

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

студентки Тананайко Наталії Анатоліївни
(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 желейного мармеладу
(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-
вимірювальних систем
(повна назва)

_____ Бубліковим А.В.
(підпис) (прізвище, ініціали)

« _____ » _____ 2023 року

ЗАВДАННЯ на кваліфікаційну роботу ступеню бакалавра

студенту Тананайко Н.А. 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 желейного мармеладу,
затверджену наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка» від 08.05.2023 р. № 328-с

Розділ	Зміст	Термін виконання
Стан питання та постановка завдання	Вступ. Аналіз джерел інформації щодо технологічного процесу. Огляд об'єкту автоматизації. Формулювання задачі дослідження.	16.05.2023
Розробка апаратного забезпечення системи керування	Вибір технічних засобів автоматизації. Розробка схем: структурної, функціональної автоматизації та електричної принципової.	22.05.2023
Визначення моделі об'єкта керування	Методика дослідження об'єкта керування. Виконання активного експерименту та обробка результатів. Синтез моделі об'єкта керування. Перевірка адекватності отриманої моделі.	25.05.2023
Економічна частина	Розрахунок витрат на створення системи керування.	12.06.2023
Охорона праці	Аналіз шкідливих та небезпечних чинників на виробництві. Розробка заходів щодо зменшення або усунення впливу негативних чинників.	12.06.2023

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)

Тананайко Н.А.

(прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка містить: 58 с, 33 рисунків, 12 таблиць, 23 джерела.

Предметом дослідження бакалаврської роботи є автоматизація технологічного процесу виробництва желейного мармеладу.

Об'єктом дослідження є технологічний процес стабілізації температури мармеладної маси під час розливу у форми

Мета дослідження: синтез імітаційної моделі процесу стабілізації температури мармеладної маси під час розливу у форми, що досягається при використанні інформаційних джерел, активного експерименту на об'єкті керування, структурної та параметричної ідентифікації, статистичного аналізу експериментальних даних, математичного та імітаційного моделювання.

В роботі було проаналізовано технологічний процес виробництва желейного мармеладу, розглянуто будову мармеладно-відливної машини, встановлені параметри процесу, що підлягають автоматизації. Були висунуті загальні вимоги до технічних засобів автоматизації, що мають бути використані при побудові системи керування.

Також, було розроблено схему структурну системи керування, обрані датчики (температури, густини, прозорості) і виконавчі пристрої. Зважаючи на технічні характеристики обраних елементів системи, був вибраний необхідний пристрій керування. Розроблені схеми функціональна автоматизації та електрична принципова.

Дані, отримані за результатами активного експерименту, дали можливість виконати структурну та параметричну ідентифікацію об'єкта керування і розробити імітаційну модель процесу стабілізації температури при розливі мармеладної маси у форми. Адекватність становить 96,0676%.

Ключові слова: МАРМЕЛАД, ПЕКТИН, МАШИНА, КОНТРОЛЕР ДАТЧИКИ, ІДЕНТИФІКАЦІЯ, АДЕКВАТНІСТЬ, МОДЕЛЬ.

ЗМІСТ

Вступ.....	6
1 Стан питання та постановка завдання	8
1.1 Галузь промисловості	8
1.2 Технологічний процес	9
1.3 Об'єкт керування.....	14
1.3.1 Загальна характеристика об'єкта керування	14
1.3.2 Структура об'єкта керування.....	16
1.3.3 Принцип функціонування об'єкта керування	16
1.4 Формулювання задачі дослідження	17
1.5 Висновки по розділу	18
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 датчиків	20
2.2.2 Вибір виконуючих пристроїв.....	21
2.2.3 Вибір пристрою керування	23
2.2.4 Вибір джерела живлення.....	25
2.3 Функціональна схема автоматизації відливальної машини	27
2.4 Розробка схеми електричної принципової	28
2.5 Висновки по розділу	29
3 Визначення моделі об'єкта керування.....	30
3.1 Розробка структурної схеми інформаційних потоків системи.....	30
3.2 Розробка методики дослідження об'єкта керування	31
3.3 Виконання експерименту	33
3.4 Обробка результатів експерименту.....	35
3.4.1 Підготовка даних.....	35
3.4.2 Структурна ідентифікація	36

3.4.3	Параметрична ідентифікація.....	39
3.4.4	Розробка моделі об'єкта керування в Simulink.....	42
3.4.5	Перевірка моделі на адекватність.....	44
3.5	Висновки по розділу	45
4	Економічна частина	46
4.1	Розрахунки капітальних витрат	46
4.2	Розрахунок експлуатаційних витрат на утримання апаратури у споживача	47
4.3	Висновки по розділу	48
5	Охорона праці.....	49
5.1	Аналіз шкідливих і небезпечних чинників.....	49
5.2	Інженерно-технічні заходи щодо охорони праці.....	50
5.3	Пожежна профілактика.....	52
5.4	Висновки по розділу	53
	Висновки	54
	Перелік посилань.....	56
	Додаток А – Відомість роботи.....	59

ВСТУП

«Мармелад» у перекладі з французької означає ретельно приготовану страву кольору яблук.

Історичне походження мармеладу відносять до Близького сходу та Східного Середземномор'я. Лише у XVI столітті, коли до Європи ринув потік дешевого американського цукру, розпочалося приготування західноєвропейських фруктових кондитерських виробів. Так було в англійських країнах з'явилися джеми, а французьких - конфітюри [1].

Виробництво мармеладу, як і значна частина виробництв харчової промисловості базується на безперервності технологічного процесу з використанням основного діючого обладнання, що створює передумови для комплексної та повної автоматизації процесу. Моделювання умов ведення технологічних процесів, а також різні розрахунки параметрів пристроїв управління таких, як первинні перетворювачі сигналів (датчики температури, тиску, тощо), вторинні перетворювачі сигналів (підсилювачі та пристрої для дистанційної передачі сигналів), регулятори, робочі та виконавчі механізми при аналізі стану виробництва сприяють оптимального вибору технічних рішень щодо управління процесами, що дозволяє не лише максимально знизити втрати сировини, а й підвищити ефективність процесів.

Автоматизація виробництва харчової промисловості забезпечує такі техніко-економічні показники: зростання річних обсягів випуску промислової продукції; підвищення продуктивності харчового устаткування; зменшення собівартості кінцевого продукту, за рахунок оптимізації виробничих витрат; покращення якості продукції.

Слід зазначити, що сучасний ринок харчових продуктів ставить перед виробниками нові вимоги, тому ефективність підприємств харчової промисловості значною мірою залежить не тільки від запровадження технологічних інновацій, а й від придбання додаткових переваг у збуті та

постачанні, можливості диверсифікувати продукцію та розширити ринки збуту. Тому сьогодні гостро постає питання інноваційної модернізації виробничих, організаційних та маркетингових процесів на підприємствах харчової промисловості з метою виробництва екологічної, якісної та корисної продукції масового споживання, яка максимально задовольнить внутрішній споживчий попит та забезпечить продовольчу безпеку в країні [2].

1 СТАН ПИТАННЯ ТА ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ

1.1 Галузь промисловості

Виробництво желейного мармеладу відноситься до кондитерської промисловості, що входить до харчової галузі. Загальне споживання всіх кондитерських виробів становить 5,7 % від усіх продуктів харчування в Україні.

Найбільшими виробниками кондитерських виробів в Україні є компанії: Roshen, ЗАТ «АВК», ЛКФ «Свиточ», ЗАТ «Крафт Фудз Україна», ЗАТ «ПО «Київ-Конті». Ці виробники мають ринкову частку від 4 до 26% і виробляють до 72% загального обсягу продукції [3].

Сьогодні асортимент мармеладу значно ширший, ніж це було 10 років тому: всілякі фруктові часточки, рулетики, равлики, багат шаровий мармелад (з пастилою), з кокосовою стружкою, в шоколадній глазурі та ін. А пружна консистенція жувального мармеладу розкрила мармеладного алфавіту до найпопулярніших казкових персонажів.

Збільшення обсягів виробництва мармеладу в Україні за останні роки обумовлено декількома факторами: по-перше, підвищеним попитом на цей вид продукції, по-друге, відносно невисокою вартістю технологічного обладнання й, по-третє, не дуже складною технологією [4].

З роками у мармеладу з'явилися нові і нові види, проте технологія виробництва залишилася без змін - мармелад виходить шляхом уварювання певних фруктів до твердого стану. Як фрукти можна використовувати айву, яблука, абрикоси та деякі інші плоди, оскільки саме в цих фруктах міститься в'язуча речовина, той самий пектин, завдяки якому мармелад і має таку мармеладну консистенцію [5].

Розширення сфери споживання мармеладу, а також значна потреба в ньому в інших галузях промисловості вимагають збільшення обсягу випуску

цього продукту, що у свою чергу, обумовлює необхідність удосконалення техніки для його виробництва.

Якщо вітчизняне виробництво не задовольняє повністю попит через недостатній розвиток або спад, то це призводить до дефіциту товарів або збільшення питомої частки імпорتنих товарів. Для сучасного стану споживчого ринку кондитерських товарів характерні спад вітчизняного виробництва та збільшення частки імпорتنих товарів у структурі асортименту.

Витіснення з ринку вітчизняних товарів імпортними викликано двома основними причинами. По-перше, це низька конкурентоспроможність окремих товарів внаслідок поганої якості упаковки та маркування (зовні багато імпорتنих товарів перевершують вітчизняні), а іноді й якості самих товарів, недостатності або повної відсутності реклами та інших засобів інформації про товар, слабо налагоджених каналів розподілу, підвищених цін. По-друге, дається взнаки колишня привабливість імпорتنих товарів, закуповуваних централізовано через державні зовнішньоторговельні організації, хоча в останні роки якість імпорتنих товарів, що надходять на наш ринок, різко знизилася [6].

1.2 Технологічний процес

Желейний мармелад виготовляється на основі студнеутворювачів. Виготовлений на основі желуючих речовин – агар-агар, фурацеларан, пектин, з додаванням цукрового піску, патоки, кислоти, наприклад, аскорбінової, ароматизаторів та барвників, а також фруктових соків.

Пектин є водорозчинною речовиною м'якоті фруктів, ягід, овочів, листя, коріння рослин. Пектин отримують з яблучних вичавків, бурякового жому і витерок із скоринки цитрусових.

Пектинові речовини – складні полісахариди. Основний структурний компонент – галактуранова кислота. Пектин є білим порошком. Смак та запах – слабокислий. При змішуванні з водою утворює колоїдний розчин великої в'язкості.

Пектин як студнеутворювач утворює міцний холодець тільки у присутності цукру та кислоти. Тобто, співвідношення цукру, пектину та кислоти має бути 65:1.1.

Студнеутворююча здатність пектинів різна. Найкращим вважається пектин із скоринки цитрусових та яблучних вичавків. Вміст пектину в сухій скоринці цитрусових 30...40%, сухому буряковому жомі-22...25%, сухих яблучних вичавках - 18...20%. Студнеутворююча здатність в цілому залежить від молекулярної маси та ступеня його метоксилування. Студнеутворююча здатність сухого цитрусового та яблучного пектину дорівнює студнеутворюючій здатності агару.

Вологість пектину – 10%.

Порошкоподібний пектин упаковують у жерстяну та картонну тару масою не більше 8 кг.

Зберігання пектину здійснюють при відносній вологості повітря не більше 85 % та температурі не вище 30 °С.

Процес виробництва желейного мармеладу включає наступні стадії:

- підготовка сировини до виробництва;
- приготування (варіння) мармеладної маси;
- розлив, охолодження (вистійка), різання та підсушування;
- упаковка, маркування, зберігання.

Розглянемо докладніше стадії процесу виробництва мармеладу.

Сировина, що застосовується для виробництва, повинна готуватися відповідно до вимог про підготовку сировини, згідно з інструкцією з виробництва кондитерських виробів.

Підготовка сировини до виробництва повинна проводитися відповідно до чинної “Інструкції щодо запобігання потраплянню сторонніх предметів у продукцію на підприємствах у кондитерській галузі ” та чинних “Санітарних правил для підприємств кондитерської промисловості”.

Приготування (варіння) мармеладної маси:

В окремій керамічній посудині готується розчин лимонної кислоти з розрахунку на 1 кг пектину: до 40г-50г лимонної кислоти додається 50г води і розчин перемішується до повного розчинення кристалів.

При використанні 1 кг пектину рекомендується ємність для варіння мармеладу брати об'ємом не менше 20 л та діаметром не менше 350мм . У ємність наливається вода з температурою не вище 50 °С розрахунку : 3,6 л на 1 кг пектину. При постійному перемішуванні повільно порошок вводиться у воду і доводиться до активного кипіння.

Прокип'ятити до повного розчинення пектину від 2 до 3 хвилин активного кипіння. Розчин повинен бути прозорим, і не містити грудок пектину.

Невеликими порціями, у 3 - 5 прийомів вводиться цукор із розрахунку 6,7 кг на 1 кг пектину. Повільне введення цукру перешкоджає швидкому охолодженню та передчасному желюванню мармеладної маси. Цукор використовувати за кімнатної температури. Якщо цукор зберігався у холодному місці, слід заздалегідь занести його у тепло.

Оптимальний режим варіння мармеладної маси: після введення цукру, з початку закипання, час варіння має бути в межах 20 - 30 хв., При цьому температура мармеладної маси повинна підвищитися до 107°C - 108°C (вимірювання слід проводити постійно). Вміст сухих речовин має сягати 77%.

Процес підігріву регулюється через зміною потужності електричних або газових нагрівачів. Для скорочення часу варіння нагрівання мармеладної маси до кипіння слід проводити при закритій кришці, періодично помішуючи, щоб уникнути пригару. Після закипання кришку слід зняти і мармеладну масу уварювати при частому або постійному перемішуванні . Подачу тепла на цій стадії можна збільшити, оскільки зменшується можливість пригару. У разі появи великої кількості піни допускається додавання невеликої кількості олії.

