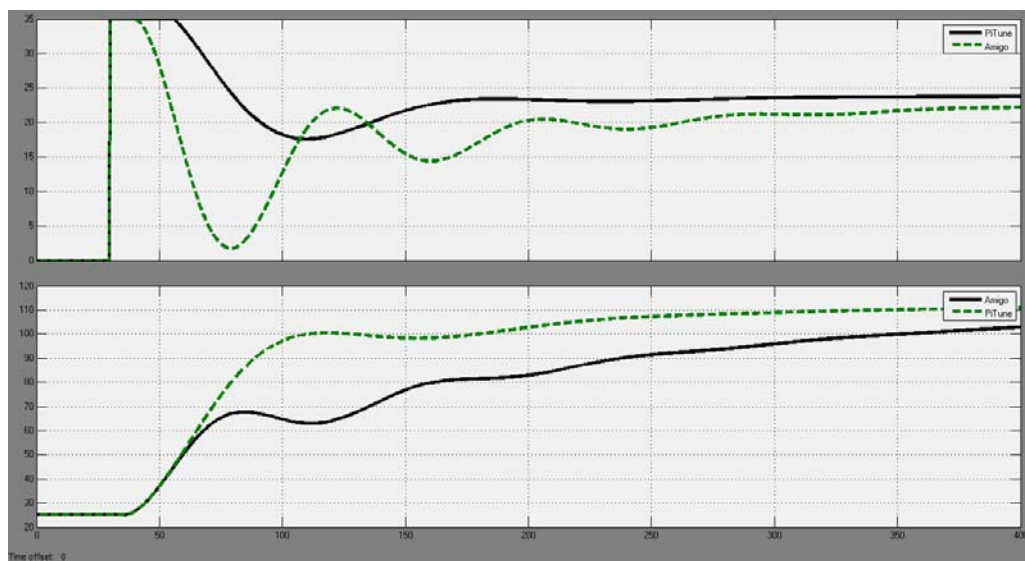


Рисунок 3.2 – Результати моделювання системи керування з ПІ регулятором

Як бачимо з результатів моделювання ПІ регулятор з обмеженням інтегральної складової за методом зворотного розрахунку в обох випадках дає завищений час інтегрування, однак за методом PIDTUNE він ближчий до максимальної швидкодії.

Результати моделювання системи керування з ПІД регулятором параметри якого розраховані за методами PIDTUNE та AMIGO наведені на рис. 3.4.

Як бачимо з результатів моделювання ПІД регулятор з обмеженням

інтегральної складової за методом заціпки параметри отримані за методом PIDTUNE дають затягнутий перехідний процес, а за методом AMIGO коливальний, але вищу швидкодiю ніж ПІ регулятор.

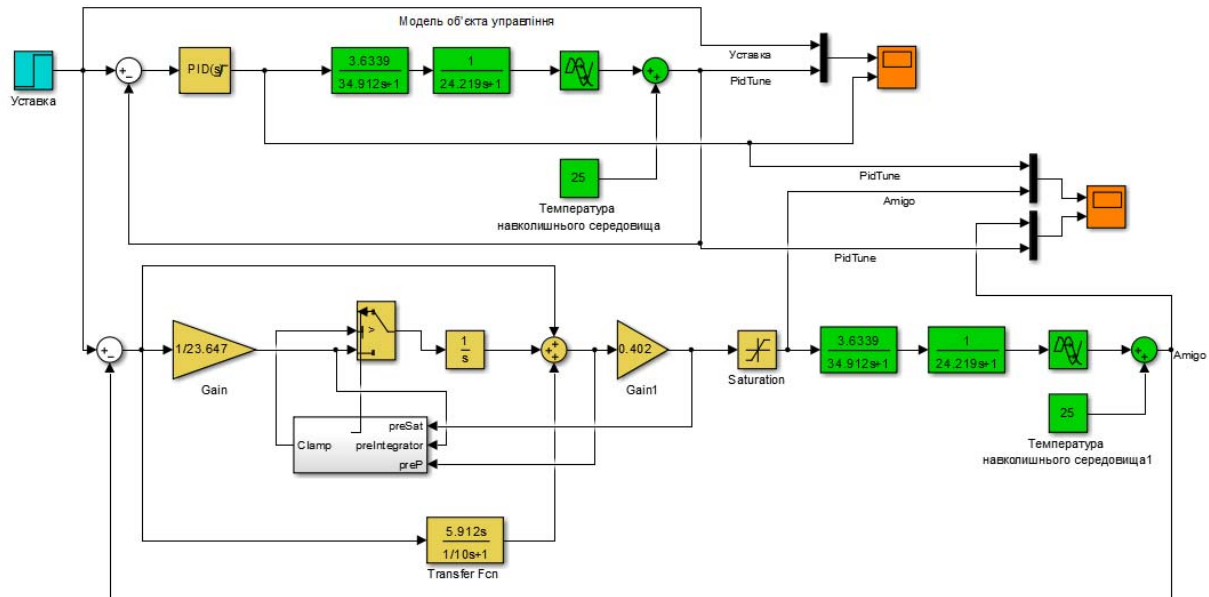


Рисунок 3.3 – Імітаційна модель системи керування на базі ПІД регулятора

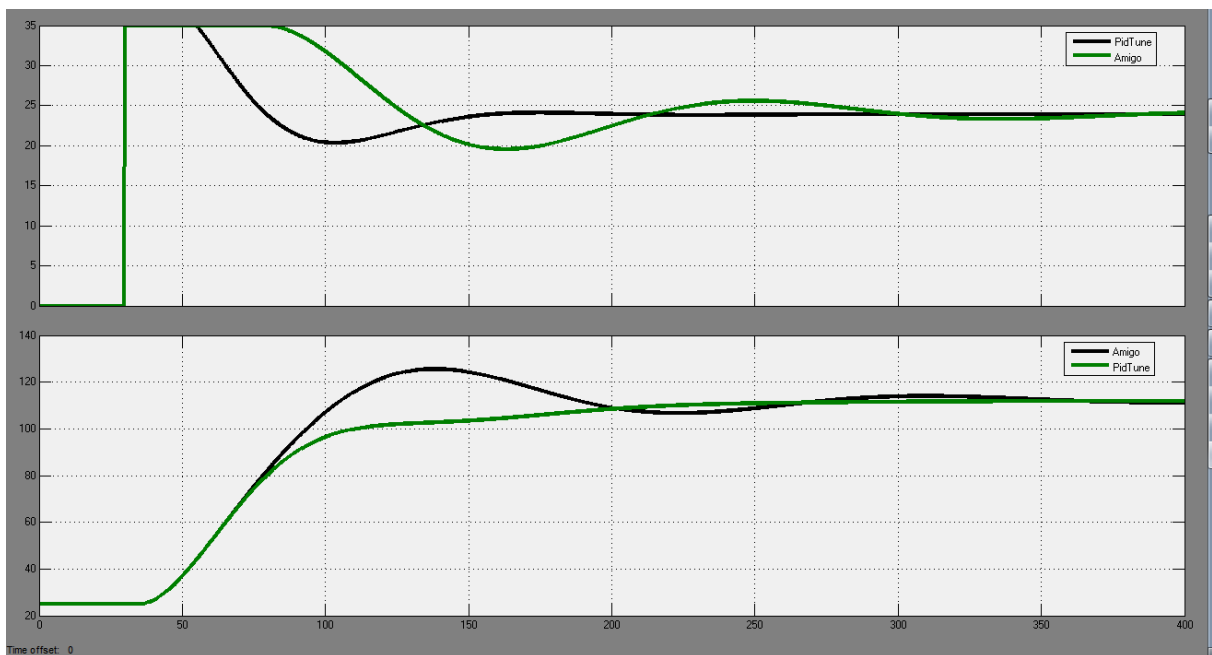


Рисунок 3.4 – Результати моделювання системи керування з ПІД регулятором

За результатами аналізу функціонування моделей для подальших досліджень обрана імітаційна модель системи керування на базі ПІД регулятора з обмеженням

інтегральної складової за методом заціпки. Враховуючи більшу стійкість системи керування при параметрах розрахованих за методом PIDTUNE в подальших дослідження використовують їх.

Подальші дослідження системи керування направлені на отримання параметрів регулятора які забезпечують швидкодію системи керування наближену до оптимальної.

Варіюючи коефіцієнт пропорційності та проаналізувавши результати дослідження обрано найкращий показник $K=0,5$ при якому майже відсутнє перерегулювання та забезпечується запас за часом встановлення (рис. 3.5).

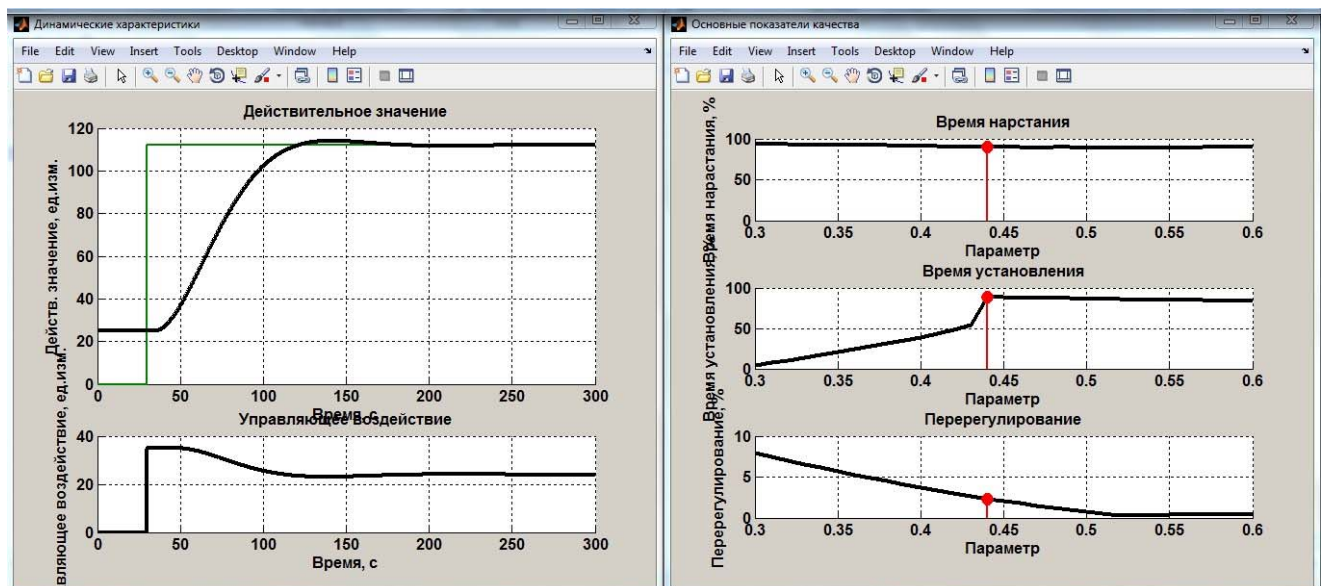


Рисунок 3.5 – Результат дослідження впливу коефіцієнту пропорційності

Варіюючи час інтегрування та проаналізувавши результати дослідження обрано найкращий показник $T_i=34$ с, при якому майже відсутнє перерегулювання та забезпечується запас за часом встановлення (рис. 3.6).

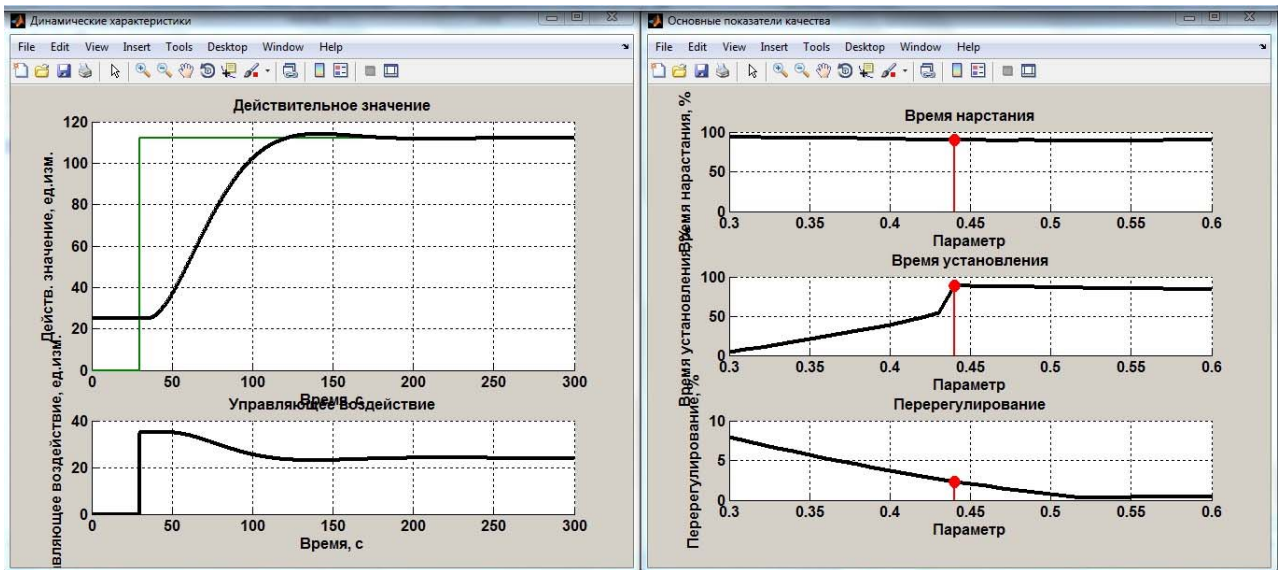


Рисунок 3.6 – Результат дослідження впливу часу інтегрування

Варіюючи час диференціювання та проаналізувавши результати дослідження обрано найкращий показник $T_d=5,5$ с. при якому майже відсутнє перерегулювання та забезпечується запас за часом встановлення (рис. 3.7).

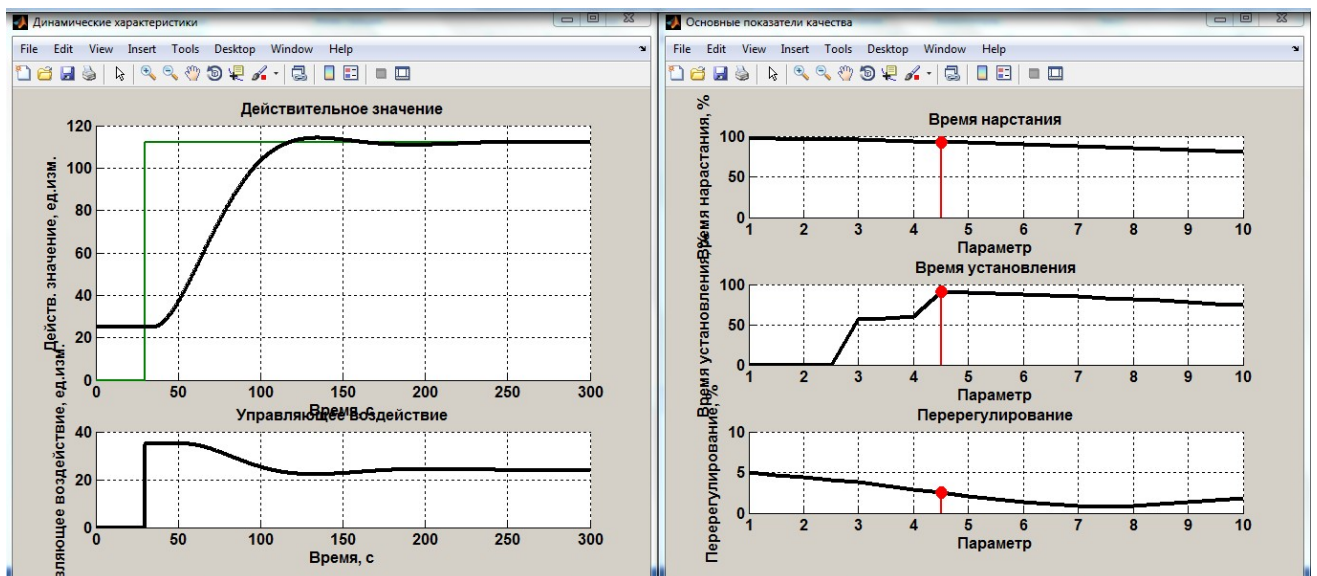


Рисунок 3.7 – Результат дослідження впливу часу диференціювання

Варіюючи коефіцієнт фільтра та проаналізувавши результати дослідження обрано найкращий показник $N=0,05$ при якому майже відсутнє перерегулювання та забезпечується запас за часом встановлення (рис. 3.8).

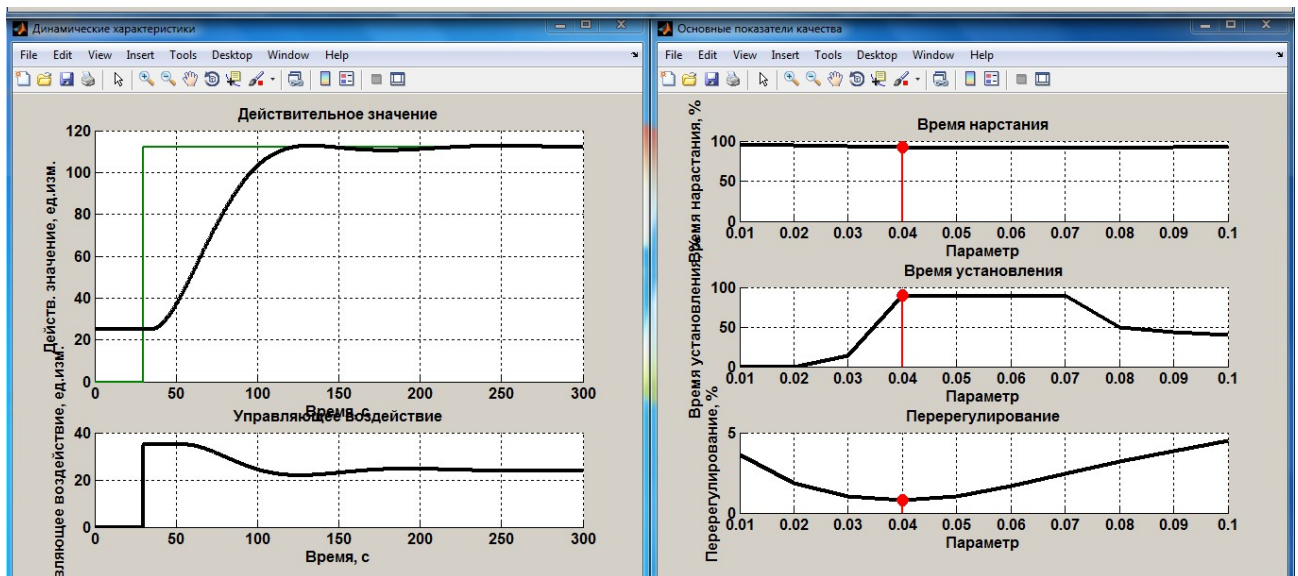


Рисунок 3.8 – Результат дослідження впливу коефіцієнта фільтра

За результатами дослідження послідовно були визначення параметри регулятора наближені до оптимальних: коефіцієнту підсилення ($K=0,5$), часу інтегрування ($T_i=34$ с), часу диференціювання ($T_d=5,5$ с) та коефіцієнту фільтра ($N=0,05$ с).

Дослідимо роботу системи керування в умовах технологічного процесу, а саме, перевіримо систему на робастність шляхом зміни постійної часу об'єкту керування, яка пов'язана з втратою під час функціонування об'єкту його ізоляцією термічного опору.

Знайдемо залежності між значеннями параметрів регулятора, та якістю роботи системи за критеріями. Для цього, змінимо значення T_i та K_{obj} для кожного параметра, та визначимо діапазон на якому побудуємо залежності (табл. 3.4, рис. 3.9).

