

Міністерство освіти і науки України  
Національний технічний університет  
«Дніпровська політехніка»  
Інститут електроенергетики  
(інститут)  
Електротехнічний факультет  
(факультет)  
Кафедра кіберфізичних та інформаційно-вимірювальних систем  
(повна назва)

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА**  
**кваліфікаційної роботи ступеню бакалавра**

студента Аругюнова Артема Геннадійовича  
(П.І.Б.)  
академічної групи 151-20ск-1  
(шифр)  
спеціальності 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології  
(код і назва спеціальності)  
за освітньо-професійною програмою 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології  
(офіційна назва)  
на тему Автоматизація технологічного процесу виробництва резинових сумішей  
(назва за наказом ректора)

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

Дніпро  
2023

**ЗАТВЕРДЖЕНО:**  
завідувачем кафедри  
кіберфізичних та інформаційно-  
вимірвальних систем  
(повна назва)

\_\_\_\_\_ Бубліковим А.В.  
(підпис) (прізвище, ініціали)

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2023 року

## ЗАВДАННЯ на кваліфікаційну роботу ступеню бакалавра

студенту \_\_\_\_\_ Арутюнову А.Г. \_\_\_\_\_ академічної групи \_\_\_\_\_ 151-20ск-1 \_\_\_\_\_  
(прізвище та ініціали) (шифр)

спеціальності 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

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

на тему Автоматизація технологічного процесу виробництва резинових сумішей,  
затверджену наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка» від 08.05.2023 р. № 328-с

Розділ	Зміст	Термін виконання
Стан питання та постановка завдання	Вступ. Опис технологічного процесу для об'єкта автоматизації. Огляд існуючих систем автоматизації. Стан питання. Вибір напрямку створення автоматизованої системи.	06.05.2023
Розробка апаратного забезпечення системи керування	Обрання датчиків, виконавчих пристроїв та пристрою керування, розробка структурних схем, функціональної схеми автоматизації та принципової схеми електричної.	12.05.2023
Визначення моделі об'єкта керування	Розробка методики дослідження об'єкта керування. Виконання експерименту. Обробка результатів експерименту. Створення моделі об'єкта керування. Перевірка отриманої моделі на адекватність.	20.05.2023
Економічна частина	Економічне обґрунтування доцільності витрат на створення системи керування.	03.06.2023
Охорона праці	Розробка організаційно-технічних заходів, щодо реалізації правил безпеки при експлуатації системи.	03.06.2023

Завдання видано \_\_\_\_\_  
(підпис п.конс.)

ас. Славінський Д.В.  
(прізвище, ініціали)

Дата видачі 28.03.2023

Дата подання до екзаменаційної комісії 14.06.2023

Прийнято до виконання \_\_\_\_\_  
(підпис студента)

Арутюнов А.Г.  
(прізвище, ініціали)

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка містить: 61 с., 34 рис., 15 табл., 23 дж.

Предмет дослідження: автоматизація процесу керування технологічним процесом виробництва гумових сумішей

Об'єкт дослідження: процес нагріву інгредієнтів гумової суміші

Мета дослідження: отримання моделі процесу зміни температури при нагріві інгредієнтів гумової суміші.

Основними методами дослідження використаними для досягнення поставленої мети були: аналіз інформаційних джерел, синтез системи керування, планування активного експерименту, аналіз даних та імітаційне моделювання.

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

Розроблено структурну схему системи керування, вибрані датчики та виконавчі пристрої. Вибрано пристрій керування та його модулі. Розроблено функціональну схему автоматизації та схему електричну принципову системи керування.

Також розроблено план активного експерименту. Використовуючи експериментальні дані та аналіз структури і опису функціонування об'єкта керування отримана модель об'єкта керування у вигляді передавальної функції. Підтверджено адекватність моделі об'єкта керування.

Ключові слова: ГУМА, ЗМІШУВАННЯ, НАГРІВ, ДАТЧИКИ, КОНТРОЛЕР, ІДЕНТИФІКАЦІЯ, АДЕКВАТНІСТЬ, МОДЕЛЬ.

## ЗМІСТ

Вступ.....	6
1 Стан питання та постановка завдання.....	8
1.1 Галузь промисловості .....	8
1.2 Технологічний процес .....	10
1.3 Об'єкт керування.....	14
1.3.1 Загальна характеристика об'єкта керування .....	14
1.3.2 Структура об'єкта керування.....	15
1.3.3 Принцип функціонування об'єкта керування .....	15
1.4 Формулювання задачі дослідження .....	17
1.5 Висновки по розділу .....	17
2 Розробка апаратного забезпечення системи керування .....	19
2.1 Розробка структурної схеми системи керування.....	19
2.2 Вибір апаратного забезпечення системи керування.....	20
2.2.1 Вибір давачів .....	20
2.2.2 Вибір виконавчих пристроїв .....	23
2.2.3 Вибір пристрою керування .....	25
2.2.4 Вибір джерел живлення.....	28
2.3 Розробка функціональної схеми автоматизації.....	29
2.4 Розробка схеми електричної принципової .....	30
2.5 Висновки по розділу .....	31
3 Визначення моделі об'єкта керування.....	32
3.1 Розробка структурної схеми інформаційних потоків дослідницької системи .....	32
3.2 Розробка методики дослідження об'єкта керування .....	33
3.3 Виконання експерименту .....	35
3.4 Обробка результатів експерименту.....	39
3.4.1 Підготовка даних.....	39

3.4.2 Структурна ідентифікація .....	39
3.4.3 Параметрична ідентифікація.....	41
3.5 Розробка моделі об'єкта керування в Simulink.....	43
3.6 Перевірка моделі на адекватність.....	45
3.7 Висновки по розділу .....	46
4 Економічна частина .....	47
5 Охорона праці.....	51
5.1 Аналіз шкідливих і небезпечних чинників.....	51
5.2 Інженерно-технічні заходи щодо охорони праці.....	52
5.3 Пожежна профілактика.....	53
5.4 Висновки по розділу .....	55
Висновки .....	56
Перелік посилань.....	58
Додаток А – Відомість роботи.....	61

## ВСТУП

Роль і значення гумової промисловості сьогодні важко переоцінити. Немає практично жодної галузі промисловості, у якій не застосовувалися гумові вироби. Гума відрізняється від інших матеріалів комплексом рідкісних і цінних властивостей, з яких головне – висока еластичність, тобто здатність розтягуватися під дією зусиль, що додаються, і повертатися у вихідний стан після зняття цих зусиль.

Ця властивість робить гуму незамінним матеріалом у сучасній техніці. Гума володіє також значною міцністю при розтягуванні, газо- та водонепроникністю, стійкістю до олій та бензину, малою щільністю, хорошими діелектричними властивостями та іншими цінними якостями.

Для отримання гуми із заданим комплексом властивостей готують гумову суміш - композицію каучуків та інгредієнтів певного складу. Кожен із інгредієнтів відіграє специфічну роль у процесі виготовлення гумових сумішей, їх переробки, вулканізації та експлуатації гумових виробів.

Наприклад, речовини, що складають вулканізуючу систему, забезпечують вулканізацію, тобто перетворення пластичної і в'язкопружної гумової суміші у високоеластичну гуму в результаті утворення при температурі вулканізації єдиної просторової сітки. Наповнювачі покращують технологічні властивості гумових сумішей, у всіх випадках знижують вартість виробів і в ряді випадків (при використанні активних наповнювачів) підвищують міцність гум та їх зносостійкість.

Виробництво гумових сумішей є досить складним та тривалим технологічним процесом, що вирізняється особливостями етапів підготовки сировини, дозування інгредієнтів та безпосереднього змішування компонентів сумішей.

У кваліфікаційній роботі бакалавра розглядається технологічний процес виробництва гумових сумішей, а саме процес стабілізації температури суміші у гумозмішувачі.

Якість гумової суміші залежить від рівномірності розподілу інгредієнтів у каучуку. Цього досягають виконанням режиму змішування, встановленого для кожного типу гумової суміші. При змішуванні необхідно суворо дотримуватись встановленого порядку введення інгредієнтів та температурного режиму.

Температура в гумозмішувачі постійно підвищується за рахунок тертя і тому гумозмішувач забезпечений системою охолодження. Але використовувані гумові суміші також вимагають підвищеної температури на початку процесу змішування і для забезпечення швидкого досягнення необхідної температури процесу, гумозмішувач обладнаний контуром підігріву до необхідної температури.

З огляду на особливості процесу виробництва гумових сумішей, мета даної кваліфікаційної роботи може бути представлена у вигляді розробки системи керування гумозмішувачем за каналом «Витрата гріючої пари - Температура теплоносія», відповідно з аналізом процесу, вибором технічних засобів контролю та керування, створенням математичної моделі об'єкту керування. Це завдання входить у сферу діяльності фахівця за спеціальністю "151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології"

Автоматизація технологічного процесу виробництва гумових сумішей, буде проходити на основі вже використовуваного обладнання та пристроїв, шляхом доопрацювання та удосконалення ланок технологічного процесу.

## 1 СТАН ПИТАННЯ ТА ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ

### 1.1 Галузь промисловості

Особливістю гумової промисловості є висока вартість сировини, що найчастіше є продуктом інших галузей хімічної та нафтохімічної індустрії.

Рівень розвитку, зокрема важкої промисловості, і навіть добувної галузі (включаючи енергетичний комплекс) великою мірою визначається станом власної гумової промисловості в країні. Виняткові властивості та конструкційні особливості гуми знайшли різнобічне застосування у різних галузях виробництва, а також у побуті. За кількістю гумових деталей можна судити про технологічну складність пристрою, наприклад, при складанні сучасного автомобіля використовується понад 1000 гумових виробів, при конструюванні літака – близько 10-13 тисяч, у кожному морському судні – близько 30 тисяч, а при будівництві АЕС – не менше 50 тисяч [1].

До гумової промисловості належать виробництва азбестотехнічних та гумотехнічних виробів, виробництво шин, виробів побутового споживання, взуттєве виробництво [1].

В Україні перспективність становлення галузі виробництва виробів з гуми обґрунтована наявністю розумового, виробничого і трудового потенціалів, значущості укладення завдань по забезпеченню стратегічно важливого значення захищеності держави, зайнятості працездатного населення. Основною сировиною для гумової промисловості є натуральний каучук, який повністю імпортується [2].

За офіційними даними, які опублікував на своїй сторінці Укрстат, в Україні зареєстровано 127 компаній, головною специфікою яких є виробництво гумотехнічної продукції. Шукані підприємства являють собою сукупність великих промислових гігантів і дрібних дочірніх підприємств, рівномірно розосереджених по всій території України. Їхня продукція знайшла своє застосування практично в кожній галузі народного господарства не тільки



України, а й за кордоном. Це обумовлюється, в першу чергу, перевагами гумових матеріалів, серед яких довговічність і надійність займають далеко не останнє місце [2,3].

Сучасні технологічні процеси виробництва гумових виробів, незважаючи на їх значні удосконалення, продовжують зберігати низку серйозних недоліків, серед яких насамперед слід відзначити значні труднощі, що виникають на шляху створення автоматизованих виробничих ліній, застосування важкого енергоємного обладнання, досить жорсткі вимоги до властивостей вихідної сировини, великі складності у здійсненні деяких процесів.

Основні напрямки та особливості розвитку гумової промисловості – це:

додавання найбільш доступних та економічних армуючих матеріалів, каучуків та інших інгредієнтів за умови неможливості безмежного збільшення їх асортименту;

потреба у зниженні матеріаломісткості та трудомісткості виготовлення виробів;

необхідність виробництва виробів, що витримують навантаження за максимально жорстких умов експлуатації (нові агресивні середовища, вкрай високі та вкрай низькі температури, навантаження, швидкості тощо);

активне розширення асортименту та областей застосування гумових виробів;

обов'язкове дотримання сучасних вимог захисту довкілля та охорони здоров'я під час виробництва РТВ.

Цілком очевидно, що одночасне виконання цих, часом суперечливих, вимог неможливе, тому виробники РТВ у різний спосіб намагаються знайти компромісні рішення.

Максимальні трудовитрати і матеріаломісткість спричиняють різке збільшення вартості кінцевого продукту, тому ціна РТВ, призначених для експлуатації в екстремальних (граничних) умовах, досить висока. Для

виробництва виробів, які можуть нормально функціонувати за високих температур (більше 250°C і менше 100°C), а також в умовах вкрай агресивних середовищ, потрібні дуже дорогі каучуки та хімічні добавки.

В даний час у гумовій промисловості здійснюється технічне переозброєння на основі нової техніки з метою підвищення ефективності виробництва, продуктивності праці та покращення якості продукту.

Найбільша увага приділяється вдосконаленню технологічних процесів та обладнання, комплексної механізації та автоматизації виробництва та управління технологічними процесами та підприємствами із застосуванням обчислювальної техніки.

Вводяться в дію автоматизовані системи управління якістю продукції, що охоплюють усі ланки технологічної системи виробництва.

## **1.2 Технологічний процес**

Технологічний процес виробництва гумотехнічних виробів є складним багатостадійним процесом з великим рівнем зовнішніх збурень за характеристиками та масами дозування вихідних інгредієнтів та внутрішніх збурень, пов'язаних зі стохастичною природою процесів змішування та вулканізації, відхиленнями режимних параметрів від заданих значень та ін.

Існує велика кількість схем процесу гумозмішування, що відрізняються організацією розважування (індивідуальна, централізована, комбінована), стадійністю (одно-, дво-, тристадійні), типом застосовуваного змішувального обладнання (гумозмішувачі періодичної та безперервної дії), випускною формою маткових сумішей (гранульований) і т.д.

Нижче наведено один із варіантів технологічного процесу виробництва гумових сумішей (рис.1.1).

Підготовка матеріалів. Перед початком виробництва гумової суміші з матеріалами здійснюють певні операції з метою полегшення приготування

наважок, поліпшення якості сумішей, зниження енерговитрат, запобігання поломці гумозмішувачів.

Натуральні та синтетичні каучуки розтарюються. При необхідності піддаються декристалізації в конвективній камері розпарювання періодичної дії відповідно до режимів, що залежать від типу каучуку. Потім стоси і брикети розрізають на агрегатах різання каучуків для зручності автоматичного дозування та завантаження в гумозмішувач.

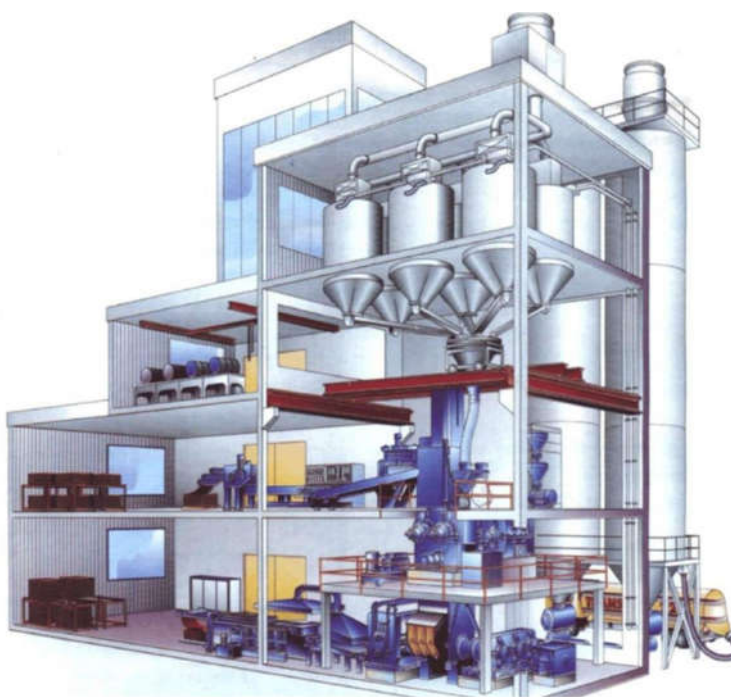


Рисунок 1.1 – Технологічний процес виробництва гумової суміші

Легкоплавкі пом'якшувачі перед дозуванням в гумозмішувач піддаються розігріву та плавленню.

Пластифікатори (смоли) та прискорювачі дроблять у молоткових або роторних дробарках, при необхідності просіюють на віброситах.

Цинкові білила, крейда, каолін, сірку бажано також просівати у просіювачах.

Виготовлення та обробка гумових сумішей. Виготовлення гумових сумішей може здійснюватися за одно-, дво- та тристадійними (для поліпшення якості) режимами змішування.

Число стадій змішування залежить, перш за все, від рецептури гумової суміші. Як правило, в три стадії готують протекторні суміші, для обгумовування металокорду, бортової стрічки.

Виготовлення маткової суміші. При двостадійному режимі одержання гумової суміші маточна суміш виготовляється за наступною схемою.

Після отримання сигналу «завантаження змішувача» партія заправки (інгредієнти згідно з рецептом) автоматично подається в гумозмішувач з роторами, що зачіпаються, де відбувається їх змішування відповідно до заданого рецепту і режиму. Тривалість циклу змішування становить у середньому 4–5 хв, температура суміші, що вивантажується 140–160°C, частота обертання роторів 30–40 хв<sup>-1</sup>.

Обробка маткової суміші. З гумозмішувача першої стадії маточна гумова суміш автоматично вивантажується в екструдер з валковою головкою, далі у вигляді стрічки надходить в установку фестонного типу, де обробляється ізолюючим складом (на основі синтетичних миючих засобів, стеаринової кислоти, поліметилсилоксанової емульсії та води), охолоджується до температури близько 40°C, сушиться. Ізолюючий шар подається з ділянки виготовлення системою трубопроводів. Потім гумова стрічка подається підйомним транспортером на автоматичне укладання на піддон. Піддони з матковою гумовою сумішшю перевозяться електронавантажувачем на ділянку зберігання маткових гумових сумішей.

