

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 Горбонос Єлизавети Олександрівни
(П.І.Б.)
академічної групи 151-18-1
(шифр)
спеціальності 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології
(код і назва спеціальності)
за освітньо-професійною програмою 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології
(офіційна назва)
на тему Автоматизація технологічного процесу виробництва морозива
(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	ст.викл.Проценко С.М.			
Визначення моделі об'єкта керування	ст.викл. Бойко О.О.			
Економічна частина	ст. викл. Яремчук І.О.			
Охорона праці	проф. Чеберячко Ю.І.			
Рецензент				
Нормоконтролер	ас. Славінський Д.В.			

Дніпро
2022

ЗАТВЕРДЖЕНО:
завідувачем кафедри
кіберфізичних та інформаційно-
вимірювальних систем

(повна назва)

Бубліковим А.В.

(підпис)

(прізвище, ініціали)

« _____ » _____ 2022 року

ЗАВДАННЯ
на кваліфікаційну роботу
ступеня бакалавр

студентці Горбонос Є.О. академічної групи 151-18-1
(прізвище та ініціали) (шифр)

спеціальності 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

за освітньо-професійною програмою 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

(офіційна назва)

на тему Автоматизація технологічного процесу виробництва морозива,

затверджену наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка» від _____ № _____

Розділ	Зміст	Термін виконання
Стан питання та постановка завдання	Вступ. Опис технологічного процесу для об'єкта автоматизації. Огляд існуючих систем автоматизації. Стан питання. Вибір напрямку створення автоматизованої системи.	10.05.2022
Розробка апаратного забезпечення системи керування	Обрання датчиків, виконавчих пристроїв та пристрою керування, розробка структурних схем, функціональної схеми автоматизації та принципової схеми електричної.	20.05.2022
Визначення моделі об'єкта керування	Розробка методики дослідження об'єкта керування. Виконання експерименту. Обробка результатів експерименту. Створення моделі об'єкта керування. Перевірка отриманої моделі на адекватність.	27.05.2022
Економічна частина	Економічне обґрунтування доцільності витрат на створення системи керування.	30.05.2022
Охорона праці	Розробка організаційно-технічних заходів, щодо реалізації правил безпеки при експлуатації системи.	03.06.2022

Завдання видано

_____ (підпис п.конс.)

ас. Славінський Д.В.

(прізвище, ініціали)

Дата видачі

28.03.2022

Дата подання до екзаменаційної комісії

14.06.2022

Прийнято до виконання

_____ (підпис студента)

Горбонос Є.О.

(прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка містить: 60 сторінок, 31 рисунок, 17 таблиць, 32 джерела.

Об'єкт дослідження: автоматизація процесу керування збивально-охолоджувальним апаратом – фризером морозива.

Предмет дослідження: процес охолодження та збивання вершково-молочної суміші на виробництві морозива.

Мета дослідження: підвищення ефективності процесу автоматичного керування температурою під час збивання та охолодження вершково-молочної суміші.

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

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

Розроблено структурну схему системи керування на підставі котрої з урахуванням вимог технологічного процесу обрані датчики та виконавчі пристрої системи керування. За результатами аналізу вимог до функціонування системи керування, датчиків та виконавчих пристроїв обрано пристрій керування VIPA 313-5BF13 та його модулі. На підставі обраного апаратного забезпечення розроблено функціональну схему автоматизації системи керування та схему електричну принципову системи керування.

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

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

На підставі параметричної та структурної ідентифікації розроблено імітаційну модель об'єкта керування в графічному середовищі Simulink математичного пакету MATLAB. Порівняння даних отриманих на моделі з перевірочними даними показало їх відповідність на 99,38%. Враховуючи аналіз об'єкта керування, його структури і функціонування та відповідність результатів моделювання, встановлено, що отримана модель є адекватною до об'єкта керування.

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

Ключові слова: МОРОЗИВО, КЕРУВАННЯ, ТЕМПЕРАТУРА, ОХОЛОДЖЕННЯ, ХОЛОДОНОСІЙ, МОДЕЛЬ, ПОКАЗНИК

ЗМІСТ

Вступ.....	7
1 Стан питання та постановка завдання.....	9
1.1 Галузь промисловості	9
1.2 Технологічний процес	10
1.3 Об'єкт керування.....	12
1.3.1 Загальна характеристика об'єкта керування	12
1.3.2 Структура об'єкта керування.....	13
1.3.3 Принцип функціонування об'єкта керування	14
1.5 Висновки по розділу	16
2 Розробка апаратного забезпечення системи керування	18
2.1 Розробка структурної схеми системи керування.....	18
2.2 Вибір апаратного забезпечення системи керування.....	19
2.2.1 Вибір давачів	19
2.2.2 Вибір виконавчих пристроїв	20
2.2.3 Вибір пристрою керування	21
2.2.4 Вибір пульта оператора	23
2.2.5 Вибір джерел живлення.....	25
2.3 Розробка функціональної схеми автоматизації.....	26
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 дослідницької системи	30
3.2 Розробка методики дослідження об'єкта керування	31
3.3 Виконання експерименту	32
3.4 Обробка результатів експерименту.....	35
3.4.1 Підготовка даних.....	35
3.4.2 Структурна ідентифікація	35

	6
3.4.3 Параметрична ідентифікація.....	39
3.5 Розробка моделі об'єкта керування в Simulink.....	42
3.6 Перевірка моделі на адекватність.....	44
3.7 Висновки по розділу	45
4 Економічна частина	47
4.1 Розрахунки капітальних витрат	47
4.2 Розрахунок експлуатаційних витрат на утримання апаратури у споживача	48
4.3 Висновки по розділу	49
5 Охорона праці.....	50
5.1 Аналіз шкідливих і небезпечних факторів	50
5.2 Інженерно-технічні заходи щодо охорони праці.....	51
5.3 Пожежна профілактика.....	53
5.4 Висновки по розділу	54
Висновки	55
Перелік посилань.....	57
Додаток А – Відомість проекту	61

ВСТУП

Морозиво (зах. також льоди) — заморожений десерт, що виробляють переважно з молока, вершків, масла, цукру з додаванням смакових та запахових речовин. Морозиво може бути також фруктовим (на основі соку і м'якоті фруктів і ягід). Морозиво як продукт молочний має понад 100 корисних речовин. Воно містить білки, жири, вуглеводи, набір вітамінів (А, В1, В2, В12, С, Д, Е, Р). Кількість вітамінів С зростає при додаванні фруктового наповнювача. Складові морозива сприяють виробленню в організмі серотоніну. Молочне морозиво містить багато триптофану – природної заспокійливої речовини [1].