Таблиця 3.4 – Дані для побудови залежності критеріїв від зміни T_i відносно K_{obj} та K_{obj} відносно T_i

Критерій якості		Час наростання		Час встановлення		Перерегулювання	
K_{obj}	T_i	с	%	с	%	°С	%
3	30	70,3	66,60305	147,1	19,53676	2,951918	3,39301
3	30,5	70,6	66,03053	144,1	22,55791	2,672425	3,071753
3	31	70,6	66,03053	141,1	25,57905	2,494362	2,867082
3	31,5	70,9	65,45802	134,3	32,42699	2,230177	2,563422
3	32	71,1	65,07634	95,7	71,29909	1,974122	2,269105
3	32,5	71,4	64,50382	96,5	70,49345	1,726203	1,984142
3	33	71,6	64,12214	97,4	69,58711	1,485344	1,707292
3	33,5	72,2	62,9771	98,9	68,07654	1,187568	1,365021
3	34	72,5	62,40458	99,9	67,06949	0,968486	1,113202
3	34,5	73,1	61,25954	101,7	65,2568	0,707465	0,813178
3	35	73,3	60,87786	102,8	64,14904	0,511561	0,588001
3	35,5	74	59,54198	104,9	62,03424	0,302916	0,34818
3	36	74,7	58,20611	107,2	59,71803	0,14625	0,168104
3	36,5	75,4	56,87023	109,7	57,2004	0,1557	0,178966
3	37	76,1	55,53435	112,5	54,38066	0,165761	0,19053
3	37,5	76,8	54,19847	115,6	51,25881	0,171714	0,197373
3	38	77,6	52,67176	119	47,83484	0,173877	0,199858
3	38,5	78,4	51,14504	122,7	44,10876	0,172578	0,198366
3	39	79,2	49,61832	126,6	40,18127	0,168148	0,193273
3	39,5	80,1	47,90076	130,7	36,05237	0,160908	0,184952
3	40	80,9	46,37405	134,8	31,92346	0,151178	0,173768
3,5	30	57,8	90,45802	120,9	45,92145	3,391571	3,898357
3,5	30,5	58,1	89,8855	117,8	49,0433	2,958326	3,400375
3,5	31	58,5	89,12214	113,5	53,37362	2,537189	2,916309
3,5	31,5	58,8	88,54962	78,7	88,41893	2,127784	2,445729
3,5	32	59,2	87,78626	79,7	87,41188	1,729741	1,988208
3,5	32,5	59,6	87,0229	80,7	86,40483	1,342781	1,543426
3,5	33	59,9	86,45038	81,8	85,29708	0,966636	1,111076
3,5	33,5	60,3	85,68702	82,9	84,18933	0,601129	0,690953
3,5	34	60,7	84,92366	84,2	82,88016	0,284002	0,326439
3,5	34,5	61,1	84,16031	85,6	81,47029	0,289215	0,332431
3,5	35	61,5	83,39695	87,2	79,85901	0,293763	0,337658
3,5	35,5	61,9	82,63359	89,1	77,94562	0,296973	0,341348
3,5	36	62,4	81,67939	91,3	75,73011	0,298333	0,342912
3,5	36,5	62,8	80,91603	94	73,01108	0,297478	0,341929
3,5	37	63,2	80,15267	97,7	69,28499	0,29417	0,338127
3,5	37,5	63,7	79,19847	103,4	63,54481	0,28828	0,331357
3,5	38	64,1	78,43511	117,2	49,64753	0,279761	0,321564
3,5	38,5	64,6	77,48092	130,4	36,35448	0,268632	0,308773
3,5	39	65,1	76,52672	136,4	30,31219	0,254964	0,293062
3,5	39,5	65,6	75,57252	140,3	26,38469	0,238862	0,274554
3,5	40	66,2	74,42748	143,4	23,26284	0,220462	0,253404

Продовження таблиці 3.4

Критерій якості		Час наростання		Час встановлення		Перерегулювання	
Kobj	Ti	C	%	с	%	°C	%
4	30	50,2	104,9618	103,2	63,74622	3,628127	4,17026
4	30,5	50,5	104,3893	100,7	66,26385	3,200518	3,678757
4	31	50,7	104,0076	97,7	69,28499	2,78448	3,200552
4	31,5	50,9	103,626	93,5	73,5146	2,379536	2,735099
4	32	51,1	103,2443	68,5	98,69084	1,985242	2,281888
4	32,5	51,4	102,6718	69,1	98,08661	1,601198	1,840457
4	33	51,6	102,2901	69,8	97,38167	1,227019	1,410367
4	33,5	51,8	101,9084	70,4	96,77744	0,862342	0,991197
4	34	52	101,5267	71,2	95,9718	0,626875	0,720545
4	34,5	52,3	100,9542	136,1	30,6143	0,614832	0,706704
4	35	52,5	100,5725	138,2	28,4995	0,601776	0,691697
4	35,5	52,7	100,1908	139,7	26,98892	0,587374	0,675143
4	36	53	99,61832	140,9	25,78046	0,571371	0,656748
4	36,5	53,2	99,23664	142	24,67271	0,55358	0,636298
4	37	53,5	98,66412	143	23,66566	0,533868	0,613641
4	37,5	53,7	98,28244	144	22,65861	0,512156	0,588685
4	38	54	97,70992	144,9	21,75227	0,4884	0,561379
4	38,5	54,2	97,32824	145,7	20,94663	0,462595	0,531718
4	39	54,5	96,75573	146,6	20,04028	0,434759	0,499723
4	39,5	54,7	96,37405	147,4	19,23464	0,404938	0,465446
4	40	55	95,80153	148,2	18,429	0,373192	0,428956

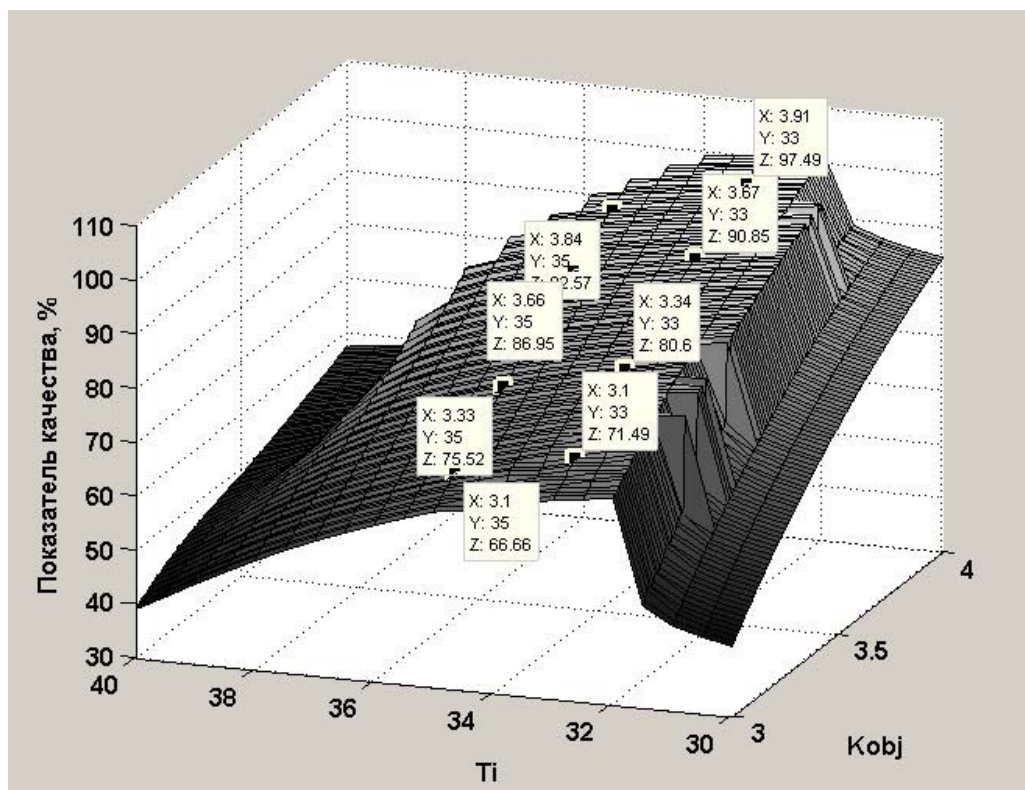


Рисунок 3.9 – Результати дослідження залежного впливу часу інтегрування та коефіцієнту підсилення об'єкта керування

За результатами дослідження можна помітити, що збільшення часу інтегрування показники якості знижуються. Отже можна зробити висновок, що змінення коефіцієнту підсилення об'єкту керування за допомогою часу інтегрування не дає необхідних результатів.

Знайдемо залежності між значеннями параметрів регулятора, та якістю роботи системи за критеріями. Для цього, змінимо значення K_{obj} та T_d на +20% і -20% для кожного параметра, та визначимо діапазон на якому побудуємо залежності (табл. 3.5, рис. 3.9).

Таблиця 3.5 – Дані для побудови залежності критеріїв від зміни T_d відносно K_{obj} та K_{obj} відносно T_d

Критерії якості		Час наростання		Час встановлення		Перерегулювання	
K_{obj}	T_d	С	%	с	%	°С	%
3	1	70,9	65,45802	95,7	71,29909	0,982266	1,129042
3	2	70,9	65,45802	96	70,99698	1,040305	1,195753
3	3	71,2	64,8855	96,7	70,29204	1,012047	1,163273
3	4	71,6	64,12214	97,9	69,08359	0,970316	1,115306
3	5	72,1	63,16794	99	67,97583	0,975713	1,121509
3	6	73,1	61,25954	101,3	65,65962	0,962379	1,106183
3	7	74,1	59,35115	103,6	63,3434	1,07084	1,230851
3	8	75,7	56,29771	106,8	60,12085	1,266535	1,455787
3	9	77,4	53,05344	109,9	56,99899	1,510985	1,736764
3	10	78,9	50,19084	112,3	54,58207	1,758712	2,021507
3,5	1	57,3	91,41221	179,8	0	3,098216	3,561168
3,5	2	57,8	90,45802	170,2	0	2,466752	2,835347
3,5	3	58,4	89,31298	78	89,12387	1,868246	2,147409
3,5	4	59,1	87,9771	79,9	87,21047	1,22764	1,411081
3,5	5	60,3	85,68702	82,9	84,18933	0,500886	0,575731
3,5	6	61,4	83,58779	86,2	80,86606	0,303979	0,349401
3,5	7	62,6	81,29771	90,3	76,73716	0,43419	0,499069
3,5	8	63,9	78,81679	95,6	71,3998	0,682962	0,785014
3,5	9	65,2	76,33588	100,7	66,26385	0,978538	1,124757
3,5	10	66,6	73,66412	105,5	61,43001	1,278289	1,469297
4	1	49,1	107,0611	172,5	0	5,209445	5,987868
4	2	49,5	106,2977	168,1	0	4,282778	4,922733
4	3	50,3	104,771	161,9	4,632427	3,047376	3,502731
4	4	51	103,4351	153,8	12,78953	1,961724	2,254855
4	5	51,6	102,2901	142,5	24,16918	1,018614	1,170821
4	6	52,5	100,5725	72,6	94,56193	0,631215	0,725535
4	7	53,3	99,0458	76	91,13797	0,699417	0,803928
4	8	54,1	97,51908	80,6	86,50554	0,837293	0,962406
4	9	55,1	95,61069	107,4	59,51662	1,033086	1,187455
4	10	56,1	93,70229	113	53,87714	1,258792	1,446887

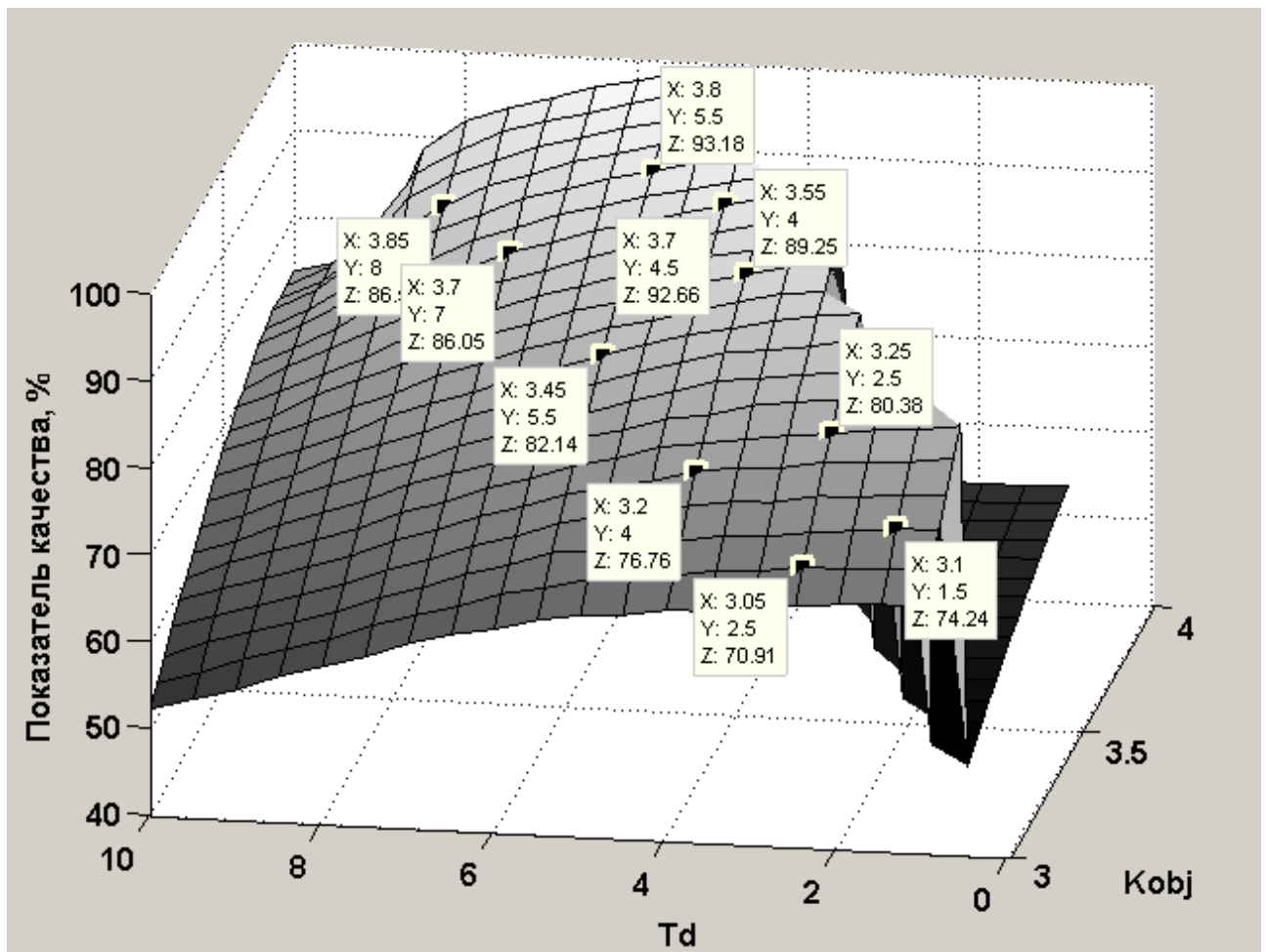


Рисунок 3.10 – Результати дослідження залежного впливу часу диференціювання та коефіцієнту підсилення об'єкту керування

Показник якості є комплексним та відповідає часу наростання та часу встановлення, один до одного.

За результатами дослідження можна помітити, що при збільшенні коефіцієнту підсилення об'єкту керування зменшення часу диференціювання буде підтримувати систему в межах необхідних показників якості..

Знайдемо залежності між значеннями параметрів регулятора, та якістю роботи системи за критеріями. Для цього, змінимо значення T_i та T_{obj} для кожного параметра, та визначимо діапазон на якому побудуємо залежності (табл. 3.5, рис. 3.11).

Таблиця 3.6 – Дані для побудови залежності критеріїв від зміни T_i відносно T_{obj} та T_{obj} відносно T_i

Критерії якості		Час наростання		Час встановлення		Перерегулювання	
T_{obj}	T_i	С	%	с	%	°С	%
35	30	55,6	94,65649	115,4	51,46022	3,36027	3,862379
35	31	56,2	93,51145	107,9	59,01309	2,501891	2,875736
35	32	56,9	92,17557	76,6	90,53374	1,688557	1,94087
35	33	57,5	91,03053	78,5	88,62034	0,917058	1,054089
35	34	58,2	89,69466	80,7	86,40483	0,363147	0,417411
35	35	58,9	88,35878	83,4	83,6858	0,366793	0,421601
35	36	59,6	87,0229	87,1	79,95972	0,36435	0,418793
35	37	60,4	85,49618	93,1	73,91742	0,353079	0,405838
35	38	61,2	83,96947	132,8	33,93756	0,331831	0,381415
35	39	62	82,44275	140,7	25,98187	0,300533	0,34544
35	40	62,9	80,72519	145,3	21,34945	0,259785	0,298604
36	30	56,3	93,32061	120,3	46,52568	3,803996	4,37241
36	31	56,9	92,17557	114,7	52,16516	2,940946	3,380398
36	32	57,5	91,03053	77,1	90,03021	2,123195	2,440454
36	33	58,2	89,69466	78,8	88,31823	1,347564	1,548924
36	34	58,9	88,35878	80,9	86,20342	0,611274	0,702614
36	35	59,6	87,0229	83,3	83,78651	0,336377	0,38664
36	36	60,3	85,68702	86,3	80,76536	0,338922	0,389565
36	37	61	84,35115	90,6	76,43505	0,334426	0,384398
36	38	61,8	82,82443	98,7	68,27795	0,320892	0,368842
36	39	62,6	81,29771	136,1	30,6143	0,297658	0,342136
36	40	63,5	79,58015	143,3	23,36354	0,264946	0,304536
37	30	56,9	92,17557	124,6	42,19537	4,23668	4,869747
37	31	57,6	90,83969	120,2	46,62638	3,369229	3,872677
37	32	58,2	89,69466	113	53,87714	2,547331	2,927967
37	33	58,9	88,35878	79,3	87,8147	1,767775	2,031925
37	34	59,6	87,0229	81,1	86,00201	1,027812	1,181393
37	35	60,2	85,87786	83,3	83,78651	0,325179	0,373769
37	36	61	84,35115	86	81,06747	0,311411	0,357943
37	37	61,7	83,01527	89,4	77,6435	0,312427	0,359111
37	38	62,5	81,48855	94,5	72,50755	0,305773	0,351463
37	39	63,3	79,96183	107,8	59,1138	0,290069	0,333413
37	40	64,1	78,43511	139,3	27,39174	0,265055	0,304661
38	30	57,7	90,64885	128,5	38,26788	4,570406	5,25334
38	31	58,1	89,8855	125,2	41,59114	3,868786	4,446881
38	32	58,7	88,74046	120	46,82779	3,040099	3,494366
38	33	59,4	87,40458	109,7	57,2004	2,253972	2,590772
38	34	60,1	86,0687	81,2	85,90131	1,507571	1,732841
38	35	60,7	84,92366	83,2	83,88721	0,79857	0,917897
38	36	61,4	83,58779	85,5	81,571	0,28393	0,326357
38	37	62,2	82,06107	88,4	78,65055	0,288524	0,331637