Мармеладну масу не варто варити менше 20 хвилин або уварювати мармеладну масу при температурі менше 107°C. Мармелад буде м'яким і при

зберіганні швидко зацукриться. Також, не варто варити мармеладну масу довше 40 хв. Мармелад набуває в'язкої консистенції, при зберіганні стає мокрим, втрачає товарний вигляд.

При надмірному тепловому режимі, наприклад, при інтенсивному уварюванні мармеладної маси протягом 30хв. до температури понад 110°C, мармелад буде щільним, але його вихід знижується.

Після досягнення необхідної концентрації сухих речовин (або досягнення необхідної температури) нагрів припиняється, вносяться барвник і ароматизатор і ретельно все перемішується. Перемішування відбувається до зникнення піни на поверхні рідкої мармеладної маси. Далі вводиться заздалегідь приготований розчин лимонної кислоти і, знову, ретельно перемішується.

Зварену мармеладну масу проціджують через сито з отворами не більше 2х2 мм і виливають із ємності на столи, листи або у форми при температурі не найменше 80°C.

Щоб уникнути додаткових втрат, можна проціджувати відразу на підготовлену тару для охолодження або, залежно від кількості звареного мармеладу, проціджувати в проміжні каструлі, відра, а з них відразу виливати в тару для охолодження.

Розлив, охолодження (вистійка), різання та підсушування:

До початку розливу мармеладу повинні бути підготовлені столи, листи або форми, встановлені горизонтально для отримання мармеладного пласта рівномірного по товщині.

Поверхні форм або деко перед розливом мармеладу злегка змащують олією. Витрата рослинної олії на змащення деко або столів визначається дослідним шляхом і затверджується підприємством - виробником.

При виробництві формового мармеладу в період розливу у фігурні форми необхідно будь-яким способом забезпечити підтримання температури звареної мармеладної маси в межах 80 - 90°C, щоб уникнути передчасного желювання.

Температурний режим нагріву ємності із залишками мармеладної маси не повинен допускати її кипіння.

Рекомендується розлив проводити термостійкі силіконові форми, в яких відбувається швидке охолодження протягом 15-30 хв, що дозволяє використовувати форму багаторазово протягом робочого дня.

Застиглий формовий мармелад легко витягається з форми і відразу обсипається дрібним цукровим піском.

Перед упаковкою отриманий мармелад слід укласти на сітчасті листи і провести підсушування протягом 6 - 12 годин за умов цеху [5].

Технологічна схема виробництва мармеладу представлена на рисунку 1.1. На схемі вказане наступне обладнання: 1 – змішувачі; 2 – насос; 3 – протиральна машина; 4 – прийомний збірник; 5,12– шестеренний насос; 6 – автоваги; 7 – бункер цукор-пісок; 8 – мірний бачок патоки; 9 – бачок лактату натрію; 10 – змішувач для цукрово-яблучної суміші; 11 – фільтр; 13 – варочний казан з мішалкою; 14 – плунжерний насос; 15 – безперервно діючий трикамерний варильний апарат; 16 – паровідокремлювач; 17 – темперуюча машина; 18 – плунжерний насос-дозатор; 19 – охолоджувальна камера відливальної машини; 20 – змішувач; 21 – відливальна головка; 22 – ланцюговий пластинчастий конвеєр; 23 – змійовик; 24 – механізм для вибірки мармеладу; 25 – сушарка; 26 – вертикальний полицевий конвеєр; 27, 30 – вертикальний транспортер; 28, 36 – вентилятор; 29 – паровий калорифер; 31, 32, 33, 34 – стрічковий конвеєр; 35 – човновий вертикальний конвеєр; 37 – холодильна батарея.

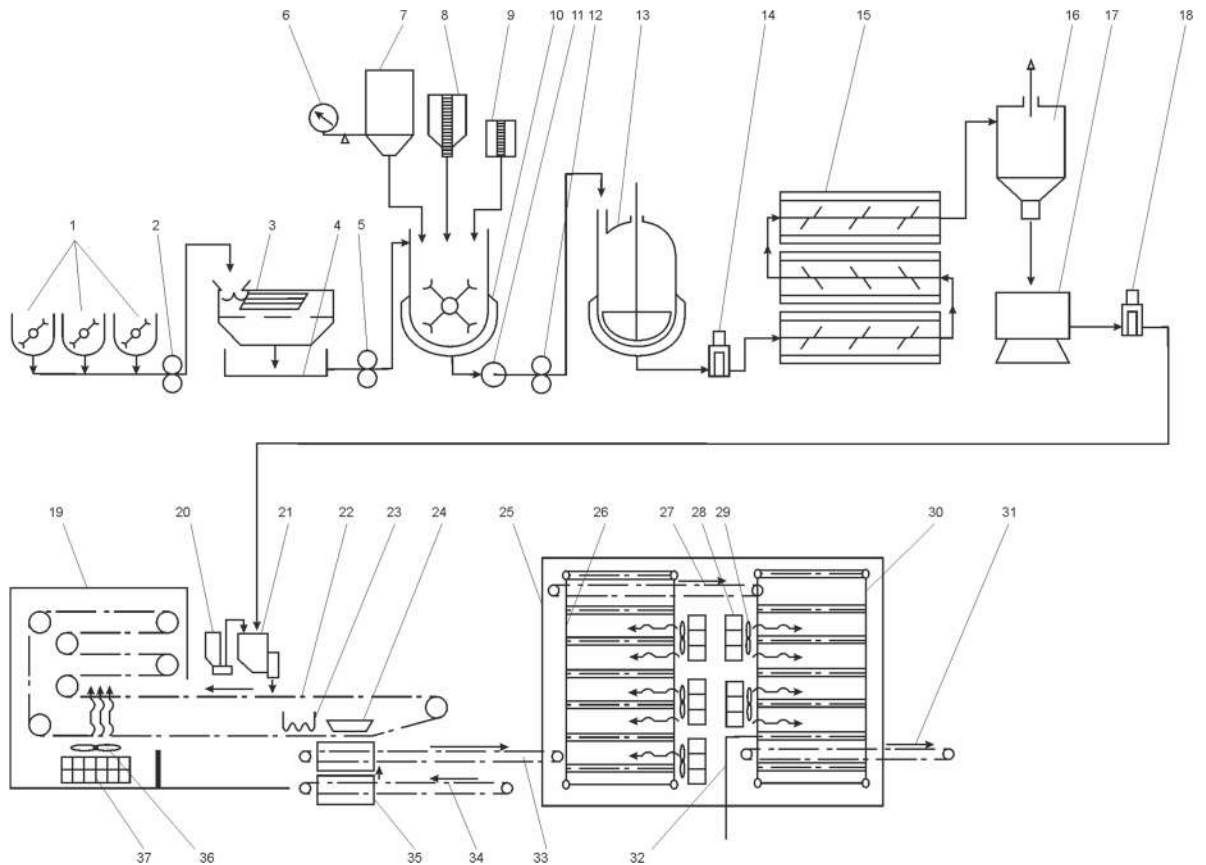


Рисунок 1.1 – Технологічна схема виробництва формового мармеладу

1.3 Об'єкт керування

1.3.1 Загальна характеристика об'єкта керування

Одним з етапів виробництва мармеладу, що впливає на його товарний вид є процес формування – вилівка у форми.

Мармеладовідливочна машина МОК-150 - обов'язкове обладнання в стандартній лінії з виробництва мармеладу (рис. 1.2). Апарат виконує заливку готової желевної маси в силіконові форми.



Рисунок 1.2 – Мармеладовідливочна машина МОК-150

Охолоджена після уварювання желейна маса заливається в контейнер, звідки надходить в відливальній станцію. Відсадження мармеладної маси через дюзи проводиться ходом поршневої групи. Налаштування ходу поршня визначає дозування рідкої маси у силіконові форми.

У конструкцію мармеладовідливочної машини входить приймаючий стіл, регулюючи довжину якого можна використовувати спеціальні силіконові форми і отримувати фігурні вироби. МОК-150 в комплектації з 12 дюзами по продуктивності перевищує механічні аналоги в три рази.

Технічні характеристики мармеладовідливочної машини МОК-150:

Продуктивність, циклів в годину до 1500

Час виливки циклу, сек 2,5

Кількість штук в ряду 8

Кількість рядів у формі від 3

Встановлена потужність, кВт 3,6

Габаритні розміри форми, мм 335 x 180

1.3.2 Структура об'єкта керування

Конструктивно машина для формування мармеладу (рис.1.3) складається з: корпусу з приводом, основного конвеєра, багаторядного дозатора об'ємного типу з приймальним бункером, системи автоматичного керування та комплекту лотків. Бункер дозатора і корпус головки, що дозує, забезпечені водяною сорочкою обігріву для підтримки заданої температури мармеладної маси.

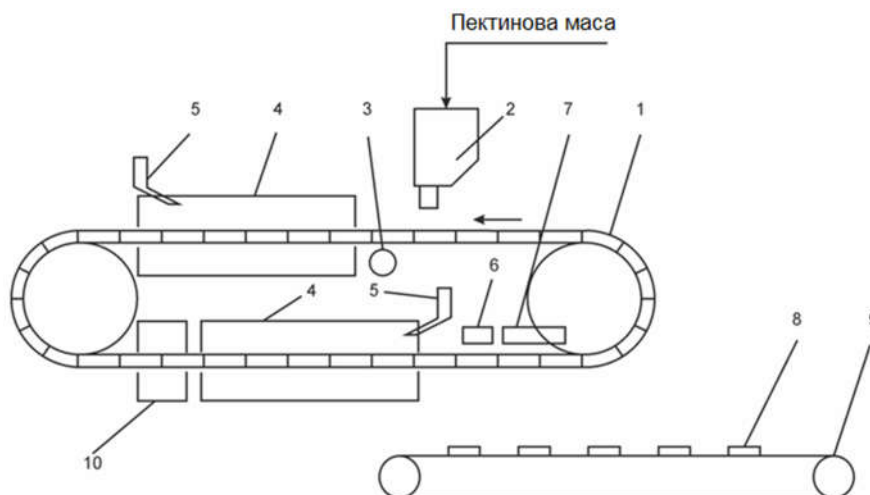


Рисунок 1.3 – Конструкція мармеладовідливної машини

1 – металеві пластини з формами; 2 – бункер; 3 – обертовий валик; 4 – камера; 5 – пневмопатрубок; 6 – електронагрівач; 7 – каретки; 8 – лотки, що рухаються; 9 – транспортері; 10 – щітковий пристрій.

1.3.3 Принцип функціонування об'єкта керування

Виготовлення одного з найпопулярніших десертів – мармеладу, здійснюється завдяки використанню відливальних машин, які складаються в основному з транспортера, штампувального та відсаджувального механізму, що рухається. Принцип роботи мармеладовідливальних машин полягає у надходженні мармеладної маси з бункера в дозатор, що відсаджує ці маси до силіконових форм.

Мармеладну масу з температурою 75-80°C та вологістю 28-29% розливають у фігурні форми за допомогою головки дозатора, встановленого над транспортером з формами. Починається процес застигання мармеладу. Якщо

температура навколишнього середовища при цьому від 15 до 20°C мармелад застигатиме близько 10 хвилин, а при 20-30 °C – до 16 хвилин включно. Довжина і швидкість транспортера розраховані на максимальну температуру, що не перевищує 30°C, тобто на 16 хв.

Використання мармеладовідливальних машин дозволяє значно підвищити процес виробництва, звести до мінімуму ручну працю, знизити витрати енергоносіїв. Агрегати виробляють вироби різноманітних конфігурацій завдяки використанню різних комплектів форм. Мармеладовідливні машини відливають продукцію за допомогою періодичного та поршневого методу. Деякі з агрегатів можуть бути додатковими дозаторами, що дозволяють виробляти вироби з начинкою.

Для контролю виробництва машина повинна мати датчики температури, за допомогою яких оператор буде проінформований щодо температури мармеладної маси в розливній ємності та води в сорочці теплоносія, а регулювання температури може виконуватись через зміну витрати теплоносія.

Маса сухих речовин вимірюється рефрактометром та має становити не менше 75%.

1.4 Формулювання задачі дослідження

В даній кваліфікаційній роботі в якості об'єкта дослідження взятий контур стабілізації температури мармеладної маси в роздатному бункері. Стабільність температури мармеладної маси в значній мірі впливає на якість готового мармеладу, на його органолептичні характеристики. Нагрів мармеладної маси відбувається за рахунок змінювання витрати теплоносія – гарячої води до грючої «сорочки» бункера.

Зважаючи на навчальний характер кваліфікаційної роботи, для проведення експериментальних досліджень буде використано scada zenon. Необхідно отримати дані, що відповідають реакції об'єкта при створенні

заданих керуючих впливів, тобто, зняти динамічну характеристику, дані статичної характеристики, реакцію на П-подібний вплив та перевірочні дані.

Виконати структурну та параметричну ідентифікацію об'єкту.

Побудувати імітаційну модель у Simulink. Перевірити адекватність об'єкта, яка має складати не менше 80%.

1.5 Висновки по розділу

Процес виробництва мармеладу, а саме стабілізація температури мармеладної маси при відливанні в форми, відноситься до безперервного класу. Тобто, температура розплавленої мармеладної маси у розливному бункері є параметром, який необхідно постійно контролювати.

На підставі розглянутих особливостей роботи обладнання для відливання мармеладу та існуючих способів регулювання процесів стабілізації температури можемо зробити висновок, що мармеладовідливочна машина МОК-150 відноситься до безперервних об'єктів керування.

Система керування повинна містити наступні компоненти: датчик температури мармеладної маси у розливному бункері, пристрій керування та виконуючий пристрій для регулювання витрати гарячої води на підігрів мармеладної маси.

2 РОЗРОБКА АПАРАТНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ

2.1 Розробка структурної схеми системи керування

В роботі, за об'єкту керування прийнято процес стабілізації температури мармеладної маси у розливному бункері. Температура мармеладної маси в розливному бункері змінюється за рахунок зміни витрати теплоносія – гарячої води, яка подається до гріючої «сорочки» розливного бункера. Необхідна кількість гарячої води задається через зміну положення (ступінь відкриття) робочого органу клапана в діапазоні від 0 до 100%. При цьому положення 0% говорить про повністю закритий клапан та відсутність витрати гарячої води. 100% – повністю відкритий клапан теплоносія і максимальна витрата води (150 л/год). Для контуру стабілізації температури мармеладної маси відповідним вихідним параметром є температура в розливному бункері.