При тристадійному режимі виготовлення гумової суміші маткова суміш у піддонах із ділянки зберігання подається електротранспортом на ділянку виготовлення маткових сумішей, де вона розрізається на спеціальному верстаті. Розрізана гумова суміш у вигляді шматків надходить на автоматичні ваги, потім - на завантажувальний транспортер, де знаходиться до отримання сигналу «завантаження змішувача». Після отримання даного сигналу партія заправки (маткова суміш та інгредієнти згідно з рецептом) автоматично подається в гумозмішувач першої стадії, де відбувається змішування відповідно

до заданого рецепту і режиму: тривалість в середньому 2-3 хв, температура суміші, що вивантажується  $140^{\circ}\text{C}$ , частота обертання роторів  $30-40 \text{ хв}^{-1}$ .

Далі технологічний процес обробки маткової суміші проводиться за схемою, описаною вище.

Виготовлення готової суміші. Піддон із листовою гумовою сумішшю з ділянки зберігання маткових сумішей подається електротранспортом на верстат для різання, звідки розрізана гумова суміш у вигляді шматків надходить транспортером на автоматичні ваги, потім – на завантажувальний транспортер, де партія заправки знаходиться до отримання сигналу «завантаження змішувача».

Після отримання сигналу «завантаження змішувача» партія заправки (маткова суміш та вулканізуюча група – згідно з рецептом) автоматично подається до гумозмішувача другої (третьої) стадії з тангенціальними роторами, де відбувається змішування відповідно до заданого рецепту та режиму: тривалість становить у середньому 2–3 хв, температура суміші близько  $95-105^{\circ}\text{C}$ , частота обертання роторів  $30-40 \text{ хв}^{-1}$ .

Обробка готової суміші. З гумозмішувача другої (третьої) стадії готова гумова суміш автоматично вивантажується на вальці для вальцювання та листування, далі у вигляді стрічки надходить в установку фестонного типу, де обробляється ізолюючим складом, охолоджується і сушиться, а потім укладається в піддон. Піддони з готовою гумовою сумішшю подаються електротранспортом на склад зберігання готових гумових сумішей, а потім надходять у виробництво.

Для керування технологічним процесом розроблено автоматизовані системи керування транспортуванням та дозуванням вихідних інгредієнтів гумової суміші, багатьма режимними параметрами, якісними показниками гумових сумішей, процесом вулканізації.

Однак є низка невирішених питань, що не дозволяє вважати завдання керування технологічним процесом виробництва гумотехнічних виробів завершеним.

### **1.3 Об'єкт керування**

#### **1.3.1 Загальна характеристика об'єкта керування**

Процес приготування гумової суміші починається з дозування та завантаження сипучих матеріалів із приймальних бункерів у гумозмішувач. Заповнення проводиться системою шнекових живильників та вагових дозаторів. Потім відбувається завантаження рідких інгредієнтів, нагрітих до необхідних температур.

Гумозмішувач являє собою робочу змішувальну камеру з роторами, що обертаються всередині назустріч один одному та приводяться в рух електродвигуном.

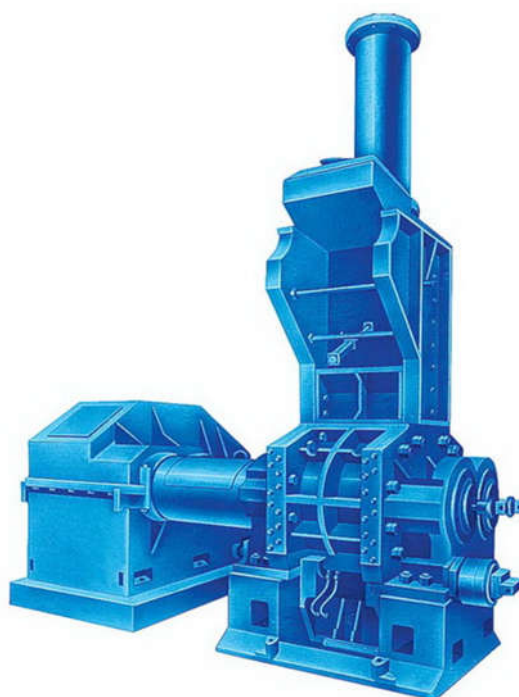


Рисунок 1.2 – Гумозмішувач періодичної дії

Процес змішування компонентів гумової суміші під час додавання інгредієнтів вимагає підтримки температури у необхідному інтервалі. Для підтримки температури циркулюючого теплоносія використовуються так звані

станції регулювання температури. Для кожного вузла гумозмішувача використовується своя станція регулювання температури. Кожна станція складається з насоса, що забезпечує рух теплоносія, та теплообмінного апарату для регулювання температури шляхом зміни витрати гарячої пари на нагрів циркулюючої води та подачі холодної води (з охолоджувача) в циркулюючий теплоносій.

### **1.3.2 Структура об'єкта керування**

Метою керування технологічним процесом виробництва гумових сумішей є підтримка однорідності гумової суміші на виході з гумозмішувача, при оптимальній продуктивності та мінімальних економічних витратах на процес за умови, що процес повинен бути безперервним, безпечним і безаварійним.

У цьому процесі якість не підлягає регулюванню, тому що відсутні засоби автоматизації для вимірювання однорідності гумової суміші, тому необхідно знайти параметри, що впливають на якість.

На якість впливають такі вхідні параметри: температура води, що підігріває/охолоджує суміш у гумозмішувачі, вага інгредієнтів суміші, послідовність завантаження інгредієнтів, витрата води на охолодження/підігрів суміші. Також на якість впливають режимні параметри: час змішування та температура в змішувачі.

### **1.3.3 Принцип функціонування об'єкта керування**

Конструкція та принцип роботи гумозмішувача зрозумілі з рис. 1.3. Змішувальна камера 2 укріплена на масивній станині 1. У камері розташовані два овальних ротора 3, кінці яких встановлені в підшипниках кочення 20, укріплених у бічних (торцевих) частинах корпусу.

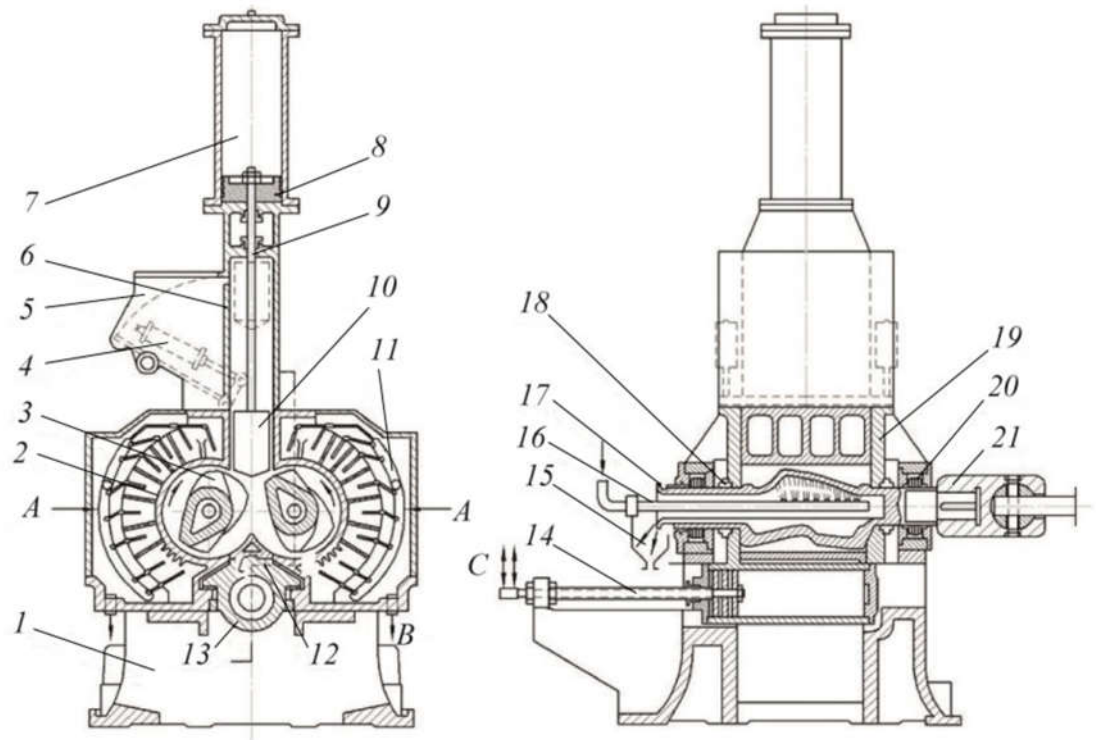


Рисунок 1.3 – Гумозмішувач

На рисунку 1.3 прийняті наступні позначення: 1 – станина; 2 – змішувальна камера; 3 – ротор; 4 – привід заслінки; 5 – завантажувальна вирва; 6 – заслінка; 7 – повітряний циліндр; 8 – поршень; 9 – шток верхнього затвора; 10 – верхній затвор; 11 – колектор; 12 – нижній затвор; 13 – циліндр нижнього затвора; 14 – шток нижнього затвора; 15, 17 – зливна лійка; 16 – система охолодження роторів; 18 – система ущільнення роторів; 19 – бічна стінка камери; 20 – підшипник ротора; 21 – шарнірна муфта

На стінки камери 2 з форсунок і в порожнини роторів 3 подається вода для охолодження. Останнім часом поширене раціональне охолодження пропусканням води через отвори в стінці камери 2. При роботі через завантажувальну воронку 5 в камеру надходять матеріали, які підпресовуються пристроєм 10 (верхнім затвором) під дією пневматичного циліндра 7. Рідкі компоненти суміші подаються інжектором, у стінці камери 2. Готова суміш вивантажується після відкриття нижнього затвора 12 ковзного типу. Нові типи змішувачів мають відкидні дверцята для більш швидкого та надійного вивантаження гумової суміші. Внутрішній шар змішувальної камери 2



виготовляється із зносостійкого металу; кромки ротора (гребні), що примикають до камери, також вкриті зносостійким металом. Зазор між стінкою камери та гребенем ротора дорівнює 1,5 мм.

#### **1.4 Формулювання задачі дослідження**

Мета роботи – підвищення швидкості та точності попереднього нагріву гумової суміші в гумозмішувачі періодичної дії.

Завданням – створення системи автоматичного керування температурою попереднього нагріву гумової суміші, а саме: вибір апаратного забезпечення системи керування; вибір пристрою керування; визначення імітаційної моделі об'єкта керування та перевірити її адекватність експериментальним даним.

Гумозмішувач, як об'єкт керування може бути віднесений до класу безперервних.

Отримання математичної моделі гумозмішувача періодичної дії можна виконати методом активного експерименту.

Перевірка математичної моделі гумозмішувача на адекватність має бути виконана за нормованим середньоквадратичним відхиленням. Розбіжність має бути не більше 10%.

Створення автоматизованої системи керування процесом виробництва гумових сумішей шляхом впровадження нових та сучасних засобів автоматизації та заміни застарілих компонентів системи, впровадження та застосування нових та сучасних засобів автоматизації, допоможе знизити витрати на виробництво, при цьому підвищити продуктивність та покращити річну економічну ефективність системи, покращити якість та швидкодію системи.

#### **1.5 Висновки по розділу**

Виконавши аналіз джерел інформації встановлено, що гумозмішувач періодичної дії, як об'єкт автоматизації відноситься до класу безперервних.

- об'єктом дослідження в роботі є процес попереднього нагріву інгредієнтів гумової суміші у гумозмішувачі;

- предметом дослідження в роботі є автоматизація процесу керування температурою гумової суміші;

- метою дослідження є отримання математичної моделі процесу зміни температури нагріву інгредієнтів гумової суміші у гумозмішувачі;

- об'єктом керування є гумозмішувач;

- вхідними параметрами для гумозмішувача, як об'єкта керування є сигнали керування на зміну витрати гарячої пари для підігріву води, що надходить до контуру нагрівання/охолодження камери та роторів змішувача;

- вихідним параметром є температура води на вході до контуру нагрівання/охолодження камери та роторів гумозмішувача.

Таким чином подальшим завданням бакалаврської роботи є:

- вибір апаратного забезпечення системи керування

- вибір пристрою керування;

- визначити імітаційну модель об'єкта керування та перевірити її адекватність експериментальним даним.

## 2 РОЗРОБКА АПАРАТНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ

### 2.1 Розробка структурної схеми системи керування

Результати аналізу джерел інформації стосовно технологічного процесу виробництва гумових сумішей дозволили вибрати в якості об'єкту керування гумозмішувальну машину (гумозмішувач).

Процес виробництва гумових сумішей є періодичним і відбувається шляхом послідовного виконання фаз змішування, які істотно впливають перебіг технологічного процесу. Основним фактором впливу є різка зміна температури гумової суміші (у процесі змішування у фазах) при введенні нових та додаткових компонентів у гумозмішувач.

Для стадії нагріву характерний інтенсивний нагрівання гумової суміші в гумозмішувачі до оптимальної температури  $80\div 90^{\circ}\text{C}$ , шляхом подачі в нього циркулюючого гріючого теплоносія (води), який подається з теплообмінного апарату, а також за рахунок перетворення механічної енергії (сил тертя) на теплову. Теплообмінний апарат забезпечує нагрівання теплоносія шляхом подачі в нього водяної пари високої температури ( $160\div 180^{\circ}\text{C}$ ). Теплоносій (гаряча вода), циркулює в системі (вода після виходу з гумозмішувача через циркуляційний насос потрапляє назад до теплообмінника).

Вихідним станом для камери змішування є температура води, яка циркулює в контурі нагрівання/охолодження, на рівні  $38^{\circ}\text{C}$  (допуск  $\pm 2^{\circ}\text{C}$ ). Далі починається процес змішування до досягнення сумішшю  $80\div 90^{\circ}\text{C}$ , після чого починається завантаження додаткових хімічних компонентів, що вимагає відкриття завантажувальних дверей та підняття верхнього затвора.

В межах бакалаврської роботи буде виконано розробку системи керування температурою гумової суміші під час попереднього змішування інгредієнтів. Регулювання температури суміші в камері гумозмішувача відбувається опосередковано по температурі води на вході системи нагрівання/охолодження гумозмішувача. Температура гріючої води

регулюється за рахунок зміни витрати гріючої пари, що коливається в межах 0 до 200 кг/хв. Витрата гріючої пари визначається кутом повороту засувки в діапазоні від 0 до 100%. Тиск гріючої пари сягає 0,4МПа.

Зважаючи на особливості роботи контуру регулювання температури гумової суміші в гумозмішувачі, до складу системи керування мають входити: датчик температури води на вході контуру нагріву/охолодження (регульований параметр), датчик температури гріючої пари (контрольований параметр), датчик тиску гріючої пари (контрольований параметр), пристрій регулювання витрати гріючої пари, пристрій керування, який визначає необхідну витрату гріючої пари та пульт оператора (рис. 2.1).

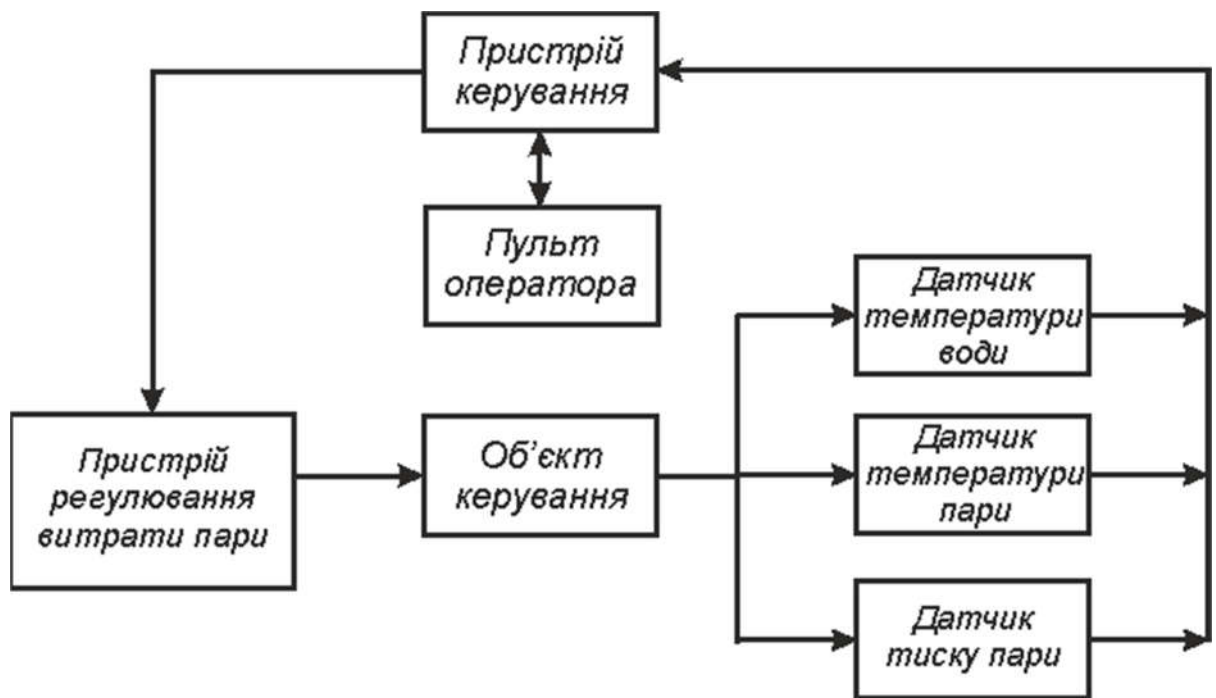


Рисунок 2.1 – Структурна схема системи керування

## 2.2 Вибір апаратного забезпечення системи керування

### 2.2.1 Вибір давачів

Контроль температури води, що надходить до контуру нагрівання/охолодження камери гумозмішувача має виконуватися за допомогою датчика, що відповідатиме наступним вимогам:

- діапазон вимірювання температури  $36\div 90^{\circ}\text{C}$ ;

- тип: погрузний;
- вихідний сигнал 4..20мА.