Технологічний процес виробництва морозива складається з наступних технологічних операцій: підготування сировини, приготування суміші, фільтрування, пастеризація, гомогенізація, охолодження, збивання і заморожування вершково-молочної суміші, фасування, загартовування і дозагартовування морозива [2].

Одним з вагомих процесів у виробництві морозива є збивання і частковове заморожування вершково-молочної суміші – фризрування. При цьому утворюється пухка структура морозива, яка остаточно формується в процесі його загартування. Структура морозива визначається розмірами кристалів льоду. Регулювання температури вершково-молочної суміші при приготуванні має велике значення для процесу виробництва морозива. Зниження температури призводить до утворення великих кристалів льоду у суміші – погіршення якості морозива, підвищення температури супроводжується зменшенням кількості утриманих бульбашок повітря, що так само знижує якість морозива.

Питання конкуренції вимагає від виробників морозива постійно приділяти особливу увагу вдосконаленню асортименту і якості морозива. Тому ця проблема сьогодні актуальна.

Кваліфікаційна робота присвячена аналізу особливостей технології приготування морозива, визначення вимог до способів керування, розробці загальної структури системи керування та отриманню математичної моделі об'єкта керування.

1 СТАН ПИТАННЯ ТА ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ

1.1 Галузь промисловості

Оскільки основна частина практично будь-якого виду морозива – це молоко, цей десерт буває дуже і дуже калорійними. У світі навіть зустрічаються сорти морозива, які містять до 25-30% жирів і до 20-30% вуглеводів. Калорійність найпопулярнішого виду морозива пломбір без начинки startує від 230 ккал за 100 г продукту. Якщо ж в ласощі додають джеми, фрукти, шоколад або горіхи, тоді калорійність цієї страви перевищує за 300 ккал за 100 г продукту.

В залежності від складу морозиво ділять на декілька основних груп:

- пломбір (найкалорійніший вид морозива). У складі пломбіру завжди є незбиране молоко, вершки, цукор і курячі яйця, а також різні наповнювачі - фрукти, ягоди, какао або горіхи;
- молочне і вершкове морозиво. Молочне морозиво відрізняється від пломбіру тим, що воно містить в собі мінімум молочних жирів (від 1% до 7%), а вершкове морозиво включає від 7% до 15% тих самих жирів;
- сорбет – найздоровіший і найдієтичніший, а головне – низькокалорійний вид морозива. Він складається виключно з чистого пюре фруктів або ягід.
- заморожений сік або фруктовий лід – це фруктовий сік, невелика кількість пюре, чиста вода і багато цукру. Іноді у фруктові соки додають желе або мармелад.
- шербет – це мікс сорбету і пломбіру. Головна унікальність шербету полягає у тому, що це єдиний вид морозива, в яке додають алкоголь (наприклад віскі, вино або лікер Апероль) [3].

На сьогодні ринок морозива є досить розвиненим сегментом харчової промисловості України. Морозиво - один з найбільш популярних видів десерту; це заморожений молочний продукт з вмістом різних смакових добавок. Завдяки високим споживчим якостям, продукт користується постійним попитом.

Україна характеризується порівняно низьким рівнем споживання морозива на душу населення. За даними International Dairy Foods Association, споживання морозива в Україні не перевищує 2,5 кг (або приблизно 3 л) на людину в рік, в той же час першість за обсягом споживання морозива припадає на Нову Зеландію і США [4].

Найбільшими виробниками морозива в Україні є «Житомирський Маслозавод» (ТМ Рудь), «Ласунка», «Ласка», «Львівський холодокомбінат» (ТМ Лімо) і компанія «Три ведмеді» [4]. При цьому, частка перших двох компаній на ринку перевищує 50%.

Виробництво та реалізація морозива впродовж останніх років характеризується незначними коливаннями: від 148,9 тис.л у 2016 році до 139,8 тис.л у 2020 році.

На сьогодні українське морозиво експортується в понад 50 країн світу. Найбільше продукту експортується до Молдови, Китаю, Ізраїлю, Болгарії, Литви та Чехії. Разом з тим до країн Євросоюзу в поточному році експортовано морозива 1077,4 т., або 46,8 % від загального обсягу експорту, до Китайської Народної Республіки – 293,6 т., або 13 % [5].

Таким чином, можна впевнено стверджувати, що виробництво морозива, як в Україні, так і у світі є досить розвиненою та прибутковою галуззю.

1.2 Технологічний процес

Незважаючи на широкий асортимент продукції, виробництво морозива, зазвичай, має загальну технологічну схему, що складається з наступних операцій: приймання, оцінка та первинна підготовка сировини (молока, вершків, цукру та ін.), створення суміші, пастеризація, гомогенізація, охолодження і дозрівання суміші, збивання і заморожування вершково-молочної суміші, фасування та загартовування морозива, пакування і зберігання морозива. Схема технологічної лінії виробництва морозива наведена на рис 1.1