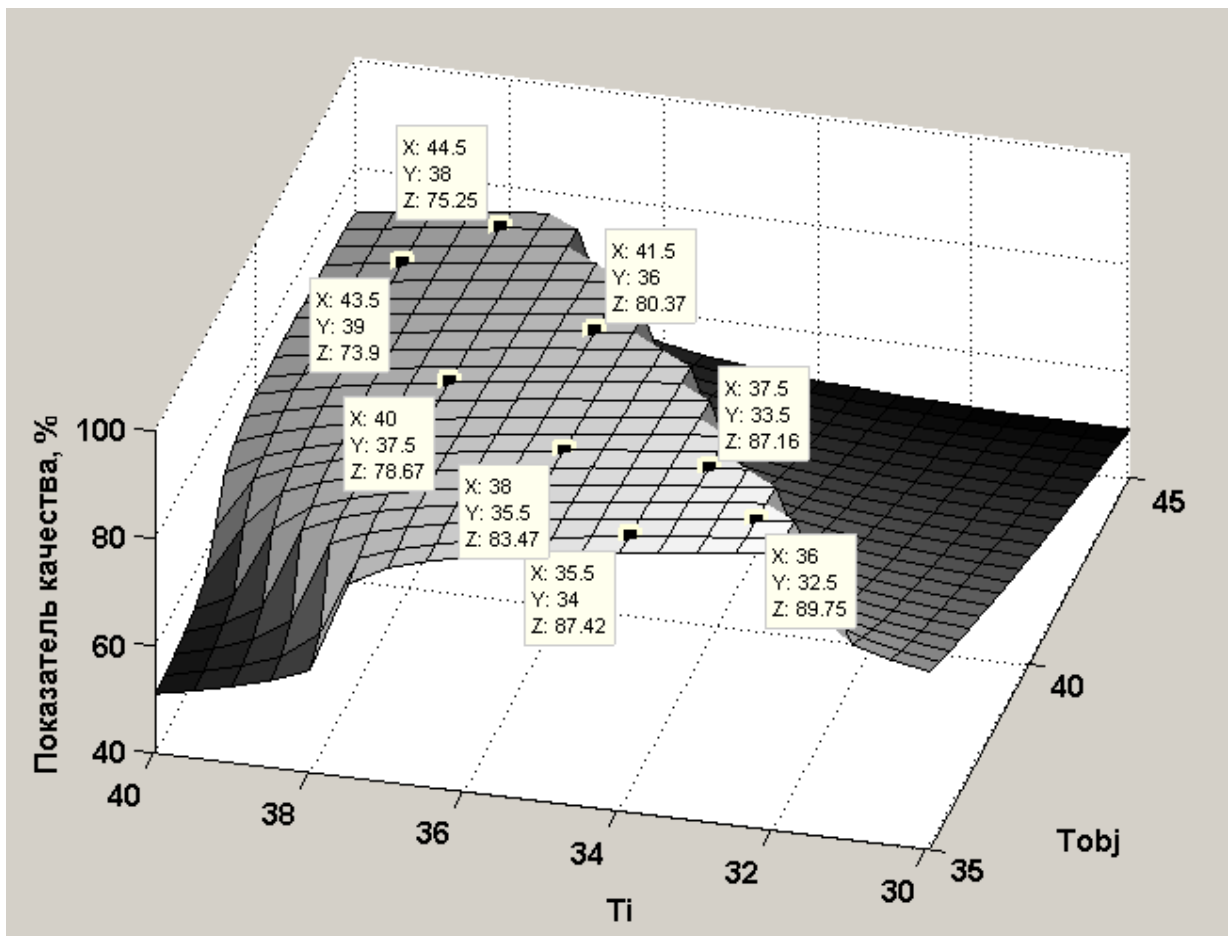


Рисунок 3.11 – Результати дослідження залежного впливу часу інтегрування та постійної часу об'єкта керування

Показник якості є комплексним та відповідає часу наростання та часу встановлення, один до одного.

За результатами дослідження можна помітити, що при збільшенні постійної часу об'єкта керування збільшення часу інтегрування буде підтримувати систему в межах необхідних показників якості..

Знайдемо залежності між значеннями параметрів регулятора, та якістю роботи системи за критеріями. Для цього, змінимо значення T_d та T_{obj} для кожного параметра, та визначимо діапазон на якому побудуємо залежності (табл. 3.7, рис. 3.12).

Таблиця 3.7 – Дані для побудови залежності критеріїв від зміни Td відносно Tobj та Tobj відносно Td

Критерії якості		Час наростання		Час встановлення		Перерегулювання	
Tobj	Td	C	%	с	%	°C	%
35	1	54,7	96,37405	178,8	0	3,715293	4,270452
35	2	55,3	95,22901	171,8	0	2,927757	3,365238
35	3	55,8	94,27481	159,3	7,250755	2,265864	2,604442
35	4	56,7	92,55725	76,5	90,63444	1,366863	1,571107
35	5	57,6	90,83969	78,9	88,21752	0,615942	0,707979
35	6	58,8	88,54962	82,4	84,69285	0,377134	0,433487
35	7	59,9	86,45038	86,5	80,56395	0,48433	0,556701
35	8	60,9	84,54198	91,5	75,5287	0,686397	0,788962
35	9	62,3	81,87023	98,8	68,17724	0,955294	1,098039
35	10	63,6	79,38931	104,9	62,03424	1,2384	1,423449
36	1	55,6	94,65649	181,7	0	3,887762	4,468692
36	2	55,9	94,08397	175,2	0	3,398317	3,906111
36	3	56,6	92,74809	159,4	7,15005	2,5608	2,943448
36	4	57,3	91,41221	76,7	90,43303	1,856608	2,134033
36	5	58,3	89,50382	79,2	87,91541	1,033757	1,188226
36	6	59,2	87,78626	82	85,09567	0,373281	0,429059
36	7	60,3	85,68702	85,4	81,6717	0,427481	0,491358
36	8	61,5	83,39695	89,9	77,13998	0,639416	0,734961
36	9	62,8	80,91603	95,7	71,29909	0,931527	1,070721
36	10	64,1	78,43511	101,3	65,65962	1,237428	1,422332
37	1	56,3	93,32061	185	0	4,243929	4,87808
37	2	56,8	92,36641	177,9	0	3,57773	4,112334
37	3	57,3	91,41221	111,7	55,1863	2,940549	3,379941
37	4	58	90,07634	104,6	62,33635	2,24897	2,585023
37	5	59	88,16794	79,6	87,51259	1,44186	1,657311
37	6	59,9	86,45038	82,1	84,99496	0,794397	0,9131
37	7	61	84,35115	85,2	81,87311	0,369437	0,424641
37	8	62,1	82,25191	89,1	77,94562	0,589007	0,677019
37	9	63,2	80,15267	93,2	73,81672	0,902518	1,037377
37	10	64,4	77,8626	98	68,98288	1,234621	1,419104
38	1	57,1	91,79389	188,1	0	4,498861	5,171105
38	2	57,5	91,03053	181,3	0	3,937324	4,52566
38	3	57,8	90,45802	116,8	50,05035	3,400494	3,908614
38	4	58,6	88,9313	112,5	54,38066	2,632427	3,025778
38	5	59,5	87,21374	79,8	87,31118	1,918178	2,204802
38	6	60,6	85,1145	82,4	84,69285	1,205557	1,385697
38	7	61,6	83,20611	85,2	81,87311	0,67957	0,781115
38	8	62,5	81,48855	88,1	78,95267	0,529489	0,608608
38	9	63,8	79,00763	92,2	74,82377	0,891262	1,024439
38	10	65	76,71756	96,3	70,69486	1,249992	1,436772
39	1	57,9	90,26718	191,1	0	4,657386	5,353317

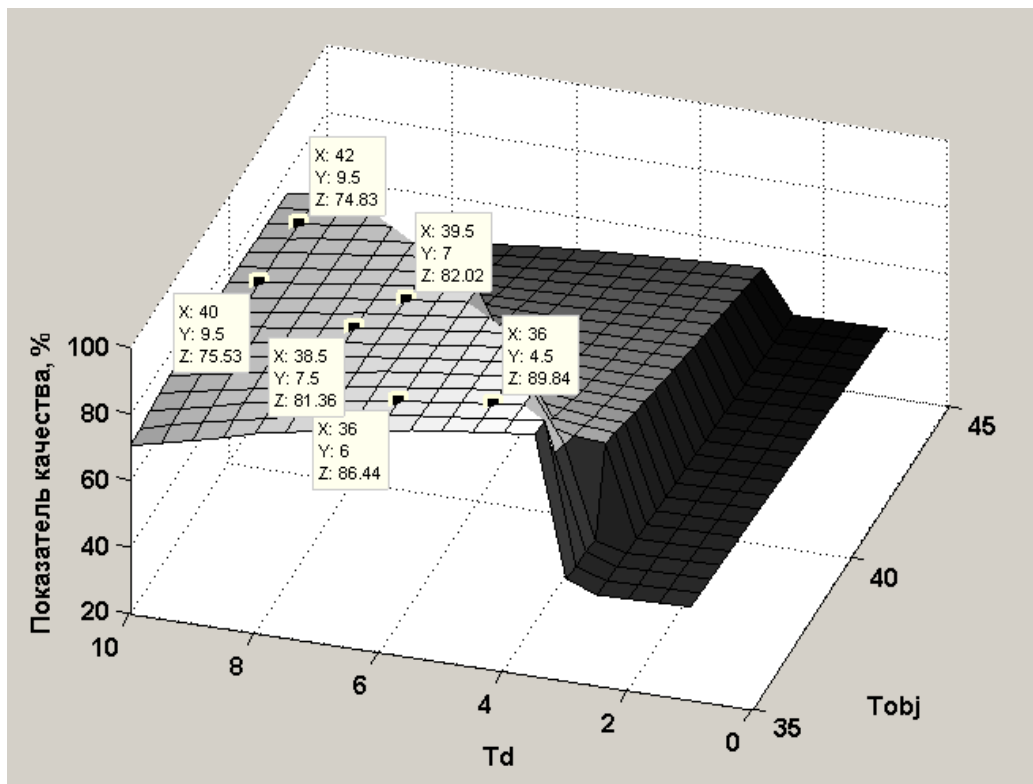


Рисунок 3.12 – Результати дослідження залежного впливу часу диференціювання та постійної часу об'єкту керування

Показник якості є комплексним та відповідає часу наростання та часу встановлення, один до одного.

За результатами дослідження можна помітити, що при збільшенні постійної часу об'єкту керування збільшення часу інтегрування не буде підтримувати систему в межах необхідних показників якості.

На підставі отриманих даних було встановлено, що для підтримки якості функціонування системи керування на допустимому рівні необхідно при зміні постійної часу об'єкту змінювати час інтегрування відповідно до лінійного закону наведеного на рис. 3.13.

Дослідження на робастність шляхом зміни коефіцієнту підсилення об'єкту керування, яка також пов'язана з втратою під час функціонування об'єкту його ізоляцією термічного опору показало, що для підтримки якості функціонування системи керування на допустимому рівні необхідно при його зміні змінювати час диференціювання відповідно до лінійного закону наведеного на рис. 3.14.

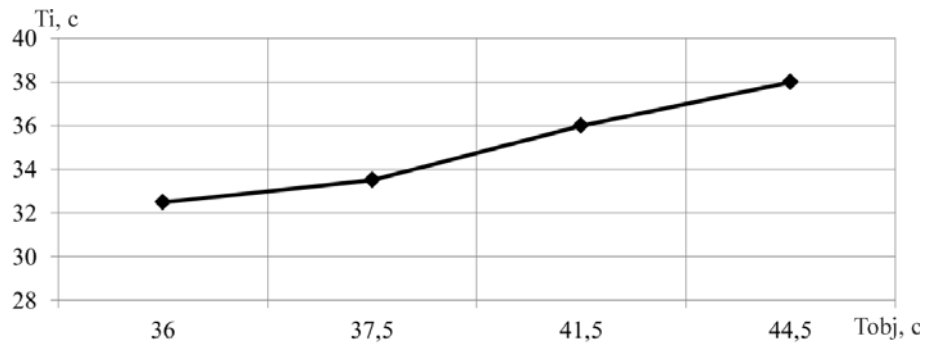


Рисунок 3.13 – Залежність часу інтегрування від зміни постійної часу об'єкта керування

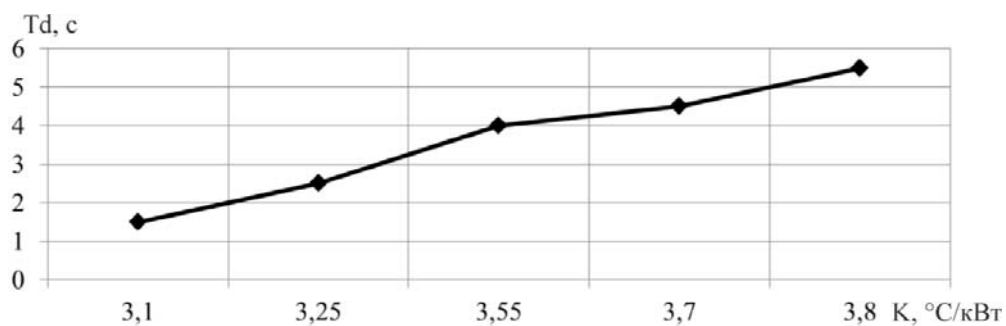


Рисунок 3.14 – Залежність часу диференціювання від зміни коефіцієнта підсилення об'єкта керування

3.2 Висновки по розділу

Таким чином в розділі синтезовано системи керування на базі ПІД регулятора ідеальної форми, з реальною диференційною ланкою та обмеженням перенасичення інтегральної складової за методом заціпки. Виконано налаштування регулятора, та дослідження впливу його параметрів на показники якості функціонування системи керування.

За результатами дослідження встановлено, що підвищення часу інтегрування пропорційно збільшенню постійної часу об'єкту керування та зменшення часу диференціювання пропорційно до зменшення коефіцієнта підсилення об'єкта керування забезпечує підвищення швидкодії системи керування на етапі функціонування об'єкта між капітальними ремонтами, що призводить до збільшення виходу готової продукції.

4 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИЙ РОЗДІЛ

4.1 Цифрова модель об'єкта керування

В результаті синтезу системи керування було отримано безперервну модель системи керування, що відповідає сформульованим критеріям якості.

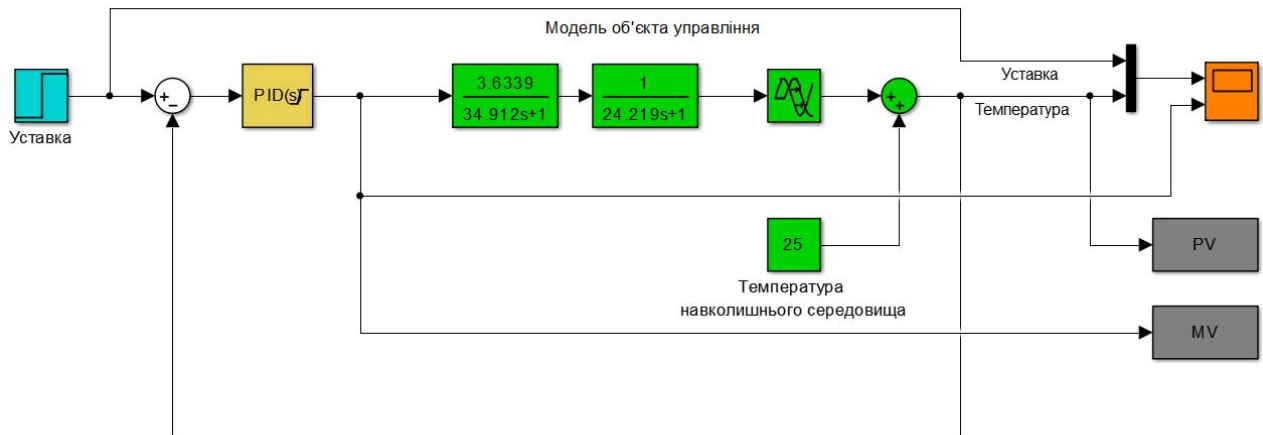


Рисунок 4.1– Безперервна модель системи керування

Проведемо заміну безперервних елементів модулі системи керування цифровими:

Для об'єкта:

```
>> tfzFOTF(3.6339, 34.912, 0.1);
```

```
b0 = 0.01039384909055, a0 = -0.99713975368322
```

```
>> tfzFOTF(1, 24.219, 0.1);
```

```
b0 = 0.00412047707865, a0 = -0.99587952292135
```

Для регулятора:

Виконаємо заміну необхідних блоків, з безперервних на цифрові, та розрахуємо параметри для диференційної ланки регулятора.

```
>> b,a] = tfzRD(5.6, 1/0.06, 0.1);
```

```
b1 = 0.33600000000000, b0 = -0.33600000000000, a0 = - 0.99401796405394
```

В результаті заміни безперервних елементів моделі на цифрові, було

отримано:

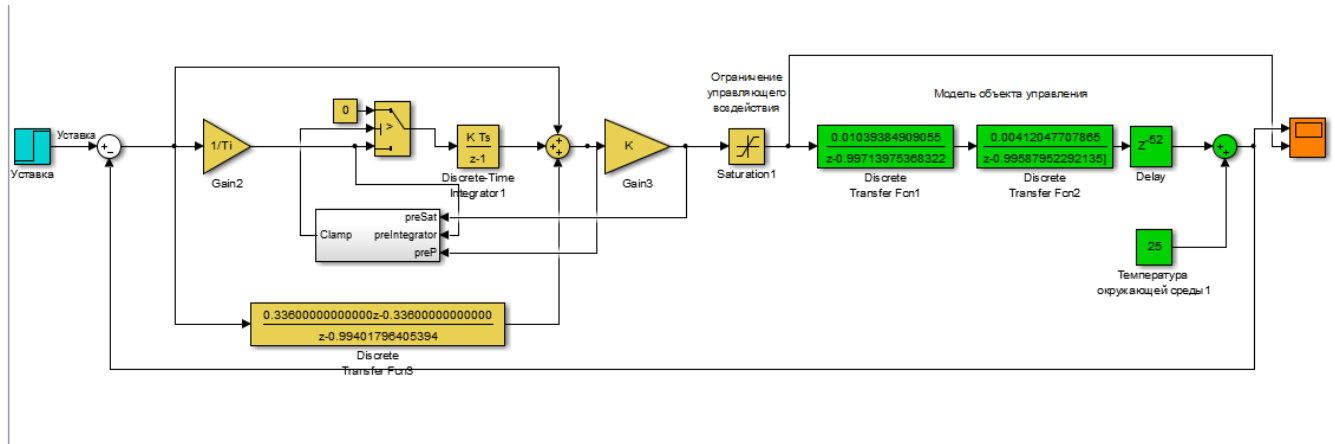


Рисунок 4.3– Цифрова модель системи керування

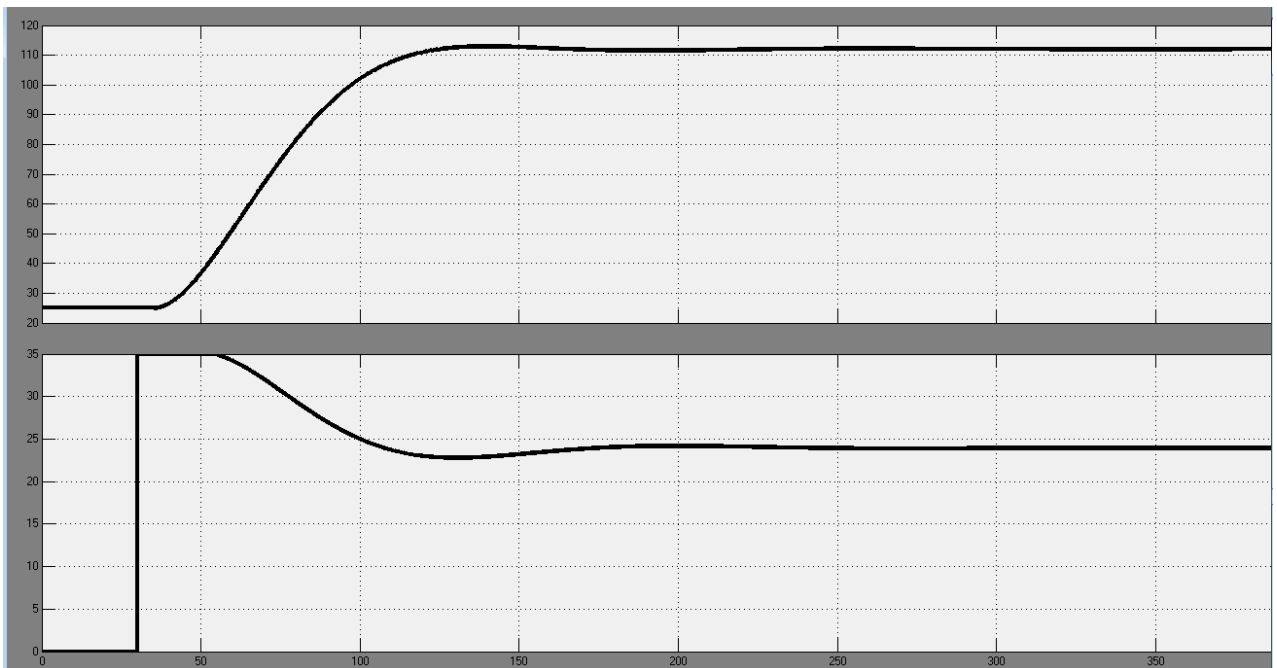


Рисунок 4.4– Результати моделювання

За нормованим середньо-квадратичним відхиленням оцінимо відповідність цифрової моделі системи керування безперервній моделі.