Інформація про характеристики датчиків температури для порівняльного аналізу представлена в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Характеристики датчиків температури

Датчик	ДТПЛ 045-01.80/1,5	ДТС045-50М.В2.80	ТСП-У-2-3-Pt100-2-В
НСХ*	Хромель-Копель	50М Мідь	Pt100, Платина,
Межі вимірювання	-40...+600 °С	-50...+180 °С	-50...+250 °С
Точність	-40...360°С ±2,5°С	±(0,3 °С + 0,005Т*)	± (0,10 + 0,0017Т*)
Підключення	двохпровідне	двохпровідне	двохпровідне
Норм. перетворювач	4÷20 мА	4÷20 мА	4÷20 мА
Вартість, грн	950	780	690

\*НСХ – Номінальна статична характеристика

Зважаючи на кращу точність вимірювань та меншу вартість виберемо датчик ТСП-У-2-3-Pt100-2-В (ТЕРА) (рис. 2.2).



Рисунок 2.2 – Датчик ТСП-У-2-3-Pt100-2-В

За принципом дії датчик ТСП-У-2-3-Pt100-2-В є термоперетворювачем опору (ТО). Термоперетворювач опору – пристрій, що призначений для вимірювання температури. Термоперетворювач опору має в своєму складі або термочутливі елементи та внутрішні з'єднувальні дроти, розташовані у герметичному захисному корпусі, зовнішніх клем, за допомогою яких виконується підключення до керуючого пристрою.

Чутливий елемент (ЧЕ) первинного перетворювача виконаний із металевого дроту біфілярного намотування або плівки, нанесеної на

діелектричну підкладку у вигляді меандру. ЧЕ має клеми для кріплення сполучних проводів та відому залежність електричного опору від температури.

Схема підключення датчику температури представлена на рис 2.3.

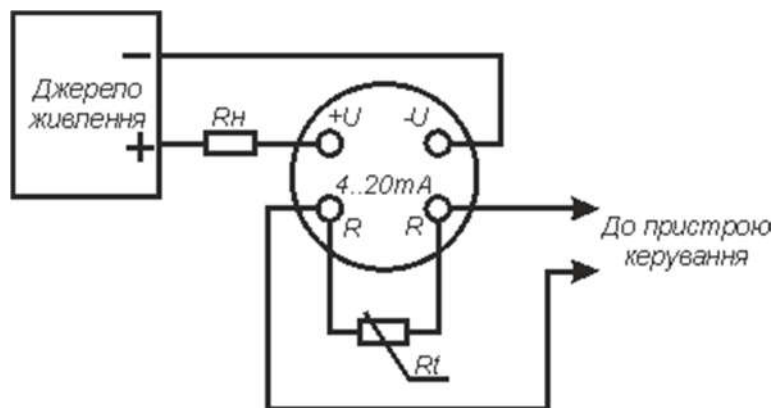


Рисунок 2.3 – Схема підключення датчику температури  
ТСП-У-2-3-Рt100-2-В

Для контролю температури гріючої пари, яка коливається в межах  $160 \div 180^\circ\text{C}$ , що надходить до контуру нагрівання/охолодження камери гумозмішувача також може бути використаний датчик ТСП-У-2-3-Рt100-2-В, що має межі вимірювання від  $-50$  до  $+250^\circ\text{C}$

Для контролю тиску гріючої пари може бути використаний датчик Р16 АЗ Т3 010 Z що має характеристики, представлені в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Характеристики датчика тиску Р16 АЗ Т3 010 Z

Модель	Р16 АЗ Т3 010 Z1
Діапазон вимірювання	$0 \div 1,0$ МПа
Допуск відхилення	$< \% \pm 0,5$ FS
Схема з'єднань	2 – провідна
Вихідний сигнал,	$4 \div 20$ мА
Вартість, грн	2718,00

Принцип дії п'єзорезистивного датчика тиску. Зовнішній тиск викликає деформацію керамічної мембрани, на яку нанесені плівкові резистори. В результаті змінюється величина опору цих резисторів, ввімкнених в мостову схему. Ця зміна опору за допомогою електронної схеми перетворюється в струм, пропорційний значенню тиску.



Рисунок 2.4 – Датчик тиску P16 A3 T3 010 Z

Схема підключення датчик P16 A3 T3 010 Z аналогічна представлений на рисунку 2.3

Узагальнена інформація про технічні характеристики датчиків, представлена в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Датчики для системи керування

№	Назва параметру	Принцип дії	Тип	Діапазон зміни	Точність	Значення виходу	Період оновлення	Напруга живлення	Споживана потужність
1	Темп-ра води	Термоопір	аналог.	36÷90 °С	± 1,0°С	4-20mA	0.1с	24В	0,4Вт
2	Темп-ра пари	Термоопір	аналог.	130÷180 °С	± 2,0°С	4-20mA	0.1с	24В	0,4Вт
3	Тиск пари	П'єзореzystивний	аналог.	0÷0,4Мпа	0,5 %	4-20mA	0.1с	24В	0,2Вт

### 2.2.2 Вибір виконавчих пристроїв

Згідно завдання, системи керування має забезпечити регулювання температури води на підігрів камери гумозмішувача за рахунок зміни витрати гріючої пари. Витрата гріючої пари змінюється за допомогою клапану з електроприводом. Електропривід клапану повинен мати стандартний перешкодостійкий струмовий інтерфейс 4..20mA.

Для встановлення вибрано електропривід Clorius AVM321SK001 (рис.2.5). Технічні характеристики електроприводу Clorius AVM321SK001 наведені у таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Технічні характеристики електроприводу Clorius AVM321SK001

№	Найменування параметру	Значення
1	Тип приводу	BLDC мотор (Brushless DC)
2	Характеристика	Лінійна / рівнопроцентна
3	Напруга живлення	24 В
4	Споживана потужність	1,7 Вт
5	Сигнал зворотного зв'язку	0-10 В
6	Сигнал керування	0..20 мА; 0-10 В
7	Вага	1,5 кг

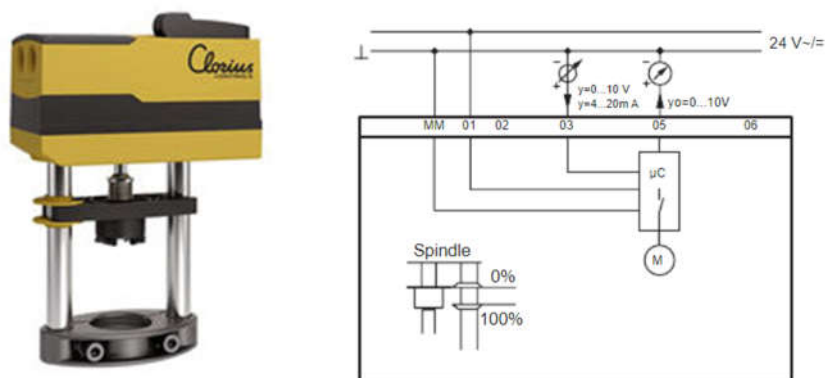


Рисунок 2.5 – Електропривід Clorius AVM321SK001 та схема підключення

Електроприводи Clorius призначені для керування сидельними клапанами з використанням 3-х точкового або аналогового керуючого сигналу. Приводи забезпечені механізмом розчеплення для можливості здійснення ручного керування клапаном. Механічна частина виконана зі сталі і синтетичних матеріалів і забезпечена довгостроковим мастилом, що виключає потребу в обслуговуванні. Механізм так само захищений від перевантажень - при досягненні крайніх положень відбувається автоматична зупинка.

Приводи обладнані сальниковою коробкою з тефлоновим ущільненням. Так само вони можуть бути додатково укомплектовані поворотною пружиною для закриття/відкриття при відключенні живлення, потенціометром і додатковими перемикачами.



Зведена інформація про виконавчі пристрої системи керування представлена у таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 – Виконавчі пристрої системи керування

№	Назва параметру	Принцип контролю	Тип	Діапазон змінення	Лінійність	Значення входу	Період оновлення	Потужність споживання
1	Положення	зміна напруги	електропри від	0-100%	лінійн.	4..20мА	0,1с	1,7 Вт

### 2.2.3 Вибір пристрою керування

Зважаючи на вимоги до системи керування температурою суміші в камері гумозмішувача та датчики і виконуючі пристрої, які були вибрані було обрано пристрій керування – програмований логічний контролер компанії VIPA.

Для забезпечення підключення датчиків, що мають аналогові вихідні сигнали та виконавчий пристрій з аналоговим входом, контролер має бути укомплектований відповідним модулем аналогового входу/виходу.

Також, до структури системи (рис.2.1) входить пульт оператора, реалізований на базі ПК і для забезпечення зв'язку з ним, контролер повинен мати Ethernet інтерфейс.

Висунутим вимогам до системи керування відповідає ПЛК VIPA серія 200V, а саме модуль центрального процесора 214-2BE03 (рис. 2.6), основні технічні характеристики якого представлені в таблиці 2.6.

Таблиця 2.6 – Основні технічні характеристики модуля 214-2BE03

№	Найменування параметру	Значення
1	Робоча пам'ять,	96 кБайт
2	Пам'ять,	144 кБайт
3	Ethernet інтерфейс	Присутній
4	Напруга живлення	24 В
5	Споживана потужність	6 Вт
6	Максимальна кількість модулів	32



Рисунок 2.6 – Модуль 214-2BE03

Для підключення до ПЛК датчиків температури та тиску встановлено модуль VIPA 231-1BD40, який має чотири аналогові входи (рис. 2.7).

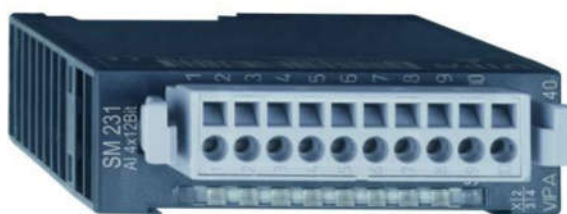


Рисунок 2.7 – Модуль аналогового вводу VIPA 231-1BD40

Технічні характеристики модуля VIPA 231-1BD40 наведені в таблиці 2.7.

Таблиця 2.7 – Технічні характеристики модуля VIPA 231-1BD40

№	Параметр	Значення
1	Кількість входів	4
2	Тип входу	аналоговий
3	Діапазон сигналу, мА	+/-20mA, +/-10V
4	Довжина екранованого провідника, м	200
5	Споживана потужність, Вт	0,6

Для підключення та керування електроприводом Clorius AVM321SK001 встановлено модуль VIPA 232-1BD40 (рис. 2.8). Технічні характеристики модуля VIPA 232-1BD40 представлені у таблиці 2.8.

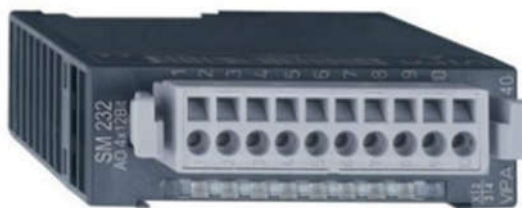


Рисунок 2.8 – Модуль 232-1BD40

Таблиця 2.8 – Технічні характеристики модуля 232-1BD40

№	Параметр	Значення
1	Кількість виходів	4
2	Діапазон вихідного сигналу, мА	4÷20, -20÷+20
3	Тип входів	аналоговий
4	Споживча потужність, Вт	1,5

Модуль центрального процесора 214-2BE03 (рис.2.2) має вбудований Ethernet інтерфейс і схема підключення ПК до ПЛК наведена на рисунку 2.9.

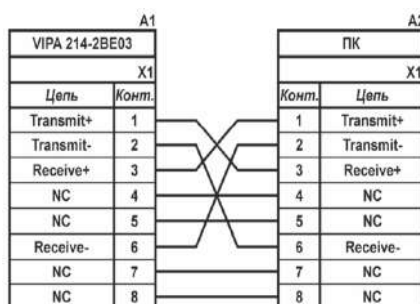


Рисунок 2.9 – Підключення за допомогою Ethernet

Таким чином, пристрій керування (табл. 2.9) складається з модулю центрального процесора (VIPA 214-2BE03) та модулів вводу аналогових сигналів (VIPA 231-1BD40) та модулю виводу аналогових сигналів (VIPA 232-1BD40).

Таблиця 2.9 – Склад ПЛК

№	Найменування	Пристрій	Потужність
1	VIPA 214-2BE03	Модуль центрального процесору	6,00 Вт
2	VIPA 231-1BD40	Модуль аналогового вводу	0.6 Вт
3	VIPA 232-1BD40	Модуль аналогового виводу	1,50 Вт

### 2.2.4 Вибір джерел живлення

ПЛК з модулями аналогового вводу та виводу живляться від напруги +24В. Повна споживана потужність ПЛК складає:

$$P = 6 + 0.6 + 1.5 = 8,1 \text{ Вт} \quad (2.1)$$

Зважаючи на споживану потужність вибраних датчиків температури (2 x 0,4Вт) та тиску (0,2Вт), а також споживання електроприводу 1,7Вт необхідна потужність джерела живлення має бути не меншою за 11Вт

З огляду на необхідність уніфікації обладнання та питому потужність вибраного обладнання, живлення контролера та пристроїв контролю і керування буде виконано за допомогою модуля PS207 (VIPA 207-1BA00) зі змінною напругою живлення від ~ 85 до ~ 264 В, вихідною напругою +24В та потужністю 48Вт (Рис. 2.10). Технічні характеристики представлені в таблиці 2.10.



Рисунок 2.10 – Джерело живлення VIPA 207-1BA00

Таблиця 2.10 – Технічні характеристики модуля VIPA 207-1BA00

№	Параметр	Значення
1	Напруга живлення	~85÷~264 В
2	Вихідна напруга	24 В
3	Потужність	48 Вт
4	Максимальний вихідний струм	2 А

Схема підключення ПЛК 241-2BE03 до джерела живлення PS207 представлена на рисунку 2.11

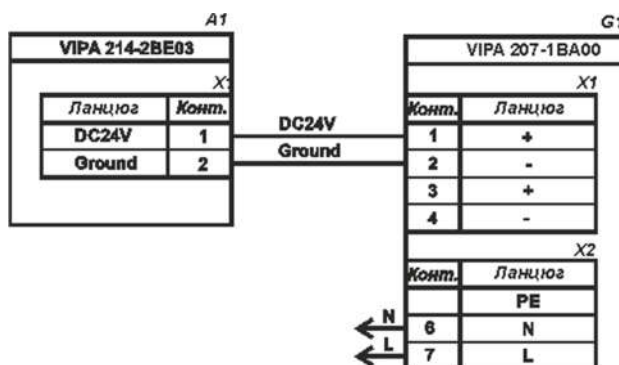


Рисунок 2.11 – Схема підключення ПЛК 214-2BE03 до джерела живлення PS207

### 2.3 Розробка функціональної схеми автоматизації

Аналізуючи функціонування гумозмішувача та вибране обладнання системи керування температурою води для попереднього нагріву інгредієнтів в робочій камері гумозмішувача було розроблено функціональну схему автоматизації (рис 2.12).

Основні позначення на функціональній схемі автоматизації:

TE1-1 - датчик температури води на підігрів/охолодження робочої камери гумозмішувача, струмовим вихід 4-20 мА;

TE2-1 – датчик температури гріючої пари, струмовим вихід 4-20 мА;

PE3-1 – датчик тиску гріючої пари, струмовим вихід 4-20 мА;

EK4-2 – електропривід клапану витрати гріючої пари, керування 4-20 мА;

UY5 – пристрій керування, програмований логічний контролер з додатковим модулями.

UYR6 – персональний комп'ютер, пульт оператора, для відображення інформації про перебіг технологічного процесу.

Пристрій керування UY5 на підставі значення температури води від датчика TE1-1 розраховує необхідну витрату гріючої пари та відповідне значення сигналу керування на електропривід клапану EK 4-2, який задає положення клапану, що регулює витрату гріючої пари.

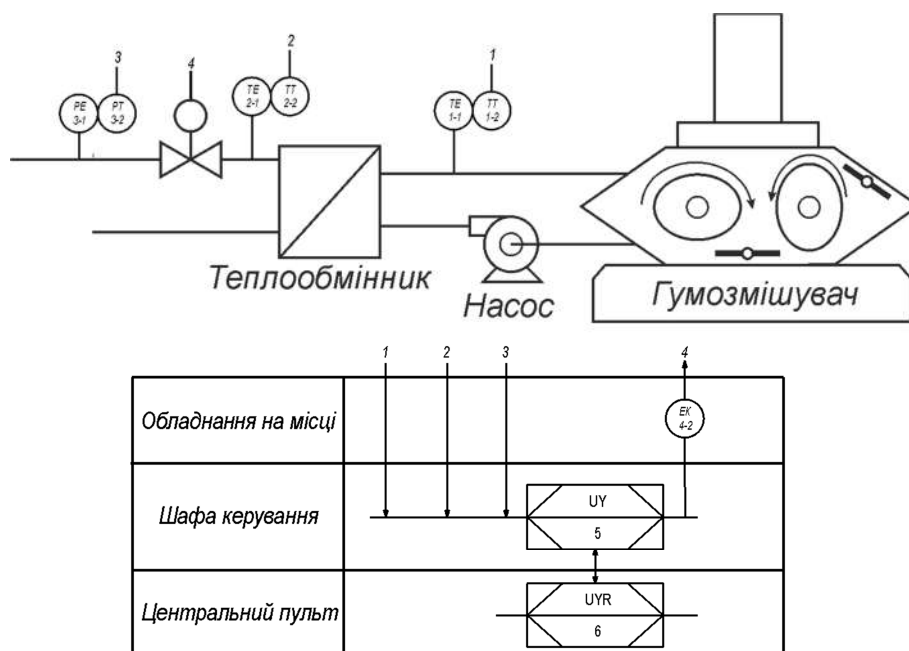


Рисунок 2.12-Функціональна схема автоматизації

## 2.4 Розробка схеми електричної принципової

Використовуючи функціональну схему автоматизації та відомості про технічні характеристики вибраних засобів автоматизації було розроблено схему електричну принципову системи керування температурою попереднього нагріву інгредієнтів в камері гумозмішувача (рис.2.13).