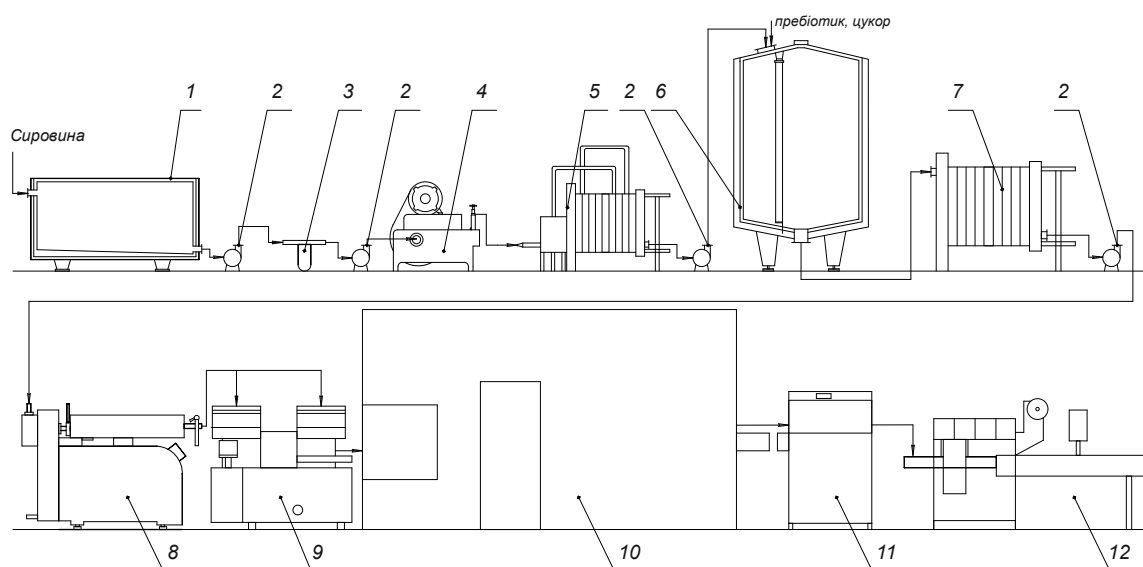


Рисунок 1.1 – Схема технологічної лінії виробництва морозива

На рисунку 1.1 прийняті наступні позначення: 1 – ванна; 2 – відцентровий електронасос; 3 – фільтр; 4 – гомогенізатор; 5 – пластинчатий пастеризаційно-охолоджуючий пристрій; 6 – резервуар; 7 – пластинчатий охолоджувач; 8 – фризер; 9 – екструзійно-формовочний апарат; 10 – швидкоморозильний апарат; 11 – агрегат глазурування; 12 – горизонтальний пакувальник.

Сучасне морозиво може вироблятися за великою кількістю різних рецептур, що дозволяє виробникам складати різноманітні за складом суміші для окремих видів продукту. Але, якщо на підприємстві відсутня стандартна за складом сировина, проводять перерахунок рецептур, метою якого є встановлення кількості наявних молочних продуктів для одержання морозива із необхідним складом компонентів.

В Україні для всіх видів морозива діють національні стандарти, які обумовлюють сучасні вимоги до якості цього продукту [6,7,8].

Морозиво як складний гетерогенний харчовий об'єкт, що є водночас піною, емульсією і суспензією, відрізняється агрегативною нестійкістю впродовж усього технологічного процесу виробництва та під час зберігання [9].

Суміші морозива в процесі низькотемпературного оброблення змінюють агрегатний стан фаз і перетворюються на нові за структурою і формою зв'язків дисперсні системи. Впродовж одночасного інтенсивного охолодження та збивання сумішей з коагуляційним типом структури утворюється коагуляційно-

кристалізаційна структура морозива м'якого з подальшим її переходом у кристалізаційну, характерну для морозива загартованого. Підвищений до 70–72 % вміст води у морозиві молочному, ароматичному та плодово-ягідному, порівняно морозивом вершковим і плombsіром, обумовлює певну специфіку цих перетворень.

Однією з ключових фаз приготування морозива є фризериування. Під час фризериування до 50% води у сумішах кристалізується, а діаметр повітряних бульбашок зменшується до 20...30 мкм. На стан повітряної фази впливає і температура фризериування - за температури нижчій за мінус 3°C збитість морозива знижується внаслідок суттєвого підвищення в'язкості. Проте, у температурному діапазоні від мінус 5 до мінус 6°C дисперсність повітряної фази найвища. В процесі фризериування утворюються дві нові фази – кристали льоду і повітряні бульбашки. Вільної води у розчині залишається усього до 29...30%, а решта кристалізується. На розміри утворених кристалів льоду впливають температура фризериування та гострота шкребків фризера. Заморожування дестабілізує емульсію жиру та колоїдні розчини через зближення жирових кульок і дію кристалів льоду на білкові оболонки жирових кульок, а також дегідратацію і високу концентрацію солей. Вид жирового компонента практично не впливає на тривалість фризериування, але за меншої молекулярної маси цукрів швидше знижується температура морозива у фризери [9].

1.3 Об'єкт керування

1.3.1 Загальна характеристика об'єкта керування

В кваліфікаційній роботі в якості об'єкта керування вибраний збивально-охолоджувальний апарат – фризери Торнадо FC 300 (рисунок 1.2).

Фризери Торнадо FC 300 це апарат безперервної дії із вбудованою холодильною машиною, що працює на хладону 22. Технічні характеристики представлені в таблиці 1.1.



Рисунок 1.2 – Фризер Торнадо FC 300

Таблиця 1.1 – Технічні характеристики фризера Торнадо FC 300

Параметри	Торнадо FC300
1. Продуктивність (по виходу суміші)*, л/година	300
2. Продуктивність (по входу суміші), л/година	150
3. Кількість циліндрів	1
4. Максимальна температура суміші на вході, °С	+9..+12
5. Температура мороженого на виході, °С	-4..-5
6. Взбитість морозива, %	30..120
7. Температура кипіння хладона 22, °С	-35
8. Потужність холодильного агрегату, кВт	8,5
9. Сумарна встановлена ел. потужність, кВт	10,5
10. Параметри живильної мережі, В/Гц	380/50

Фризер Торнадо FC 300 призначений для приготування морозива методом охолодження, насичення повітрям, взбивання й заморожування молочної, вершкової, пломбірної, плодово-ягідної суміші з наповнювачем і без нього.

Область застосування апарата Торнадо FC 300 - цехи й фабрики морозива, кафе.

1.3.2 Структура об'єкта керування

Будова та принцип роботи фризерів різних марок однакова (рис. 1.3). Фризери мають двостінні циліндри, всередину яких вводиться рецептурна суміш продуктів, які збиваються мішалками та ножами. В просторі між стінками циліндра циркулює холодильний агент (аміак або фреон).