Зважаючи на вказані особливості об'єкту керування, для подальшої розробки системи необхідно визначитися з технічними засобами автоматизації: датчик температури мармеладної маси у розливному бункері, клапан, що регулює витрату теплоносія – гарячої води, пристрій керування, який на підставі виміряного значення температури, задає положення робочого органу клапана, а також пульт оператора, який дозволить контролювати та швидко вносити зміни у режим роботи об'єкта керування. Структурна схема розроблюваної системи керування представлена на рисунку 2.1.

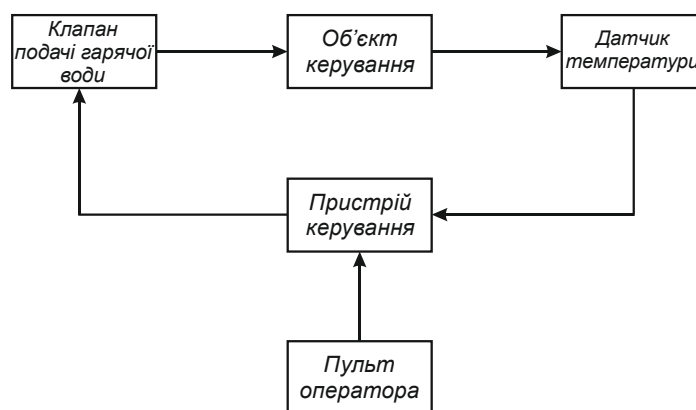


Рисунок 2.1 – Структурна схема системи керування

2.2 Вибір апаратного забезпечення системи керування

2.2.1 Вибір датчиків

Температура мармеладної маси у розливному бункері може коливатися в межах від 80 до 100°C. Для контролю температури у вказаних межах можна використати датчик ТСМ-У-1-3-100М-2 (рис.2.2), що має лінійну номінальну статичну характеристику у температурному діапазоні від -50 до 180°C. Основні технічні характеристики вказаного датчика температури ТСМ-У-1-3-100М-2 представлені у таблиці 2.1



Рисунок 2.2 – Датчик температури ТСМ-У-1-3-100М-2

Таблиця 2.1 – Технічні характеристики датчика ТСМ-У-1-3-100М-2

№	Найменування параметра	Значення
1	Тип	ТСМ
2	Матеріал	мідь
3	Вимірювана температура	-50..180°C
4	Клас точності	2
5	Інерційність	18..20 с
6	Допустимий тиск	0.1 МПа
7	Вихідний сигнал	4..20 мА
8	Лінійність	99%
9	Живлення	24 В
10	Потужність	<1 Вт

Датчик підключається за допомогою струмового інтерфейсу 4-20 мА відповідно до схеми на рисунку 2.3.

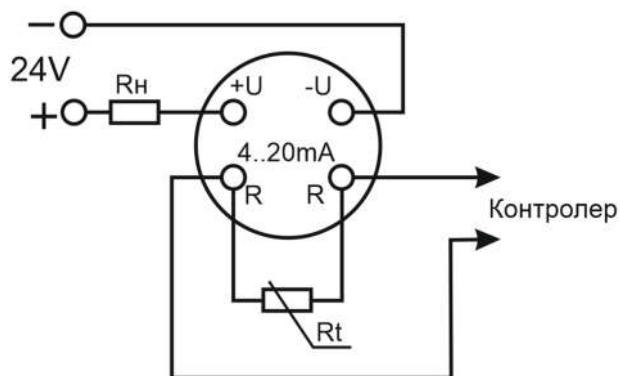


Рисунок 2.3 – Схема підключення датчик температури ТСМ-У-1-3-100М-2

Узагальнена інформація про датчики представлена в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Датчики

№	Назва параметру	Принцип дії	Тип	Діапазон зміни	Точність	Значення виходу	Період оновлення	Напруга живлення	Потужність споживання
1	Температура	Зміна опору	Аналог.	-50..180°C	±1 °C	4...20 мА	50 мс	24В	1 Вт

2.2.2 Вибір виконуючих пристроїв

Зміна температури мармеладної маси в розливному бункері здійснюється регулюванням витрати теплоносія – «гарячої води» в теплову «сорочку». Витрата теплоносія змінюється регулюванням положення робочого органу клапана. Як зазначалося вище, максимальна витрата гарячої води сягає 150 л/год, а тиск в тепловій «сорочці» не перевищує 0,7 атм, тому для встановлення і регулювання положення робочого органу клапана можна вибрати електропривід Belimo TR24-SR (рисунок 2.4), що має можливість керування за аналоговим сигналом DC 0÷10 В. Технічні характеристики електроприводу показані в таблиці 2.3. Схема підключення електропривода клапана до контролера представлена на рисунку 2.5.



Рисунок 2.4 – Електропривід для клапану, Belimo TR24-SR

Таблиця 2.3 – Технічні характеристики електроприводу Belimo TR24-SR

Параметр	Значення
Сигнал керування	DC0÷10В, вх.опір=100 кОм
Живлення	DC24В (21.6÷28.8В)
Споживана потужність	3 Вт
Час відкриття/закриття	10с
Крутний момент	1,6Нм
Вага	0.3кг (без клапана)

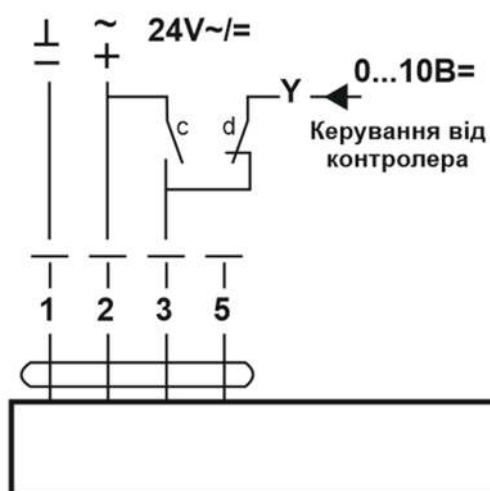


Рисунок 2.5 – Схема підключення електропривода клапана

Узагальнена інформація про виконавчі пристрої показана в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Виконавчі пристрої

№	Назва параметру	Принцип дії	Тип	Діапазон змінення	Лінійність	Значення входу	Період оновлення	Напруга живлення	Потужність споживання
1	Положення клапана	Синхронний двигун	Синхронний двигун	0÷100%	100%	0-10В	постійно	24В	3Вт

2.2.3 Вибір пристрою керування

Для керування температурою мармеладної маси в розливному бункері необхідно вибрати пристрій керування, який зможе забезпечити швидке реагування на зміну температури. Сучасні програмовані контролери (ПЛК) мають час реакції не більше 100 мсек. Також пристрій керування повинен мати можливість обробляти вхідний сигнал від датчика температури та формувати керуючий вплив на електропривід клапана витрати теплоносія. Ця вимога виконується завдяки модульній будові контролера.

Для швидкого внесення змін у роботу обладнання передбачено встановлення пульта оператора, який має виконання у вигляді персонального комп'ютера та потребує інтерфейс Ethernet для підключення до пристрою керування.

З огляду на вище означене, для виконання вимог можна використати ПЛК компанії VIPA, серія 200V. Основою цього контролера можна прийняти модуль центрального процесора CPU214NET (214-2BE03), який має вбудований інтерфейс Ethernet для підключення пульта оператора (рис.2.6).



Рисунок 2.6 – Модуль центрального процесора CPU214NET (214-2BE03)

Технічні характеристики модуля центрального процесора CPU214NET (214-2BE03) представлено в таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 – Технічні характеристики CPU214NET (214-2BE03)

№	Параметр	Значення
1	Тип	CPU 214NET
2	Пам'ять	144 кБайт
3	Пам'ять робоча	96 кБайт
4	Кількість модулів	до 32 од.
5	Час виконання команди над бітом	0,18 мкс
6	-//- байтом	0,78 мкс
7	-//-словом	1,8 мкс
8	-//-подвійним словом	40,0 мкс
9	Живлення	24 В
10	Потужність споживання	6 Вт

Підключення датчика ТСМ-У-1-3-100М-2 та електроприводу клапана Belimo TR24-SR до ПЛК виконується завдяки модулю аналогового вводу/виводу VIPA 234-1BD60, що має чотири аналогові входи з діапазоном сигналів $4\div 20$ мА та два аналогові виходи з діапазоном сигналів $0\div 10$ В або $4\div 20$ мА (рис. 2.7). Технічні характеристики модуля аналогового вводу/виводу наведено в таблиці 2.6.



Рисунок 2.7 – Модуль аналогового вводу/виводу VIPA 234-1BD60

Модуль має в цілому 8 байт вхідних і 4 байт вихідних даних для периферійних пристроїв. Гальванічна розв'язка між каналами на модулі та шиною даних забезпечується за допомогою DC/DC перетворювачів і оптронів.

Схема підключення датчиків та виконуючих пристроїв до модулю представлена на рисунку 2.8.

Таблиця 2.6 – Технічні характеристики модуля аналогового вводу/виводу VIPA 234-1BD60

№	Параметр	Значення
1	Тип	SM234
2	Кількість входів	4
3	Вхідні сигнали	0..10В, 4÷20 мА
4	Кількість виходів	2
5	Вихідні сигнали,	0..10В, 4÷20 мА
6	Потужність споживання,	2,9 Вт

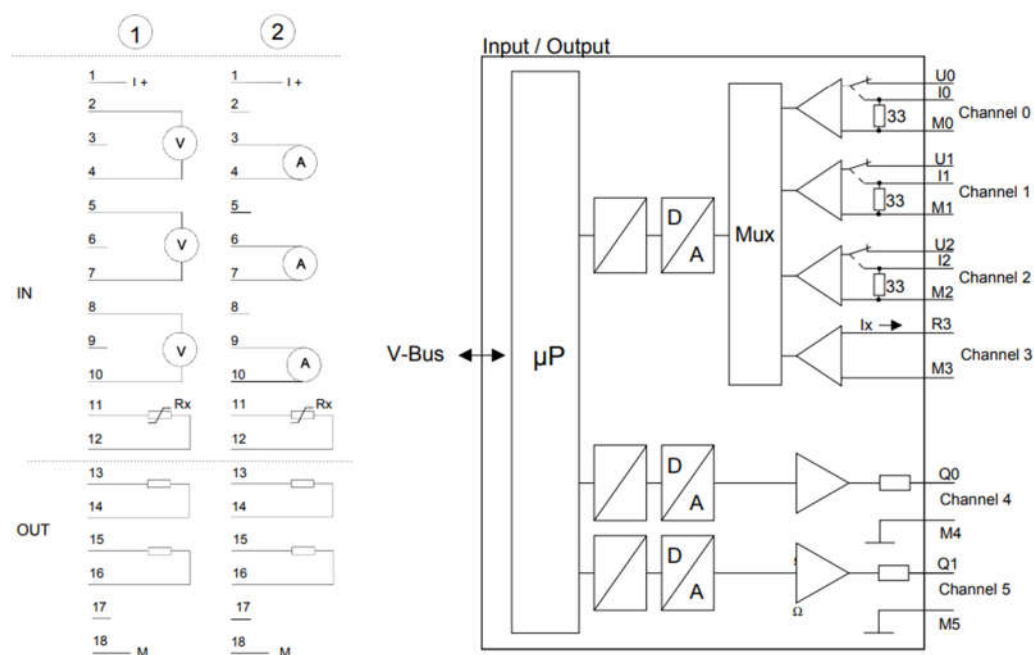


Рисунок 2.8 – Схема підключення пристроїв до модулю VIPA 234-1BD60

2.2.4 Вибір джерела живлення

Згідно технічних характеристик обраних датчика та електроприводу клапана для їх живлення необхідне окреме джерело. Загальна потужністю споживання периферійних пристроїв дорівнює 4 Вт (див.табл.2.1,2.3), що дозволяє використати джерело живлення Carlo Gavazzi SPD24301 (рис. 2.9). Характеристики вибраного джерела представлені в таблиці 2.7.



Рисунок 2.9 – Джерело живлення SPD24301

Таблиця 2.7 – Технічні характеристики джерела живлення SPD24301

№	Параметр	Значення
1	Вхідна напруга живлення	~85÷~264В
2	Вихідна напруга	24В
3	Потужність	30Вт
4	Вихідний струм	1,25А

ПЛК VIPA, що складається з модулю центрального процесора CPU214NET (214-2BE03) та модулю аналогового вводу/виводу 234-1BD60 також потребують джерело живлення з постійною напругою +24 В. Потужність споживання ПЛК складає $6+2,9=8,9$ Вт (див.табл.2.5, 2.6). Тобто для живлення ПЛК також можна використати джерело живлення SPD24301.

Схему підключення ПЛК VIPA до джерела живлення SPD24301 представлено на рисунку 2.10.

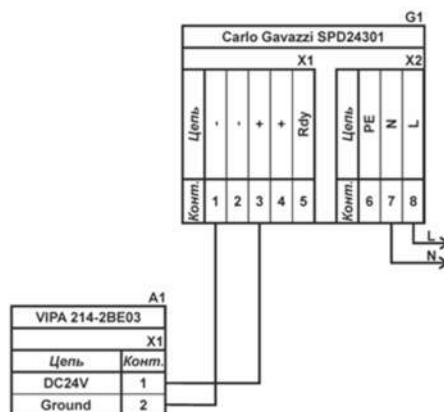


Рисунок 2.10 – Схема підключення ПЛК до джерела живлення

2.3 Функціональна схема автоматизації відливальної машини

Згідно опису технологічного процесу розливки мармеладної маси в форми, технічних характеристик вибраного обладнання систем керування було розроблено функціональну схему автоматизації (рис.2.11).