Основні позначення на схемі принципівій:

G1 – джерело живлення VIPA 207-1BA00;

A1 – ПЛК VIPA серії 200V з модулем CPU 214-2BE03;

AI – модуль аналогового вводу VIPA 231-1BD40;

AO – модуль аналогового виводу VIPA 232-1BD40;

A2 – пульт оператора, персональний комп'ютер з Ethernet;

BK1 – датчик температури води ТСП-У-2-3-Pt100-2-В, 4..20 мА;

BK2 – датчик температури грючої пари ТСП-У-2-3-Pt100-2-В, 4..20 мА;

PK3 – датчик тиску грючої пари P16 A3 T3 010 Z, 4..20 мА;

EK4 – електропривід клапана витрати грючої пари Clorius AVM321SK001, 4..20 мА.

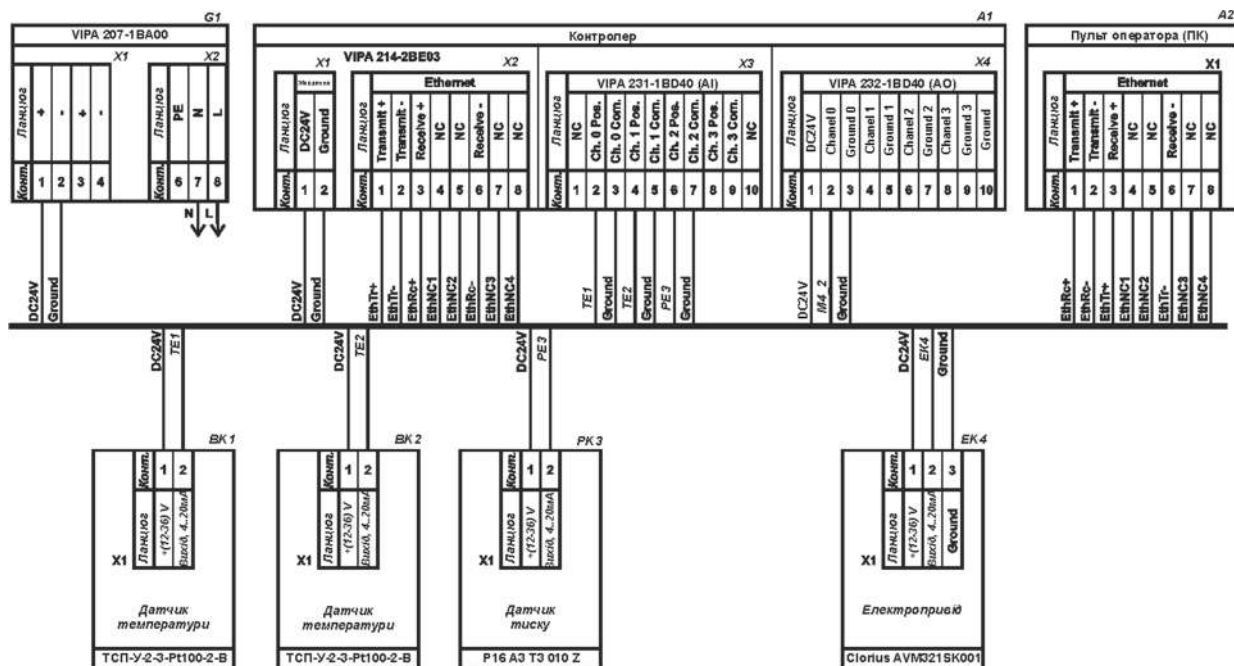


Рисунок 2.15 – Схема електрична принципова

## 2.5 Висновки по розділу

В розділі визначено структуру системи керування, вибрано датчики температури ТСП-У-2-3-Рt100-2-В та тиску Р16 А3 Т3 010 Z і виконавчий пристрій Clogius AVM321SK001. Датчики мають стандартний вихідний сигнал 4..20 мА, виконавчий пристрій також керується за сигналом 4.20мА.

2. В якості пристрою керування вибрано ПЛК VIPA 214-2BE03, відповідно з модулями аналогового вводу VIPA 231-1BD40 та виводу VIPA 232-1BD40.

3. Розраховано необхідну потужність джерела живлення.

4. Розроблено функціональну схему автоматизації та схему електричну принципову системи керування температурою попереднього нагріву інгредієнтів гумової суміші у робочій камері гумозмішувача.

## 3 ВИЗНАЧЕННЯ МОДЕЛІ ОБ'ЄКТА КЕРУВАННЯ

### 3.1 Розробка структурної схеми інформаційних потоків дослідницької системи

Дослідження роботи та визначення моделі об'єкта керування – гумозмішувача виконується в scada zenon, за допомогою людино-машиного інтерфейсу (ЛМІ), з використанням середовища виконання і програмного ПЛК (рис. 3.1).

В рамках учбової задачі, для визначення моделі об'єкта керування, за допомогою ЛМІ було налаштовувано діапазон керуючого впливу – витрати гріючої пари і дійсного значення – температури води на нагрів робочої камери гумозмішувача.

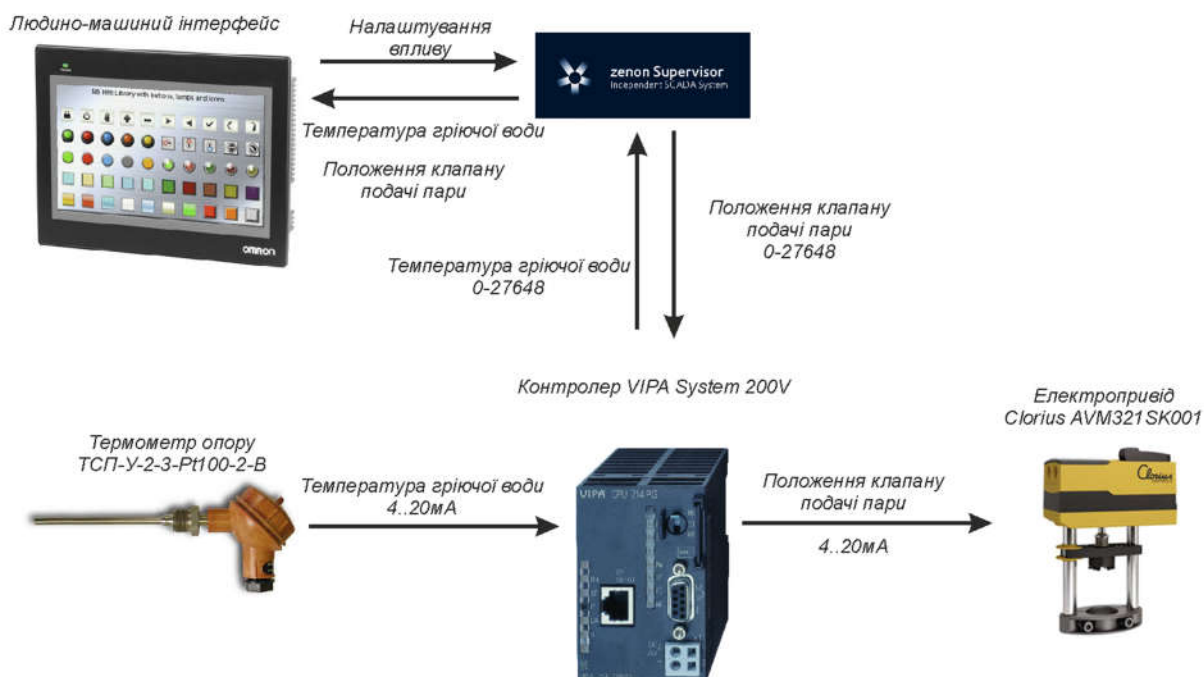


Рисунок 3.1 – Структурна схема інформаційних потоків дослідницької системи

Положення клапану подачі пари, яке відповідає необхідній витраті гріючої пари, формується в середовищі виконання у вигляді фізичних одиниць (0-100%) і перетворюється у цифрове значення від 0 до 27648 та передається по каналу зв'язку контролеру. Контролер, в свою чергу, формує керуючий вплив



на електропривід клапана подачі гріючої пари до теплообмінника. Дійсне значення температури води, що подається до контуру нагріву/охолодження камери гумозмішувача вимірюється за датчиком температури ТСП-У-2-3-Pt100-2-В, що має повний діапазоном від -50 до +250 °С. Виміряне значення температури перетворюється АЦП ПЛК у цифрове значення від 0 до 27648, яке передається по каналу зв'язку до середовища виконання, в якому виконується перетворення в відповідні фізичні одиниці (°С) з відображенням у ЛМІ.

### **3.2 Розробка методики дослідження об'єкта керування**

Згідно аналізу інформаційних джерел та результатів виконання попередніх розділів бакалаврської роботи було визначено об'єкт керування – гумозмішувач, який відноситься до класу неперервних. Особливу увагу було приділено процесу попереднього нагріву інгредієнтів гумової суміші в робочій камері гумозмішувача. Завдання на визначення моделі об'єкта керування по каналу «Витрата гріючої пари – температура вод на підігрів камери гумозмішувача» є навчальним і вхідні дані сформовані у вигляді керуючого впливу (зміні положення клапану подачі пари від 0 до 100%). Дослідження роботи гумозмішувача, як об'єкта керування, буде виконуватись методом активного експерименту.

План виконання експериментальних досліджень:

1. Отримання динамічної характеристики об'єкта:
  - 1.1 Перехід до початкового стану – температура води (дійсне значення) становитиме 38°С;
  - 1.2 Початок запису інформації про перебіг експерименту;
  - 1.3 Формування керуючого впливу східчастої форми, витрата пари 100%;
  - 1.4 Відслідковування усталеного дійсного значення;
  - 1.5 Завершення запису інформації;
2. Отримання інформації для побудови та аналізу статичної характеристики:
  - 2.1 Перехід до початкового стану – температура води (дійсне значення)

становитиме 38°C;

- 2.2 Початок запису інформації про перебіг експерименту;
- 2.3 Формування керуючого впливу східчастої форми, витрата пари 20%;
- 2.4 Відслідковування усталеного дійсного значення, 90 сек.;
- 2.5 Формування керуючого впливу східчастої форми, витрата пари 40%;
- 2.6 Відслідковування усталеного дійсного значення, 90 сек.;
- 2.7 Формування керуючого впливу східчастої форми, витрата пари 60%;
- 2.8 Відслідковування усталеного дійсного значення, 90 сек.;
- 2.9 Формування керуючого впливу східчастої форми, витрата пари 80%;
- 2.10 Відслідковування усталеного дійсного значення, 90 сек.;
- 2.11 Формування керуючого впливу, витрата пари 100%;
- 2.12 Відслідковування усталеного дійсного значення, 90 сек.;
- 2.13 Завершення запису інформації.

### 3. Отримання П-подібної характеристики об'єкта:

- 3.1 Перехід до початкового стану – температура води (дійсне значення) становитиме 38°C;
- 3.2 Початок запису інформації про перебіг експерименту;
- 3.3 Формування керуючого впливу східчастої форми, витрата пари 100%;
- 3.4 Відслідковування усталеного дійсного значення, 100 сек.;
- 3.5 Формування зворотного керуючого впливу, витрата пари 0%;
- 3.6 Відслідковування усталеного дійсного значення, 100 сек.;
- 3.7 Завершення запису інформації.

### 4. Перевірочні дані:

- 4.1 Перехід до початкового стану – температура води (дійсне значення) становитиме 38°C;
- 4.2 Початок запису інформації про перебіг експерименту;
- 4.3 Формування змін керуючого впливу східчастої форми в межах 40-80%, витрати пари. Період змін 120 сек. Тривалість експерименту 30 хвилин.
- 4.4 Завершення запису інформації.

### 3.3 Виконання експерименту

Згідно плану експерименту, спочатку була отримана динамічна характеристика (рис 3.2).

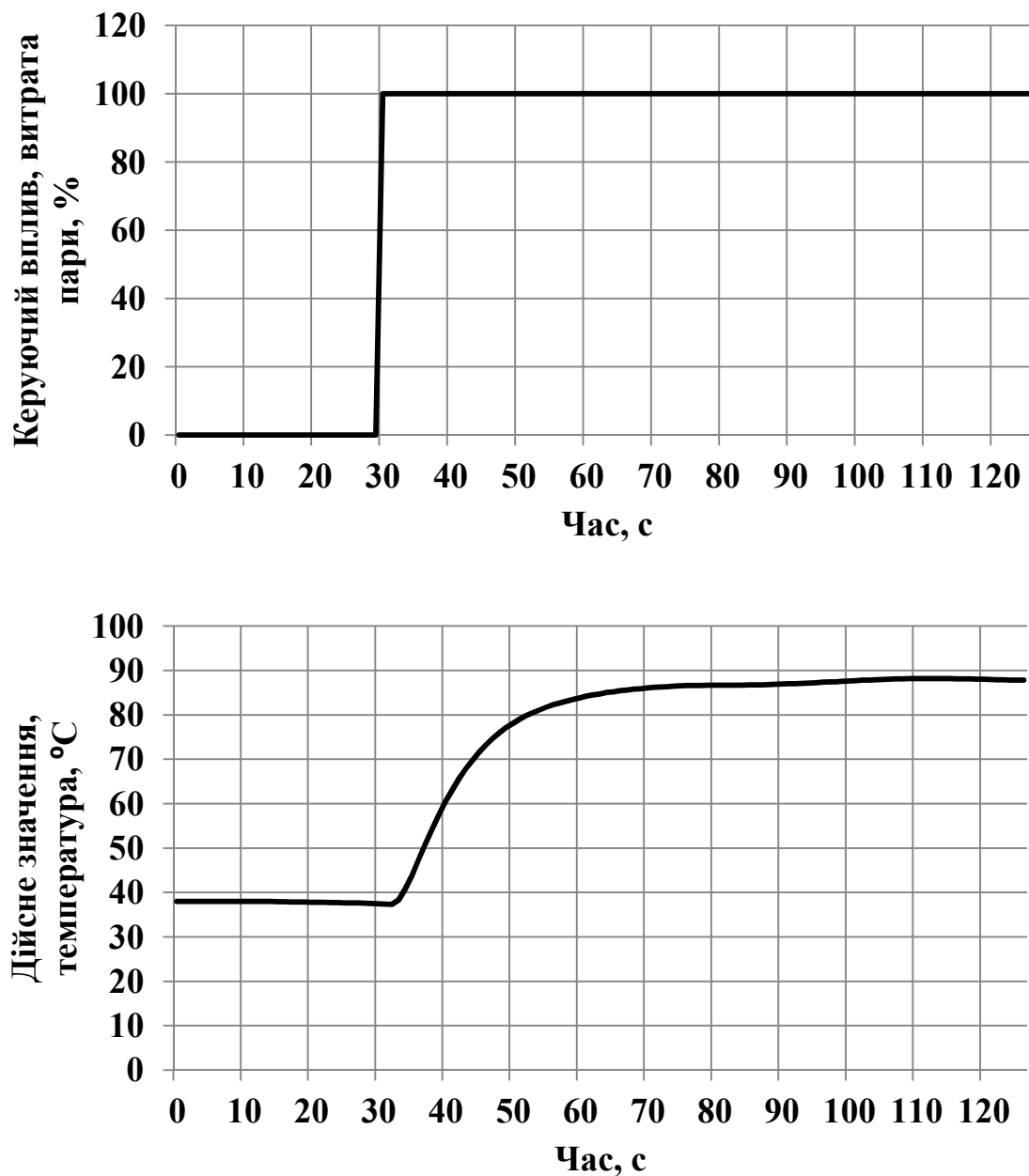


Рисунок 3.2 – Динамічна характеристика

Для отримання інформації та побудови статичної характеристики була виконана послідовна серія експериментів з поступовим збільшенням керуючого впливу, з кроком зміни 20%. Отримані дані представлені на рисунку 3.3.