У верхній частині фризера розміщені панель керування і блок приготування морозива. В машинному відділенні – в нижній частині апарата – знаходиться холодильний агрегат з конденсатором повітряного охолодження, електродвигун привода шнеків та прилади [10].

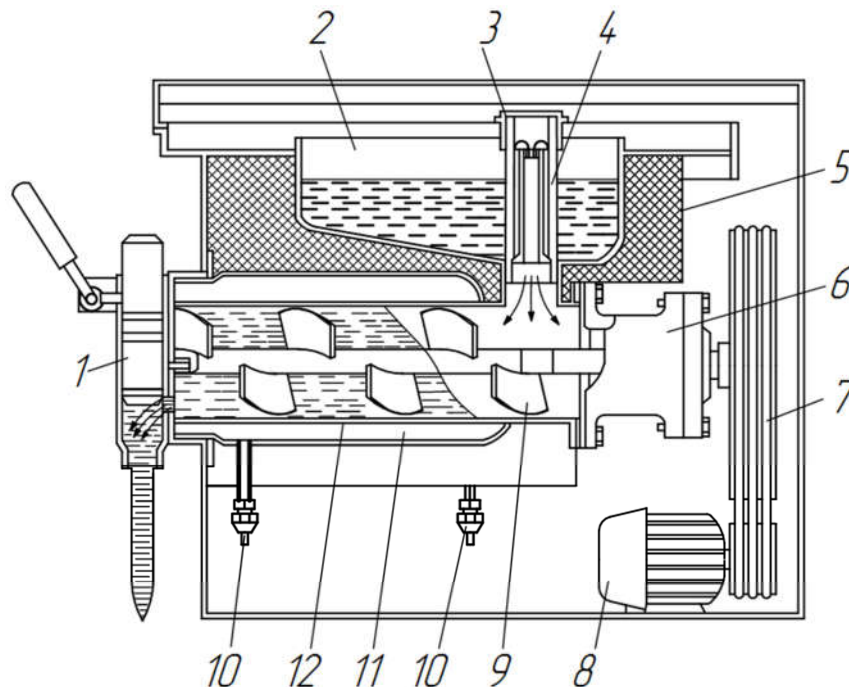


Рисунок 1.3 – Будова фризера

На рисунку 1.3 присутні наступні елементи:

1 – дозатор; 2 – завантажувальний бункер; 3 – кришка впускного пристрою; 4 – впускний клапан; 5 – теплова ізоляція; 6 – вузол привода шнека; 7 – клинопасова передача; 8 – електродвигун; 9 – лопатка; 10 – штуцери для підведення і відведення хладона; 11 – випарник; 12 – циліндр [10].

Таким чином, основними параметрами що впливають на роботу апарата є: температура вихідної суміші, температура в робочій камері, температура та витрата холодоносія, швидкість обертання ножів у камері, тиск у камері, продуктивність апарата.

1.3.3 Принцип функціонування об'єкта керування

Збивання вершково-молочної суміші при частковому охолодженні є основною операцією при виробництві морозива, в процесі якої суміш перетворюється на кремоподібну, частково заморожену і збільшену в об'ємі

масу. В охолодженій суміші від 1/3 до 1/2 частини всієї води знаходиться у вільному, незв'язаному вигляді. Саме ця вода заморожується, перетворюється на дрібні кристалики льоду. Залежно від виду вироблюваного морозива і від температури заморожується 29-67% всієї вільної води. Консистенція морозива в значній мірі залежить також від розмірів отриманих кристалів льоду, які не повинні перевищувати 100 мкм. При правильному заморожуванні вологи продукт набуває досить щільну кремоподібну структуру, без відчутних кристалів льоду. При збиванні і заморожуванні вершково-молочної суміші відбувається насичення морозива повітрям, яке рівномірно розподіляється по всій масі у вигляді бульбашок діаметром не більше 60 мкм. У результаті насичення повітрям обсяг замороженої суміші збільшується в 1,5-2 рази.

Подача до фризера суміші, повітря і вивантаження морозива здійснюються примусово, під тиском. В замерзлій суміші, що знаходиться під тиском 0,5-0,8 МПа, бульбашки повітря знаходяться в стислому стані. При виході з фризера, потрапляючи в умови нормального тиску, бульбашки повітря збільшуються в обсязі, що, у свою чергу, збільшує обсяг морозива, тобто підвищує його збитість. Заморожена суміш виходить з апарата з температурою від мінус 3 до мінус 5 °С і збитості, що досягає 100%.

Зменшення збитості морозива різко знижує його якість, продукт набуває щільну консистенцію з грубою структурою. При дуже високій збитості з'являється снігоподібна консистенція, що також знижує якість продукту. Для морозива, що виробляється на молочної основі, збитість рекомендується 70÷100%, для плодово-ягідних і ароматичних видів – 35÷40%. Визначають збитість ваговим або об'ємним методом.

1.4 Формулювання задачі дослідження

Метою дослідження кваліфікаційної роботи бакалавра є підвищення точності регулювання температури вершково-молочної суміші у фризери.

Завданням дослідження є вивчення можливості автоматичного керування температурою вершково-молочної суміші при виробництві морозива.

Ефективне керування об'єктом – фризером морозива можливе за умови використання методів теорії автоматичного керування і можливо лише тоді, коли відома математична модель цього об'єкта. Математична модель має бути отримана у вигляді передатної функції. Кінцева модель має бути представлена в пакеті імітаційного моделювання Simulink.

Об'єкт керування відноситься до класу безперервних. При цьому для безперервного об'єкта керування визначаються напрямки планування експерименту і вимоги до методів дослідження.

Одним з розповсюджених методів одержання мат.моделі технологічного об'єкта є ідентифікація. Ідентифікація у широкому сенсі – побудова оптимальної математичної моделі динамічної системи виходячи з спостережень за її входом та виходом.