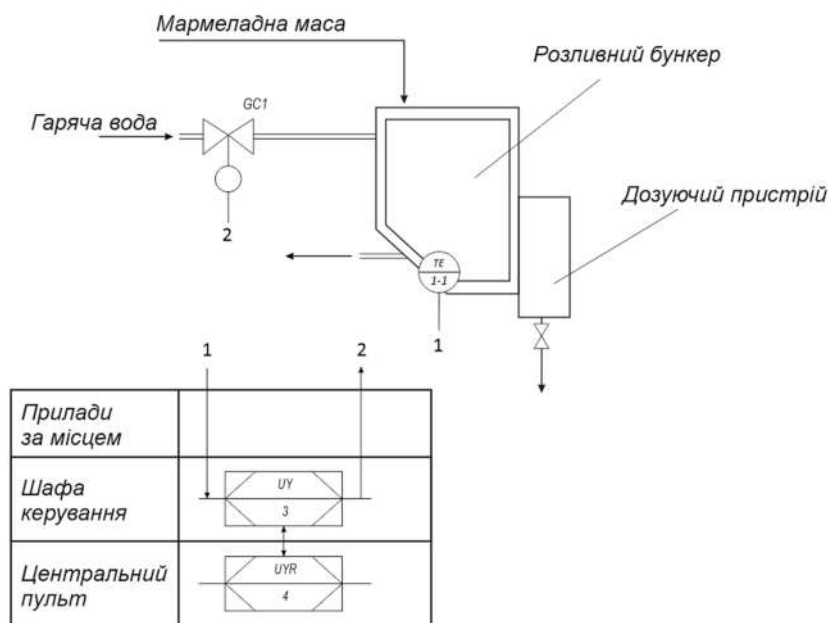


Рисунок 2.11 – Функціональна схема автоматизації

Позначення, використані на схемі:

UY3 – програмований логічний контролер (ПЛК VIPA);

UYR4 – пульт оператора (персональний комп'ютер);

TE 1-1 – датчика температури (ТСМ-У-1-3-100М-2);

GC1 – електропривід клапана (Belimo TR24-SR).

2.4 Розробка схеми електричної принципової

Згідно опису технологічного процесу розливки мармеладної маси в форми, технічних характеристик вибраного обладнання систем керування, функціональної схеми автоматизації було розроблено схему електричну принципову (рис.2.12).

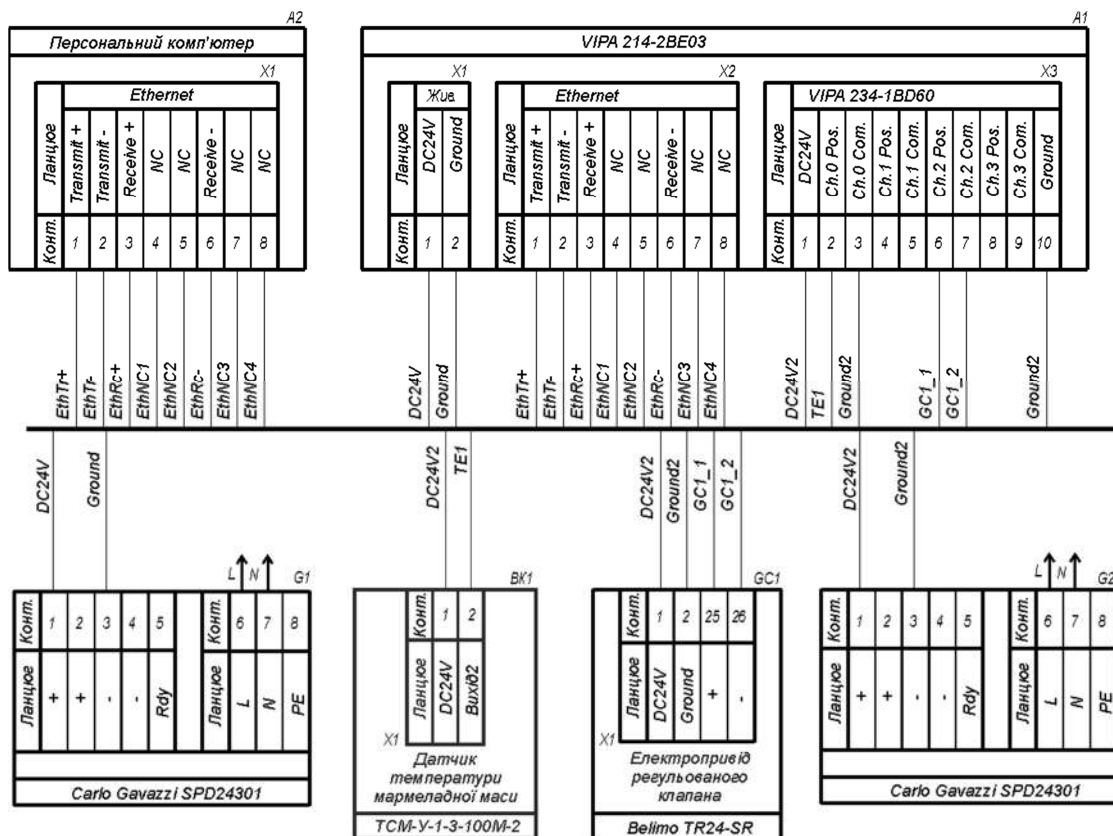


Рисунок 2.11 – Схема електрична принципова системи керування

Позначення, використані на схемі:

A1 – ПЛК VIPA 214-2BE03;

A1.X3 – модуль аналогового вводу/виводу VIPA 234-1BD60;

A2 – пульт оператора (персональний комп'ютер);

G1, G2 – джерела живлення Carlo Gavazzi SPD24301;

VK1 – датчик температури TCM-Y-1-3-100M-2;

GC1 – електропривід клапану Belimo TR24-SR.

2.5 Висновки по розділу

На основі аналізу технологічного процесу виробництва мармеладу було розроблено структурну схему системи керування температурою мармеладної маси в розливному бункері, вибрано технічні засоби автоматизації: ПЛК VIPA серії 200V з модулем аналогового вводу/виводу VIPA 234-1BD60, джерело живлення Carlo Gavazzi SPD24301, датчик температури TCM-Y-1-3-100M-2, електропривід клапану Belimo TR24-SR. Розроблено схеми функціональну автоматизації та електричну принципову.

3 ВИЗНАЧЕННЯ МОДЕЛІ ОБ'ЄКТА КЕРУВАННЯ

3.1 Розробка структурної схеми інформаційних потоків дослідницької системи

Процес виробництва мармеладу, а саме стабілізація температури мармеладної маси при відливанні в форми, як об'єкт керування, що розглянутий у представленій кваліфікаційній роботі відноситься до класу неперервних. Для визначення математичної моделі цього об'єкту було виконано низку дослідів, з використанням методу активного експерименту. Активний експеримент виконувався на базі *scada zenon*, що задіяна у навчальному процесі на кафедрі кіберфізичних та інформаційно-вимірювальних систем.

scada zenon дозволяє вирішувати навчальні задачі, подібні до розглянутої далі у кваліфікаційній роботі.

Налаштований людино-машинний інтерфейс (ЛМІ) дозволяє змінювати вхідні керуючі впливи – витрату теплоносія згідно до вимог навчального завдання і отримувати дійсне значення вихідного параметра – температури мармеладної маси в розливному бункері. Також, за допомогою *scada zenon* у ЛМІ візуалізуються зміни значень вхідного та вихідного параметрів у вигляді трендів.

Керуючий вплив – витрата теплоносія, що формується в середовищі виконання *scada zenon*, конвертується із фізичної одиниці «м³/хв» в цифрову форму з діапазоном значень від 0 до 27648 та надсилається через канал зв'язку до системи віддаленого вводу/виводу. В свою чергу, система віддаленого вводу/виводу через цифро-аналоговий перетворювач знову конвертує цей вплив в електричну величину в межах 0÷10В, який і надходить до виконавчого пристрою – електропривід регулюючого клапану на подачі теплоносія.

В той же час температура мармеладної маси в розливному бункері – дійсне значення параметра визначається за допомогою датчика температури, що має стандартний вихідний сигнал 4÷20мА.



Рисунок 3.1 – Склад системи для виконання досліджень

Подібно до керуючого впливу, дійсне значення також зазнає низку перетворень: сигнал $4\div 20\text{mA}$ перетворюється за допомогою аналого-цифрового перетворювача в цифрову форму з діапазоном значень від 0 до 27648, та надсилається через канал зв'язку до системи віддаленого вводу/виводу та відображується у вигляді тренду в ЛМІ.

3.2 Розробка методики дослідження об'єкта керування

Згідно попереднього опису, завдання бакалаврської роботи є навчальним і визначення математичної моделі процесу виробництва мармеладу, а саме стабілізація температури мармеладної маси при відливанні в форми, як об'єкту керування виконуватиметься за допомогою scada zenon методом активного експерименту через низку дослідів.

План виконання активного експерименту при дослідженні об'єкту керування:

- Дослідження 1. Експериментальне отримання динамічної характеристики:
 - Встановлення початкового стану об'єкту керування (температура 50°C);
 - Початок запису інформації про перебіг експерименту;
 - Формування керуючого впливу у вигляді східчастого сигналу (100% витрати теплоносія);

Очікування встановлення постійного значення температури мармеладної маси;

Завершення запису інформації про перебіг експерименту.

Дослідження 2. Експериментальне отримання даних для побудови статичної характеристики об'єкту керування

Встановлення початкового стану об'єкту керування (температура 50°C);

Початок запису інформації про перебіг експерименту;

Формування керуючого впливу у вигляді східчастого сигналу (40% витрати теплоносія);

Очікування встановлення постійного значення температури мармеладної маси;

Формування керуючого впливу у вигляді східчастого сигналу (55% витрати теплоносія);

Очікування встановлення постійного значення температури мармеладної маси;

Формування керуючого впливу у вигляді східчастого сигналу (70% витрати теплоносія);

Очікування встановлення постійного значення температури мармеладної маси;

Формування керуючого впливу у вигляді східчастого сигналу (85% витрати теплоносія);

Очікування встановлення постійного значення температури мармеладної маси;

Формування керуючого впливу у вигляді східчастого сигналу (100% витрати теплоносія);

Очікування встановлення постійного значення температури мармеладної маси;

Завершення запису інформації про перебіг експерименту.

Дослідження 3. Експериментальне отримання даних при подачі П-

подібної форми керуючого впливу

Встановлення початкового стану об'єкту керування (температура 50°C);

Початок запису інформації про перебіг експерименту;

Формування керуючого впливу у вигляді східчастого сигналу (100% витрати теплоносія);

Очікування встановлення постійного значення температури мармеладної маси;

Формування керуючого впливу у вигляді східчастого сигналу (100% витрати теплоносія);

Очікування встановлення постійного значення температури мармеладної маси;

Завершення запису інформації про перебіг експерименту.

Дослідження 4. Експериментальне отримання перевірочних даних

Встановлення початкового стану об'єкту керування (температура 50°C);

Початок запису інформації про перебіг експерименту;

Формування керуючого впливу у вигляді низки східчастих сигналів тривалістю 1200с з випадковим значенням в межах 0÷100% витрати теплоносія. Загальна тривалість експерименту 200 хвилин;

Очікуємо сталого значення температури мармеладної маси;

Завершення запису інформації про перебіг експерименту.

3.3 Виконання експерименту

В результаті досліджень були отримані експериментальні дані (рис.3.2-3.5) для побудови відповідних характеристик, аналіз форми яких буде представлений нижче.