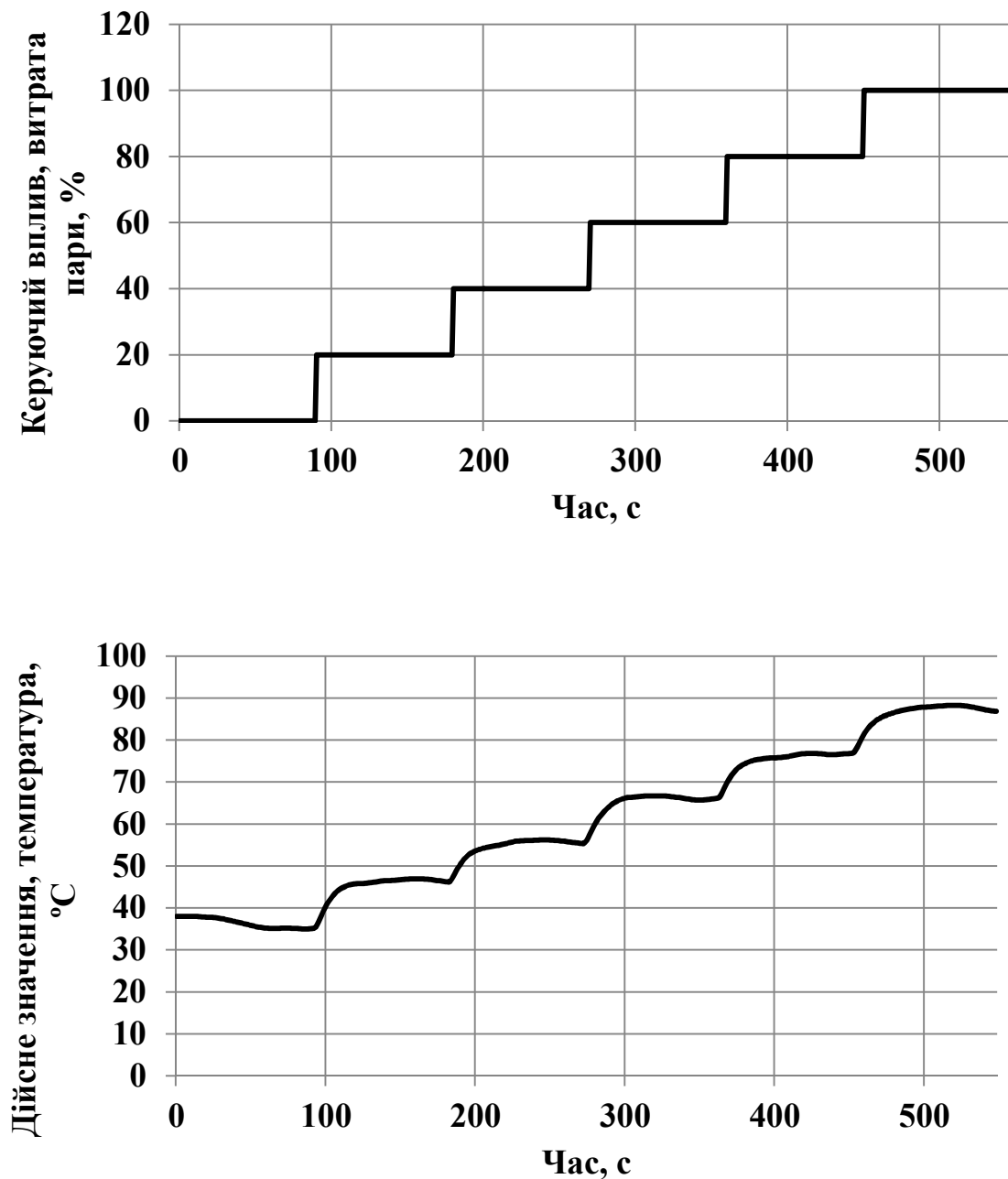


Рисунок 3.3 – Данні для побудови та аналізу статичної характеристики

Перевірка реакції на збільшення та зменшення керуючого впливу виконана при подачі П-подібного сигналу. Реакція об'єкта на подачу П-подібного впливу представлена на рисунку 3.4.

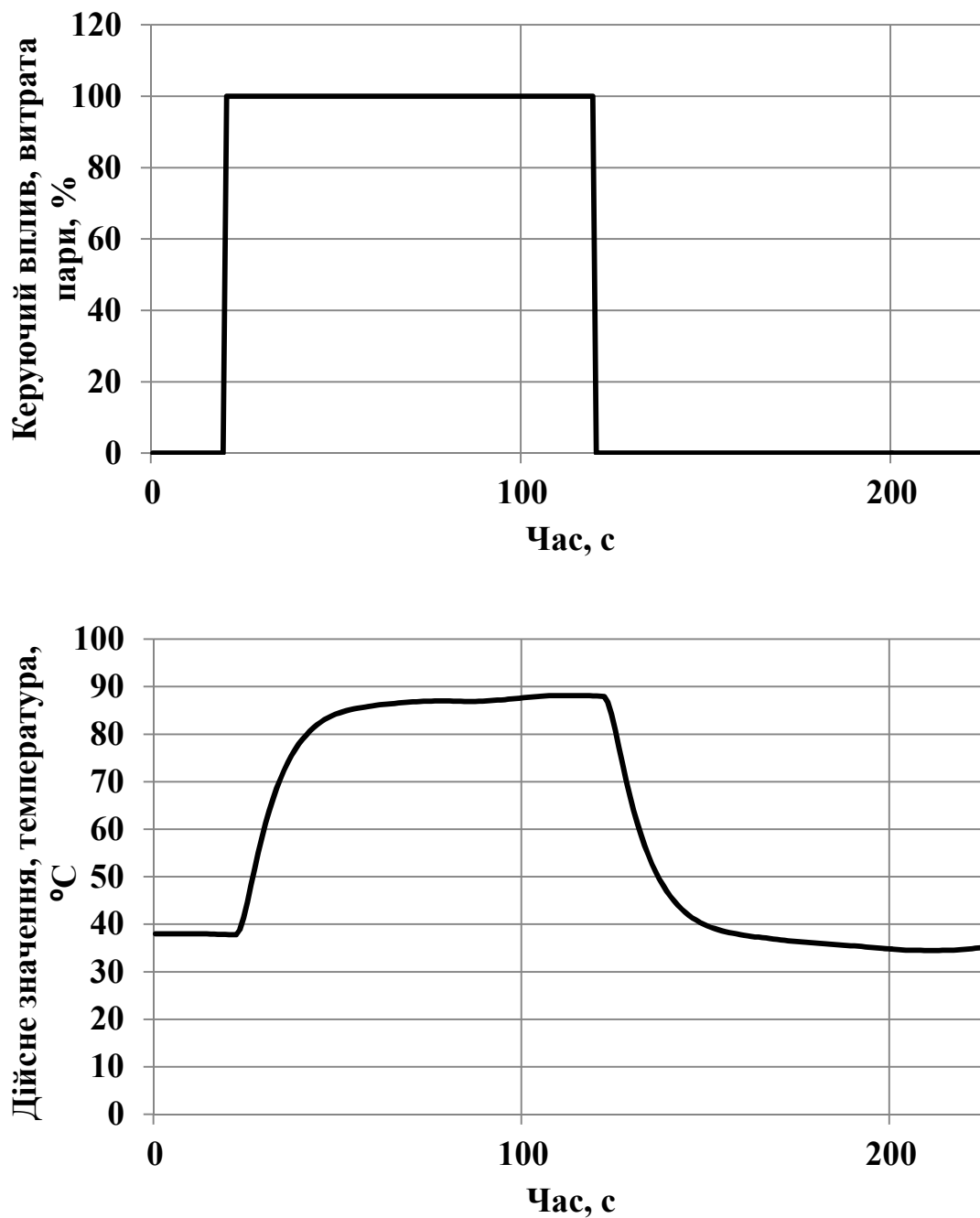


Рисунок 3.4 – Реакція об'єкта на П-подібний вплив

Перевірочні дані (рис. 3.5) формуються, як реакція на зміни керуючого впливу східчастої форми в межах 40-80% з періодом 120 сек. та тривалістю експерименту 30 хвилин.

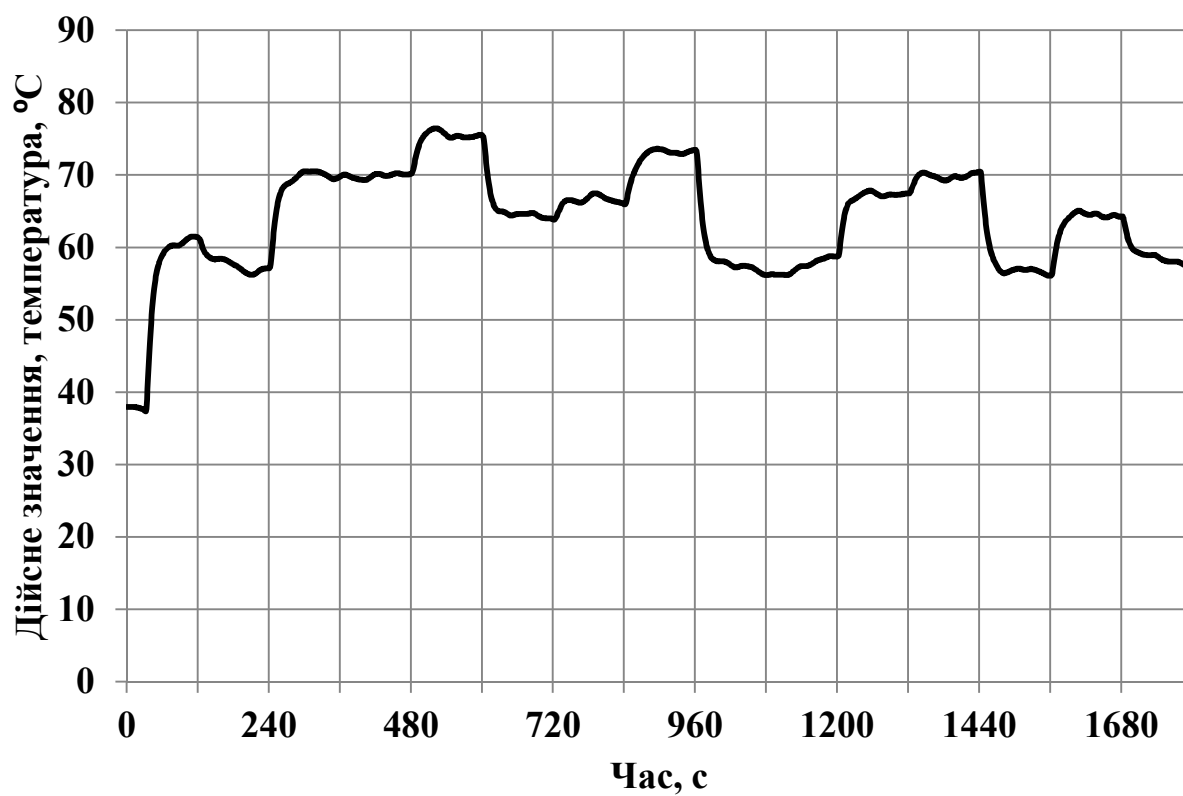
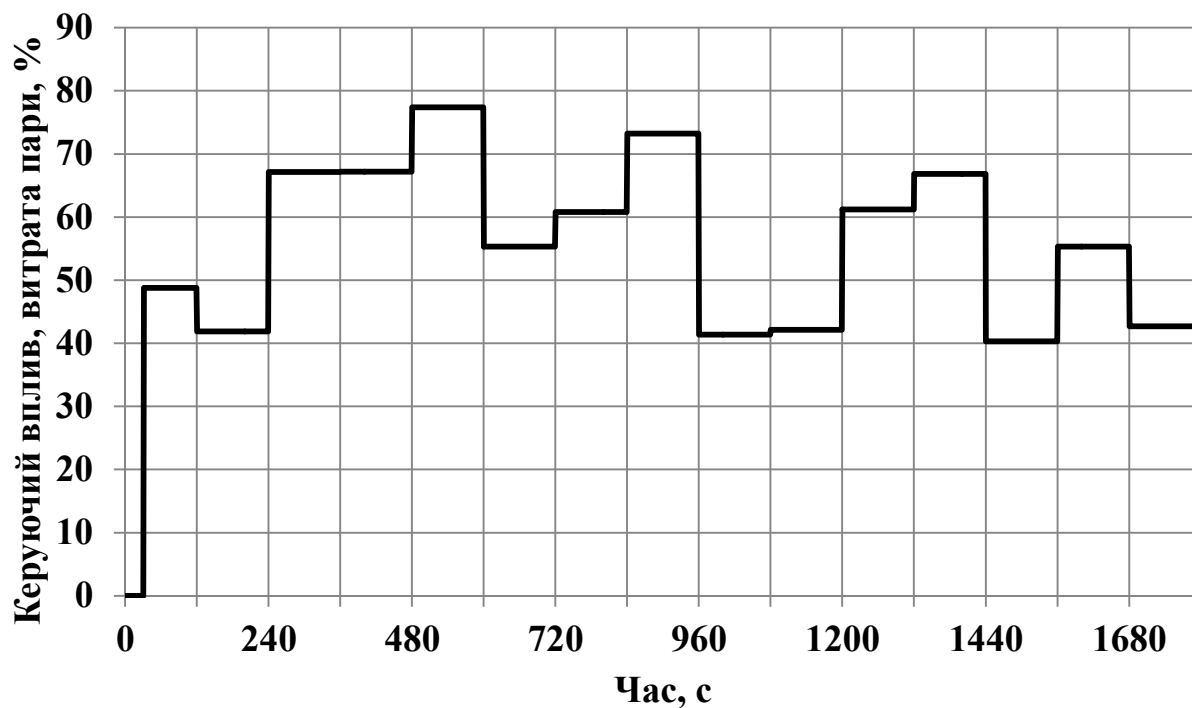


Рисунок 3.5 – Перевірочні дані

## 3.4 Обробка результатів експерименту

### 3.4.1 Підготовка даних

Ідентифікації буде виконана з використанням можливостей математичного пакету MATLAB. Експериментальні дані були імпортовані в MATLAB.

Конвертування даних для подальшої обробки виконується за допомогою команди «iddata»:

```
>>Dynamic_Raw = iddata(Dynamic_Output, Dynamic_Input, 1.0);
>>Static_Raw = iddata(Static_Output, Static_Input, 1.0);
>>P_Raw = iddata(P_Output, P_Input, 1.0);
>>Check_Raw = iddata(Check_Output, Check_Input, 1.0);
```

В подальшому вектор даних, що були отримані при подачі П-подібного впливу буде розділений на 2 частини, відповідно при зростанні керуючого впливу і при його зменшенні.

### 3.4.2 Структурна ідентифікація

Аналіз динамічної характеристики (рис. 3.6) дозволив встановити, що час керуючий вплив був поданий на 30 секунді експерименту, при цьому реакція об'єкта керування мала місце на 33 секунді. Тобто, об'єкту керування властиве запізнення, яке становить 3 секунди.

Також динамічна характеристика має декілька перегинів. Це свідчить про те, що об'єкт має мінімум один явно виражений корінь і модель відповідає аперіодичній ланці мінімум першого порядку.

Аналіз характеристики, що була отримана при подачі П-подібного сигналу керування (рис. 3.7), дозволяє стверджувати, що зростання керуючого сигналу веде до збільшення дійсного значення, а спадання – до зменшення дійсного значення. Тобто, об'єкт має властивість самовирівнюватись і не має інтегруючих властивостей.

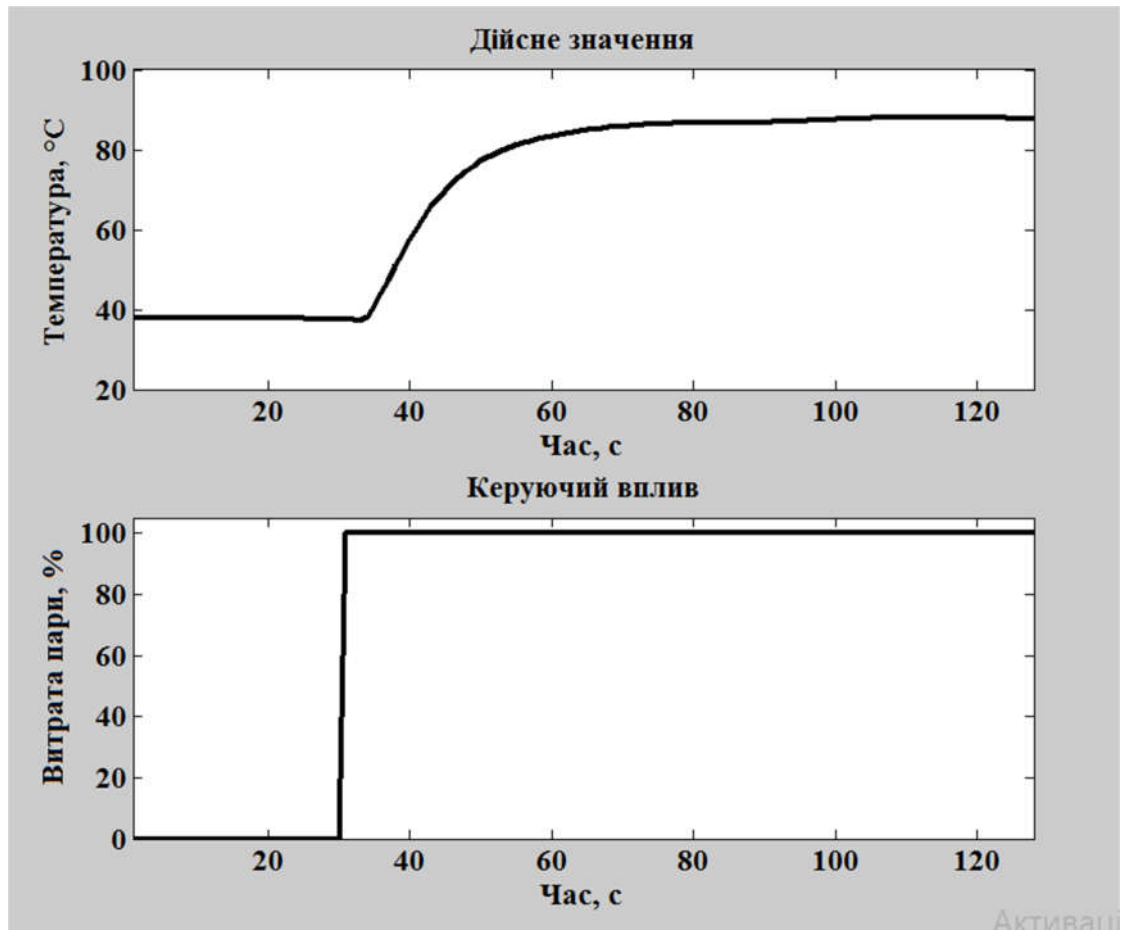


Рисунок 3.6 – Аналіз динамічної характеристики

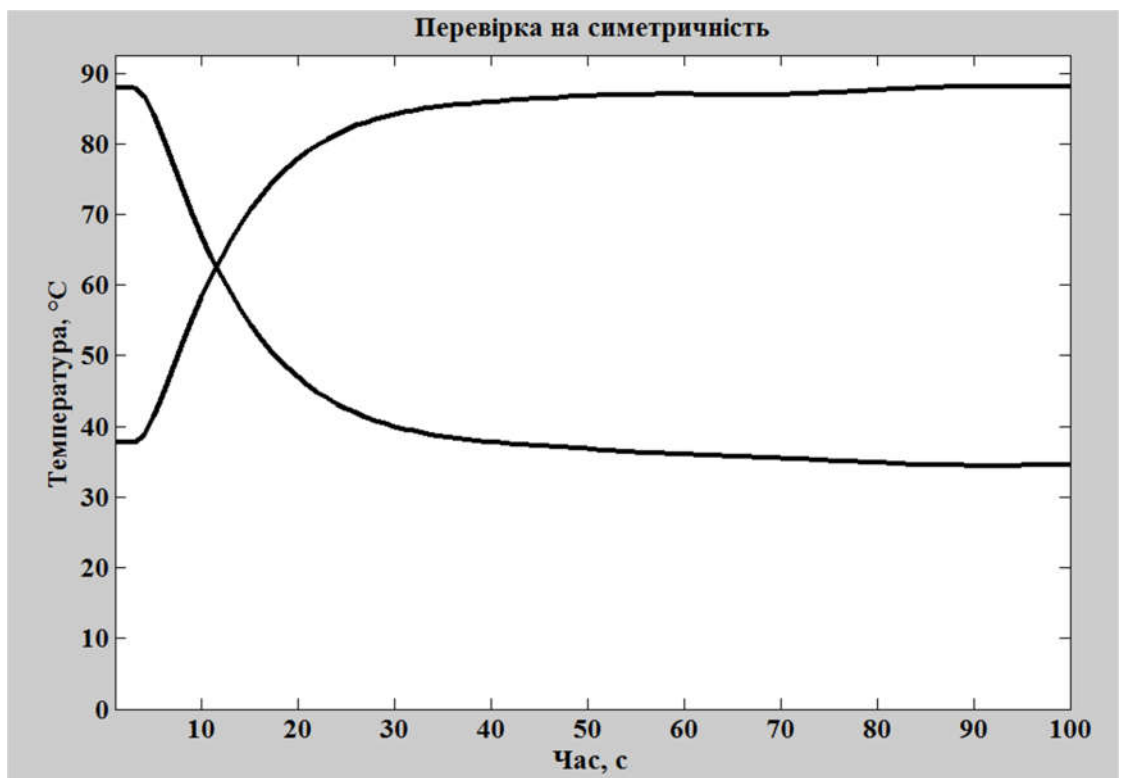


Рисунок 3.7 – Реакція на подачу П-подібного керуючого сигналу



Перевіримо симетричність об'єкта керування.

```
>>std(P_First)-std(P_Second)
ans =
    1.65
```