Перевірка математичної моделі об'єкта на адекватність повинна виконуватися за нормованим середньоквадратичним відхиленням. Розбіжність між результатами моделювання та експериментальними даними не повинна перевищувати стандартного технічного відхилення в 10%.

1.5 Висновки по розділу

Аналіз роботи обладнання для виробництва морозива, а саме процесу фризера показав що:

- об'єктом дослідження є автоматизація процесу керування температурою в робочій камері фризера;
- предметом дослідження є процес керування температурою в робочій камері збивально-охолоджувального апарата – фризера;
- метою дослідження є підвищення ефективності процесу автоматичного керування температурою в робочій камері фризера під час збивання та охолодження вершково-молочної суміші;
- об'єктом керування є збивально-охолоджувальний апарат - фризер для виробництва морозива;

- вхідним параметром об'єкта керування є сигнал керування клапаном подачі холодоносія, що змінюється в межах 0..100%;
- вихідними параметром об'єкта керування є температура у робочій камері фризера;
- фризер морозива, як об'єкт керування, відноситься до класу безперервних;
- для визначення статичних та динамічних характеристик моделі об'єкта керування та оцінки їх адекватності мають бути застосовані методи статистичної обробки даних та методи теорії автоматичного керування;
- математична модель фризера морозива, як об'єкта керування, повинна бути одержана у вигляді передавальної функції.

2 РОЗРОБКА АПАРАТНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ

2.1 Розробка структурної схеми системи керування

Об'єктом керування, що розглядається в роботі є фризер морозива, для якого розглядається контур регулювання температури всередині робочої камери фризера. Вхідним параметром для об'єкта керування є витрата холодоносія, який охолоджує робочу камеру фризера. Кількість холодоносія, що надходить в систему, регулюється за допомогою клапана, пропускна спроможність якого змінюється в межах 0÷100%, де 0% відповідає закритому клапану, а 100% повній витраті холодоносія. Вихідним параметром є температура всередині робочої камери фризера, яка має бути на рівні -5°C . Температура вихідної вершково-молочної суміші, що надходить до фризера становить 12°C .

З огляду на особливості технології виробництва морозива, а саме процесу фризерування, система керування підтримкою температури повинна мати у своєму складі: датчик температури, який розташований всередині робочої камери фризера, виконавчий пристрій (клапан), що регулює витрату холодоносія, пристрій керування, який, на основі інформації від датчика, задає пропускну спроможність клапана. Також, для спостереження за перебігом технологічного процесу та внесення змін до нього, в системі має бути передбачений пульт оператора. Структурна схема представлена на рисунку 2.1

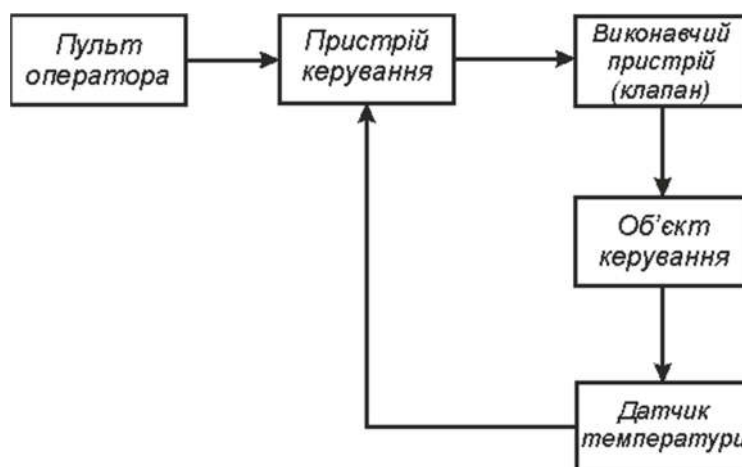


Рисунок 2.1 – Структурна схема системи керування

2.2 Вибір апаратного забезпечення системи керування

2.2.1 Вибір давачів

Вимірювання температури.

З огляду на те, що температура в процесі збивання та охолодження морозива коливається в межах -5°C до 12°C для різних речовин, то для контролю даного технологічного параметра використаємо термоперетворювач опору OVEN ДТС105 (рисунок 2.2) з уніфікованим вихідним сигналом. Діапазон вимірюваних температур давача OVEN ДТС105 від -50°C до $+180^{\circ}\text{C}$. Вимірюваний технологічний робочий діапазон температур від -5°C до 12°C , що знаходиться в діапазоні вимірюваних датчиком температур.



Рисунок 2.2 – Термоперетворювач опору OVEN ДТС105

Технічні характеристики давача OVEN ДТС105 представлені в таблиці 2.1

Таблиця 2.1 – Основні технічні характеристики давача OVEN ДТС105 [11]

Характеристики	OVEN ДТС105
НСХ (номінальна статична характеристика)	50М; 100М
Діапазон вимірюваних температур	$-50^{\circ}\text{C} \dots +180^{\circ}\text{C}$
Умовний тиск	10 МПа
Теплова інерція	не більше 10...30с
Опір ізоляції	не менше 100 МОм
Схема внутрішніх з'єднань провідників	2,3,4 – провідна
Виконання сенсора відносно корпусу	ізольований
Вбудований нормуючий перетворювач (НТП-2)	4...20 мА
Ступінь захисту	IP 54

Головна перевага термометрів опору – висока стабільність показань, номінальна характеристика наближена до лінійної, взаємозамінність. Використовуються подібні термометри для вимірювання температури в рідких та газоподібних середовищах, нагрівальній, кліматичній та холодильній техніці, а також у машинобудуванні, оскільки мають пряму залежність електричного опору від температури.

Таблиця 2.2 – Давачі

№	Назва параметру	Принцип дії	Тип	Діапазон змінення	Точність	Значення виходу	Період оновлення	Напруга живлення	Потужність споживання
1	Температура	зміна опору	аналог	-50...180	0,2	4...20мА	50мс	24В	2Вт

2.2.2 Вибір виконавчих пристроїв

Для регулювання подачі холодоносія в систему охолодження робочої камери фризера використовуємо електропривід фірми Velimo, модель TR24-SR (рисунок 2.3).