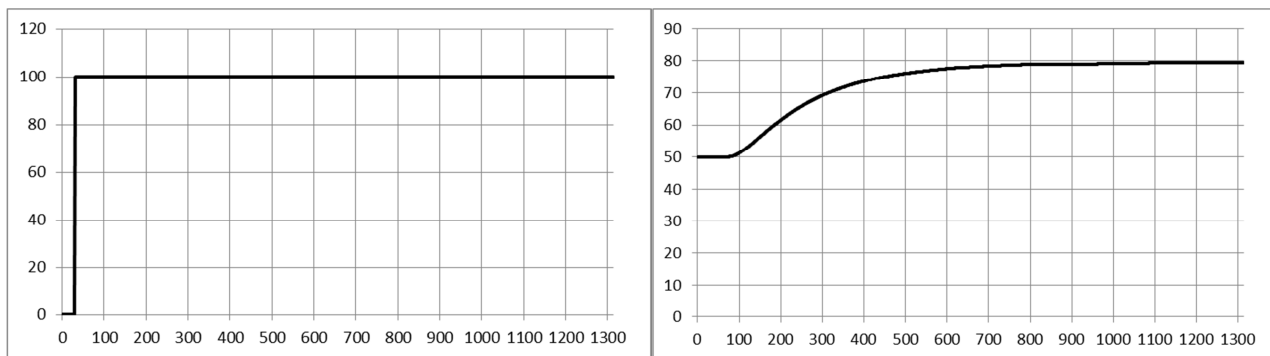


Рисунок 3.2 – Дослідження 1. Динамічна характеристика

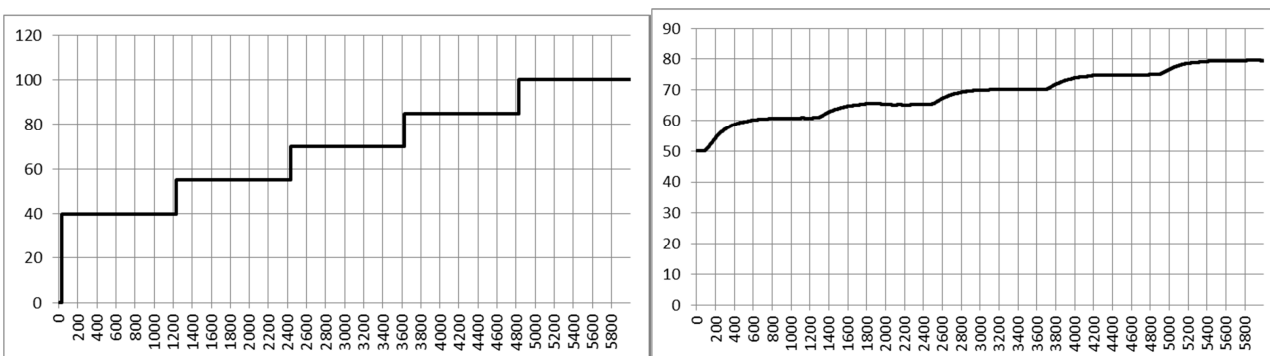


Рисунок 3.3 – Дослідження 2. Дані для статичної характеристики

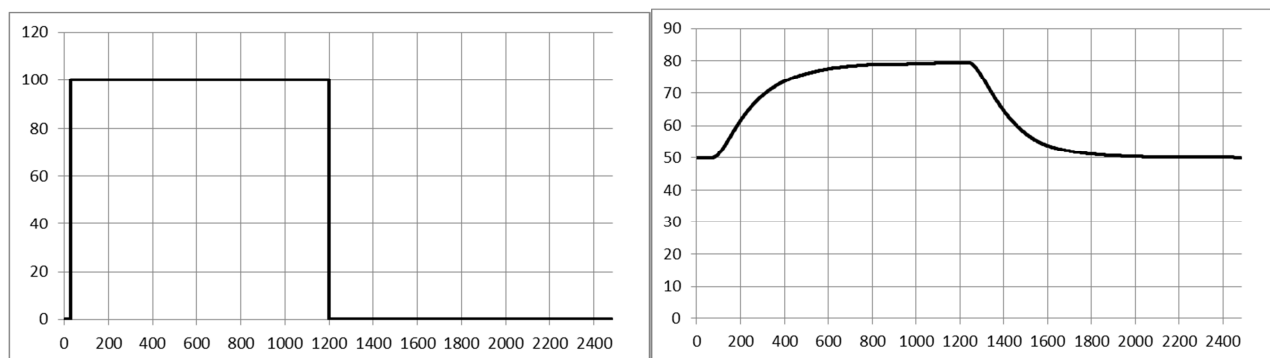


Рисунок 3.4 – Дослідження 3. П-подібний вплив

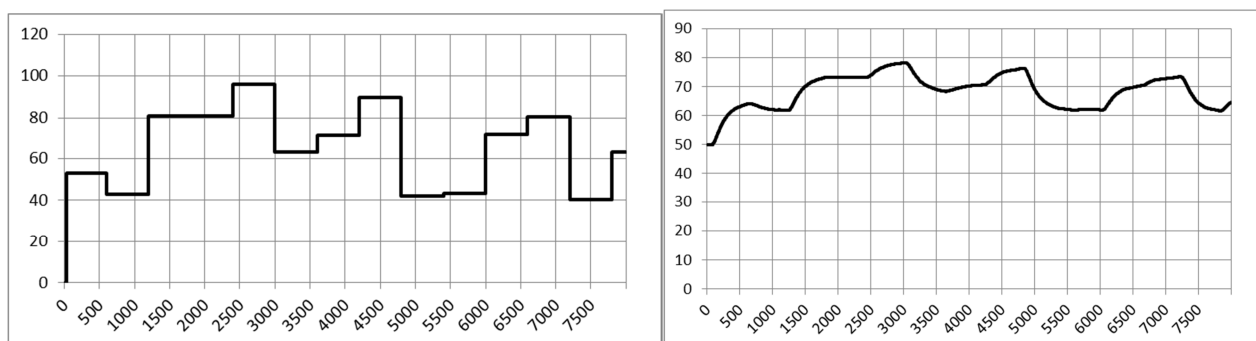


Рисунок 3.5 – Дослідження 4. Перевірочні дані

3.4 Обробка результатів експерименту

3.4.1 Підготовка даних

Дані отримані під час виконання активного експерименту в scada zenon записуються у вигляді текстових файлів з відповідними мітками часу та значеннями вхідних та вихідних параметрів. Ці дані можна імпортувати до робочого простору MATLAB (рис. 3.6) використовуючи інтегровані функції самого пакету.

Check_Input	1209x1 double
Check_Output	1209x1 double
Dynamic_Input	611x1 double
Dynamic_Output	611x1 double
P_Input	1216x1 double
P_Output	1216x1 double
Static_Input	1490x1 double
Static_Output	1490x1 double

Рисунок 3.6 – Перелік змінних після імпорту експериментальних даних

Початкова температура мармеладної маси дорівнює 50°C, тобто присутня статична складова, яку необхідно прибрати для проведення подальшої ідентифікації об'єкта керування:

```
>> Dynamic_Output = Dynamic_Output - 50 ;
>> Static_Output = Static_Output - 50;
>> P_Output = P_Output - 50
>> Check_Output = Check _Output - 50;
```

Для зручності подальшої процедури ідентифікації виконаємо конвертування всіх даних за допомогою функції «iddata», об'єднуючи вхідні та вихідні дані:

```
>> 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);
```

Також результати експерименту, отримані при подачі керуючого впливу у вигляді П-подібного сигналу розділимо на два вектори: при зростанні керуючого впливу від 0 до 100% витрати теплоносія і при зменшенні керуючого впливу від 100% до 0.

3.4.2 Структурна ідентифікація

Розглянувши динамічну характеристику, що представлена на рисунку 3.7 отримали наступні результати:

різниця між часом подачі керуючого впливу (4с) і часом реакції об'єкта керування (14с) складає 10 секунд, тобто об'єкт має запізнення 10 секунд;

модель об'єкта може бути подана як аперіодична ланка мінімум другого порядку, через наявність двох перегинів.

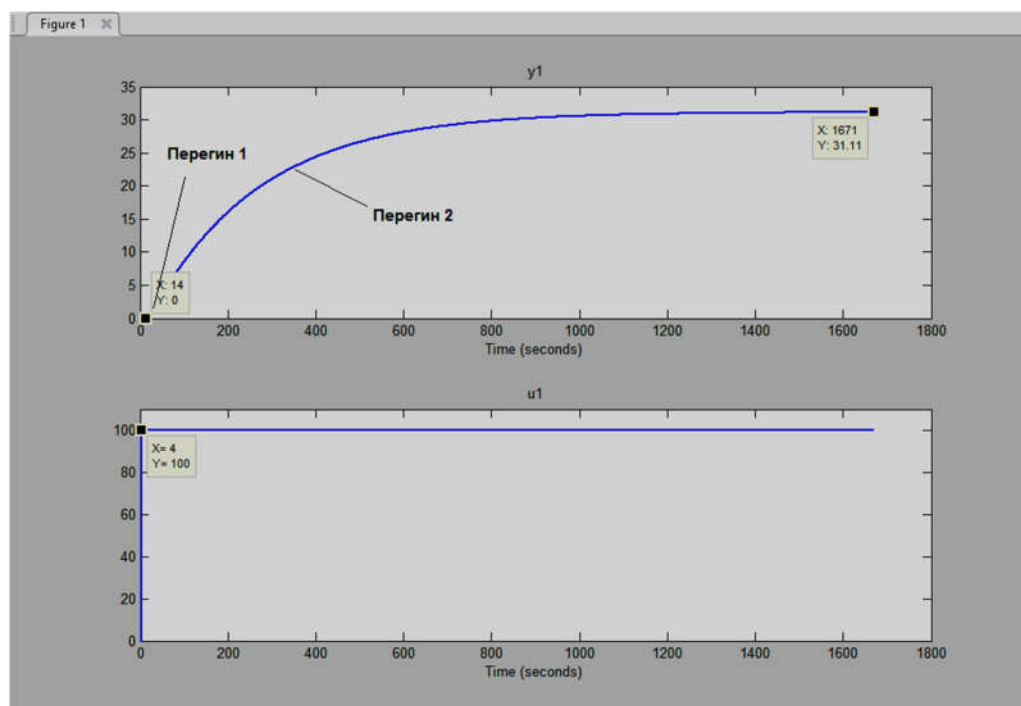


Рисунок 3.7 – Динамічна характеристика об'єкта керування

Отримавши два вектори даних із експерименту при подачі П-подібної форми керуючого впливу (рис. 3.8), і проаналізувавши їх форму та порівнявши за середньоквадратичним відхиленням:

```
>> std(P_First) - std(P_Second)
ans =
-0.0068
```

встановлено, що об'єкт є симетричним та має властивість самовирівнювання і не має інтегруючих властивостей.

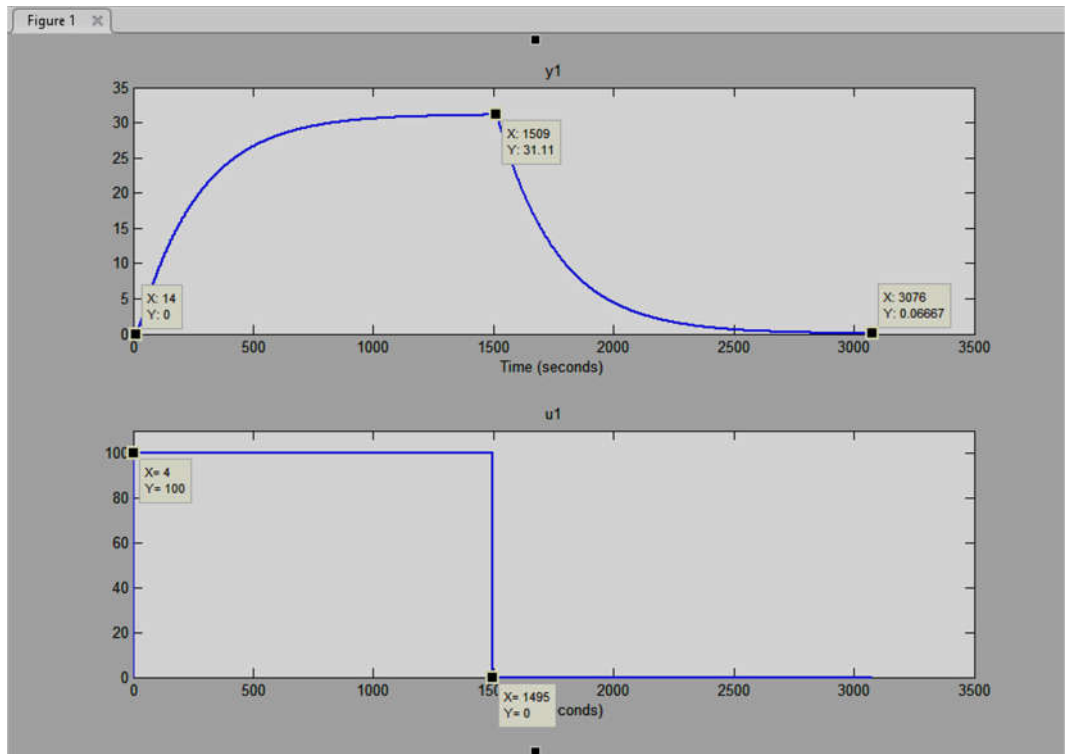


Рисунок 3.8 – Характеристика при подачі П-подібної форми керуючого впливу

Використовуючи можливості редагування графіків у середовищі MATLAB (рис. 3.9) визначили значення вхідних та вихідних параметрів.

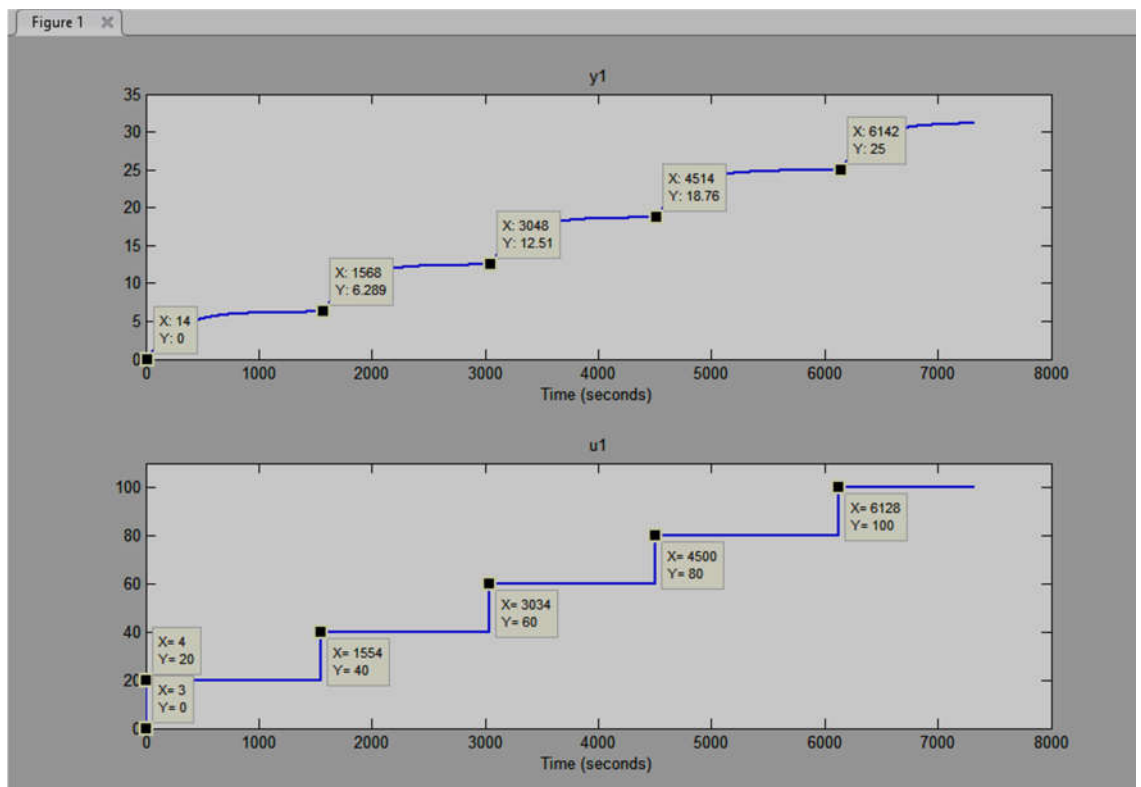


Рисунок 3.9 – Дані для побудови статичної характеристики

```
Static_Input_Vector = [0, 40, 55, 70, 85, 100];
```

```
Static_Output_Vector = [0, 6.289, 12.51, 18.76, 25, 31.11];
```