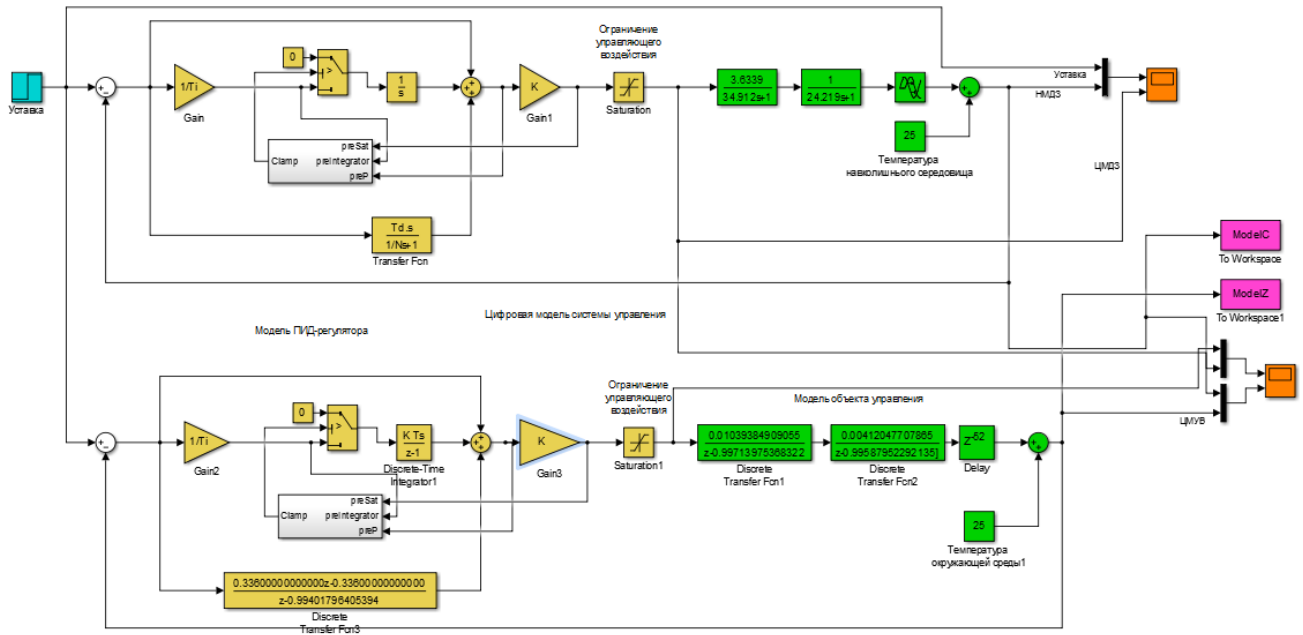


Рисунок 4.5– Перевірка відповідності

```
>> goodnessOfFit(Model_Z, Model_C, 'NRMSE')*100 ans = 99.740352
```

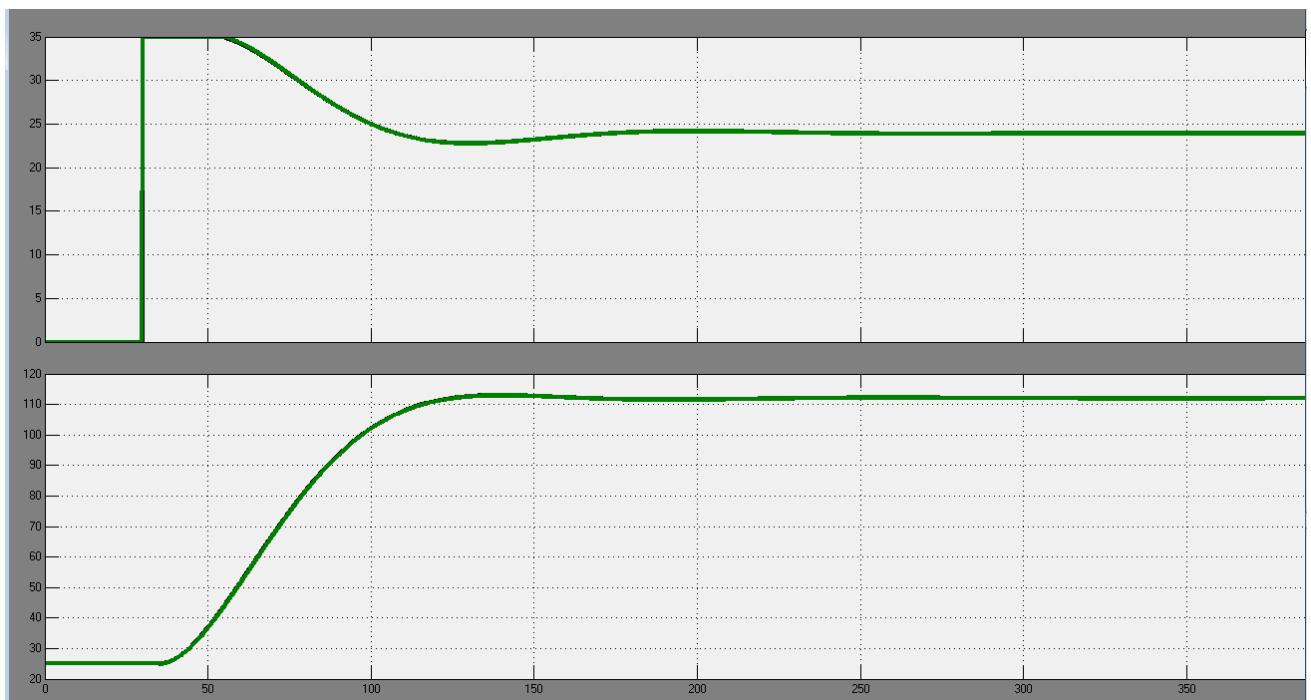


Рисунок 4.6– Результати моделювання

Як видно за результатами перевірки, цифрова система майже відповідає моделі безперервній.

Далі, виконаємо поділ системи керування шляхом створення блоків підсистем. Для полегшення експорту моделей з математичного пакету MATLAB

до середи розробки zenon Logic перейменуємо вхідні\вихідні порти підсистем, згідно з правил.

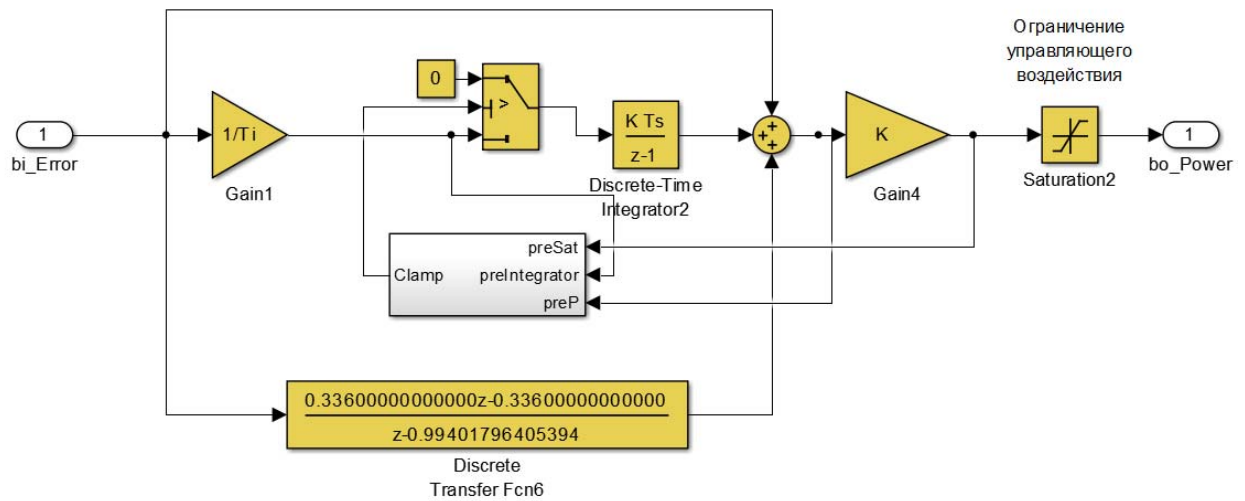


Рисунок 4.7– Підсистема регулятора

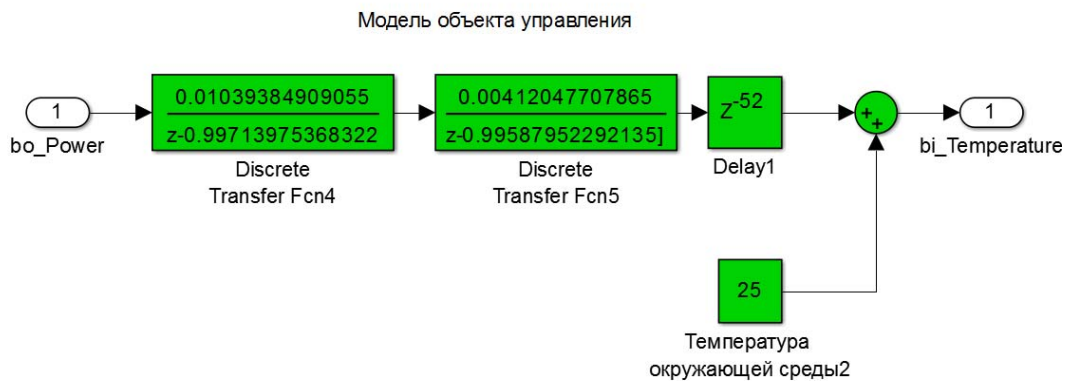


Рисунок 4.8– Підсистема об'єкта

Далі було згенеровано програмні модулі, що наведені у додатку А.

4.2 Розробка програмного забезпечення системи керування

Програмне забезпечення системи керування поділено на два окремих програмних блоки: регулятор та об'єкт керування.

Програмне забезпечення регулятора розроблено під програмований логічний контролер zenon Logic, який входить до складу SCADA системи zenon. Програмне забезпечення об'єкту керування розроблено як ПЗ перевірки

функціонування системи керування для драйверу пристрою керування.

Для розробки ПЗ об'єкта керування було створено драйвер пристрою керування з налаштуванням, що показано на рис. 4.9.

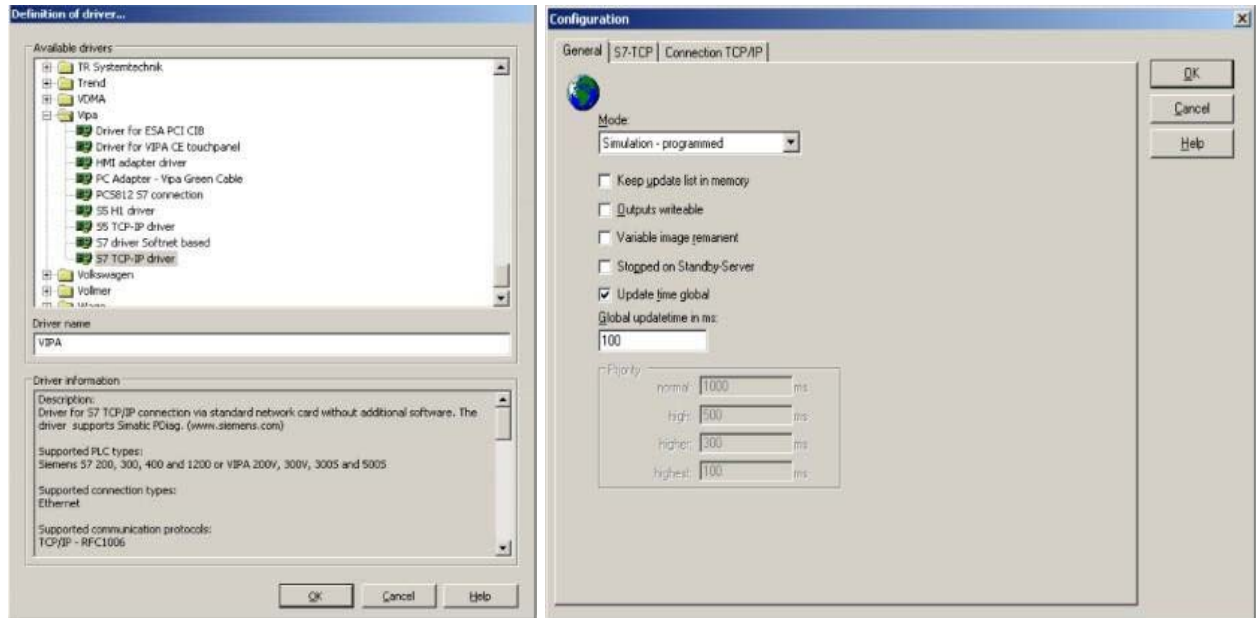


Рисунок 4.9– Вибір драйверу пристрою керування та його налаштування


Для драйвера пристрою керування було створено наступні змінні, що забезпечують доступ до входів та виходів об'єкта керування (рис. 4.10).

Name	Id	Measurin...	Net address	Data ...	Offset	Bit num...	Alignm...	Symbol	Driver	Data type	Decimals	Start offset
Power		kByr	0	0	0	0	0		S7TCP32 - S7 TCP-IP	UINT	0	0
Temperature		°C	0	0	0	0	0		S7TCP32 - S7 TCP-IP	UINT	0	0

Рисунок 4.10– Змінні драйверу пристрою керування

У середі розробки zenon Logic Workbench для драйверу пристрою керування на базі раніше отриманого програмного модуля було реалізовано модель об'єкту керування. На основі отриманого користувацького функціонального блоку і було розроблено програмне забезпечення об'єкту керування.

Для реалізації програмного забезпечення регулятора спочатку було створено проект регулятора (рис. 4.11).



State	Project name	Target host	Targ...	Start type	Start place	Host	Startup
Filter text	Filter text	Filter text	Filt...	Filter text	Filter text	Filter text	Filter text
	Controller	localhost	1200	start/stop automatically	all computers	localhost	Cold start

Рисунок 4.11– Проект регулятора

Також були створені змінні регулятора, що відповідають значенню уставки, дійсному значенню та керуючому впливу (додаток Б2).

В процесі розробки програмного забезпечення регулятора також було виконано нормалізацію значень уставки, температури та потужності і розрахунок значення помилки керування.

Зв'язок між програмним забезпеченням регулятора та об'єкта керування було реалізовано через механізм розподілу «Allocations» (рис. 4.12).



Name	Source variable	Target variable	Trigger variable	Trigger type
Filter text	Filter text	Filter text	Filter text	Filter text
Allocation I	Temperature	Controller/Global/Control_Temperature	< no variable linked >	Edge
Allocation 0	Controller/Global/Control_Power	Power	< no variable linked >	Edge

Рисунок 4.11– Механізм розподілу «Allocations»

Таким чином було створено два розподілу. Перше, копіює значення температури з об'єкта керування до регулятора, друге – значення потужності з регулятора до об'єкта керування. Більш докладно список програм, змінних, драйверів для програмного забезпечення регулятора наведено у додатку Б2.

4.3 Розробка програмного забезпечення людино-машинного інтерфейсу

Створення програмного забезпечення людино-машинного інтерфейсу є невід'ємною частиною розробки системи керування.

Для забезпечення повної функціональності комп'ютеризованої системи керування, необхідно розробити людино-машинний інтерфейс (НМІ), що буде забезпечувати:

- можливість спостерігати за протіканням перехідного процесу;
- можливість спостерігати за зміною параметрів об'єкта;
- можливість слідкувати за станом протікання технологічного процесу

та в разі виникнення непередбачуваних подій вчасно вирішити проблему.

Таким чином, можна сформулювати основні вимоги до НМІ:

- мінімальне розширення екрану 1 024 x 920 px;
- кількість зображень: 5 – зображення з кнопками, що дозволять без проблем переходити між іншими зображеннями, технологічна схема, графік перехідного процесу, список подій, список тривоги.

На рис. 4.12 показано зображення кнопок що було реалізовано для НМІ. Кожна з них має свою функцію.

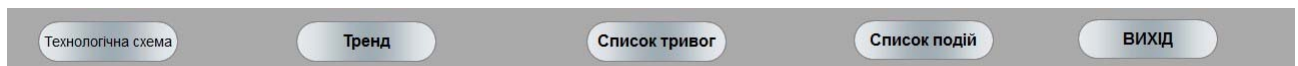


Рисунок 4.12 – Зображення кнопок

«Технологічна схема»: при натискання цієї кнопки відбувається перехід на наступне зображення (рис. 4.13), де можна спостерігати технологічну схему системи, розташування датчиків, та основну інформацію про об'єкт.