Рисунок 2.3 – Електропривід Velimo TR24-SR

Технічні характеристики електроприводу Velimo TR24-SR представлені в таблиці 2.3

Таблиця 2.3 – Технічні характеристики електроприводу Belimo TR24-SR [12]

Назва параметру	Значення параметру
Ступінь захисту	IP40
Керуючий сигнал	DC 0...10 В, вх. опір.=100 кОм
Напруга живлення	DC 24В (DC 21.6÷28.8В)
Потужність	1Вт
Час повного обертання	90 с
Крутячий момент	1,6 Нм
Рівень шуму	max 35 dB(A)
Вага (без клапана)	0.3 кг

Таблиця 2.4 – Виконавчі пристрої

№	Назва параметру	Принцип дії	Тип	Діапазон змін	Лінійність	Значення входу	Період оновлення	Напруга живлення	Потужність споживання
1	Регулювання витрати	Електро механічний	Електропривід постійного току	0...100%	100%	0-10В	постійно	24В	1Вт

2.2.3 Вибір пристрою керування

Контролер керування

Процесорні модулі (модулі ЦПУ) здійснюють керування і регулювання технологічним процесом або обладнанням відповідно до закладеної в них користувачем програмою. Їх вибір здійснюється виходячи з особливостей розв'язуваної задачі відповідно необхідним рівнем продуктивності і обсягом пам'яті. Вони можуть розширюватися за допомогою сигнальних і функціональних модулів, а також комунікаційних процесорів.

Серія ПЛК 300S базується на технології SPEED7, завдяки якій вона є однією з найшвидших та найефективніших у застосуванні систем управління у своєму класі. Програмування здійснюється за допомогою WinPLC та/або STEP7 компанії Siemens.

Контролери відрізняє не тільки їхню високу швидкодію. При необхідності їхня швидкість реакції додатково може бути істотно збільшена за допомогою швидкісної системної шини SPEED-bus.

Наявність в складі серії 300S широкого набору різних моделей процесорних модулів дозволяє створювати системи керування, які будуть оптимальними як за функціональними можливостями, так і за ціною.

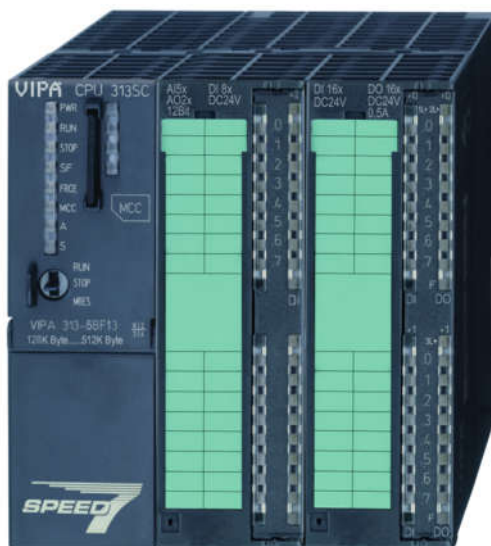


Рисунок 2.4 – ПЛК VIPA 313-5BF13

Характеристики

- Високопродуктивна система керування
- Програмування за допомогою STEP7 компанії Siemens або WinPLC7 компанії VIPA
- Вбудована робоча пам'ять, робота без додаткової карти пам'яті
- Вбудоване ОЗП з резервним живленням від акумулятора
- Гнучке розширення обсягу робочої пам'яті за допомогою карт МСС
- Підтримка стандартних карт ММС для збереження програм і даних
- Вбудована підтримка інтерфейсів Ethernet, PROFIBUS DP і MPI
- Порт RS-485 з функціями PROFIBUS DP і PtP
- Напруга живлення 24 В пост. струму
- Можливість застосування в складі централізованої них і розподілених систем керування
- Годинник реального часу

- Світлодіодні індикатори стану

Контролер VIPA 313-5BF13 містить у собі

- модуль CPU 313SC,
- робоча пам'ять 128 кбайт (розширення до 512 кбайт),
- MPI,
- порт RS-485 (PtP),
- порт Ethernet PG / OP,
- 24 x DI, 16 x DO, 4 x AI, 2 x AO, 1 x AI (Pt100),
- 3 лічильника (32 розряду, 30 кГц),
- сумісність з TIA Portal

В таблиці 2.5 приведені сукупні характеристики пристрою керування.

Таблиця 2.5 – Пристрій керування

№	Назва модулю	Пристрій	Напруга живлення	Потужність споживання
1	VIPA 313-5BF13	Центральний процесор	24В	18 Вт

2.2.4 Вибір пульта оператора

Для програмування контролера та полегшення взаємодії оператора з системою керування використаємо панель серії ЕСО.

Панелі серії ЕСО відкривають нові можливості для користувачів завдяки потужній системі візуалізації в поєднанні з привабливою ціною обладнання. Пристрої цієї серії відрізняються не тільки безкомпромісною надійністю і продуктивністю, але також відмінним співвідношенням ціна / якість. Великий термін служби обладнання забезпечується, серед іншого, за рахунок використання пасивної системи охолодження і електронних накопичувачів інформації. Це означає, що в конструкції панелей відсутні будь-які електромеханічні компоненти.



Рисунок 2.5 – Панелі серії ECO

Панелі серії ECO в комбінації з системою візуалізації Movicon Basic володіють потужнішим функціоналом, ніж будь-які інші аналогічні вироби, що досягається за рахунок вдалого поєднання всіх переваг технології Movicon з простий у використанні середовищем розробки. Все це забезпечує високу масштабованість і значне поліпшення продуктивності кожного проекту.

Додаткове ПО VIPA PLCTOOL дозволяє вивантажувати і завантажувати програму в контролер, зчитувати діагностичний буфер, а також керувати режимом роботи (ПУСК / СТОП) підключеного контролера без використання пристрою з системою програмування.