Використовуючи отримані вектори даних побудуємо статичну характеристику об'єкта керування:

```
plot(Static_Input_Vector,Static_Output_Vector, '-ok', 'LineWidth',3);
```

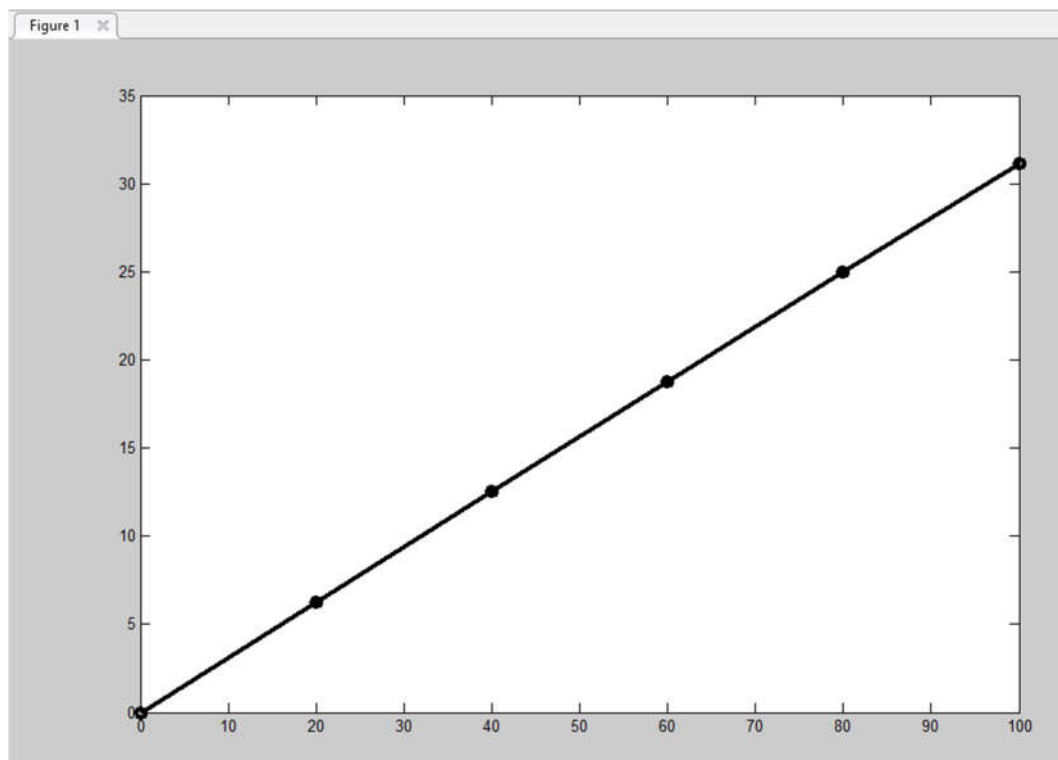


Рисунок 3.10 – Статична характеристика об'єкта керування

Статична характеристика (рис. 3.10) є лінійною і об'єкт керування є лінійним на всьому діапазоні зміни керуючого впливу від 0 до 100% витрати теплоносія.

Таким чином, об'єкт керування може бути представлений у вигляді аперіодичної ланки другого або більш високого порядку з запізненням:

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

3.4.3 Параметрична ідентифікація

Виконаємо розрахунок параметрів для об'єктів, що представлені аперіодичними ланками другого та третього порядку (рис. 3.11 – 3.12):

ParameterKnown	Value	Initial Guess	Bounds
K	0.31172	Auto	[-Inf Inf]
Tp1	249.7766	Auto	[0 249749.2]
Tp2	6.1007	Auto	[0 13876.35]
Tp3	0	0	[0 Inf]
Tz	0	0	[-Inf Inf]
Td	9.342	Auto	[0 30]

Рисунок 3.11 - Параметри аперіодичної ланки другого порядку з запізненням

ParameterKnown	Value	Initial Guess	Bounds
K	0.31243	Auto	[-Inf Inf]
Tp1	1117.4204	Auto	[0 249811.1]
Tp2	19.4981	Auto	[0 186868.0]
Tp3	246.1599	Auto	[0 420453.0]
Tz	0	0	[-Inf Inf]
Td	0	Auto	[0 30]

Рисунок 3.12 - Параметри аперіодичної ланки третього порядку з запізненням

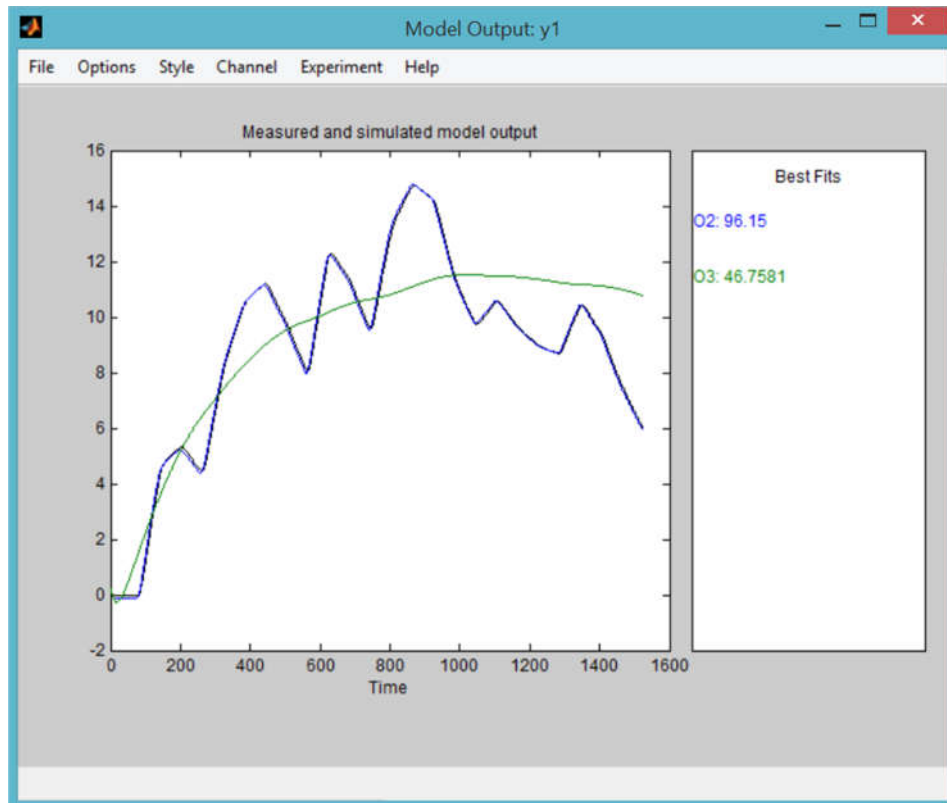


Рисунок 3.13 - Оцінка моделей по перевірочним даним

Як видно з отриманих оцінок модель другого і третього порядку відповідає перевірочним даними, але оскільки отримана постійна часу в ланці третього порядку дуже мала, їй можна знехтувати, що відповідає ланці другого порядку, виходячи з цього, ланка третього порядку не підходить.

Проаналізувавши значення коефіцієнтів посилення і часу запізнювання можна зробити висновок, що раніше отриманий час запізнювання є незначно підвищеним. Виконавши корекцію часу запізнювання, були отримані наступні параметри (рис. 3.14).

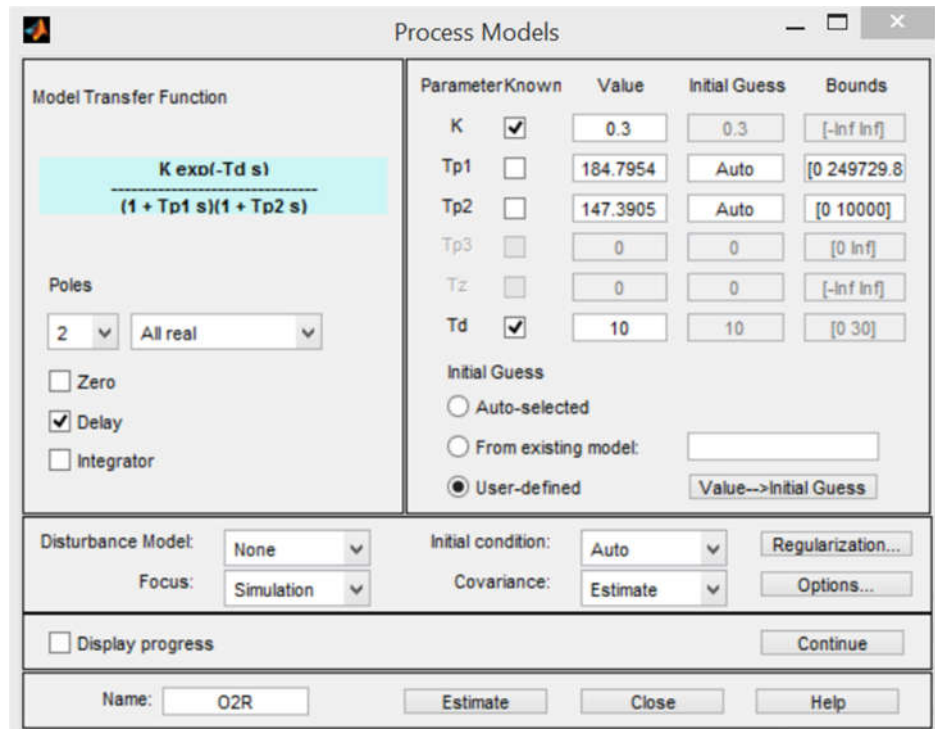


Рисунок 3.14 - Розрахунок параметрів для аперіодичної ланки другого порядку з запізненням

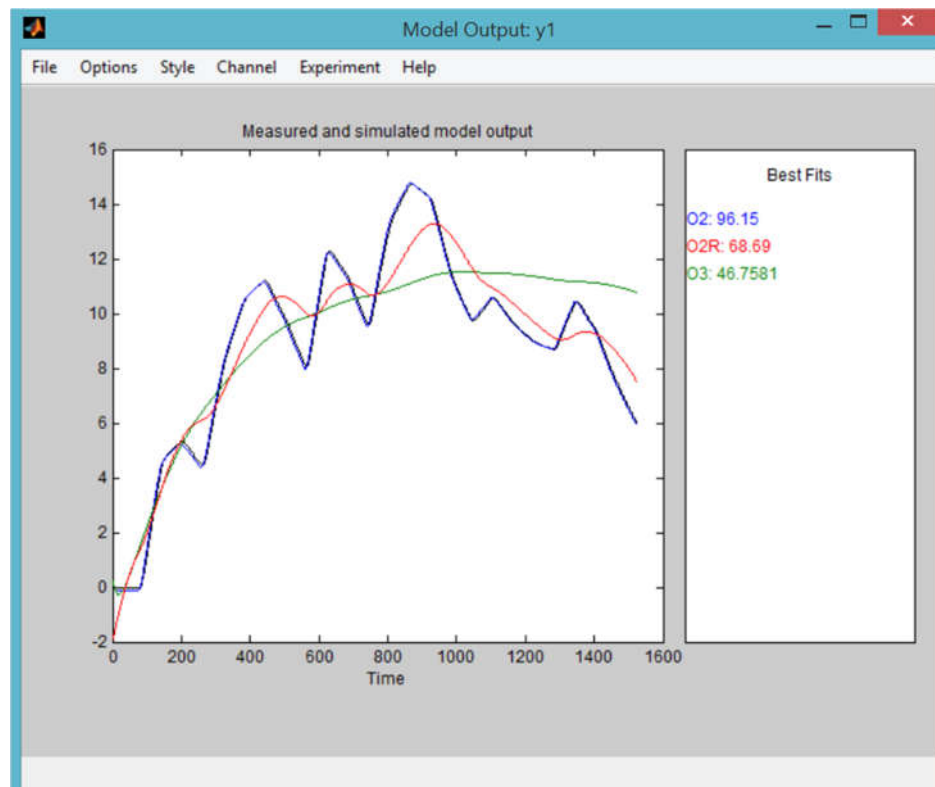


Рисунок 3.15 - Оцінка моделей по перевірочним даним
Параметри моделей, отримані в результаті параметричної ідентифікації в програмному забезпеченні "System Identification Toolbox".

Таблиця 3.1 – Параметри моделей

Найменування	O2	O2R	O3
k	0.31172	0.3	0,3124
T ₁ , с	249,77	184,79	1117.42
T ₂ , с	6,1007	147,39	19.498
T ₃ , с	-	-	246.16
τ, с	9.342	10	0
Динамічна характеристика			
NRMSE, %	99.88	90.53	99.39
FPE	0.00007921	0.8119	0.003343
MSE	0.00007869	0.5254	0.002189
Перевірочні дані			
NRMSE, %	96,15	68.69	46.76

Як видно з отриманих оцінок модель другого порядку більше відповідає перевірочним даними, ніж інші (96.15% проти 68.69%). На підставі цього можна зробити остаточний висновок, що об'єкту керування найбільш відповідає аперіодична ланка другого порядку з запізненням.

На підставі проведених досліджень отримана модель, відповідає об'єкту керування на 96,15%:

$$W(s) = \frac{0.31172e^{(-9.342s)}}{(249,77s + 1)(6,1007s + 1)}$$

3.4.4 Розробка моделі об'єкта керування в Simulink

Графік дійсного значення об'єкта керування накладається на графік моделі об'єкта керування отриманої за допомогою програмного забезпечення System Identification Toolbox і на графік моделі об'єкта керування побудованої на базі передавальної функції. Таким чином, модель, отримана в середовищі

імітаційного моделювання Simulink (рис. 3.18), не відрізняється від моделі, отриманої за допомогою програмного забезпечення "System Identification Toolbox".