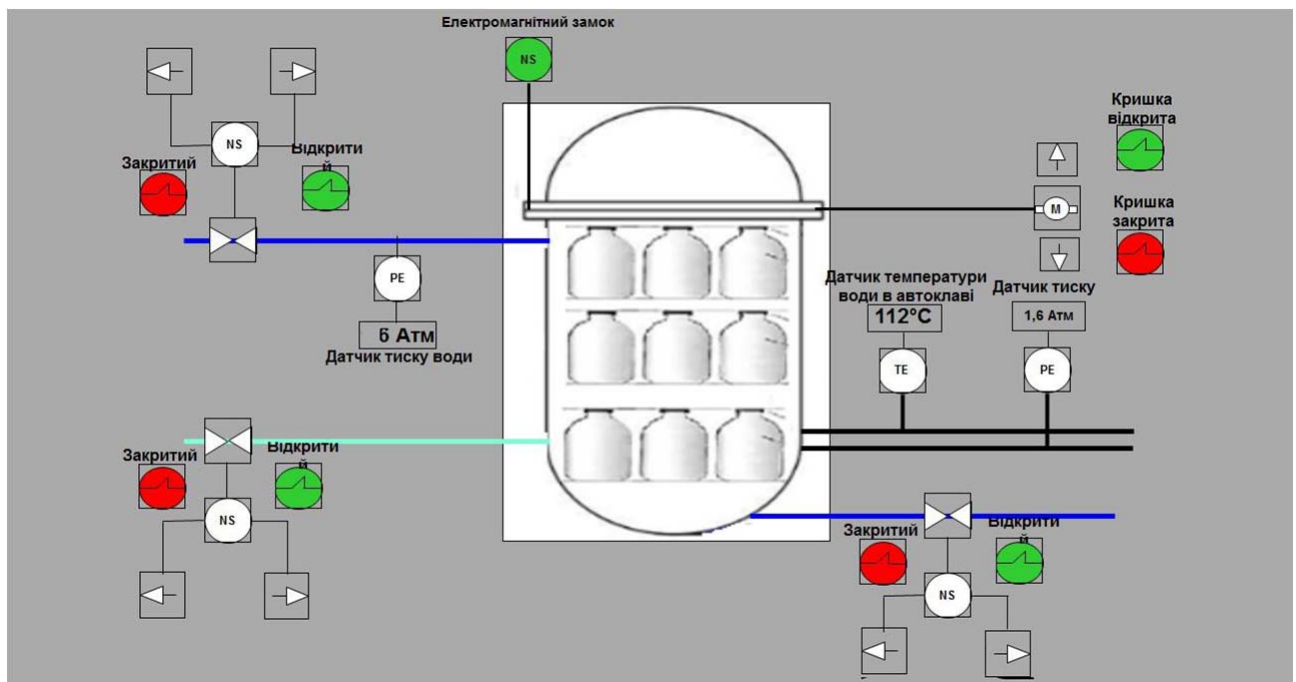


Рисунок 4.13 – Зображення технологічної схеми

Реалізація роботи цієї кнопки була виконана за допомогою функції switch screen, що дозволяє перейти на наступне зображення. Наступні кнопки: «Тренд»,

«Список тревог», «Список событий», було реалізовано аналогічно та дозволяють перейти на зображення – рис. 4.14, рис. 4.15, рис. 4.16 відповідно. Кнопка «Вихід», реалізовано за допомогою функцій «exit runtime».

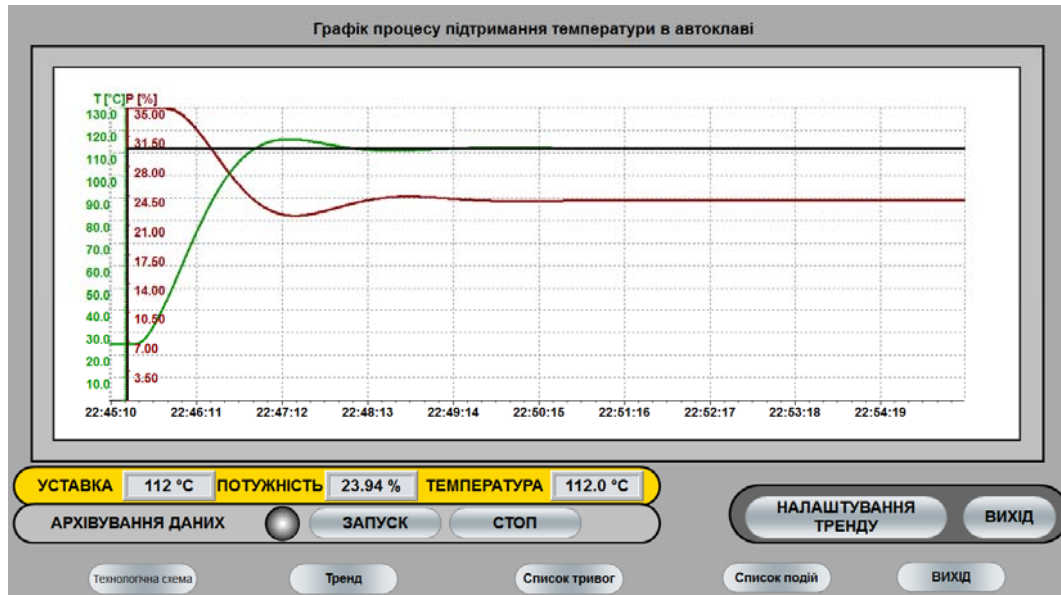


Рисунок 4.14 – Зображення графіку перехідного процесу

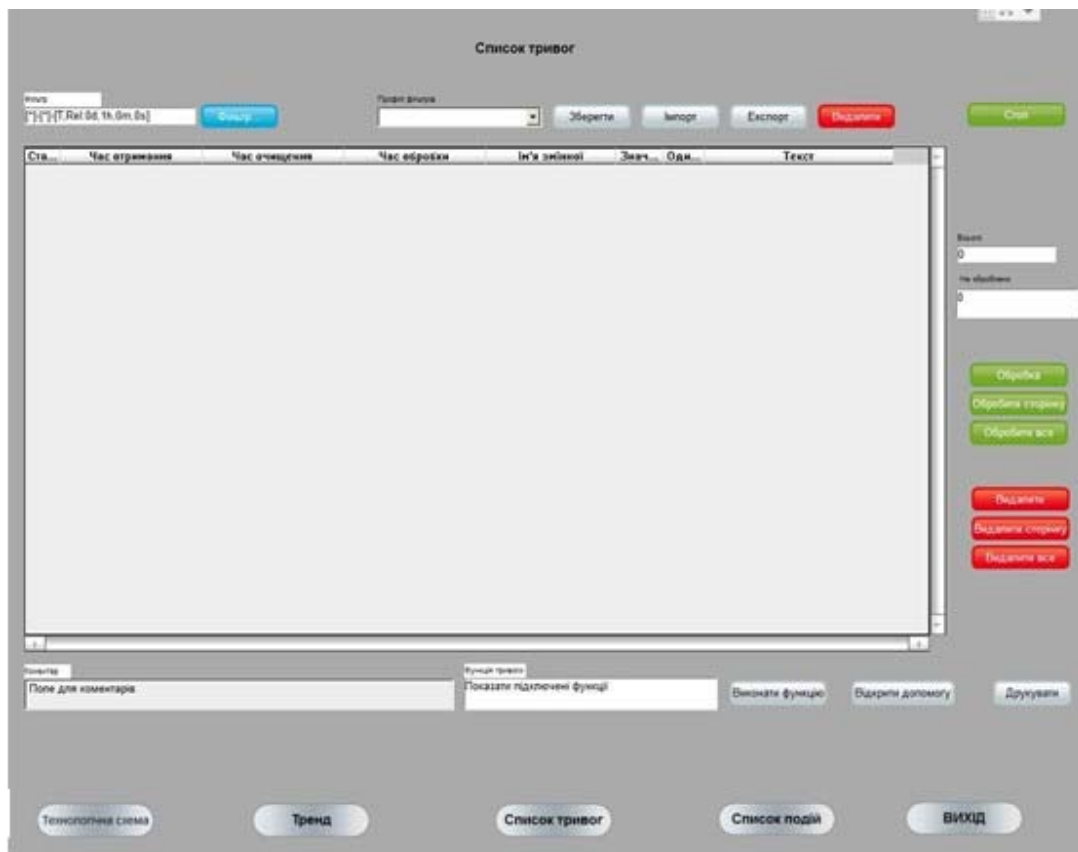


Рисунок 4.15 – Зображення списку тривоги

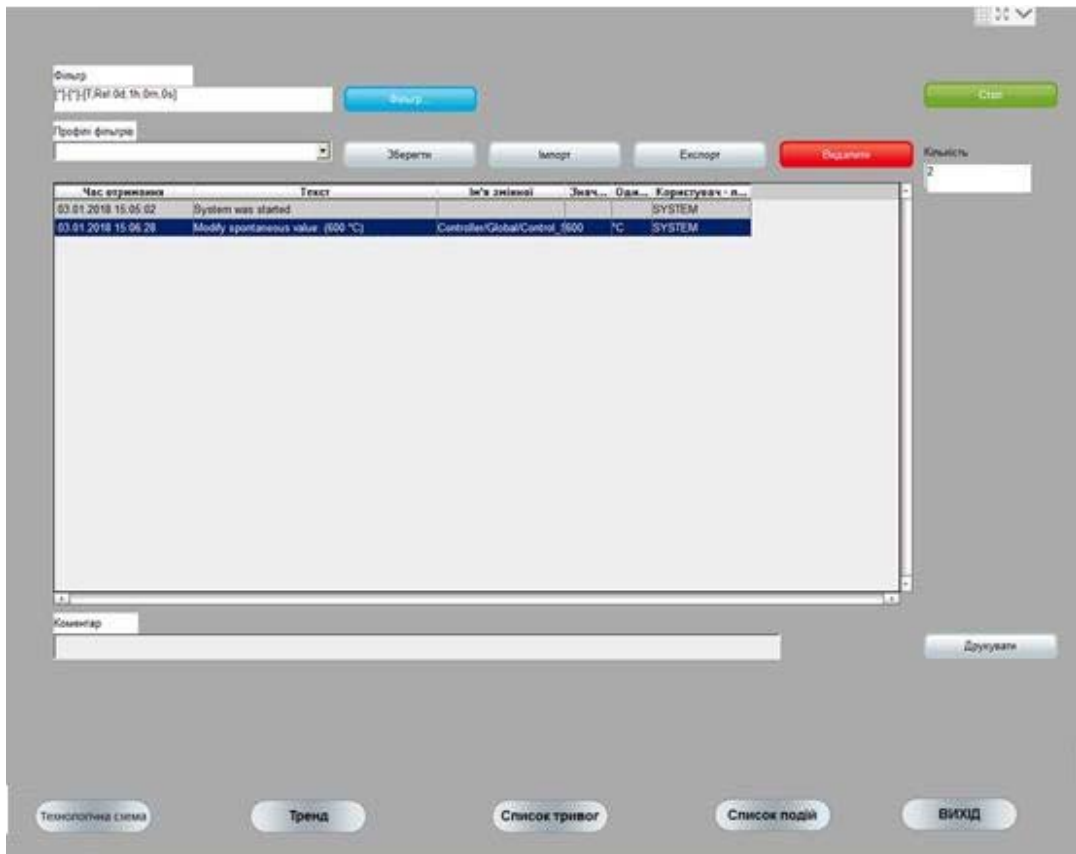


Рисунок 4.16 – Зображення списку подій

Усі зображення розташовано згідно шаблону, рис. 4.17.



Рисунок 4.17 – Шаблон

Основні зображення розташовано в основному фреймі, зображення з кнопками окремим фреймом, проте є статичним та відображається постійно. Для розробки таких зображень, як «Список подій» та «Список тривоги» були використані шаблони SCADA системи zenon.

Розроблене програмне забезпечення наводиться в додатку В.

4.4 Перевірка функціонування програмного забезпечення

Перевірка функціонування програмного забезпечення відбувалася шляхом подачі уставки температури 112°C на вхід об'єкта, з рис. 4.18 видно, що об'єкт та регулятор адекватно працюють, перерегулювання практично відсутнє.

Усі кнопки виконують свої функції, на технологічній схемі коректна відображаються усі необхідні дані про стан та роботу системи керування. До списку подій вносяться дані про зміну уставки. Так як система працює згідно з вимог, список тривоги порожній.

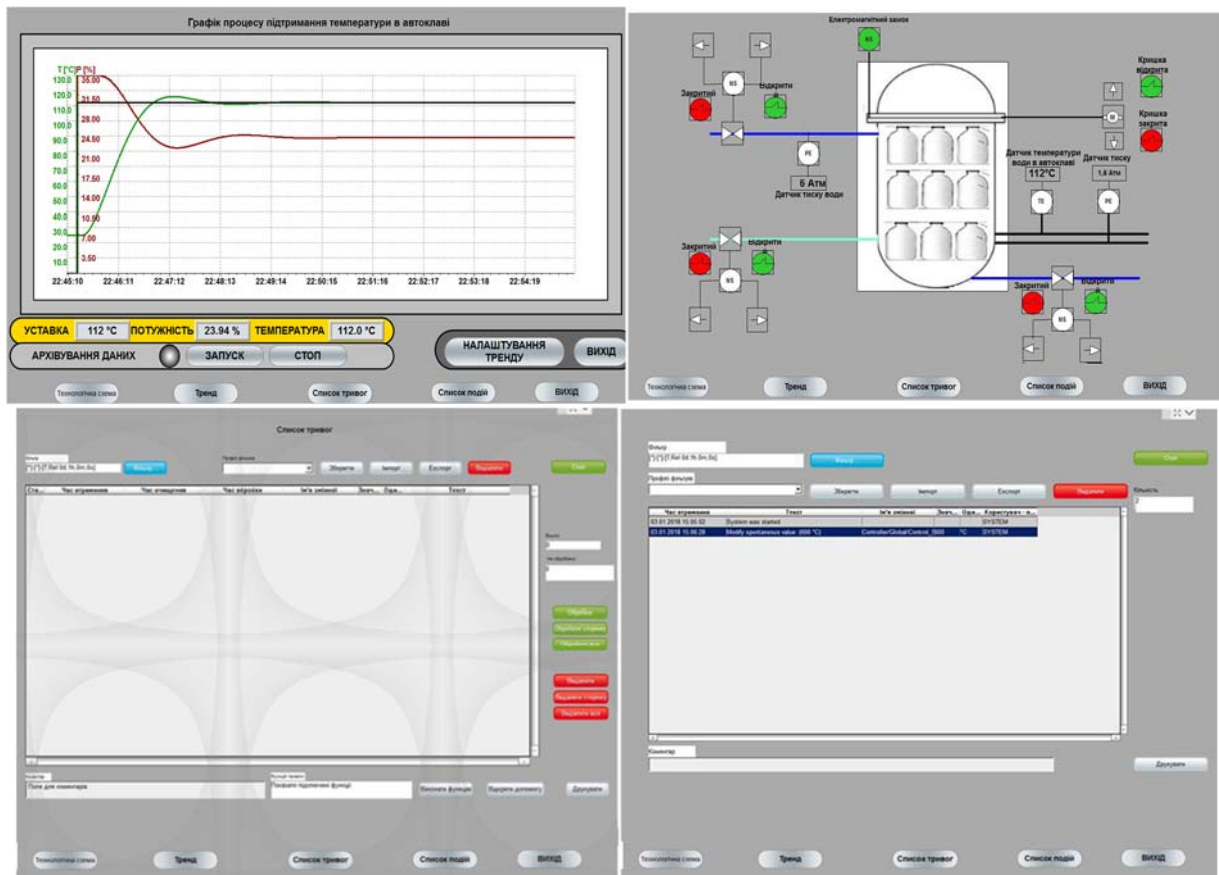


Рисунок 4.17 – Перевірка функціонування

В результаті проведеної перевірки, можна зробити висновок, що програмне забезпечення НМІ функціонує згідно з вимог, та може бути використане на виробництві.

4.5 Висновки до розділу

У результаті проведеної роботи було розроблено програмне забезпечення об'єкта керування, регулятора, та програмне забезпечення людино-машинного інтерфейсу. Проведено перевірку функціональності роботи системи керування та НМІ.

5 ЕКОНОМІКА

5.1 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 НМІ;
- постійний контроль за протіканням технологічного процесу;
- енерго- та ресурсозбереження;
- збільшує продуктивність виробництва, та скорочує час підготовки обладнання до процесу виробництва (а саме налаштування датчиків для прийому даних про температуру та тиск).

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

5.2 Розрахунок капітальних витрат пов'язаних з впровадженням системи керування

Розрахуємо капітальні витрати, що пов'язані з виготовленням та впровадженням комп'ютеризованої системи керування підтримання температури в головній колоні при видобутку бензолу з вугілля. Визначення проектних капітальних витрат проводиться за такою формулою:

$$K_{\text{пр}} = C_{\text{об}} + D_{\text{тр}} + M_{\text{мн}} \quad (5.1)$$

де $C_{\text{об}}$ – витрати на комплектуючі вироби;

$D_{\text{тр}}$ – витрати на транспортно-заготівельні витрати;

$M_{\text{мн}}$ – витрати на монтаж і налагодження системи.

Вартість комплектуючих деталей наведена в табл. 5.1.

Таблиця 5.1 – Вартість комплектуючих системи

№ п/п	Найменування виробів згідно проектних розробок	Одиниці виміру	Кількість	Оптова ціна за од., грн.	Сума, грн.
1.	ПЛК VIPA System 200V	од.	1	14755	13400
2.	Датчик температури ТЕСРА ТЖК- У-1-5-Ж-1-И	од.	1	410	285
3.	Перетворювач тиску ПД-І-24	од.	1	2500	300
4.	Джерело живлення Carlo Gavazzi SPD24301	од.	2	1585	3170
5.	Датчик ПД100-ДГ	од.	1	5900	420
6.	Клапан D211	од.	3	1265	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.

$$D_{\text{тр}} = C_{\text{об}} \times 0,08 \quad (5.2)$$

де $C_{\text{об}}$ – вартість комплектуючих, грн.

Таким чином витрати на транспортно-заготівельні і складські роботи складають

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

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

$$M_{\text{МН}} = C_{\text{об}} \times 0,07 \quad (5.3)$$

Витрати на монтажні-налагоджувальні роботи складуть

$$M_{\text{МН}} = 21370 \times 0,07 = 1495,9 \text{ грн.}$$

5.3 Розрахунок капітальних витрат на програмне забезпечення

5.3.1 Розрахунок часу на розробку програмного забезпечення

Трудомісткість розробки програмного забезпечення розраховується за формулою:

$$t = t_o + t_u + t_a + t_n + t_{\text{от}} + t_g \quad (5.4)$$

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:

$$Q = q \times c(1 + p), \quad (5.5)$$

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

Коефіцієнт корегування програми «р» 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:

$$t_u = \frac{Q \cdot B}{(75 \dots 85) \cdot k}, \text{ люд.-годин} \quad (5.6)$$

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:

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

Витрати на розробку алгоритму рішення завдання визначаються за формулою:

$$t_a = \frac{Q}{(20...25) \cdot k}, \text{ люд.-годин} \quad (5.7)$$

Для розроблювального програмного забезпечення:

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

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

$$t_n = \frac{Q}{(20...25) \cdot k}, \text{ люд.-годин} \quad (5.8)$$

Для розроблювального програмного продукту:

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

Витрати праці на налагодження програми на ЕОМ розраховуються за формулою:

$$t_{\text{нал}} = \frac{Q}{(4...5) \cdot k}, \text{ ЛЮД.-ГОДИН} \quad (5.9)$$

Для конкретного програмного продукту:

Витрати праці на підготовку документації по завданню визначаються за формулою:

$$t_d = t_{\text{др}} + t_{\text{до}}, \text{ люд.-год}, \quad (5.10)$$

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

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

$$t_{\text{др}} = Q / (15...20) \cdot k, \quad (5.11)$$

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

$$t_{\text{до}} = 0,75 * 2,88 = 2 \text{ люд.-год.}$$

Для програмного забезпечення, що розроблено в кваліфікаційній роботі:

$$t_d = 3 + 2 = 5 \text{ люд.-год.}$$

Трудомісткість розробки програмного забезпечення становитиме:

$$t = 30 + 1 + 3 + 3 + 10 + 5 = 57 \text{ людино-годин.}$$

5.3.2 Розрахунок витрат на розробку програмного продукту

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

$$K_{пз} = Z_{зп} + Z_{мі}, \text{ грн.} \quad (5.13)$$

Заробітна плата розробника програмного забезпечення:

$$Z_{зп} = t \cdot C_{пр}, \text{ грн.} \quad (5.14)$$

де t – загальна тривалість обробки програмного забезпечення;

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

$$C_{пр} = 85 \text{ грн./час.}$$

Заробітна плата за розробку програмного забезпечення дорівнює:

$$Z_{зп} = 57 * 85 = 4845 \text{ грн.}$$

Вартість машинного часу, необхідного для налаштування програми на ЕОМ:

$$Z_{мв} = t_{нал} \cdot C_{мч}, \text{ грн.} \quad (5.15)$$

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

$C_{мч}$ – вартість машино-години ЕОМ, грн. / год. $C_{мч} = 9 \text{ грн. / год.}$

$$Z_{мв} = 10 * 9 = 90 \text{ грн.}$$

Витрати на розробку програмного забезпечення системи керування становитимуть:

$$K_{пз} = 4845 + 90 = 4935 \text{ грн.}$$

Очікувана тривалість розробки програмного забезпечення:

$$T = \frac{t}{B_k \cdot F_p}, \text{ міс.} \quad (5.16)$$

де B_k – кількість розробників, так як програма в кваліфікаційній роботі

розроблялася однією людиною, то $V_k = 1$;

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

Визначимо тривалість розробки ПЗ:

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

Розрахувавши всі показники, використовуємо формулу 5.1 і розраховуємо капітальні витрати:

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

Вартість системи керування що знаходиться в експлуатації становить 23005,5 грн.