Характеристики

Розмір екрану дисплея від 4,3" до 15"

Тип дисплея: кольоровий TFT

Процесори ARM11, 533 МГц і Cortex-A8 1000 МГц

Інтерфейси: RS-232, RS-232 / RS-422 / RS-485, Ethernet RJ45, USB-A (вбудовані), MPI / PROFIBUS DP slave (опціональні)

Пам'ять користувача 50-256 Мбайт, розширення за допомогою карт SD і MMC, а також USB-накопичувача

Попередньо встановлено операційна система Windows Embedded CE 6.0 Core і середовище виконання Movicon BASIC 11

Для нашої системи використаємо модель 62P-NHC0-CB. Панель оператора 62P-NHC0-CB має в своєму складі TP 615LC+, кольоровий РК-

дисплей 15" 1024x768, процесор Cortex-A8 1000 МГц, робоча пам'ять 256 Мбайт, інтерфейси: 2 x Ethernet (RJ45), RS-232 (DB9), RS-232/422/485 (DB25), 1 x USB-A; передвстановлена ОС Windows Embedded CE 6.0 Professional

Таблиця 2.6 – Пульт оператора

№	Назва панелі оператора	Напруга живлення	Потужність споживання
1	ECO 62P-NHC0-CB	24В	27Вт

2.2.5 Вибір джерел живлення

Для забезпечення роботи ПЛК VIPA 313-5BF13 необхідне джерело постійної напруги +24 В. Споживана потужність цього ПЛК складає 18 Вт, тому в якості джерела постійної напруги обрано блок живлення SPD24601 потужністю 60 Вт. Блок SPD24601 може працювати при вхідній напрузі від ~85 до ~264 В та має вихідну напругу +24 В (рис. 2.6).



Рисунок 2.6 – Джерело живлення SPD24601

Підключення ПЛК VIPA 313-5BF13 до джерела живлення SPD24601 виконано за схемою на рисунку 2.7.

Таблиця 2.6 – Технічні характеристики SPD24601

№	Найменування параметру	Значення
1	Напруга живлення, В	~85÷~264
2	Вихідна напруга, В	24
3	Потужність, Вт	60
4	Максимальний вихідний струм, А	2,5

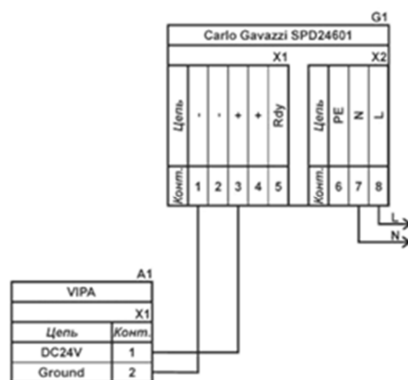


Рисунок 2.7 – Схема живлення контролера від SPD24601

Аналіз обраного обладнання дозволяє зробити висновок про необхідність застосування зовнішнього джерела живлення для вбудованого модуля аналогового вводу/виводу, до якого підключені датчик температури OVEN ДТС105 потужністю 5Вт та електропривід Belimo TR24-SR з напругою живлення +24 В і потужністю 1 Вт. Загальна споживана потужність модуля та підключеного до нього обладнання:

Споживана потужність блока живлення пристрою керування:

$$P_{\text{БЖПК}} = 1,3 \left(P_{\text{ПК}} + \sum_{i=1}^n P_{\text{Мі}} \right), \quad (2.1)$$

де $P_{\text{БЖПК}}$ – потужність блока живлення пристрою керування (Вт), $P_{\text{ПК}}$ – потужність споживана (Вт), $P_{\text{Мі}}$ – потужність споживана i – тим модулем (Вт), n – кількість модулів ПЛК.

$$P = 2.9 + 5 + 1 = 8.9 \text{ Вт},$$

Таким чином, для живлення, підключених до контролера, пристроїв можна використати блок живлення SPD24601, зважаючи на необхідність уніфікації пристроїв системи керування.

2.3 Розробка функціональної схеми автоматизації

З огляду на розглянуті вище апаратні засоби та вимоги до системи керування температурою в робочій камері фризера була розроблена функціональна схема автоматизації, яка представлена на рисунку 2.8.

Функцію керування виконує ПЛК VIPA 313-5BF13 (UY3). Інформація про перебіг технологічного процесу відображується на пульті оператора (UYR4).

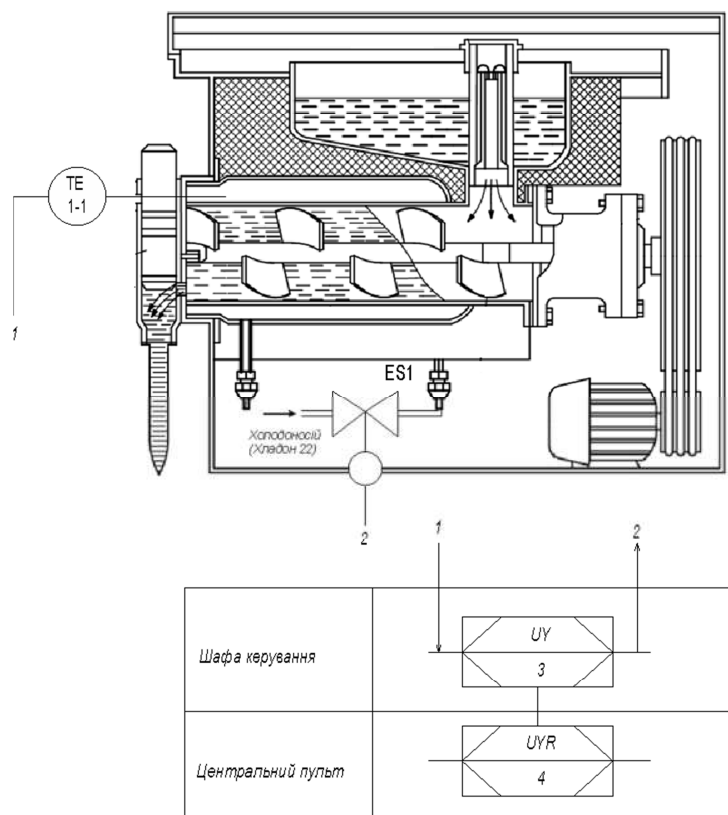


Рисунок 2.8 – Функціональна схема автоматизації фризера по каналу регулювання температури

Температура в робочій камері фризера вимірюється за допомогою термодатчика опору OVEN ДТС105 (TE 1-1) з вихідним сигналом 4-20 мА. Пристрій керування (ПЛК) на підставі виміряного значення температури розраховує ступінь відкриття клапана холодоносія. Це значення передається на електропривід клапана Belimo TR24-SR (ES1) у вигляді сигналу 0-10В. Завдяки електронному вказівнику положення що міститься в електроприводі встановлюється необхідне положення регулюючого механізму.