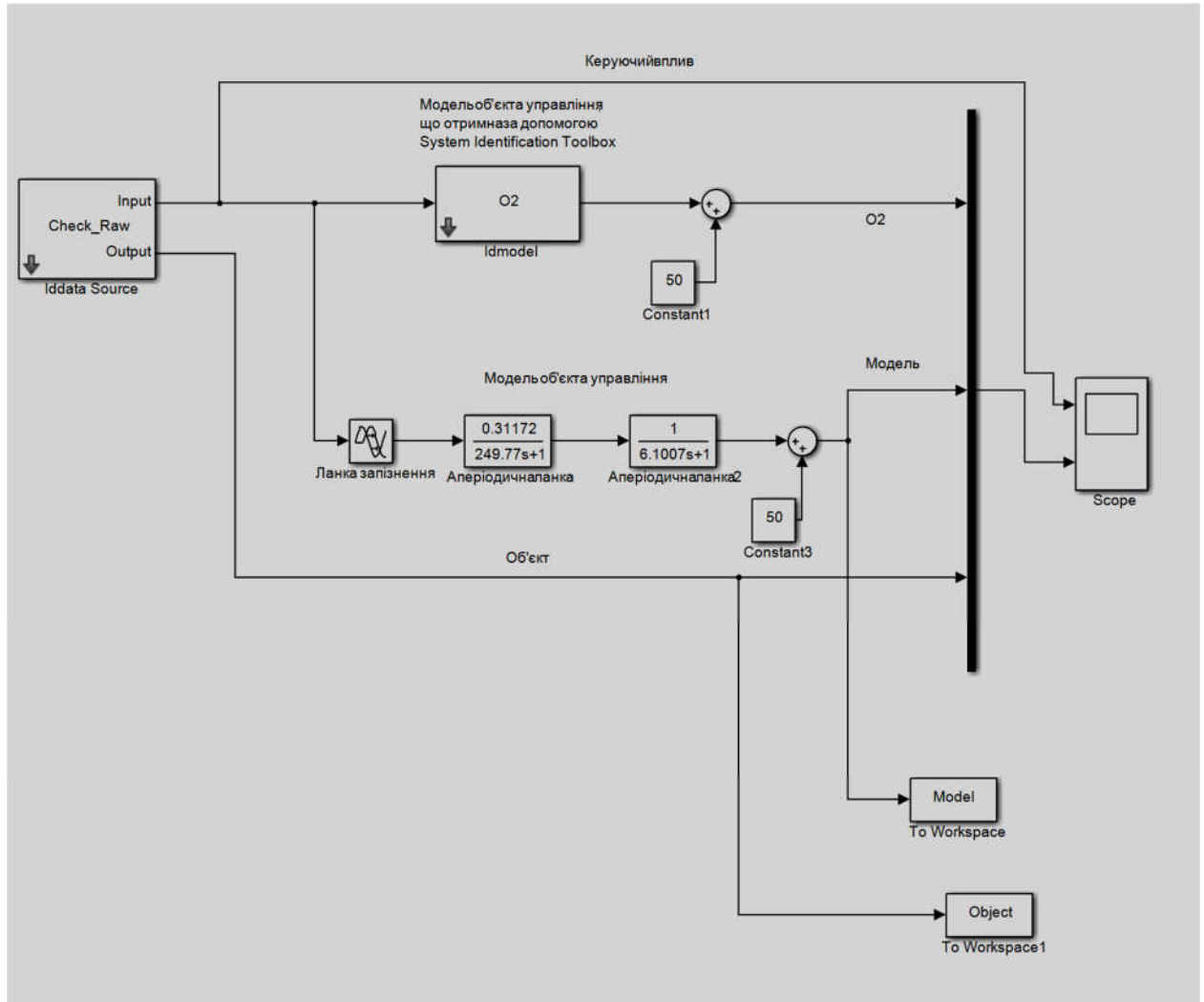


Рисунок 3.16 – Модель Simulink об'єкта керування

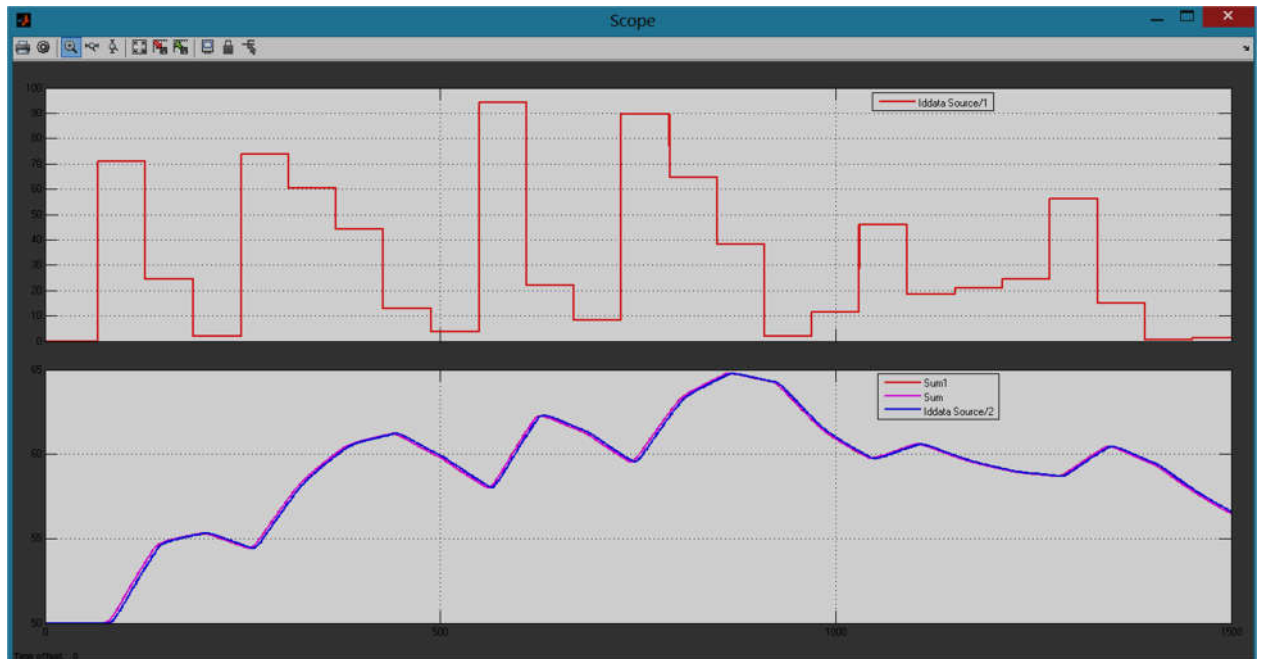


Рисунок 3.17 – Результат моделювання об'єкта керування

3.4.5 Перевірка моделі на адекватність

Модель Simulink, яка використовується для перевірки моделі об'єкта керування на адекватність:

Характеристики моделі Simulink що використовуються при перевірці моделі об'єкта керування на адекватність:

Оцінка відповідності моделі об'єкта за нормованим середньоквадратичним відхиленням "NRMSE"

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

```
nrmse =
```

```
96.0676
```

Модель об'єкта керування відповідає перевірочним даним на 96.0676%. Виходячи з цього, модель є адекватною і може бути використаною для моделювання об'єкта керування і системи керування в цілому.

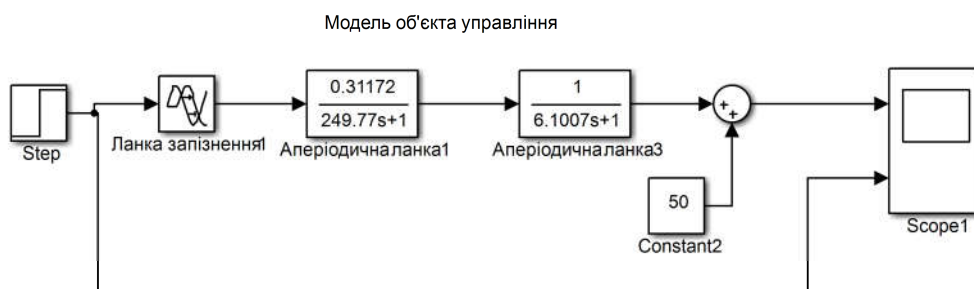


Рисунок 3.18 – Модель Simulink об'єкта керування

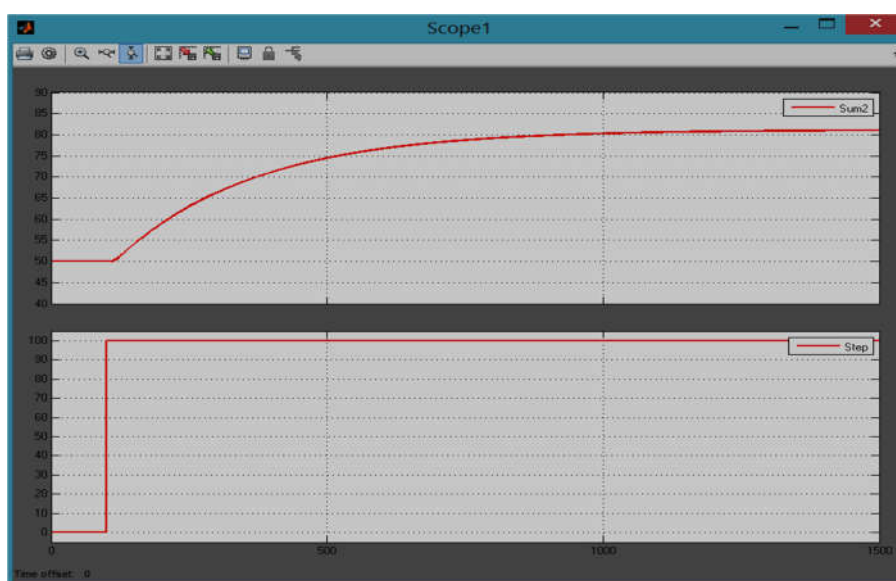


Рисунок 3.19 – Результат моделювання

3.5 Висновки по розділу

В розділі створено структуру дослідницької системи на базі scada zenon. Виконано дослідження процесу виробництва мармеладу, а саме стабілізація температури мармеладної маси при відливанні в форми, як об'єкт керування за методом активного експерименту. Проведено структурну та параметричну ідентифікацію та отримано модель об'єкту у вигляді аперіодичної ланки другого порядку з запізненням. Адекватність моделі до експериментальних даних склала 96,1%.

4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

У кваліфікаційній роботі розглядається економічна доцільність розробки автоматизованої системи керування на виробництві мармеладу. Розроблену систему передбачається використовувати на підприємствах харчової промисловості.

Автоматизована система керування на виробництві мармеладу, розроблена в кваліфікаційній роботі, має такі переваги:

- дозволяє підвищити інформативність системи, що дає передумови до створення повністю автоматизованої системи керування підприємством;
- сучасна елементна база на основі ПЛК;
- збільшення швидкості обробки інформації;

4.1 Розрахунки капітальних витрат

Зведення капітальних витрат на обладнання при впровадженні системи керування на виробництві мармеладу наведено в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Капітальні витрати, грн. (<http://www.svaltera.ua/catalog/697/>)

№ п/п	Найменування статей витрат	Кіл. шт.	Вартість за ед. товару, грн.	Загальна вартість, грн.	Транспортні витрати, грн. «Нова пошта»
1	ПЛК VIPA 214-2BE03	1	14316,6	14316,6	350
2	VIPA 234-1BD60	1	11820,0	11820,0	350
3	Блок живлення SPD24301	1	1084,8	1084,8	200
4	Регулятор подачі гарячої води	1	1582	1582	200
5	Датчик температури	1	678,0	678	80
6	НМІ панель керування	1	6 549,00	6 549,00	600
	Разом			36030,4	1780

Демонтаж старого обладнання, транспортування і монтаж нового обладнання виконується залученою організацією "ЕлектроСервис". Витрати на демонтаж, пуск і налагодження системи складаються з витрат на заробітну плату слюсаря-монтажника і інженера-електронщика, в обов'язки яких входить даний вид роботи. Роботу виконують протягом 4 днів. В фонд заробітної плати включена преміальна надбавка в 20%.

Таблиця 4.2 - Витрати на демонтаж, пуск і налагодження системи

№	Найменування професії	Розряд	Кіл-ть людей	Тариф (грн/день)	Кіл. днів	Фонд зар. плати (грн)
1	Слюсар-монтажник	6	1	250	4	1000
2	Інженер-електронщик	-	1	280	4	1120
	Разом:					2120
	ЄСВ (22%):					466,4
	Усього:					2586,4

Капітальні витрати на придбання, транспортування та налагодження обладнання складають:

$$K = 36030,4 + 1780 + 2586,4 = 40396,8 \text{ грн} \quad (4.1)$$

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-монтажник	6	1	31,25	168	5250
2	Інженер-електронщик	-	1	35	168	5880
	Разом:					11130
	ЄСВ (22%):					2448,6
	Усього:					13578,6

За допомогою лінійного способу обчислюємо амортизацію обладнання:

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

де $P_{ст}$ – початкова вартість обладнання,

H_a – норма амортизації

Маємо:

$$A = 36030,4 * 20 / 100 = 7206,08 \text{ грн} \quad (4.3)$$

Вартість електроенергії розраховується виходячи з того, що вартість 1 кВт год = 1,80 грн:

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

де Z_p – річні витрати електроенергії,

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

Маємо:

$$V_{ел} = 50000 * 1.80 = 90000 \text{ грн} \quad (4.5)$$

Таблиця 4.4 - Кошторис річних витрат на утримання і експлуатацію обладнання

Найменування статей витрат	Сума (грн у рік)
Амортизація обладнання (20%)	7206,08
Поточний ремонт	13578,6
Витрати на електроенергію	90000
Разом	110784,68

4.3 Висновки по розділу

Виходячи з розрахунків, виконаних у розділі, видно, що впровадження нового обладнання системи керування на виробництві мармеладу та експлуатація цього обладнання є дуже коштовними в матеріальному плані капітальні витрати - 40396,8 грн., експлуатаційні витрати - 110784,68 грн, але необхідними, оскільки встановлення нової системи управління дозволить підвищити якість продукту.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1 Аналіз шкідливих і небезпечних чинників

Забезпечення безпечних умов праці досягається шляхом усунення чи зменшення небезпечних та шкідливих чинників робочого середовища та технологічних процесів [18-22].