Використовувана система в розрахунках прийнята за базовий варіант.

$$\Delta K = K_{\text{пр}} - K_{\text{баз}} = 29510,5 - 23005,5 = 6505 \text{ грн.}$$

5.4 Розрахунок експлуатаційних витрат

Річні експлуатаційні витрати розраховуються за формулою:

$$C_e = C_a + C_z + C_{\text{ВКП}} + C_{\text{р.о.}} + C_{\text{еє}} + C_{\text{інш}}, \quad (5.17)$$

де C_e – річні поточні витрати, пов'язані із застосуванням системи керування;

C_a – амортизація основних фондів;

C_z – заробітна плата обслуговуючого персоналу;

$C_{\text{інш}}$ – відрахування на соціальні заходи;

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

$C_{\text{еє}}$ – вартість електроенергії;

$C_{\text{інш}}$ – інші витрати.

Визначимо експлуатаційні витрати при впровадженні системи керування.

5.4.1 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:

$$H_a = (2 / T) * 100\% \quad (5.18)$$

де T – термін корисного використання об'єкта;

H_a – норма амортизації.

$$C_a = (ПВ * H_a) / 100\%, \quad (5.19)$$

де C_a – амортизація основних фондів (річна);

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

Отже, норма амортизації для проекрованої системи керування складе:

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

Сума амортизації для проекрованої і базової системи становитиме:

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

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

5.4.2 Розрахунок фонду заробітної плати

Номінальний річний фонд робочого часу одного працівника:

$$T_{ном.рік} = (T_k - T_{вих.св} - T_{відп}) * T_{зм}, \text{ ГОДИН} \quad (5.20)$$

де T_k – 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:

$$T_{ном.рік} = (365 - 114 - 21) * 8 = 1840 \text{ годин.}$$

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

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

Розрахунок річного фонду заробітної плати виробничих робітників здійснюється у відповідності з формою, наведеною в табл. 5.2.

Таблиця 5.2 - 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 НМІ	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

$$C_{з.пр} = C_{з.баз} = 287051,6 \text{ грн.}$$

5.4.3 Відрахування на соціальні заходи

Відрахування на соціальні заходи визначаються за формулою:

$$C_c = 0,22 * C_3 \quad (5.21)$$

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

5.4.4 Розрахунок витрат на технічне обслуговування та ремонт

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

$$C_{то.гр} = 0,05 \cdot K \quad (5.22)$$

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

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

5.4.5 Витрати на електроенергію

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

$$C_{еe} = K_e * K_{др} * ds * T \quad (5.23)$$

де K_e – кількість електроенергії, спожите проектованою системою керування за годину, 0,4 кВт * год;

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

ds – тривалість зміни, 8 годин;

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

$$C_{се.пр} = 0,4 * 251 * 8 * 2,712 = 2178,278 \text{ грн.}$$

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

$$C_{се.баз} = 0,5 * 251 * 8 * 1,96 = 1967,84 \text{ грн.}$$

5.4.6 Інші витрати

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

$$C_{інш} = C_z * 0,04 \text{ грн.} \quad (5.24)$$

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

За формулою 5.17 розраховуємо річні експлуатаційні витрати для проектного та базового варіантів:

$$C_{пр} = 16\,219,83 + 254\,030,6 + 63\,151,35 + 1\,228,78 + 2\,178,278 + 11\,482,06 = 348\,290,898 \text{ грн.}$$

$$C_{баз} = 15\,183,63 + 254\,030,6 + 63\,151,35 + 1\,150,28 + 1\,967,84 + 11\,482,06 = 346\,965,76 \text{ грн.}$$

Таблиця 4.3 – Експлуатаційні витрати

Назва показника	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:

$$\Delta C = C_{пр} - C_{баз} = 348\,290,89 - 346\,965,76 = 1\,324,24 \text{ грн.}$$

5.5 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:

$$\Delta\Pi = (\text{Ц}_{\text{пр.}} - \text{S}_{\text{пр.}}) \times \text{Q}_{\text{пр.}} - (\text{Ц}_{\text{баз.}} - \text{S}_{\text{баз.}}) \times \text{Q}_{\text{баз.}}, \quad (5.25)$$

де $\text{S}_{\text{пр.}}$, $\text{S}_{\text{баз.}}$ – Собівартість обробки 1 т. продукції за проектним і базовим варіантами, грн. / од. (5000 грн.);

$\text{Ц}_{\text{пр.}}$, $\text{Ц}_{\text{баз.}}$ – Ціна за 1 т. продукції, грн. (з урахуванням торгової надбавки 20% складе 6000 грн.);

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

При 251 робочому дні обсяг виробленої продукції складе:

$$\text{Q}_{\text{баз.}} = 1 * 251 = 251 \text{ т./рік.}$$

При впровадженні системи керування:

$$\text{Q}_{\text{пр.}} = 1,07 * 1 * 251 = 268,57 \text{ т./ рік.}$$

Додатковий прибуток від впровадження системи керування

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

5.6 Оцінка економічної ефективності проекту

Визначимо показники економічної ефективності проектованої системи керування:

– річний економічний ефект:

$$E = \Delta\Pi - \Delta C - \Delta K * E_n > 0 \quad (5.26)$$

– економічна ефективність:

$$E_r = \Delta\Pi - \Delta C \quad (5.27)$$

– і термін окупності розробки:

$$T_{\text{ок}} = \Delta K / E_r \quad (5.28)$$

$$E_{\pi} = (N_{\text{кр}} - N_{\text{інф}}) / 100 \quad (5.29)$$

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

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

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

$$E_{\pi} = (18 - 1,2) / 100 = 0.168.$$

$$E = 17570 - 1324,24 - 0,168 * 6505 = 16152,92 \text{ грн.}$$

$$E_{\Gamma} = 17570 - 1324,24 = 16\,245,76 \text{ грн.}$$

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

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

$$\epsilon = E_{\Gamma} / \Delta K \quad (5.30)$$

Коефіцієнт ефективності становить:

$$\epsilon = 16\,245,76 / 6505 = 2,5$$

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. 5.3.

Таблиця 5.3 - 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

5.7 Висновки

При впровадженні проекрованої 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 проекрованої комп'ютеризованої системи економічно вигідно.

6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА З НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ

6.1 Аналіз небезпечних та шкідливих виробничих чинників проєктованого технологічного автоклава

Об'єктом дослідження є система керування автоклавом, що здійснює дистанційний контроль на різних етапах його роботи.

Автоклави встановлюють та використовують в спеціальному приміщенні - автоклавній, де має висіти на видному місці інструкції з безпечного обслуговування обладнання, встановленого в автоклавній. Апарати, де розвиваються процеси й виробництво з виділенням шкідливих речовин, мають мати кришки, які щільно закриваються, і місцевими відсмоктувачами для видалення водяної пари та газів. Гази з апаратів необхідно виносити в абсорбційну установку для очищення від загрозованих домішок. Будова автоклавів і умови їх експлуатації повинні визначатися характером процесів, що відбуваються в автоклавах. Автоклави об'ємом не більше 0,2 л при робочому тиску не більше 1×10^{-7} Па (100 кгс/см^2) без застосування шкідливих речовин і автоклави об'ємом не більше 0,25 л при робочому тиску не більше 3×10^{-7} Па (300 кгс/см^2) дозволяється встановлювати в лабораторних приміщеннях (поза автоклавною) при неодмінному виконанні таких вимог: автоклав повинен бути поміщений у сталевий сейф об'ємом не менше $0,4 \text{ м}^3$ при висоті 0,8-0,9 м з товщиною стінок не менше 6 мм і обладнаний лабіринтовою пасткою; сейф повинен бути встановлений на міцну основу, щоб верх сейфа знаходився на висоті 2 м від рівня підлоги; конструкція сейфа має мати пристрій для вільного обміну в ньому повітря; пильнування за протіканням досліду і керування автоклавом проводяться поза сейфом.

Відповідно дослідного об'єкту потрібно здійснювати аналіз небезпечних шкідливих чинників для користувача автоклава. Тому що його роботі, зокрема під час завантаження і вивантаження (піднімається електротельфером), спонукають наступні чинники такі як механічні удари та ривки можуть перемістити пересувну конструкцію, а недотримання правил техніки безпеки оператором може бути отримані опіки (торкатися незахищеними руками гарячих

поверхонь обладнання і кошиків при їх вивантаженні). А також при торканні оголених або пошкоджених проводів.

При користуванні автоклавів значна небезпека полягає в операціях з кришками, що можуть закріплюватися різними методами: байонетним, напівкільцевим затвором, клиновим або бугельним захватом. У конструкціях з швидкознімними кришками не передбачені необхідні засоби для забезпечення безпеки обслуговування. Із-за цього виникають ситуації відкривання кришки при наявності тиску в автоклаві, впуск пари в автоклав при незакритій або не повністю закритій кришці. Це може спричинити відрив кришки, аварії, травми обслуговуючого персоналу. Фактори, що сприяють виникненню аварійних ситуацій при роботі з автоклавами. У більшості випадків привід аварійних ситуацій полягає в наступних технологічних і конструктивних помилках: • впуск пари в автоклав при неповному закладанні зубів кришки у відповідні пази; • несправність пристроїв блокування початку чи протікання технологічного процесу; • несправність контрольних приладів.

Види шкідливих і небезпечних чинників під час роботи приведені в табл. 6.1.

Таблиця 6.1 - Шкідливі і небезпечні чинники під час роботи на автоклаві

№	Види шкідливих і небезпечних чинників	Нормативні документи, які визначають шкідливість роботи
1	Підвищена або знижена температура поверхонь устаткування і матеріалів.	Наказ Міністерства палива та енергетики України від 14.02.2007 N 71. «Ергономічні дані для встановлення граничних значень температури гарячих поверхонь та Правил технічної експлуатації теплових установок і мереж» ДСТУ EN 563-2001 Безпечність машин. температури поверхонь, доступних для дотику.
2	Підвищена напруга струму в електричній мережі, замикання якої може відбутися через тіло людини;	НАКАЗ 04.08.2014 № 543 «Про затвердження Норм технологічного проектування енергетичних систем і електричних мереж 35 кВ і вище». НАКАЗ 21.07.2017 № 476 «Про затвердження правил улаштування електроустановок»
3	Конструкції, що руйнуються автоклави, стерилізатори, що працюють під тиском.	Наказ від 05.03.2018 N 333 Про затвердження Правил охорони праці під час експлуатації обладнання, що працює під тиском
4	Підвищена вологість повітря робочої зони.	ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень
5	Підвищений рівень шуму, вібрацій	Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації, що затверджені постановою Головного державного санітарного лікаря України від 01.12.1999 р. № 39. Наказ від 08.04.2014 N 248 Про затвердження Державних санітарних норм та правил «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу»

6.2 Інженерно-технічні заходи з норм умов праці

Нормалізація несприятливих мікрокліматичних умов здійснюється на основі комплексу заходів та способів, які включають: будівельно-планувальні, організаційно-технологічні, санітарно-технічні заходи колективного захисту. Для профілактики перегрівань та переохолоджень робітників використовуються засоби індивідуального захисту (ЗІЗ).

В залежності від призначення застосовуються наступні ЗІЗ:

- для захисту голови від теплових опромінь, іскор та бризок металу - повстяний капелюх;
- для захисту рук від опіків - рукавиці комбіновані з надолонниками з шкіри;
- для захисту ніг від теплового випромінювання, контакту з нагрітими поверхнями – взуття шкіряне спеціальне для працюючих в гарячих цехах;
- для захисту очей та обличчя - маски захисні з прозорим екраном або окуляри захисні.
- для постійної роботи в гарячих цехах - спецодяг (костюм чоловічий повстяний);
- при аварійних роботах - тепловідбиваючий комплект із металізованої тканини;

Одним з засобів нормалізації повітря у приміщенні є вентиляція. Вентиляція - створення обміну повітря в приміщенні для видалення надлишків теплоти, вологи, шкідливих та інших речовин з метою забезпечення допустимих метеорологічних, санітарно-гігієнічних, технологічних умов повітряного середовища. Задачі вентиляції - забезпечення чистоти повітря та заданих мікрокліматичних умов.

Внаслідок виробництва тепла від обладнання у виробничому приміщенні температура повітря як у зимовий, так і у літній період року виявляється вище температури зовнішнього середовища.

Середній тиск повітря у приміщенні практично дорівнює тиску зовнішнього повітря, не дивлячись на те, що рівність тисків спостерігається тільки в якійсь

визначеній горизонтальній площини, що лежить приблизно усередині висоти приміщення та називається площиною рівних тисків.

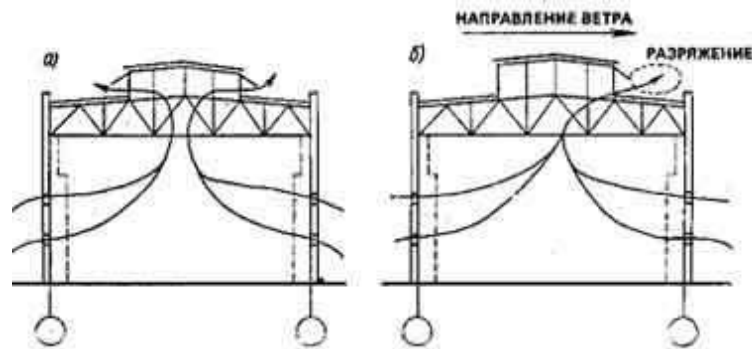


Рисунок. 6.1— схеми природної вентиляції приміщень при відсутності(а) та наявності вітру(б)

Напрямок вітру. Надмірний тиск на рівні цієї площини може бути прийнятим рівним нулю. Отже, на рівні центру нижніх прорізів створюється розрідження, завдяки якому повітря поступає у нижній проріз приміщення, а на рівні центру прорізів, розташованих вище площини рівних тисків, створюється надлишковий тиск, який викликає рух повітря з приміщення назовні. Унаслідок різниці тисків виникає повітряний обмін з припливом повітря через нижні та витяжкою через верхні прорізи. Коли будинок обдувається вітром, то на вітряній стороні формується підвищений тиск, а на завітряній - знижений. Нижня частина припливних аераційних прорізів для теплого періоду року повинна знаходитись на рівні не вище 1 м від площини підлоги, а для холодного періоду - на рівні 4 – 6 м.

Вимоги безпеки під час роботи:

- при роботі парогенератора перевірити чи не підтікає вода з-під прокладки «млинця», де кріпиться нагрівач;
- завантаження автоклава повинно проводитися не перевищуючи паспортного об'єму;
- регулярно після 4-5 циклів стерилізації при наявності тиску слід піднімати шток запобіжного клапана для попередження прикипання клапана;
- при роботі автоклава не менше 10-15 хв. перевірити наявність

перегрітого (сухого) пара (вентилі, що перекривають вихід пару, повинні закриватися за допомогою технічних важільних пристроїв, якими вони забезпечені);

- спуск пару, що знаходиться під тиском в автоклаві, повинен проводитися повільно;
- не допускати до роботи на автоклаві сторонніх осіб і осіб які не мають допуску до роботи до судин під тиском.

Далі представлені системі захисних блокування, якими мають бути обладнані автоклави:

- привід механізму повороту (відведення) кришки повинен включатися тільки при відкритому байонетному кільці;
- тільки при закритій кришці привід байнетного кільця повинен включатися;
- система електрообігріву автоклава повинна відключатися при перевищенні граничних значень температури;
- створення тиску в автоклаві неможливе при відкритих або не повністю закритих кришці, байонетному кільці і замку системи «ключ-марка» (при наявності електромеханічного замка);
- приводи повороту кришки або байонетного кільця повинні включатися на відкриття при відсутності тиску в автоклаві;
- привід механізму кришки не повинен включатися при встановленому перехідному містку з рейковими шляхами;
- привід візків повинен включатися тільки при встановленому перехідному містку з рейковими шляхами;
- вентиль скидання тиску з автоклава повинен відкриватися при перевищенні тиском допустимих значень;
- при зупинці вентилятора харчування електронагрівачів має відключатися;
- приєднання клем термопар та вакуумного штуцера пакета (вузла) до системи автоклава проводиться із забезпеченням герметичності з'єднань і після закріплення автоклавного візка всередині автоклава.

- транспортування пакета (вузла) в автоклав необхідно проводити за допомогою автоклавного візка;
- пакет (вузол), підготовлений до операції автоклавного формування, не повинен виходити за межі робочої камери автоклава та автоклавного візка;
- операцію автоклавного формування слід проводити лише після перевірки справності всіх систем і засобів контролю та регулювання автоклавної установки, а також за відсутності всередині автоклава працівників.

При виявленні будь-яких відмінностей від вимог нормативних документів не можна розпочинати роботу. Треба негайно повідомити особу, відповідальну за справний стан та безпечну експлуатацію автоклавів.

Періодичність головних перевірок становить:

- загальний зовнішній огляд електроустаткування - 1 раз на місяць;
- перевірка роботи запобіжного клапана на спрацювання - 1 раз на 6 місяців;
- метрологічна повірка манометрів, мановакуумметрів - 1 раз на рік;
- перевірка контрольних манометрів - 2 рази на рік (кожні 6 місяців);
- перевірка опору ізоляції - 1 раз на рік;
- технічний огляд (внутрішній огляд і гідравлічне випробування – перше через 4 роки, наступні - через кожні 2 роки).

Запобігти небезпеці під час експлуатації електрообладнання можна за допомогою комплексу заходів. Вони поділяють на три класи:

- організаційні захисні заходи;
- технічні захисні заходи, які зменшують ступінь ураження людини в разі дотику до струмопровідних частин, що знаходяться під напругою;
- технічні захисні заходи, які унеможливають дотик людини до струмопровідних частин, що знаходяться під напругою.

Технічними захисними заходами, що знижують ступінь ураження людини в разі дотику до струмопровідних частин, є:

- використання малої напруги;

- занулення;
- захисне заземлення;
- відключення;
- застосування електрозахисних засобів.

Для автоклавів занулення є одним із основних заходів захисту в трифазних чотири-проводових мережах напругою до 1 000 В. У разі дотику людини до металевих частин автоклаву, які можуть знаходитись під напругою. Наприклад: корпус автоклава, ручки, еліптичне днище, кришка автоклава, гайки.

Принцип дії занулення заснований на тому, що замикання фази на корпус при ньому перетворюється на однофазне коротке замикання, що забезпечує спрацювання максимально струмового захисту М.С.З. (у даному випадку він має вигляд плавких запобіжників) та автоматично відключає установку від мережі живлення (рис. 6.2).