Перевірка на симетричність показала, що розбіжності характеристик становить 1.65 %, тобто об'єкт є симетричним.

Використовуючи дані експерименту, отримані при послідовному збільшенні керуючого впливу з кроком 20%, побудуємо статичну характеристику (рис.3.8).

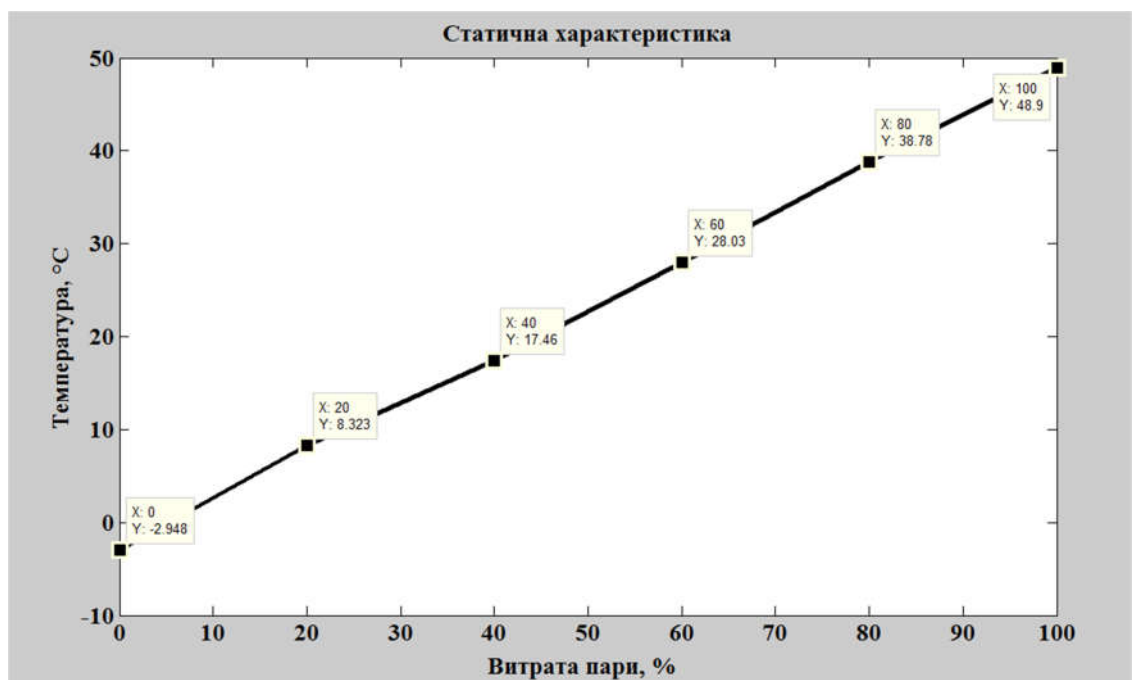


Рисунок 3.8 –Статична характеристика

Отримана статична характеристика є лінійною і об'єкт керування так само є лінійним у всьому діапазоні зміни керуючого впливу від 0 до 100%.

### 3.4.3 Параметрична ідентифікація

Розрахунок параметрів виконаємо в автоматичному режимі для аперіодичних ланок 1-го, 2-го та 3-го порядку з запізненням та без запізнення (рис. 3.9):

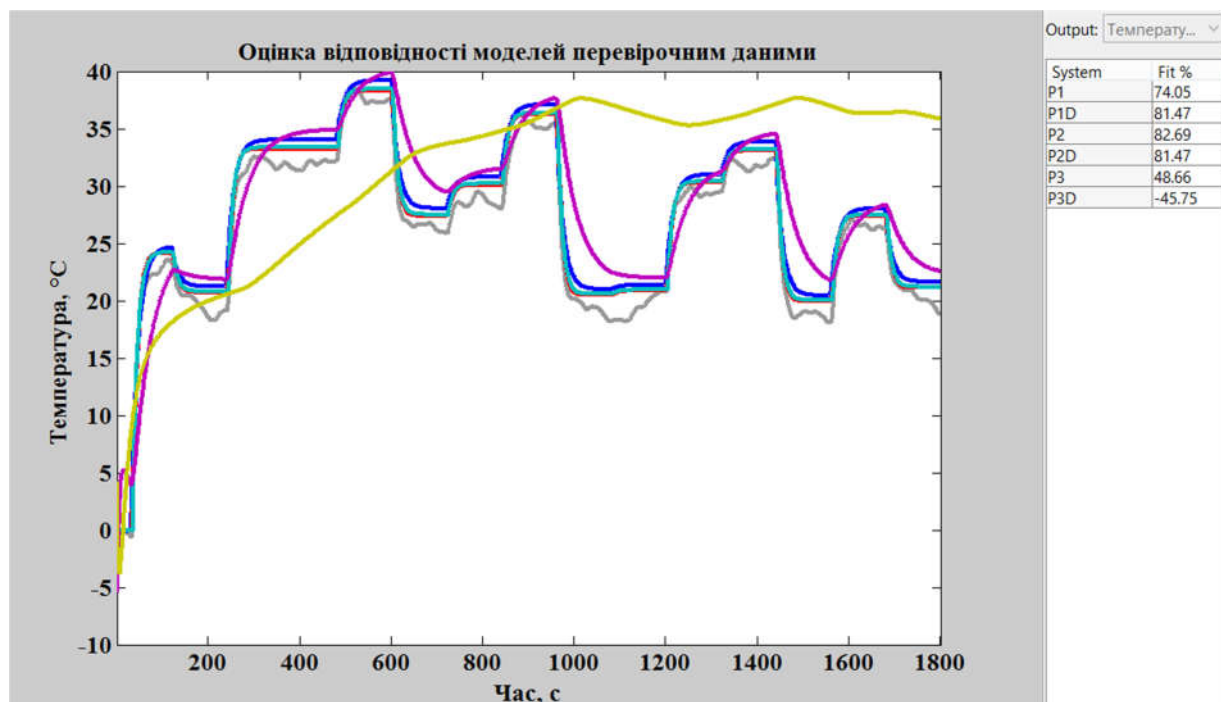


Рисунок 3.9 – Оцінка моделей по перевіроочним даним

Таблиця 3.1 – Результати розрахунку параметрів об'єкту керування

	K	T1	T2	T3	tau	FitD	FPE	MSE	FitC
P1	0,507	14,792	0,000	0,000	0,000	90,323	4,474	4,373	74,051
P1D	0,497	10,163	0,000	0,000	3,696	98,306	0,139	0,134	81,473
P2	0,495	7,628	5,700	0,000	0,000	96,573	0,570	0,548	82,686
P2D	0,497	0,000	10,163	0,000	3,696	98,306	0,141	0,134	81,473
P3	0,520	41,422	4,661	0,062	0,000	48,169	148,707	125,434	48,659
P3D	0,687	3,052	28,846	634,890	29,281	62,438	1614,06	65,876	-45,753

Тобто, модель другого порядку без запізнення «P2» та модель першого порядку з запізненням «P1D» найбільше відповідають об'єкту керування (відповідно 96,573% та 98,306%) але, зважаючи на більшу відповідність моделі другого порядку без запізнення по перевіроочним даним (рис.3.10) (82,686% проти 81,473%) остаточно приймаємо, що об'єкту керування відповідає аперіодична ланка другого порядку і модель об'єкта керування у вигляді передаточної функції матиме вигляд:

$$W(s) = \frac{0.495}{(7,628s + 1)(5,7s + 1)}$$

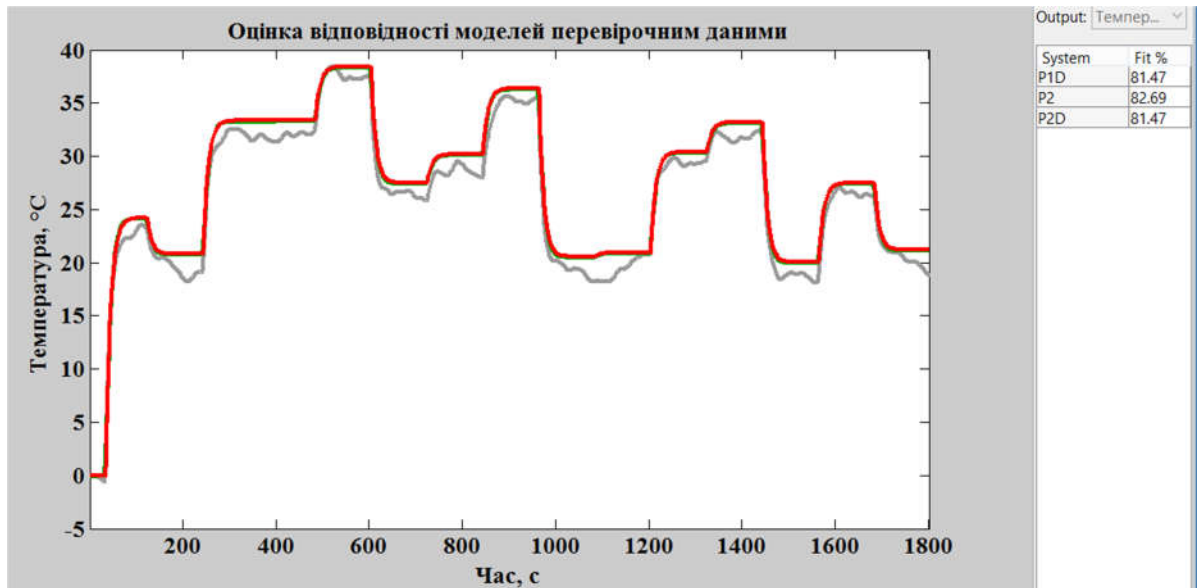


Рисунок 3.10 – Порівняння моделей з найкращими показниками

### 3.5 Розробка моделі об'єкта керування в Simulink

Створимо модель об'єкта керування в середовищі імітаційного моделювання Simulink/MATLAB (рис.3.11) та порівняємо результати з експериментальними даними (рис.3.12).

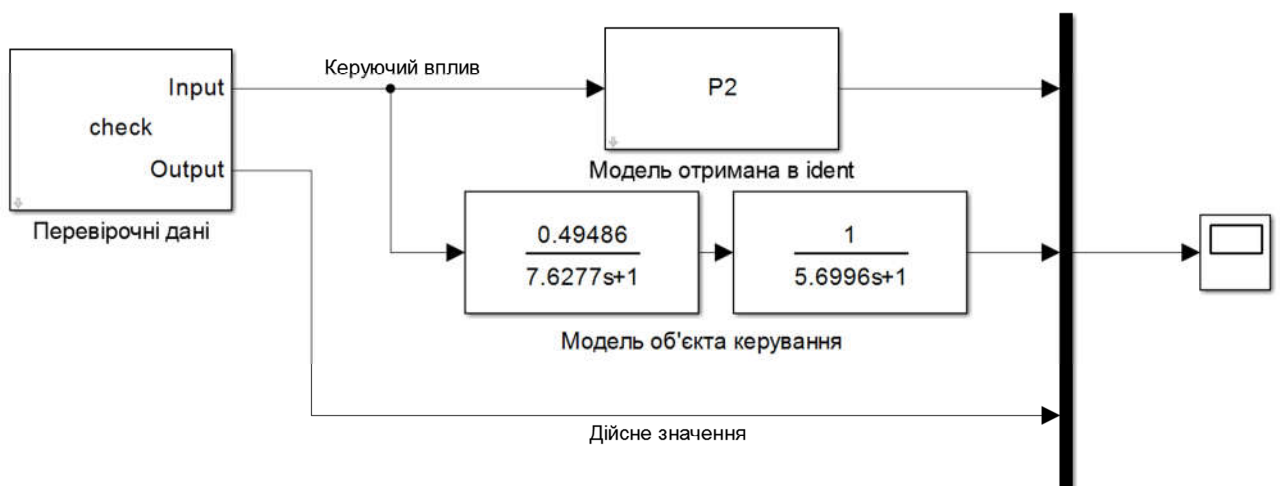


Рисунок 3.11 – Модель Simulink об'єкта керування

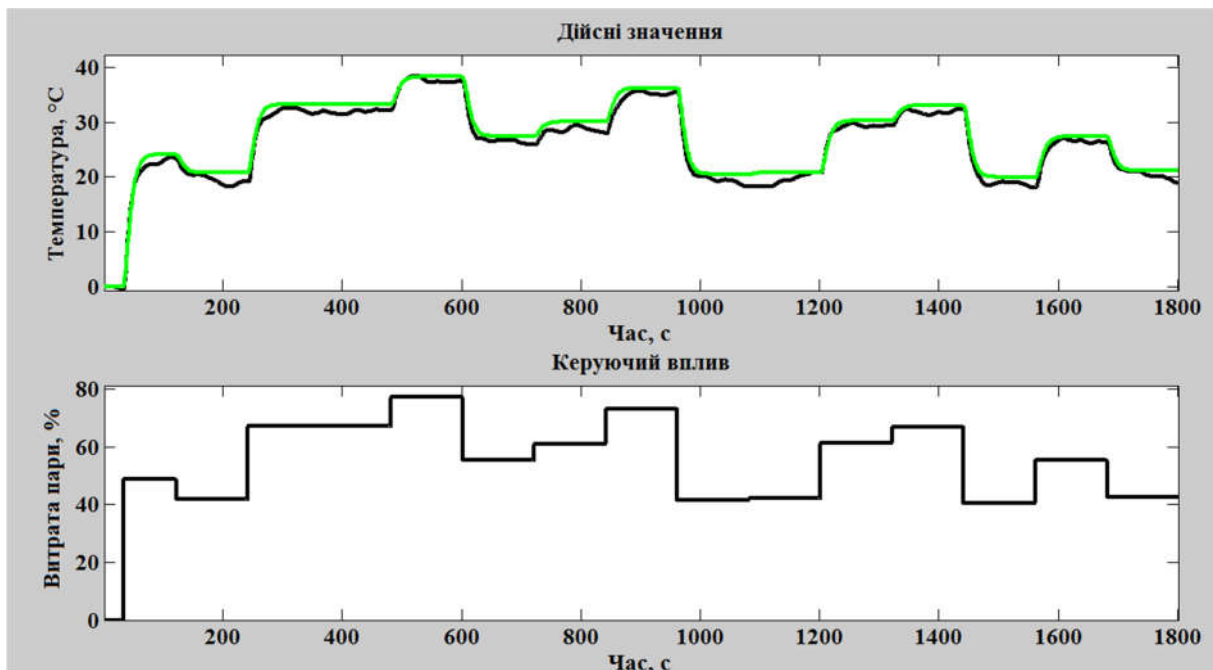


Рисунок 3.12 – Результат моделювання об'єкта керування

З урахуванням статичного зсуву характеристики, що обумовлений початковою температурою води ( $38^{\circ}\text{C}$ ) в контурі нагріву/охолодження робочої камери гумозмішувача, імітаційна модель об'єкта керування матиме наступний вигляд (рис.3.13). Результат моделювання представлений на рисунку 3.14.