Відповідно до стандарту безпеки праці небезпечні та шкідливі виробничі чинники поділяються на: фізичні (у тому числі механічні, електричні, тощо) чинники, чинники хімічного і біологічного походження та психофізіологічні чинники.

Як було зазначено, до фізичних чинників відносять рухомі машини і механізми, рухомі елементи машин і обладнання, вироби, що пересуваються, сировину, матеріали; запиленість та загазованість повітряного середовища; шум та вібрація, ультразвук, інфразвук; електричний струм та статична електрика.

До хімічних факторів відносять: загальнотоксичні, канцерогенні, подразнюючі.

До біологічних чинників відносять макро- та мікроорганізми, що мають вплив на працюючих, викликаючи травми чи захворювання.

До психофізіологічних факторів відносять фізичні навантаження та нервово-психічні навантаження (розумова перенапруга, тощо).

Розглянемо більш докладно ситуацію на підприємстві, де виробляється желейний мармелад.

Електропостачання підприємства здійснюється через повітряну ЛЕП від трансформаторної підстанції, що знаходиться на відстані 2 км, напруга живлення 10 кВ

Внутрішня електрична мережа підприємства має систему трифазного струму з напругою 380/220 В із заземленням нуля.

Для освітлення виробничих приміщень підприємства використовується як природне освітлення, крізь бічні віконні отвори в зовнішніх стінах будівель, так і загальне штучне освітлення.

Джерелом шуму та вібрації у виробничих приміщеннях є працююче обладнання: конвеєри, темперуючі машини, формуючі машини для мармеладу, а також фасувальні апарати.

Крім того, більшість технологічного обладнання лінії виробництва мармеладу є джерелом теплового випромінювання, з температурою поверхонь до 130°C.

Загалом, усе технологічне обладнання що має рухомі частини (транспортери, конвеєри, змішувачі, фасувальні апарати тощо), також є джерелом можливих механічних травм.

5.2 Інженерно-технічні заходи щодо охорони праці

З огляду на аналіз шкідливих та небезпечних чинників і згідно статистики нещасних випадків у кондитерській промисловості, найбільше нещасних випадків спостерігається під час експлуатації основного технологічного обладнання.

Організація безпеки праці здійснюється шляхом усунення або зменшення небезпечних чинників у джерелі виникнення, на шляху розповсюдження та підвищення пристосовуваності працівників, шляхом їх навчання основам безпеки, екологічності життєдіяльності та застосування засобів індивідуального захисту.

Для захисту працівників від ураження електричним струмом вжиті наступні заходи:

- все технологічне та допоміжне обладнання (формуєчі, фасувальні, темперуючі, збивальні машини та ін.) заземлене;

- струмопровідні частини використовуваного обладнання недоступні для випадкового дотику. Також, вздовж всієї технологічної лінії фомування та підсушування мармеладу встановлені огорожі;

- на відкритих ділянках електромереж використано подвійну ізоляцію;
- струмопровідні елементи устаткування мають попереджувальні написи;
- обов'язкове використання засобі індивідуального захисту – гумових рукавиць, при ремонті та обслуговуванні електроустановок.

Джерелами накопичення статичної електрики, що утворюється під час тертя діелектриків є клинопасові передачі конвеєрів та транспортерів, пневмотранспорт цукру, системи змішування та подачі сухих рецептурних складових.

Основним методом запобігання статичній електриці є обов'язкове заземлення відповідного обладнання. Опір заземлення в цих електроустановках при напрузі до 1000 В, має бути меншим за 4 Ом.

Заходи для зменшення або усунення джерел шуму та вібрації:

- при плануванні та будівництві джерела шуму мають бути зосереджені в одному місці, перемикаючи та відгороджуючи їх тихими зонами, екранами або приміщеннями;

- кожухи, виготовлені зі звукоізолюючих та звукопоглинальних матеріалів мають встановлюватись безпосередньо на обладнанні, що значно зменшує шум безпосередньо у джерелі;

- шумоізолюючі засоби індивідуального захисту, наприклад навушники, вушні вкладки;

- орієнтація джерел шуму у протилежний бік від робочої зони.

Зменшення рівня вібрації виконано за допомогою віброізоляторів. Також, відповідний режим роботи та відпочинку працівника дозволяє знизити шкідливий вплив вібрації на організм.

Для запобігання потраплянню пилу в приміщення, накопичення його на поверхні обладнання та на конструкціях приміщення, застосовуються такі

заходи: прибирання приміщення від пилу один раз на зміну; генеральне прибирання у важкодоступних місцях – двічі на зміну.

Ще одним джерелом небезпеки є рухомі частини змішувачів, збивальних машин, фасувальних автоматів, млинів. Частини обладнання, що обертаються або рухаються поздовжньо закриті захисними кожухами та кришками. Рух персоналу територією забезпечений завдяки перехідним місткам з поручнями.

Робота персоналу на виробництві мармеладу також характеризується розумовою перенапругою, перенапругою аналізаторів – зору та слуху, емоційним навантаженнями, монотонністю праці. Це значно впливає на технологічний процес. Тому для запобігання впливу цих чинників необхідно дотримуватися режиму праці та відпочинку, а також забезпечувати лікувально-профілактичне обслуговування працюючих.

5.3 Пожежна профілактика

Виробництво мармеладу відноситься до кондитерської промисловості, якій притаманна значна кількість робочих місць та процесів, пов'язаних з можливістю виникнення пожеж та небезпекою вибухів (табл. 5.1).

Таблиця 5.1 – Характеристики виробничих приміщень

	Приміщення	Кат.пожежонебезпеки	Ступінь вогнестійкості
1	Склад БХС	Б	II
2	Виробничі цехи	Д	II
3	Склади сировини	В	II
4	Склади готової продукції	В	III

Для запобігання пожежі все обладнання, що має ризик виникнення пожежі, оснащене сигнальними приладами, нагріті поверхні обладнання закриті теплоізолюючими матеріалами, в зонах можливої появи дрібних металевих уламків встановлені магніти для уловлювання, що запобігає утворенню іскор.

В разі виникнення пожежі застосовують такі засоби пожежогашіння:

- порошкові або пінні вогнегасники;

- сплінкерні та дренажні автоматичні системи;
- пожежні гідранти.

5.4 Висновки по розділу

У розділі розглянуті шкідливі та небезпечні чинники, що мають місце на виробництві мармеладу, запропоновано заходи щодо усунення та/або зменшення впливу цих чинників. Проаналізовані джерела можливого виникнення пожежі та вказані відповідні заходи по їх запобіганню чи ліквідації.

ВИСНОВКИ

Процес виробництва мармеладу, а саме стабілізація температури мармеладної маси при відливанні в форми, відноситься до безперервного класу. Тобто, температура розплавленої мармеладної маси у розливному бункері є параметром, який необхідно постійно контролювати.

На підставі розглянутих особливостей роботи обладнання для відливання мармеладу та існуючих способів регулювання процесів стабілізації температури можемо зробити висновок, що мармеладовідливочна машина МОК-150 відноситься до безперервних об'єктів керування.

Система керування повинна містити наступні компоненти: датчик температури мармеладної маси у розливному бункері, пристрій керування та виконуючий пристрій для регулювання витрати гарячої води на підігрів мармеладної маси.

На основі аналізу технологічного процесу виробництва мармеладу було розроблено структурну схему системи керування температурою мармеладної маси в розливному бункері, вибрано технічні засоби автоматизації: ПЛК VIPA серії 200V з модулем аналогового вводу/виводу VIPA 234-1BD60, джерело живлення Carlo Gavazzi SPD24301, датчик температури TCM-Y-1-3-100M-2, електропривід клапану Belimo TR24-SR. Розроблено схеми функціональну автоматизації та електричну принципову.

В роботі створено структуру дослідницької системи на базі scada zenon. Виконано дослідження процесу виробництва мармеладу, а саме стабілізація температури мармеладної маси при відливанні в форми, як об'єкт керування за методом активного експерименту. Проведено структурну та параметричну ідентифікацію та отримано модель об'єкту у вигляді аперіодичної ланки другого порядку з запізненням. Адекватність моделі до експериментальних даних склала 96,1%.

Виходячи з розрахунків економічних показників, видно, що впровадження нового обладнання системи керування на виробництві мармеладу та експлуатація цього обладнання є дуже коштовними в матеріальному плані капітальні витрати - 40396,8 грн., експлуатаційні витрати - 110784,68 грн, але необхідними, оскільки встановлення нової системи управління дозволить підвищити якість продукту.

У розділі розглянуті шкідливі та небезпечні чинники, що мають місце на виробництві мармеладу, запропоновано заходи щодо усунення та/або зменшення впливу цих чинників. Проаналізовані джерела можливого виникнення пожежі та вказані відповідні заходи по їх запобіганню чи ліквідації.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Визначення антиоксидантної ємності мармеладу та маршмелоу [Електронний ресурс] / С. М. Губський, М. В. Артамонова, Н. В. Шматченко, І. С. Пілюгіна, О. Ф. Аксьонова // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2016. – Т. 4, № 11 (82). – С. 43–50. – Режим доступу до Електронного архіва Харківського державного університету харчування та торгівлі : <http://elib.hduht.edu.ua> (Дата звернення: 10.06.2023). – Назва з екрана.
2. Дорохович, А. Збагачення кондитерських виробів вітамінами і мінеральними речовинами / А. Дорохович, О. Соловійова, Ю. Бондарук // Хлібопекарська і кондитерська промисловість України. – 2010. – № 7-8 (68–69). – С. 57–60.
3. Артамонова, М. В. Технологія мармеладу желейного з використанням кріас-порошків рослинного походження : монографія / М. В. Артамонова, Г. М. Лисюк, Н. Ф. Туз ; Харківський державний університет харчування та торгівлі. – Харків : ХДУХТ, 2015. – 134 с. – Режим доступу до Електронного каталогу Наукової бібліотеки ім. В. І. Вернадського : <http://www.irbis-nbuv.gov.ua> (дата звернення: 24.04.2023). – Назва з екрана.
4. Кондитерська промисловість: традиції та інновації. Вітчизняний та світовий досвід [Електронний ресурс] : наук.-допом. бібліогр. покажч. / [упоряд. : О. В. Олабоді] ; Нац. ун-т харч. технол., Наук.-техн. б-ка. – Київ, 2018. – 158 с.
5. Фруктові та желейні мармеладні маси з глюкозою [Електронний ресурс] / Ю. В. Камбулова, Д. С. Матяс, Н. О. Оверчук, Т. С. Федій // Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі. – 2017. – Вип. 1 (25). – С. 256–270. – Режим доступу до Електронного каталогу Наукової бібліотеки Харківського державного університету харчування та торгівлі : <http://elcat.hduht.edu.ua/DocSearchResult>. (Дата звернення: 20.05.2023). – Назва з екрана.

6. Гніцевич В.А., Никифоров Р.П., Слащева А.В. Харчові технології. Технологія продуктів рослинного походження [Текст] : навч. посібник. – Кривий Ріг : ДонНУЕТ, 2021. – 267с.
7. 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.
8. 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.
9. 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.
10. 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.
11. 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.
12. 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.
13. 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

14. 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.

15. ДСТУ 3273-95. Безпечність промислових підприємств

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. Гранично допустимі концентрації (ГДК) хімічних чинників в повітрі робочої зони

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			<u>Документація</u>			
2						
3	A4	КФІВС.КВР.151.20СК.09.ПЗ	Пояснювальна записка	62	ПЗ	
4						
5			<u>Графічна матеріали</u>			
6						
7	A2	КФІВС.КВР.151.20СК.09.Е2	Функціональна схема			
8			автоматизації	1	Е2	
9						
10	A2	КФІВС.КВР.151.20СК.09.Е3	Схема електрична			
11			принципова	1	Е3	
12						
13	A4	КФІВС.КВР.151.20СК.09.Д	Перелік елементів	1	Д	
14						
15		КФІВС.КВР.151.20СК.09.ВДЕ	Носій інформації	1	ВДЕ	
16						
17						
18						
19						
20						
21						
22						
23						
24						
25						
26						
27						
28						
29						
			Підп.	Дата	КФІВС.КВР.151.20СК.09.ТП	
Зм.	Арк.	№ докум.				
Розробив		Тананайко		15.06	Літ.	Аркуш
П. конс.		Славінський		20.06		1
Н. контр.		Славінський		20.06		1
					Національний ТУ «Дніпровська політехніка», ЕФ, 151-20ск-1	

ВІДГУКИ КОНСУЛЬТАНТІВ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

ВІДГУКИ КОНСУЛЬТАНТІВ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

ВІДГУК

на кваліфікаційну роботу ступеню бакалавра
на тему: “Автоматизація технологічного процесу виробництва желейного
мармеладу”
здобувачки вищої освіти академічної групи 151-20ск-1 Тананайко Наталії
Анатоліївни

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 у технологічному процесі виробництва мармеладу, а саме вдосконалити керування процесом розливки мармеладу у форми.

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 214-2BE03 та його модулі. На підставі обраного апаратного забезпечення розроблено функціональну схему автоматизації системи керування та схему електричну принципів 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 на 96,1%. 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 мармеладу.

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»; K14 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 здобувачка Тананайко Н.А. 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 желейного мармеладу”
здобувачки вищої освіти академічної групи 151-20ск-1 Тананайко Наталії
Анатоліївни

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 у технологічному процесі виробництва мармеладу, а саме вдосконалити керування процесом розливки мармеладу у форми.

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 мармеладовідливної машини 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 перевіірочними даними показало їх відповідність на 96,1%. 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 здобувачкою 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 здобувачка Тананайко Н.А. 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 желейного мармеладу”, здобувачки вищої освіти, групи 151-20ск-1 Тананайко Наталії Анатоліївни.

Загальний обсяг кваліфікаційної роботи без переліку посилань складає 57 сторінку. 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)