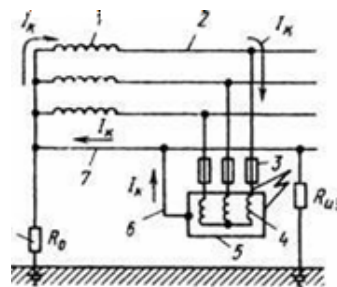


Рисунок. 6.2. — Схема занулення в трифазній чотири-проводовій мережі із заземленою нейтраллю:

- | | | |
|----------------------------------|------------------------------|----------------------------|
| 1 - трансформатор; | 2 - мережа; | 3 - запобіжник; |
| 4- обмотки електродвигуна; | 5 - корпус електродвигуна; | 6 - провідник, що занулює; |
| 7 - нульовий захисний провідник; | 8 - опір заземлення нейтралі | |

При розриві струму в ланцюга за принципом дії запобіжники поділяються на чотири класи - плавкі, електромеханічні, електронні і використовуючи нелінійні оборотні властивості зі зміни опору після впливу екстратоку у деяких провідних напівпровідникових матеріалів. В плавких запобіжниках при перевищенні струму вище номінального відбувається плавлення струмопровідного елемента запобіжника (розплавлення, випаровування), традиційно цей процес називають «перегоранням», або «згоранням» запобіжника.

Були обрані циліндричні плавкі запобіжники 3х16 А.

Передбачене також повторне заземлення нульового провідника на випадок обриву нульового дроту на близькій до нейтралі ділянці,. У випадку такого заземлення струм стікає на землю, звідки потрапляє в заземлення нейтралі, по ньому – в усі фазні дроти, у тому числі й той, що має пробиту ізоляцію, далі йде на корпус. Таким чином, утворюється контур короткого замикання.

6.3 Розрахункова частина

Розрахунок системи освітлення, вибір джерела освітлення, і світильника, виконаємо для приміщення керування операторів автоклавів.

Розрахунки виконаємо у спеціалізованій програмі «DIALux». Для початку розробимо схему приміщення (рис. 6.3). Розміри кімнати: довжина – 10 м, ширина – 8 м, висота – 2,8 м.



Рисунок 6.3 – Схема приміщення операторів колони.

Після цього вручну розташуємо світильники в приміщенні (рис. 6.4).



Рисунок 6.4 – Розташування світильників.

Саме таке розташування оптимально забезпечує рівномірне освітлення по всій кімнаті та краще освітлення робочих зон. Обраний світильник ERFURT LED M600 з такими характеристиками:

Розміри:

- довжина L – 685 мм;
- ширина В - 242 мм;
- висота Н - 140 мм.

Технічні характеристики:

- лампа світлодіодна;
- потужність системи 34 Вт;
- ефективність світильника 151 лм/Вт;
- номінальний світловий потік 2630 лм;
- кольорова температура: білий, 4 000 К.



Рисунок 6.5 – Зовнішній вигляд світильника.

Проаналізувавши розташування світильників зроблено програмний

розрахунок і отримано графік освітлення у кімнаті (рис. 6.6).



Рисунок 6.6 – Графік освітлення у кімнаті.

Зробимо перевірку через моделювання кімнати у тривимірному просторі (рис. 6.7) та зробимо графік освітлення кімнати у тривимірному просторі (рис. 6.8).



Рисунок 6.7 – моделювання кімнати у тривимірному просторі

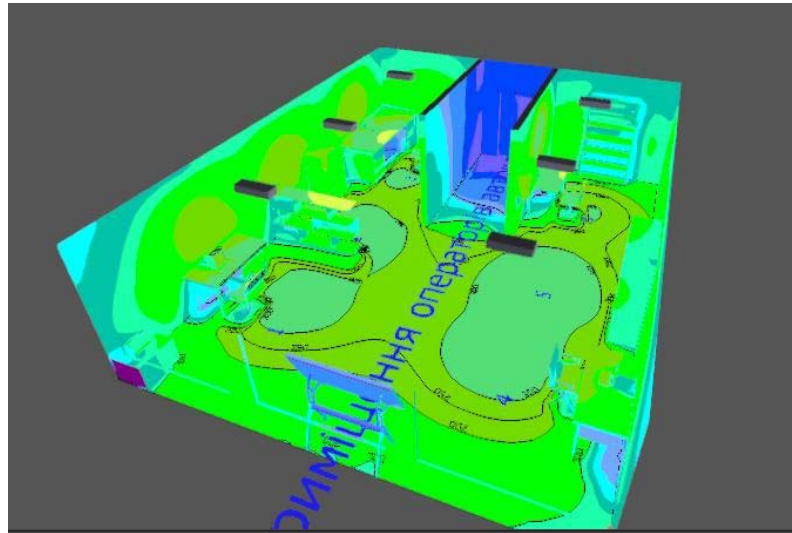


Рисунок 6.8 – Моделювання кімнати у тримірному просторі.

Зробимо останню перевірку освітлення на рівні робочого простору, для цього зробимо розрахунок на рівні 80 сантиметрів від підлоги (рис. 6.9).

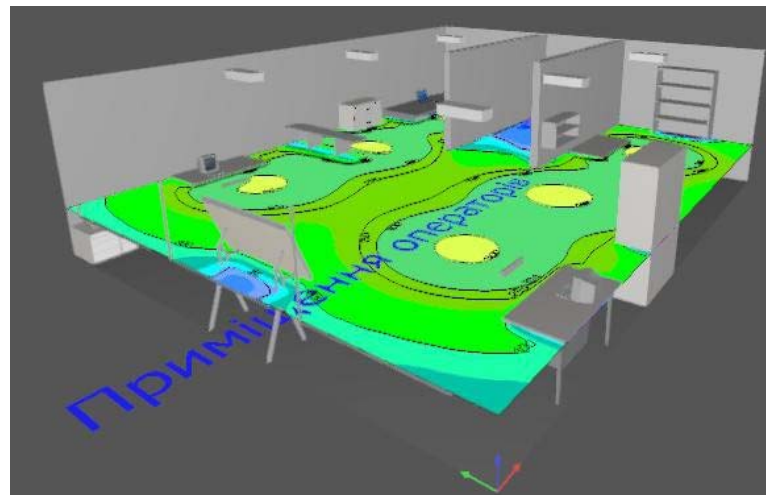


Рисунок 6.9 – моделювання освітлення на рівні робочого простору.

Із останнього моделювання можна зробити висновок, що освітлення на робочій поверхні достатньо і не є надмірного освітлення.

В результаті правильного розрахунку освітлення, операторів майже зникає ризик професійних захворювань (в основному втрата зору), стомленість. Підвищується продуктивність праці.

6.4 Пожежна профілактика

Автоклави відносяться до періодично діючих апаратів. Робота таких апаратів характеризується циклічністю. Основні способи забезпечення пожежної безпеки при експлуатації автоклавів:

- заміна періодично діючих апаратів, на безперервно діючі;
- герметизація завантажувальних і розвантажувальних операцій;
- зниження температури середовища в апараті перед початком розвантаження;
- скидання надлишкового тиску середовища з апарату в дихальну лінію перед відкриттям кришки;
- улаштування кінцевого зворотного холодильника;
- виведення дихальних труб за межі приміщень.

Цех з пожежної небезпеки відноситься до категорії Д та 2 ступеню вогнестійкості. В табл. 6.2 наведено класифікація приміщень.

Таблиця 6.2 — Класифікація приміщень.

Приміщення	Речовини і матеріали, що визначають категорію клас зони або приміщення	Класифікація вибухонебезпечних і пожежонебезпечних зон (приміщень) по ПУЕ	Примітка
Автоклавна		Не нормується	Виконання вимог до апаратів високого тиску
Стерилізаційна -втоклавна	Ефір, хлоретил, циклопропан і т.д.	Не нормується	

Відповідно до категорії та ступеню приміщення в таблиці 5.3 наведено рекомендаційна кількість вогнегасників в автоклавній.

Таблиця 6.3— Рекомендації щодо оснащення приміщень переносними вогнегасниками (мінімальна кількість)

Категорія приміщення	Гранична захищена площа, м ²	Клас пожежі	Пінні та водяні вогнегасники і місткістю 10 л	Порошкові вогнегасники з величиною заряду, кг			Хладонові вогнегасники і місткістю 2(3) л	Вуглекислотні вогнегасники і місткістю, л	
				2	5	10		2(3)	5(8)
Г, Д	1800	А	2++	4+	2++	1+	-	-	-
		В	-	-	2+	1+	-	-	-
		(Е)	-	2+	2++	1+	2+	4+	2++

6.5 Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях

Кожен працівник, що знайшов порушення вимог даної Інструкції і правил з охорони праці чи замітив несправність, небезпеку для людей, зобов'язаний сповістити про це безпосередньому керівнику. У випадках, коли несправність становить загрозову небезпеку для людей чи самого устаткування, працівник зобов'язаний вжити заходів по припиненню дії устаткування.

Якщо під час роботи стався нещасний випадок, необхідно негайно надати першу медичну допомогу, доповісти про те, що сталося своєму керівнику і вжити заходів для збереження обстановки нещасного випадку, якщо це не пов'язано з небезпекою для життя і здоров'я людей.

При пожежі в приміщенні приступити до його гасіння наявними засобами і викликати пожежна-рятувальну службу (101). Якщо є потерпілі, надати їм першу медичну допомогу; при необхідності, викликати швидку медичну допомогу (103).

Перша допомога при нещасних випадках.

Перша допомога при ураженні електричним струмом.

При ураженні електричним струмом необхідно негайно звільнити потерпілого від дії електричного струму, відключивши електроустановку від джерела живлення, а при неможливості відключення - відтягнути його від струмоведучих частин за одяг або застосувавши підручний ізоляційний матеріал.

Перша допомога при пораненні.

Для надання першої допомоги при пораненні необхідно розкрити індивідуальний пакет, накласти стерильний перев'язочний матеріал, що міститься у ньому, на рану і зав'язати її бинтом. Якщо індивідуального пакету не має, то для перев'язи необхідно використати чисту носову хустинку, чисту полотняну тканину та інше.

Перша допомога при переломах, вивихах, ударах.

При переломах і вивихах кінцівок необхідно пошкоджену кінцівку укріпити шиною, фанерною пластинкою, палицею, картоном або іншим подібним предметом. Пошкоджену руку можна також підвісити за допомогою перев'язки

або хустки до шиї і прибинтувати до тулуба.

При підозрі на перелом хребта необхідно потерпілого покласти на дошку, не підіймаючи його, чи повернути потерпілого на живіт обличчям униз, наглядаючи при цьому, щоб тулуб не перегинався, це робиться з метою уникнення ушкодження спинного мозку.

Перша допомога при опіку кислотами і лугами.

У разі попадання кислоти або лугу на шкіру необхідно ретельно промити місце ураження водою на протязі 15-20 хвилин, після чого пошкоджену кислотою поверхню обмити 5 %- ним розчином питної соди, а обпечену лугом - 3%-ним розчином борної кислоти або 3 %- ним розчином оцтової кислоти.

У разі попадання на слизову оболонку очей кислоти або лугу необхідно очі ретельно промити водою на протязі 15-20 хвилин, обмити 5

%- ним розчином питної соди (у разі попадання кислоти), а обпечену лугом - 3 %- ним розчином борної кислоти або 3 %- ним розчином оцтової кислоти.

При опіку порожнини рота лугом необхідно полоскати рот 3 %- ним розчином оцтової кислоти або 3 %-ним розчином борної кислоти, при опіках кислотою - 5 %- ним розчином питної соди. У разі попадання кислоти в дихальні шляхи необхідно дихати розпиленням за допомогою пульверизатора 10 %- ним розчином питної соди, при попаданні лугу - розпиленням 3 %- ним розчином оцтової кислоти.

Перша допомога при теплових опіку.

При опіку вогнем, парою, гарячими предметами ні в якому разі не можна відкривати пухирі, які утворюються, та перев'язувати опіки бинтом.

При опіку першого ступеня (почервоніння) обпечене місце обробляють вовною, змоченою етиловим спиртом.

При опіку другого ступеня (пухирі) обпечене місце обробляють спиртом або 3%-ним марганцевим розчином.

При опіку третього ступеня (зруйнування шкіряної тканини) накривають рану стерильною пов'язкою та викликають лікаря.

Перша допомога при кровотечі.

Необхідно підняти поранену кінцівку вгору. Рану закрити перев'язочним

матеріалом (з пакета), складеним у клубочок, придавити її зверху, не торкаючись самої рани, потримати на протязі 4-5 хвилин. Якщо кровотеча зупинилася, не знімаючи накладеного матеріалу, поверх нього покласти ще одну подушечку з іншого пакета чи кусок вати і забинтувати поранене місце (з деяким натиском).

При переломі черепа (несвідомий стан після удару голови, кровотеча з вух або роту) необхідно прикласти до голови холодний предмет (грілку з льодом або снігом, чи холодною водою) або зробити холодну примочку.

При переломі ребер, ознакою якого є біль при диханні, кашлю, чханні, рухах необхідно туго забинтувати груди чи стягнути їх рушником під час видиху.

Якщо сталася пожежа, необхідно повідомити керівника та викликати пожежну частину і приступити до її гасіння наявними засобами пожежогасіння.

В усіх випадках необхідно виконувати вказівки керівника робіт по ліквідації наслідків аварії.

6.6 Висновки

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

ВІСНОВКИ

Об'єктом дослідження є комп'ютеризована система керування підтримання температури в автоклаві для приготування готового до споживання продукту.

Метою роботи є створення комп'ютеризованої системи керування підтримання температури в автоклаві для приготування готового до споживання продукту.

Актуальність роботи полягає в тому, що розробка нової комп'ютеризованої системи керування, згідно з висунутими вимогами щодо якості та часу перехідного процесу, зменшить вплив основних недоліків автоклава, забезпечить досконале керування об'єктом.

В результаті проведених досліджень була отримана модель ОУ, розроблено оптимальний регулятор для керування, та визначено граничні показники, межах якої повинна відповідати розроблена система керування.

А саме, T_{\max} наростання = 105,2 с, T_{\min} наростання = 52,8 с, T_{\max} встановлення=166,5 с, T_{\min} встановлення=67,2 с.

Перерегулювання максимум 5%, що дорівнює максимальному значенню уставки 117,6.

Отриманих даних про функціонування ОУ, та висунутих критеріїв достатньо для проведення синтезу системи та обрання конкретного типу регулятора, з використанням описаних у цьому розділі методів.

Таким чином в розділі синтезовано системи керування на базі ПІД регулятора ідеальної форми, з реальною диференційною ланкою та обмеженням перенасичення інтегральної складової за методом заціпки. Виконано налаштування регулятора, та дослідження впливу його параметрів на показники якості функціонування системи керування.

За результатами дослідження встановлено, що підвищення часу інтегрування пропорційно збільшенню постійної часу об'єкту керування та зменшення часу диференціювання пропорційно до зменшення коефіцієнта підсилення об'єкта керування забезпечує підвищення швидкодії системи керування на етапі функціонування об'єкта між капітальними ремонтами, що

призводить до збільшення виходу готової продукції.

У результаті проведеної роботи було розроблено програмне забезпечення об'єкта керування, регулятора, та програмне забезпечення людино-машинного інтерфейсу. Проведено перевірку функціональності роботи системи керування.

При впровадженні проекрованої 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 проекрованої комп'ютеризованої системи економічно вигідно.

Також було проведено аналіз небезпечних і шкідливих виробничих чинників при експлуатації системи керування, розроблені інженерно-технічні заходи по охороні праці, розглянуті заходи протипожежної профілактики. Виконана розрахункова частина пов'язана з приміщенням оператора.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Пушкарь М.С. Проектування систем автоматизації: навч. посібник / М.С. Пушкарь, С.М. Проценко. – Д.: Національний гірничий університет, 2013. – 268 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. Шаруда В.Г. Методи аналізу і синтезу систем автоматичного керування: навч. посіб. / В.Г. Шаруда, В.В. Ткачов, М.П. Фількін. –Д.: Національний гірничий університет, 2008. – 543 с.
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. ДСТУ ГОСТ 7.1:2006. Бібліографічний запис, бібліографічний опис. Загальні вимоги та правила складання: метод. рекомендації з впровадження / уклали: Галевич О.К., Штогрин І.М. – Львів, 2008 – 20 с.
6. Серебренніков Б.С. Управління режимом електроспоживання промислових підприємств з використанням технологічного ресурсу // Електротехніка та електроенергетика. – 2013. – №1. С. 70 – 76.
7. Гордеев В.И. Регулирование максимума нагрузки промышленных электрических сетей. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 184 с.
8. Черемісін М. М., Зубко В.М. Автоматизація обліку та управління електроспоживанням: Посібник для вищих навчальних закладів. – Харків: Факт, 2005.
9. Автоматика та автоматизації виробничих процесів. Під ред. Г.К. Нечаєва. - К.: Вища школа, 1985. - 274 с.

10. Електронний ресурс www.er.gov.ua.
11. ГОСТ 19.401-78. ЕСПД. Єдина система програмної документації. Текст програми. Вимоги до змісту та оформлення. - М.: Держстандарт, 1982. – 128 с.
12. АСУ ТП. Предпроектная разработка алгоритмов управления / Скури-хин В.И., Дубровский В.В., Шифрин В.Б. - К.: Наук. думка, 1980. -226 с.
13. Дружинин Г. В. Автоматизированные системы управления технологическими процессами. - М.: Энергия; 1988. – 216 с.
14. Згуровский М.З. Интегрированные системы оптимального управления и проектирования. - К.: Вища шк., 1990. – 351 с.
15. Мікропроцесори та локальні мережі мікро ЕОМ в розподільних системах керування / За ред. Пронглін І.В. - К.: Вища школа, 1985. – 272 с.
16. Ключев А.С., Глазов Б.В., Дубровський А.Х. Проектування систем автоматизації технологічних процесів: Довідковий посібник, 1980. – 512 с.