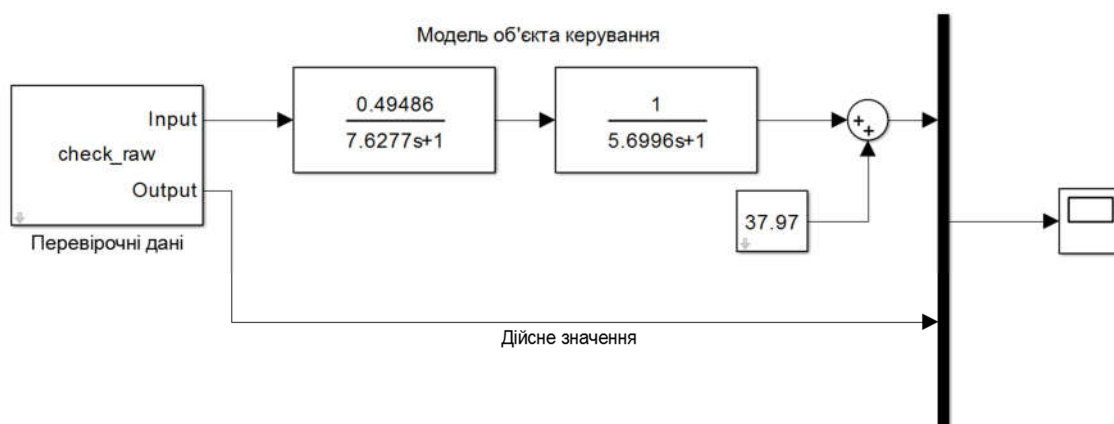


Рисунок 3.13 – Імітаційна модель об'єкта керування

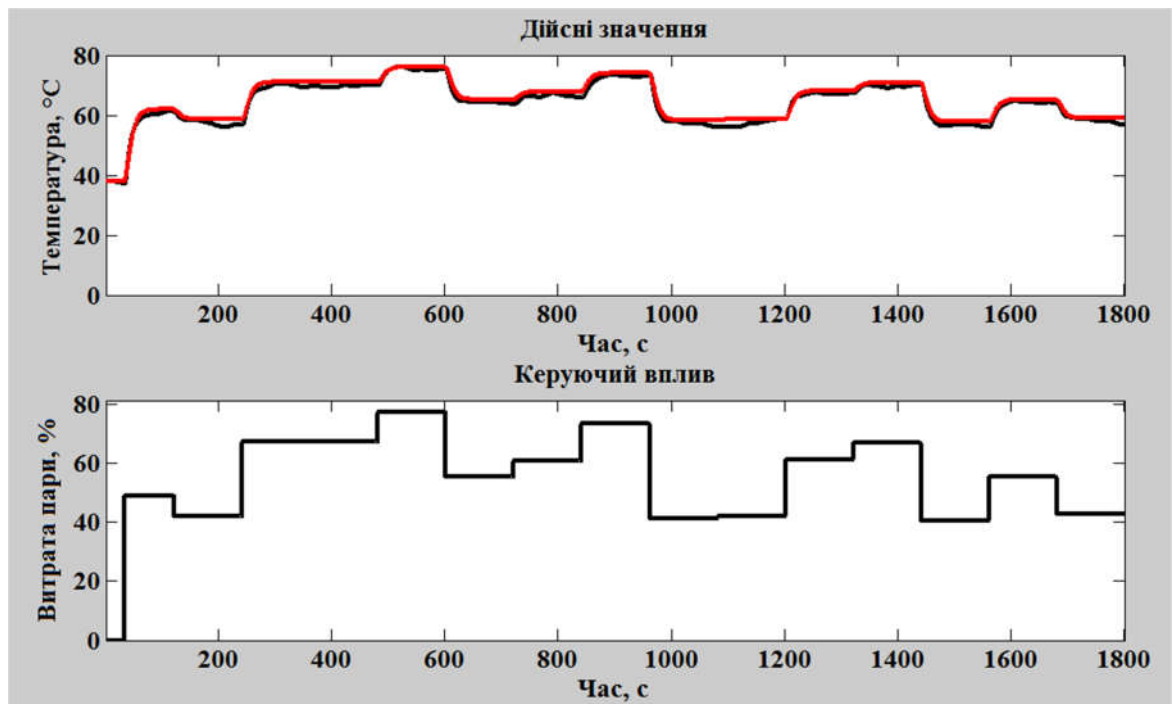


Рисунок 3.14 – Результат моделювання об'єкта керування

### 3.6 Перевірка моделі на адекватність

Остаточна оцінка моделі на відповідність перевірочним даним становить 82.77% і модель є адекватною та може бути використана для подальших досліджень(рис.3.15).

Результат моделювання представлений на рисунку 3.16.

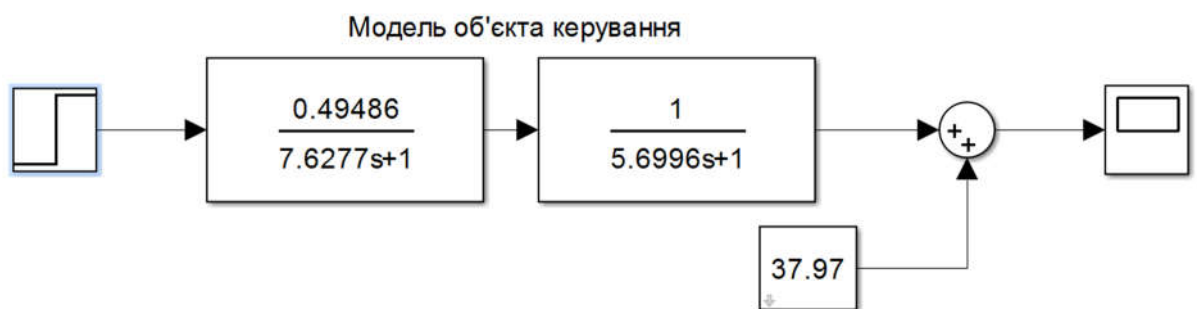


Рисунок 3.15 – Simulink, модель об'єкта керування

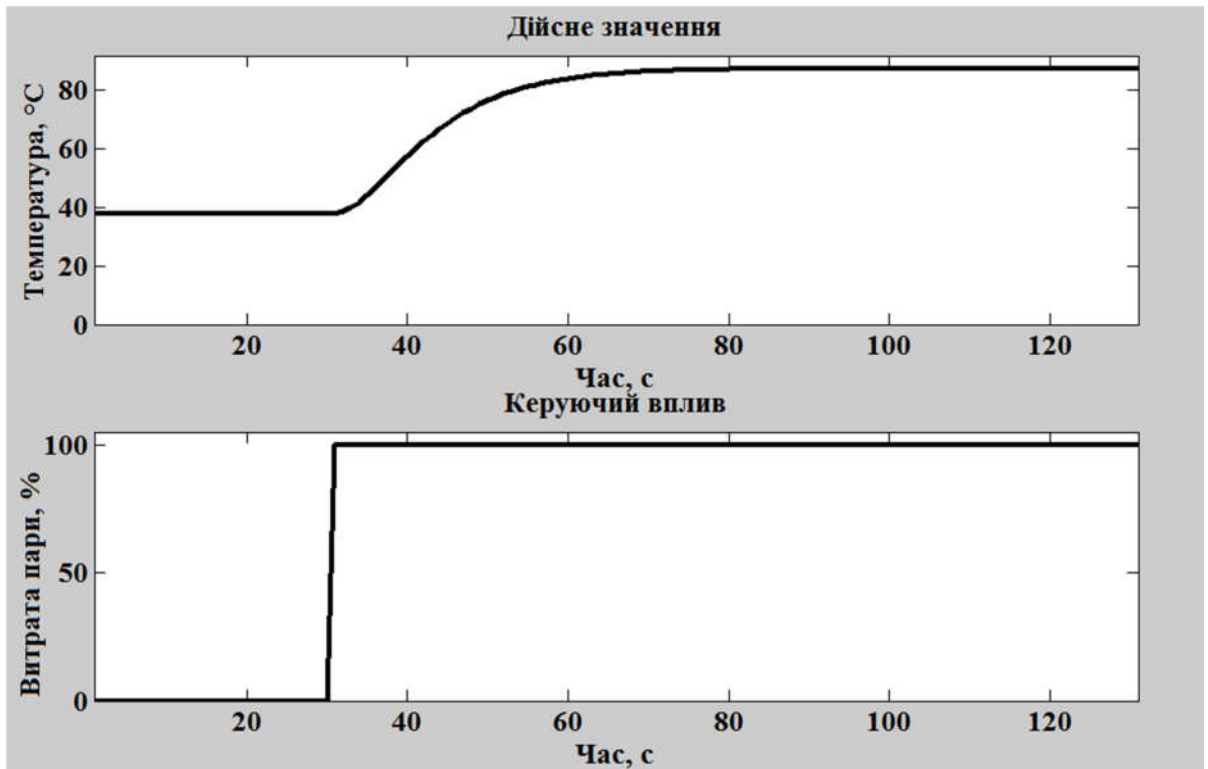


Рисунок 3.16– Результат моделювання

### 3.7 Висновки по розділу

1. В розділі розроблено структурну схему інформаційних потоків досліджуваної системи та план активного експерименту.
2. Виконано структурну та параметричну ідентифікацію об'єкта керування та отримано його модель у вигляді передавальної функції з аперіодичною ланкою другого порядку.
3. Перевірка моделі на адекватність об'єкту керування показала що, відповідність становить 82.77%.

## 4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

Гумотехнічна галузь з погляду розвитку є перспективною, оскільки споживання гумотехнічної продукції країні зростає. Це пов'язано насамперед з тим, що галузі, які споживають гумотехнічні вироби, у зв'язку з удосконаленням технології виробництва, збільшують споживання гумотехнічної продукції. Крім того, підприємства гумотехнічної галузі оновлюють основні фонди, зменшують вартість виробництва та підвищують спеціалізацію обладнання, покращують якість продукції з метою збереження конкурентних переваг на світовому ринку.

Розробка системи керування процесом попереднього нагріву інгредієнтів гумової суміші та синтез моделі гумозмішувача, як об'єкта керування, мають особливе значення для подальшого вдосконалення роботи обладнання на виробництві гумотехнічної продукції. Впровадження системи керування процесом попереднього нагріву інгредієнтів гумової суміші потребує економічних розрахунків, а саме обчислення капітальних витрат на технічні засоби автоматизації, вартості робіт на монтаж компонентів системи керування, та коштів на підтримку обладнання в робочому стані при експлуатації.

### 4.1 Розрахунки капітальних витрат

Капітальні витрати на придбання обладнання розраховуються згідно формули:

$$K = K_{об} + K_{тр} + K_{мн}, \quad (4.1)$$

де  $K_{об}$  – витрати на придбання обладнання,

$K_{тр}$  – витрати на транспортування обладнання;

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

Вартість компонентів системи керування зведена у таблиці 4.1

Таблиця 4.1 – Капітальні витрати, грн.

№ п/п	Найменування статей витрат	Кіл. шт.	Вартість за од., грн.	Загальна вартість, грн.	Транспортні витрати, грн.
1	ПЛК VIPA 200V		-	26000,0	800
2	ТСП-У-2-3-Рt100-2-В	2	690,0	1380,0	200
3	P16 A3 T3 010 Z	1	3200,0	3200,0	200
4	Clorius AVM321SK001	1	8400,0	8400,0	400
5	ПК оператора	1	21000,0	17300,0	600
	Разом			56280,0	2200

Монтаж системи керування процесом попереднього нагріву інгредієнтів гумової суміші виконується в умовах підприємства.

Витрати на впровадження системи керування будуть складатися з коштів на заробітну плату монтажника електричного обладнання та інженера з автоматизації. Термін виконання роботи 2 дні.

Таблиця 4.2 - Заробітна плата персоналу

№	Найменування професії	Розряд	Кіл-ть людей	Тариф (грн/день)	Кіл. днів	Фонд зар. плати (грн)
1	Монтажник ел. обл.	5	1	1200,0	2	2400,0
2	Інженер з автоматизації	6	1	1800,0	2	3600,0
	Разом:					6000,0
	ЄСВ (22%):					1320,0
	Усього:					7320,0

Капітальні витрати, складають:

$$K = 56280,0 + 2200,0 + 7320,0 = 65800,0 \text{ грн}$$



## 4.2 Розрахунок експлуатаційних витрат на утримання апаратури у споживача

Таблиця 4.3 - Витрати на ремонт обладнання

№	Найменування професії	Розряд	Кіл-ть людей	Тариф (грн/год)	Кіл. годин	Фонд зар. плати (грн)
1	Слюсар	6	1	200,0	168	33600,0
2	Інженер з автоматизації	-	1	250,0	168	42000,0
	Разом:					75600,0
	ЄСВ (22%):					16632,0
	Усього:					92232,0

Амортизація нового обладнання обчислюється за допомогою лінійного способу:

$$A = \Pi_{\text{ст}} * N_a / 100\%, \quad (4.2)$$

де  $\Pi_{\text{ст}}$  – початкова коштовність обладнання,  $N_a$  – норма амортизації.

$$A = 65800,0 * 20 / 100 = 13160,0 \text{ грн} \quad (4.3)$$

Вартість електроенергії при тарифі 1 кВт год = 2,68 грн та потужністю, споживаною системою керування 48Вт:

$$V_{\text{ел}} = Z_p * V_{1\text{кВт}}, \quad (4.4)$$

де  $Z_p$  – річні витрати електроенергії,

$V_{1\text{кВт}}$  – вартість 1кВт електроенергії

Маємо:

$$V_{\text{ел}} = 48 * 8 * 250 * 2.68 = 257 \text{ грн} \quad (4.5)$$

Таблиця 4.4 - Річні витрати на експлуатацію нового обладнання

Найменування статей витрат	Сума (грн у рік)
Амортизація обладнання (20%)	13160,0
Поточний ремонт	92232,0
Витрати на електроенергію	257
Разом	105649,0

### **4.3 Висновки по розділу**

Капітальні витрати на обладнання системи керування склали 65800,0 грн, та експлуатаційні витрати – 105649,0 грн.

## 5 ОХОРОНА ПРАЦІ

### 5.1 Аналіз шкідливих і небезпечних чинників

Гумова промисловість охоплює підприємства, основною сировиною яких є каучук, а готовою продукцією – гумові вироби. Застосовуються гумові вироби практично у всіх галузях народного господарства та у побуті. Основний обсяг гумових виробів (понад 80%) випускається у вигляді деталей різних конструкцій, машин та апаратів. Зважаючи на це, не можна не зауважити, що гумові вироби мають високу пожежну небезпеку, а продукти їх згорання є особливо токсичними.

На виробництва гумових сумішей працівники можуть опинитися під впливом небезпечних та шкідливих чинників:

- машини і механізми з рухомими елементами (транспортерні стрічки, черв'ячні дозатори, гумозмішувачі, каландри, екструдери та ін.);

- підвищене значення електричної напруги;

- підвищений рівень статичної електрики;

- пил в повітрі робочої зони (каптакс, альтакс, сірка та ін.)

- підвищена та понижена температура у широкому інтервалі (від -100 до +300°C);

- пари розчинників (бензин, бензол) та пластифікаторів;

- підвищений рівень шуму обладнання.

Окремо необхідно виділити стадії вальцювання гумової суміші та пресування:

- на стадії вальцювання гумової суміші має місце група фізично шкідливих факторів: можливість потрапляння рук робітника в частини обладнання, що обертаються, підвищені рівні шуму роботи вальців, висока напруга в електричному ланцюгу, підвищена температура поверхонь валків.

- на стадії пресування мають місце шкідливі та небезпечні фізичні фактори: робота з пресом, високий тиск, плити, що рухаються, підвищена

температура преса, прес-форм після вулканізації - захист рук обов'язковий та ін; а також - група хімічно небезпечних і шкідливих факторів: шкідливий вплив на організм людини сировини та одержуваної продукції, у тому числі газоподібні продукти, що виділяються після вулканізації.

## **5.2 Інженерно-технічні заходи щодо охорони праці**

Наявність шкідливих і небезпечних чинників на виробництві гумових сумішей потребує розробки заходів для попередження травм та аварійних ситуацій.

Електроустаткування має захисне виконання, тобто. передбачені пристосування для запобігання випадковому дотику до обертових і струмоведучих частин. Для відведення зарядів статичної електрики проектом передбачено заземлення обладнання;

Для запобігання травмуванню рук при роботі на вальцях, передбачені огороження частин, що обертаються та пристрій аварійного вимикача.

Для запобігання опікам, камера формування у вулканізаційному пресі має теплоізоляційне покриття та огороження.

Для забезпечення нормальних метеорологічних умов ( $t^{\circ} = 20-22^{\circ}\text{C}$ , відн. вологість 40-60%, швидкість руху повітря 0,1-0,2 м/с) та теплової рівноваги між теплом людини та навколишнім середовищем передбачено низку заходів:

дистанційне керування тепловипромінюючими процесами та апаратами;

раціональне розміщення обладнання, апаратів, комунікацій та інших джерел, що випромінюють на робочому місці тепло;

теплоізоляція обладнання та трубопроводів, що мають температуру вище  $45^{\circ}\text{C}$ .

У будівлі передбачена припливна вентиляція, загальнообмінна, витяжна та аварійна вентиляція з 8-кратним обміном.

Засобами профілактики захворювань, що викликаються впливом інтенсивного виробничого шуму, є індивідуальні засоби захисту від шуму - протишуми, які потрібно застосовувати у випадках перевищення допустимого рівня шуму на робочих місцях, а також регламентоване за часом нетривале перебування робітника в умовах інтенсивного шуму за умовами технології виробництва.

Зниження шуму в джерелі здійснюється за рахунок покращення конструкції машини або зміни технологічного процесу.

Також для зменшення впливу шуму на виробництві застосовані спеціальні звукоізолюючі кабіни та пультів дистанційного керування, що дозволяють знизити вплив цього шкідливого чинника на працівників.