ДОДАТОК А - ПРОГРАМНІ МОДУЛІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ

A.1 Модуль об'єкта управління

```

FUNCTION_BLOCK Subsystem1 VAR_INPUT
ssMethodType: SINT; bo_Power: LREAL;
END_VAR VAR_OUTPUT
bi_Temperature: LREAL; END_VAR
VAR
DiscreteTransferFcn4_states: LREAL; DiscreteTransferFcn5_states: LREAL;
Delay1_DSTATE: ARRAY [0..51] OF LREAL;
END_VAR VAR_TEMP
k: DINT; i: DINT;
DiscreteTransferFcn4: LREAL; END_VAR
CASE ssMethodType OF SS_INITIALIZE:

(* InitializeConditions for Delay: '<S1>/Delay1' *) FOR i := 0 TO 51 DO
Delay1_DSTATE[i] := 0.0; END_FOR;
(* End of InitializeConditions for Delay: '<S1>/Delay1' *)

(* InitializeConditions for DiscreteTransferFcn: '<S1>/Discrete Transfer Fcn4' *)
DiscreteTransferFcn4_states := 0.0;

(* InitializeConditions for DiscreteTransferFcn: '<S1>/Discrete Transfer Fcn5' *)
DiscreteTransferFcn5_states := 0.0;
SS_STEP:

(* DiscreteTransferFcn: '<S1>/Discrete Transfer Fcn4' *) DiscreteTransferFcn4
:= 0.01039384909055 * DiscreteTransferFcn4_states;

(* Output: '<Root>/bi_Temperature' incorporates:
* Constant: '<S1>/Температура окружающей среды2'

```

```

* Delay: '<S1>/Delay1'
  * Sum: '<S1>/Sum4' *)
  bi_Temperature := Delay1_DSTATE[0] + 25.0;
  (* Update for Delay: '<S1>/Delay1' incorporates:
* DiscreteTransferFcn: '<S1>/Discrete Transfer Fcn5' *) FOR k := 0 TO 50 DO
  Delay1_DSTATE[k] := Delay1_DSTATE[k + 1]; END_FOR;
  Delay1_DSTATE[51] := 0.00412047707865 * DiscreteTransferFcn5_states; (*
End of Update for Delay: '<S1>/Delay1' *)

  (* Update for DiscreteTransferFcn: '<S1>/Discrete Transfer Fcn4' incorporates:
  * Update for Inport: '<Root>/bo_Power' *) DiscreteTransferFcn4_states :=
bo_Power - (-0.99713975368322 *
  DiscreteTransferFcn4_states);

  (* Update for DiscreteTransferFcn: '<S1>/Discrete Transfer Fcn5' *)
DiscreteTransferFcn5_states := DiscreteTransferFcn4 - (-0.99587952292135 *
  DiscreteTransferFcn5_states); END_CASE; END_FUNCTION_BLOCK
VAR_GLOBAL CONSTANT
  SS_INITIALIZE: SINT := 0; SS_STEP: SINT := 1;
  END_VAR VAR_GLOBAL END_VAR

```

A.2 Модуль регулятора

```

(* DiscreteTransferFcn: '<S1>/Discrete Transfer Fcn6' incorporates:
* Inport: '<Root>/bi_Error' *)
  DiscreteTransferFcn6_tmp := bi_Error - (-0.99401796405394 *
DiscreteTransferFcn6_states);

  (* Sum: '<S1>/Sum1' incorporates:
  * DiscreteIntegrator: '<S1>/Discrete-Time Integrator2'
  * DiscreteTransferFcn: '<S1>/Discrete Transfer Fcn6'
  * Inport: '<Root>/bi_Error' *)

```

```

rtb_Sum1 := ((0.336 * DiscreteTransferFcn6_tmp) + (-0.336 *
DiscreteTransferFcn6_states)) + (bi_Error + DiscreteTimeIntegrator2_DSTATE);

```

```

(* Gain: '<S1>/Gain4' *) rtb_Gain4 := 0.49 * rtb_Sum1;

```

```

(* Gain: '<S1>/Gain1' incorporates:

```

```

* Inport: '<Root>/bi_Error' *)

```

```

rtb_Gain1 := 0.029411764705882353 * bi_Error;

```

```

(* Saturate: '<S1>/Saturation2' *)

```

```

IF rtb_Gain4 >= 35.0 THEN

```

```

(* Output: '<Root>/bo_Power' *)

```

```

bo_Power := 35.0;

```

```

ELSIF rtb_Gain4 > 0.0 THEN

```

```

(* Output: '<Root>/bo_Power' *) bo_Power := rtb_Gain4;

```

```

ELSE

```

```

(* Output: '<Root>/bo_Power' *) bo_Power := 0.0;

```

```

END_IF;

```

```

(* End of Saturate: '<S1>/Saturation2' *)

```

```

(* DeadZone: '<S2>/DeadZone' *)

```

```

IF rtb_Gain4 > 35.0 THEN rtb_DeadZone := rtb_Gain4 - 35.0;

```

```

ELSIF rtb_Gain4 >= 0.0 THEN rtb_DeadZone := 0.0;

```

```

ELSE

```

```

rtb_DeadZone := rtb_Gain4; END_IF;

```

```

(* End of DeadZone: '<S2>/DeadZone' *)

```

```

(* Signum: '<S2>/SignDeltaU' *)

```

```

IF rtb_DeadZone < 0.0 THEN y := -1.0;

```

```

ELSIF rtb_DeadZone > 0.0 THEN y := 1.0;

```

```

ELSE

```

```

y := rtb_DeadZone; END_IF;
(* Signum: '<S2>/SignPreIntegrator' *)
IF rtb_Gain1 < 0.0 THEN y_0 := -1.0;
ELSIF rtb_Gain1 > 0.0 THEN y_0 := 1.0;
ELSE
y_0 := rtb_Gain1; END_IF;
(* RelationalOperator: '<S2>/Equal1' incorporates:
* Signum: '<S2>/SignDeltaU'
* Signum: '<S2>/SignPreIntegrator' *) rtb_Equal1 := y = y_0;

(* Signum: '<S2>/SignPreSat' *)
IF rtb_Gain4 < 0.0 THEN rtb_Gain4 := -1.0;
ELSIF rtb_Gain4 > 0.0 THEN rtb_Gain4 := 1.0;
END_IF;
(* Signum: '<S2>/SignPreP' *)
IF rtb_Sum1 < 0.0 THEN rtb_Sum1 := -1.0;
ELSIF rtb_Sum1 > 0.0 THEN
rtb_Sum1 := 1.0; END_IF;
(* RelationalOperator: '<S2>/Equal2' incorporates:
* Signum: '<S2>/SignPreP'
* Signum: '<S2>/SignPreSat' *) rtb_Memory := rtb_Gain4 = rtb_Sum1;

(* Switch: '<S1>/Switch2' incorporates:
* Constant: '<S1>/Constant2'
* Memory: '<S2>/Memory' *)
IF Memory_PreviousInput THEN rtb_Gain1 := 0.0;
END_IF;
(* End of Switch: '<S1>/Switch2' *)

(* Update for DiscreteIntegrator: '<S1>/Discrete-Time Integrator2' *)
DiscreteTimeIntegrator2_DSTATE := (0.1 * rtb_Gain1) +

```

DiscreteTimeIntegrator2_DSTATE;

(* Update for DiscreteTransferFcn: '<S1>/Discrete Transfer Fcn6' *)

DiscreteTransferFcn6_states := DiscreteTransferFcn6_tmp;

(* Update for Memory: '<S2>/Memory' incorporates:

* Gain: '<S2>/Gain'

* Logic: '<S2>/AND1'

* Logic: '<S2>/AND2'

* Logic: '<S2>/AND3'

* Logic: '<S2>/NOT1'

* Logic: '<S2>/NOT2'

* Logic: '<S2>/OR1'

* RelationalOperator: '<S2>/NotEqual' *)

Memory_PreviousInput := (0.0 <> rtb_DeadZone) AND ((rtb_Equal1 AND
rtb_Memory) OR ((NOT rtb_Equal1) AND (NOT rtb_Memory)));

Додаток Б

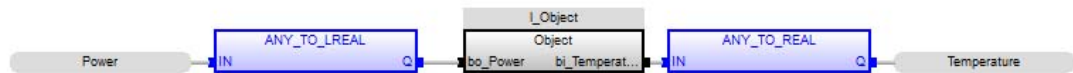
Програмне забезпечення системи управління

ДОДАТОК Б - ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ РЕГУЛЯТОРА

Б.1 Програмне забезпечення регулятора Б.1.1 Перелік програм [FBD]

Object [ST] Main

Б.1.1 Основна програма



Б.1.2 Перелік змінних

VAR_INPUT

bo_Power : LREAL ; END_VAR

VAR_OUTPUT

bi_Temperature : LREAL ; END_VAR

VAR

DiscreteTransferFcn4_states : LREAL ; DiscreteTransferFcn5_states : LREAL ;

Delay1_DSTATE : ARRAY [0 .. 51] OF LREAL ; k : DINT ;

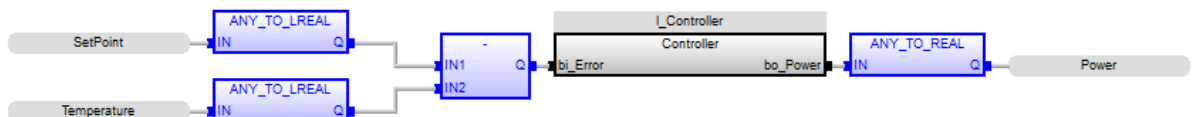
i : DINT ;

DiscreteTransferFcn4 : LREAL ; END_VAR

Б.2 Програмне забезпечення регулятора Б.2.1 Перелік програм [FBD]

Controller [ST] Main

Б.2.1 Основна програма



Б.2.2 Перелік змінних

VAR_INPUT

bi_Error : LREAL ; END_VAR

VAR_OUTPUT

```
bo_Power : LREAL ; END_VAR
VAR
    DiscreteTransferFcn6_states : LREAL ; DiscreteTimeIntegrator2_DSTATE :
LREAL ; Memory_PreviousInput : BOOL ;
    rtb_Sum1 : LREAL ; rtb_Gain4 : LREAL ; rtb_Gain1 : LREAL ; rtb_Equal1 :
BOOL ; rtb_Memory : BOOL ; rtb_DeadZone : LREAL ;
    DiscreteTransferFcn6_tmp : LREAL ; y : LREAL ;
    y_0 : LREAL ; END_VAR
```


ДОДАТОК В - ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЛЮДИНО-МАШИННОГО ІНТЕРФЕЙСУ

В.1 Драйвера

State	Identification	Description	File name
Filter text	Filter text	Filter text	Filter text
	Driver for internal variables		Intern
	Driver for mathematics variables		MATHDR32
	Driver for system variables		SYSDRV
	zenon Logic: Controller		STRATONNG
	S7 TCP-IP		S7TCP32

В.2 Перелік змінних

State	Name	Id	Measur...	Net address	Data	Offset	Bit num...	Alignm...	Symbol	Driver	Data type	Decimals	Start offset
	Power		kBr	0	0	0	0	0		S7TCP32 - S7 TCP-IP	UINT	0	0
	Temperature		°C	0	0	0	0	0		S7TCP32 - S7 TCP-IP	UINT	0	0
	Controller/Global/Control_Power		KWt	0	0	0	0	0		STRATONNG - zenon Logic: Controller	UINT	0	0
	Controller/Global/Control_Temperature		°C	0	0	0	0	0		STRATONNG - zenon Logic: Controller	UINT	1	0
	Controller/Global/Control_SetPoint		°C	0	0	0	0	0		STRATONNG - zenon Logic: Controller	UINT	0	0
	Power_G		kBr	0	0	0	0	0		MATHDR32 - Driver for mathematics v...	LREAL	1	0

В.3 Шаблони зображень



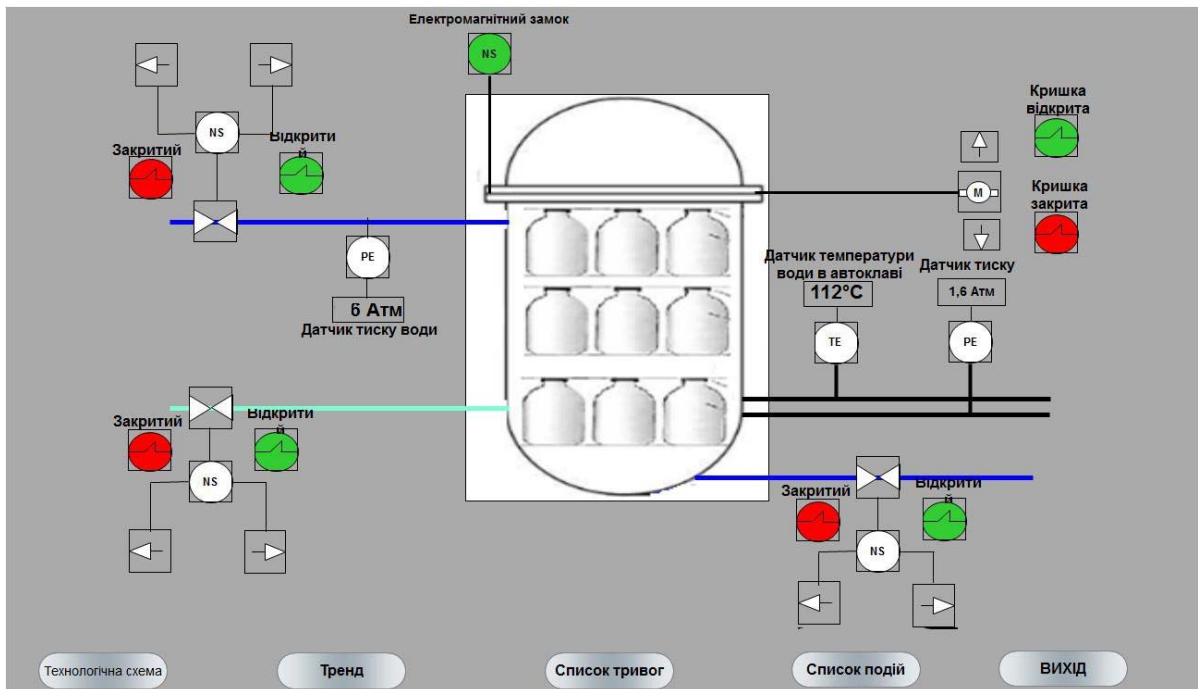
В.4 Функції

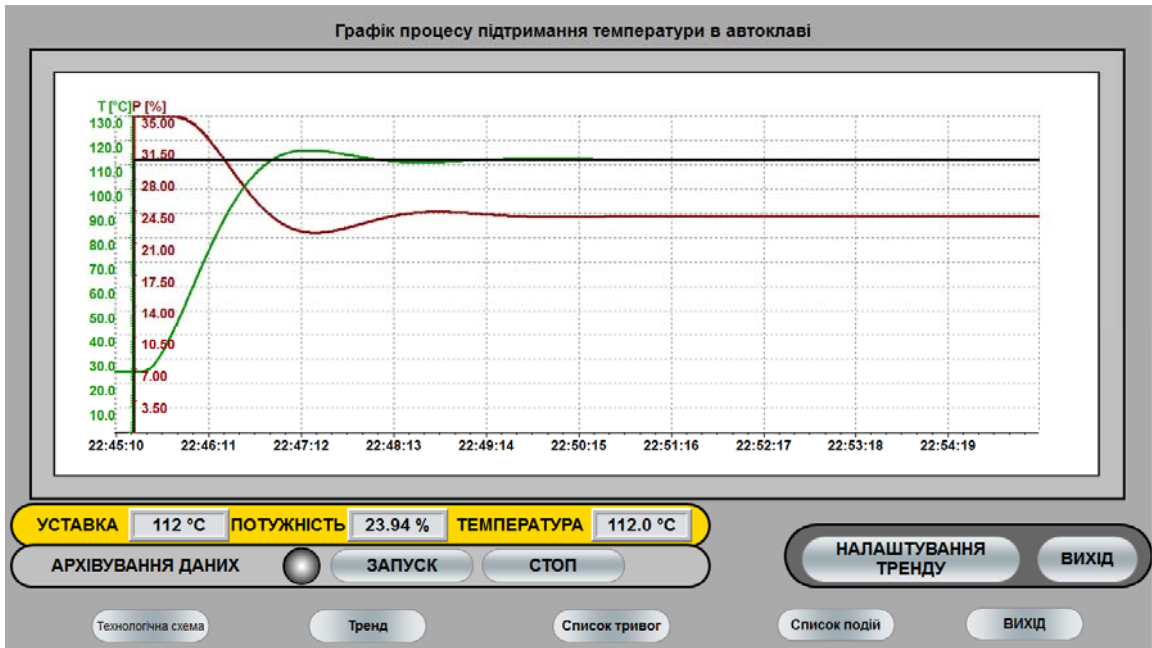
State	Name	Type	Parameter
Filter text	Filter text	Filter text	Filter text
	ExitRuntime	Exit Runtime	
	ReloadProject	Reload project online	changed objects
	SwitchTrendScreen	Screen switch	TrendScreen (Extended Trend) - PRO...
	SwitchProcessScreen	Screen switch	Process (Standard)
	SwitchButtonScreen	Screen switch	ButtonScreen (Standard)
	SwitchAMLScreen	Screen switch	AMLScreen (Alarm Message List) - [*][...]
	SwitchLanguage	Language switch	ZENONSTR.TXT - ???

В.5 Зображення

State	Name	Screen type	Frame	Background color	Start function
Filter text	Filter text	Filter text	Filter text	Filter text	Filter text
	ButtonScreen	Standard	Buttons	#AAAAAA	< no function li...
	main	Standard	MainScreen	#AAAAAA	SwitchButtonSc...
	AMLScreen	Alarm Message List	MainScreen	#AAAAAA	< no function li...
	TrendScreen	Standard	MainScreen	#AAAAAA	< no function li...
	CELScreen	Chronological Event List	MainScreen	#AAAAAA	< no function li...

Технологчна схема
Тренд
Список тривог
Список подій
ВИХІД





Список тривог

Зберегти
Імпортувати
Експорт
Відзняти
Стор

Статус	Час отримання	Час очищення	Час обробки	Ім'я змінної	Знач.	Одяг	Текст

Обробити
Обробити сторінку
Обробити всі
Відзняти
Відзняти сторінку
Відзняти всі

Виконати функцію
Відкрити допомогу
Друкувати

Технологічна схема
Тренд
Список тривог
Список подій
ВИХІД

Фільтр
[*] (*) (T/Rai 04.1h.0m.0s) Відкрити Стор.

Профіль фільтра Зберегти Імпорт Експорт Відкрити Кількість 2

Час отримання	Текст	Ім'я джерела	Вид...	Дан...	Користувач	п...
03.01.2018 15:05:02	System was started.				SYSTEM	
03.01.2018 15:06:28	Modify spontaneous value. (600 °C)	Controller/GlobalControl_5000	°C		SYSTEM	

Коментар Друквати

Технологічна схема Тренд Список тривог Список подій ВИХІД

ВІДГУКИ КОНСУЛЬТАНТІВ

ВІДГУК***на кваліфікаційну роботу ступеню магістра***

на тему: «Синтез та дослідження системи керування технологічним обладнанням для стерилізації консервів», студент гр. 151м-19-1 Дудник Денис Євгенійович.

Завдання і зміст кваліфікаційної роботи ступеню магістра відповідає основній меті - перевірці знань і ступеня підготовленості студента за спеціальністю 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології». Оформлення пояснювальної записки і графічних матеріалів кваліфікаційної роботи виконано відповідно до вимог ДСТУ.

Актуальність роботи полягає в тому, що розробка та дослідження нової системи керування дозволить зменшити вплив основних недоліків технологічного обладнання.

Виконано розробку алгоритму керування технологічним обладнанням для стерилізації консервів. Відповідно до алгоритму розроблено програмне забезпечення регулятора. На підставі отриманого регулятора синтезована системи керування та розроблена її модель в графічному середовищі Simulink математичного пакета MATLAB.

Перевірка функціонування регулятора показала, що він відповідає поставленим вимогам та забезпечує підтримку заданої температури на рівні 112°C в межах відхилення до 1 С.

Отримана модель може бути використана за для розробки програмного забезпечення системи керування.

Повнота і глибина вирішення завдань, поставлених в завданні на кваліфікаційну роботу достатня. В рамках кваліфікаційної роботи визначено вимоги до системи керування, задачі які повинна виконувати система керування її синтез, та розробка програмного забезпечення. Було визначено структуру регулятора та побудовано модель системи керування.

В цілому кваліфікаційна робота ступеню магістра заслуговує оцінки «_____», за умови відповідного захисту, а студент присвоєння йому кваліфікації «магістр» за спеціальністю 151 "Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології".

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

_____.12.2020

РЕЦЕНЗІЯ

на кваліфікаційну роботу ступеню магістра

на тему: «Синтез та дослідження системи керування технологічним обладнанням для стерилізації консервів», студент гр. 151м-19-1 Дудник Денис Євгенійович.

1. Завдання і зміст кваліфікаційної роботи ступеню магістра відповідає основній меті - перевірка знань і ступеня підготовленості студента за спеціальністю 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології».
2. Актуальність роботи полягає в тому, що розробка та дослідження нової системи керування дозволить зменшити вплив основних недоліків обладнання.
3. Отримана модель може бути використана за для розробки програмного забезпечення системи керування.
4. Повнота і глибина вирішення завдань, поставлених в завданні на кваліфікаційну роботу достатня.
5. В рамках кваліфікаційної роботи визначено вимоги до системи автоматичного керування технологічним обладнанням стерилізації консервів, проведено синтез системи та виконана розробка програмного забезпечення, була визначена структуру регулятора та побудована модель системи керування.
6. В цілому кваліфікаційна робота ступеню магістра заслуговує оцінки «_____», за умови відповідного захисту, а студент присвоєння йому кваліфікації «магістр» за спеціальністю 151 "Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології".

Рецензент, _____

____.12.2020