### **5.3 Пожежна профілактика**

Виникнення пожежі на виробництві гумових виробів може бути внаслідок багатьох причин, а саме:

- самозаймання хімічних елементів під час виготовлення гумової суміші;
- порушення технологічних процесів та несправність обладнання, зокрема несвоєчасний ремонт обладнання;
- порушення технологічних інструкцій;
- введення у технологію виробництва матеріалів без урахування їх пожежонебезпечних властивостей;
- недбале та необережне поводження з вогнем;
- самозаймання або самозаймання промасленого спецодягу;
- короткі замикання. Струми коротких замикань досягають дуже великих величин, а тепловий і динамічний вплив, що їх супроводжує, може викликати руйнування електрообладнання, займання ізоляції і т. д.;
- утворення статичної електрики;

розгерметизація апаратів (відкриття люків, кришок, іншої запірної арматури) з виходом при цьому назовні певної кількості парів горючих речовин.

Для запобігання пожежі необхідно виконати заходи до яких відноситься:

дотримання протипожежних норм і правил при конструюванні та проектуванні будівель, обладнання;

утримання у справному стані обладнання;

суворий контроль за дотриманням правил експлуатації обладнання та дотримання правил та інструкцій з протипожежної безпеки;

застосування автоматичних пристроїв виявлення, оповіщення та гасіння пожеж.

Будівля корпусу одноповерхова, II ступеня вогнестійкості, стіни виконані з цегли, перекриття, опори, залізобетонні ферми, покрівля толева по залізобетонних плитах, залита бітумом, утеплювач керамзит.

Передбачено аварійне та евакуаційне освітлення.

Силові мережі електропостачання та освітлення обладнані пристроями захисного відключення (ПЗВ) відповідно до ПУЕ.

Будівля має систему блискавкозахисту відповідно до вимог.

Будівля обладнана системою вентиляції та димовидалення реверсивного типу: припливно – витяжна та природна.

Приміщення обладнано спринклерною системою пожежогасіння та пожежною сигналізацією. У цеху розташовано 5 установок об'ємного гасіння об'ємом  $1\text{м}^3$  кожна, пуск установок здійснюється відкриттям вентиля повітряної магістралі (зазначено табличкою), захист переходів у суміжні приміщення – водяними завісами, пуск – відкриттям вентиля безпосередньо біля отвору.

У будівлі розташовано 27 пожежних кранів, тиск 3,5 атм. Кожна шафа має рукав довжиною 20 метрів та ручний ствол.

#### **5.4 Висновки по розділу**

В розділі було розглянуто шкідливі та небезпечні чинники, що мають місце при роботі технологічного обладнання на виробництві гумових сумішей.

Розроблені інженерно-технічні заходи для усунення небезпечних чинників. Описано можливі причини виникнення пожежі та заходи пожежної профілактики.

## ВИСНОВКИ

1. Встановлено, що гумозмішувач періодичної дії, як об'єкт автоматизації відноситься до класу безперервних.

– об'єктом дослідження в роботі є процес попереднього нагріву інгредієнтів гумової суміші у гумозмішувачі;

– предметом дослідження в роботі є автоматизація процесу керування температурою гумової суміші;

– метою дослідження є отримання математичної моделі процесу зміни температури нагріву інгредієнтів гумової суміші у гумозмішувачі;

– об'єктом керування є гумозмішувач;

– вхідними параметрами для гумозмішувача, як об'єкта керування є сигнали керування на зміну витрати гарячої пари для підігріву води, що надходить до контуру нагрівання/охолодження камери та роторів змішувача;

– вихідним параметром є температура води на вході до контуру нагрівання/охолодження камери та роторів гумозмішувача.

2. Визначено структуру системи керування, вибрано датчики температури ТСП-У-2-3-Pt100-2-В та тиску Р16 А3 Т3 010 Z і виконавчий пристрій Clorius AVM321SK001. Датчики мають стандартний вихідний сигнал 4..20 мА, виконавчий пристрій також керується за сигналом 4.20мА. В якості пристрою керування вибрано ПЛК VIPA 214-2BE03, відповідно з модулями аналогового вводу VIPA 231-1BD40 та виводу VIPA 232-1BD40. Розраховано необхідну потужність джерела живлення. Розроблено функціональну схему автоматизації та схему електричну принципову системи керування температурою попереднього нагріву інгредієнтів гумової суміші у робочій камері гумозмішувача.

3. Розроблено структурну схему інформаційних потоків досліджуваної системи та план активного експерименту. Виконано структурну та параметричну ідентифікацію об'єкта керування та отримано його модель у



вигляді передавальної функції з аперіодичною ланкою другого порядку. Перевірка моделі на адекватність об'єкту керування показала що, відповідність становить 82.77%.

4. Капітальні витрати на обладнання системи керування склали 65800,0 грн, та експлуатаційні витрати – 105649,0 грн.

5. Розглянуто шкідливі та небезпечні чинники, що мають місце при роботі технологічного обладнання на виробництві гумових сумішей. Розроблені інженерно-технічні заходи для усунення шкідливих та небезпечних чинників. Описано можливі причини виникнення пожежі та заходи пожежної профілактики.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Гумоазбестова промисловість / Н. В. Тарасова // Енциклопедія Сучасної України [Електронний ресурс] / Редкол.: І. М. Дзюба, А. І. Жуковський, М. Г. Железняк [та ін.] ; НАН України, НТШ. – К. : Інститут енциклопедичних досліджень НАН України, 2006. – Режим доступу: <https://esu.com.ua/article-24710>
2. Єрмак А.В., Литвиненко Д.І., Ляшок І.О., Іщенко О.В. Тенденції розвитку гумової промисловості. Тези доповідей. ІІ Всеукраїнської конференції здобувачів вищої освіти і молодих учених «Інноватика в освіті, науці та бізнесі: виклики та можливості», ХНЕУ ім. С. Кузнеця – URL: [https://er.knutd.edu.ua/bitstream/123456789/19526/1/Innovatyka2021\\_V1\\_P254-259.pdf](https://er.knutd.edu.ua/bitstream/123456789/19526/1/Innovatyka2021_V1_P254-259.pdf) (дата звернення: 25.05.2023).
3. Топ-5 виробників промислової гуми в Україні. URL: <http://medvedplus.com.ua/text/uk/gum-zitomirinfotop-5-virobnikiv-promislovoi-gumi-v-ukraini.html> (дата звернення 27.05.2023)
4. Технології виготовлення деталей з гуми та пластмас. Основи проектування деталей. Навчальний посібник. Прикладна механіка усіх форм навчання. / Уклад. Злочевська Н.К., Тітов В.А.– Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 70 с
5. Гурин В. А., Востріков В. П., Кузьмич Л. В. Основи промислових технологій і матеріалознавства : навч. посібник. – Рівне : НУВГП, 2019. – 310 с.
6. Положення про навчально-методичне забезпечення освітнього процесу Національного технічного університету «Дніпровська політехніка» / Укладачі: Ю.О. Заболотна, Є.А. Коровяка, В.О. Салов; М-во освіти і науки України, Нац. техн. ун-т. «Дніпровська політехніка» – Д. : НТУ «ДП», 2018. – 23 с.
7. Положення про організацію атестації здобувачів вищої освіти НТУ «Дніпровська політехніка» / Укладачі: Ю.О. Заболотна, О.О. Конопльова, В.О.

Салова, В.О. Салов; М-во освіти і науки України, Нац. техн. ун-т. «Дніпровська політехніка» – Д. : НТУ «ДП», 2018. – 40 с.

8. Стандарт вищої освіти України. Рівень вищої освіти перший (бакалаврський) рівень. Ступінь вищої освіти бакалавр. Спеціальність 151 Автоматизації та комп'ютерно-інтегровані технології. МОН України. – Київ. – 2018. – 17 с.

9. ДСТУ 3008:2015. Звіти у сфері науки і техніки. Структура та правила оформлювання / Нац. стандарт України. – Вид. офіц. – [чинний від 2017-07-01]. – Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2016. – 27 с.

10. ДСТУ 1.5:2015. Правила розроблення. Викладання та оформлення національних нормативних документів оформлювання / Нац. стандарт України. – Вид. офіц. – [чинний від 2017-02-01]. – Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2016. – 61 с.

11. ДСТУ 8302:2015. Бібліографічне посилання. Загальні положення та правила складання / Нац. стандарт України. – Вид. офіц. – [Уведено вперше ; чинний від 2016-07-01]. – Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2016. – 17 с.

12. ДСТУ Б А.2.4-16:2008. Система проектної документації для будівництва. Автоматизація технологічних процесів. Зображення умовні приладів і засобів автоматизації в схемах / Нац. стандарт України. – Вид. офіц. – [Уведено вперше ; чинний від 2010-01-01]. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2008. – 10

13. Кваліфікаційна робота бакалавра. Методичні рекомендації до виконання здобувачами вищої освіти спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерноінтегровані технології» / В.В. Ткачов, О.О. Бойко та ін.; М-во освіти і науки України, Нац. техн. ун-т. «Дніпровська політехніка» – Електрон. Текст. Дані – Дніпро : НТУ «ДП», 2020. – 28 с.

14. Бойко О.О. Методичні вказівки до лабораторних робіт з теорії автоматичного управління для студентів напрямку підготовки «Комп'ютерна інжене-рія» / Укл.: О.О. Бойко – Д.: Державний ВНЗ «НГУ», 2017. – 107 с. – Режим доступу: <https://goo.gl/nUMtFE>. – Назва з домашньої сторінки Інтернету.

15. Костюк І. Ф., Капустник В. А. Професійні хвороби: Підручник. – 2-е вид., переробл. і доп. - К.: Здоров'я, 2003. – 582 с
16. ДСН 3.3.6.037-99 Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку
17. ДСТУ 10816-1:2007 Вібрація. Контроль стану машин за наслідками вимірювань вібрації на частинах, що не обертаються
18. Правила улаштування електроустановок. - Видання офіційне. Міненерговугілля України. - Харків: Вид-во «Форт», 2017. - 760 с.
19. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень
20. Основні вимоги до будівель і споруд. Пожежна безпека: ДБН В.1.2-7-2008 – Офіц. вид. – К.: Мінрегіонбуд України, 2008.– 30 с. – (Державні будівельні норми України).
21. ДБН В.2.5-67:2013 "Опалення, вентиляція та кондиціонування".
22. ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення.
23. ДСТУ Б В.1.1-36:2016 Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухо- та пожежною небезпекою

## ДОДАТОК А – ВІДОМІСТЬ РОБОТИ

№ рядка	Формат	Позначення	Найменування	Кількість аркушів	Шифр документу	Примітка	
1			<b><u>Документація</u></b>				
2							
3	A4	КФІВС.КВР.151.20СК.01.ПЗ	Пояснювальна записка	61	ПЗ		
4							
5			<b><u>Графічна матеріали</u></b>				
6							
7	A2	КФІВС.КВР.151.20СК.01.Е2	Функціональна схема				
8			автоматизації	1	Е2		
9							
10	A2	КФІВС.КВР.151.20СК.01.Е3	Схема електрична				
11			принципова	1	Е3		
12							
13	A4	КФІВС.КВР.151.20СК.01.Д	Перелік елементів	1	Д		
14							
15		КФІВС.КВР.151.20СК.01.ВДЕ	Носій інформації	1	ВДЕ		
16							
17							
18							
19							
20							
21							
22							
23							
24							
25							
26							
27							
28							
29							
			Підп.	Дата	<b>КФІВС.КВР.151.20СК.01.ТП</b>		
Зм.	Арк.	№ докум.					
Розробив		Арутюнов		04.06	Літ.	Аркуш	Аркушів
П. конс.		Славінський		10.06		1	1
Н. контр.		Славінський		10.06	Національний ТУ «Дніпровська політехніка», ЕФ, 151-20ск-1		
					Автоматизація технологічного процесу виробництва резинових сумішей. Відомість проекту		

## **ВІДГУКИ КОНСУЛЬТАНТІВ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ**

## **ВІДГУКИ КОНСУЛЬТАНТІВ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ**

## ВІДГУК

на кваліфікаційну роботу ступеню бакалавра  
на тему: “Автоматизація технологічного процесу виробництва резинових сумішей”  
здобувача вищої освіти академічної групи 151-20ск-1 Арутюнова Артема  
Геннадійовича

Завдання і зміст кваліфікаційної роботи ступеню бакалавра відповідає основній меті – перевірці знань та ступеню підготовки здобувача вищої освіти за спеціальністю “151 Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології”. Оформлення пояснювальної записки та графічних матеріалів кваліфікаційної роботи виконано відповідно до вимог стандартів та методичних рекомендацій повністю.

Актуальність роботи полягає в тому, що розробка нової системи керування дозволить зменшити вплив основних недоліків обладнання на виробництві гумових сумішей, а саме вдосконалити керування процесом попереднього нагріву інгредієнтів.

У першому розділі вирішено завдання проаналізована технологічний процес, структура об’єкта керування та вимоги до його функціонування. На підставі чого сформовані вимоги до апаратного забезпечення системи керування її функціонування та дослідження об’єкта керування.

У другому розділі вирішено завдання вибору датчиків та виконавчих пристроїв системи керування. За результатами аналізу вимог до функціонування системи керування, датчиків та виконавчих пристроїв обрано пристрій керування та його модулі. На підставі обраного апаратного забезпечення розроблено функціональну схему автоматизації системи керування та схему електричну принципову системи керування.

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

Четвертий та п’ятий розділи присвячені розрахунку вартості розробленої системи керування та аналізу небезпечних та шкідливих виробничих факторів при експлуатації системи керування технологічним процесом виробництва гумових сумішей.

При вирішенні завдань у розділах кваліфікаційної роботи здобувач вищої освіти підтвердив компетенції K01 «Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях»; K02 «Здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово»; K04 «Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій»; K05 «Здатність до пошуку, опрацювання та аналізу інформації з різних джерел»; K13 «Здатність виконувати аналіз об’єктів автоматизації на основі знань про процеси, що в них відбуваються та



застосовувати методи теорії автоматичного керування для дослідження, аналізу та синтезу систем автоматичного керування»; К14 Здатність застосовувати методи системного аналізу, математичного моделювання, ідентифікації та числові методи для розроблення математичних моделей окремих елементів та систем автоматизації в цілому, для аналізу якості їх функціонування із використанням новітніх комп'ютерних технологій. та інші.

Повнота та глибина вирішення поставлених завдань в кваліфікаційній роботі достатня.

В цілому кваліфікаційна робота ступеню бакалавра заслуговує оцінки \_\_\_\_\_ балів при відповідному захисті, а здобувач Арутюнов А.Г. присвоєння кваліфікації “бакалавр” за спеціальністю “151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології”.

Керівник кваліфікаційної роботи, \_\_\_\_\_  
асистент, (підпис)

Славінський Д.В.

\_\_\_\_\_  
(дата)

## РЕЦЕНЗІЯ

на кваліфікаційну роботу ступеню бакалавра

на тему: “Автоматизація технологічного процесу виробництва резинових сумішей”  
здобувача вищої освіти академічної групи 151-20ск-1 Арутюнова Артема  
Геннадійовича

Завдання і зміст кваліфікаційної роботи ступеню бакалавра відповідає основній меті – перевірці знань та ступеню підготовки здобувача вищої освіти за спеціальністю “151 Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології”. Оформлення пояснювальної записки та графічних матеріалів кваліфікаційної роботи виконано відповідно до вимог стандартів та методичних рекомендацій повністю.

Актуальність роботи полягає в тому, що розробка нової системи керування дозволить зменшити вплив основних недоліків обладнання на виробництві гумових сумішей, а саме вдосконалити керування процесом попереднього нагріву інгредієнтів.

В рамках кваліфікаційної роботи проаналізовано технологічний процес, структура об’єкта керування та вимоги до його функціонування. На підставі чого сформовані вимоги до апаратного забезпечення системи керування її функціонування та дослідження об’єкта керування. Обрано апаратне забезпечення, розроблено функціональну схему автоматизації гумозмішувача та схему електричну принципову системи керування. На підставі параметричної та структурної ідентифікації розроблено імітаційну модель об’єкта керування в графічному середовищі Simulink математичного пакету MATLAB. Порівняння даних отриманих на моделі з перевірочними даними показало їх відповідність до експериментальних даних. Враховуючи аналіз об’єкта керування, його структури і функціонування та відповідність результатів моделювання, встановлено, що отримана модель є адекватною до об’єкта керування.

При цьому для вирішення поставлених завдань використані емпіричні та теоретичні методи дослідження технологічних об’єктів, методи математичної статистики та теорії автоматичного керування.

Досягнення поставленої мети у кваліфікаційній роботі відбувається за рахунок використання сучасних засобів та способів автоматизації.

Основними результатами кваліфікаційної роботи є поглиблення і підтвердження студентом теоретичних і практичних знань з обраної спеціальності, набутих при вивченні професійно-орієнтованих дисциплін, вироблення умінь при вирішенні конкретних практичних завдань.

Повнота та глибина вирішення поставлених завдань в кваліфікаційній роботі достатня.

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

**ЗАТВЕРДЖЕНО:**  
завідувачем кафедри  
кіберфізичних та інформаційно-  
вимірювальних систем

\_\_\_\_\_ Бубліковим А.В.

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2023 року

### **ВИСНОВОК**

Про рівень запозичень у кваліфікаційній роботі бакалавра на тему “Автоматизація технологічного процесу виробництва резинових сумішей”, здобувача вищої освіти, групи 151-20ск-1 Арутюнова Артема Геннадійовича.

Загальний обсяг кваліфікаційної роботи без переліку посилань складає 57 сторінок. Програмне забезпечення використане для перевірки роботи “<https://unichек.com>”. Рівень запозичень у роботі складає \_\_\_\_\_ %, що є меншим 40 % запозичень з однієї роботи та відповідає вимогам Положення про систему запобігання та виявлення плагіату у Національному технічному університеті «Дніпровська політехніка».

Нормоконтролер,  
асистент,

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Славінський Д.В.

\_\_\_\_\_  
(дата)