2.4 Розробка схеми електричної принципової

Використовуючи функціональну схему автоматизації та інформацію про апаратне забезпечення була розроблена схема електрична принципова системи керування температурою в робочій камері фризера (рис. 2.9).

На схемі представлені два джерела живлення Carlo Gavazzi SPD24601 (G1, G2). Джерело G1 забезпечує живлення ПЛК VIPA 313-5BF13 (A1) та сенсорної панелі оператора (A2), а друге G2 живить датчик температури OVEN DTC105 (TE1) та електропривід шарового клапану Velimo TR24-SR (ES1). Спостереження та внесення змін у процесі роботи системи керування може виконуватись за допомогою сенсорної панелі (A2) пульта оператора. Зв'язок між програмованим логічним контролером (A1) і панелью оператора (A2) реалізований за допомогою інтерфейсу Ethernet.

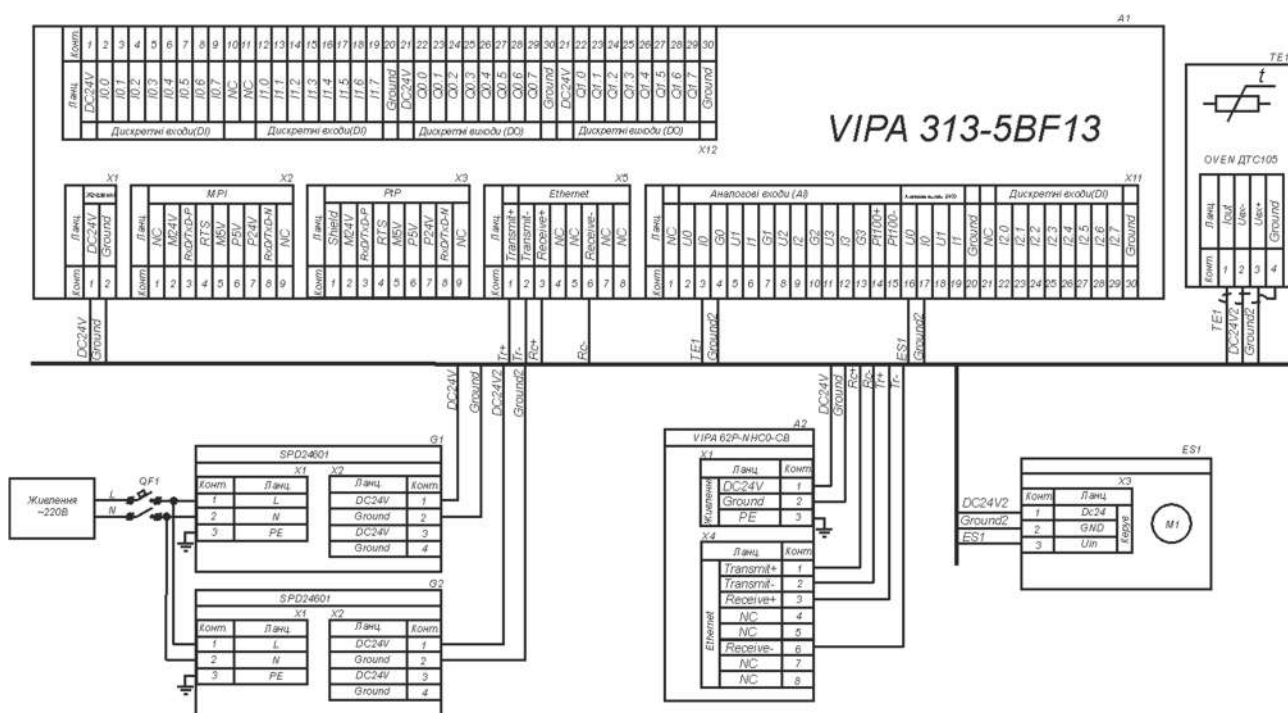


Рисунок 2.9 – Схема електрична принципова системи керування

Температура в робочій камері фризера контролюється термометром опору (TE 1-1). Вихід датчика температури є стандартним 4-20 мА та підключений до порту аналогового вводу ПЛК (A1).

Вказівки на зміну положення клапану здійснюється програмованим логічним контролером (A1) через порт аналогового виводу ПЛК, що подає

сигнал 0-10В до електронного вказівника положення електропривода регульованого клапана (ES1).

2.5 Висновки по розділу

Розглянувши процес фризювання морозива, структуру об'єкта керування та його функціонування, а також вимоги до системи керування було розроблено структурну схему системи керування.

Згідно до технологічного процесу, діапазони зміни вимірювальних параметрів та керованих параметрів були обрані датчики та виконавчі пристрої які мають стандартні діапазони вхідних та вихідних сигналів 0÷10 В та 4÷20 мА та стандартне живлення 24 В.

На підставі вимог до технологічного процесу та функціонування системи керування в якості пристрою керування обрано ПЛК VIPA 313-5BF13. ПЛК VIPA 313-5BF13 має вбудовані порти аналогового вводу/виводу, через які забезпечено підключення датчика та виконавчого пристрою.

В якості пульта оператора вибрано промисловий комп'ютер VIPA ECO 62P-NHC0-CB із вбудованою ОС "MS Windows Embedded 7" та scada zenon Supervisor.

На основі технічних характеристик датчика, виконавчого пристрою, пристрою керування та панелі оператора розраховані споживані потужності та обрані блоки живлення.

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

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

3 ВИЗНАЧЕННЯ МОДЕЛІ ОБ'ЄКТА КЕРУВАННЯ

3.1 Розробка структурної схеми інформаційних потоків дослідницької системи

Scada zenon має людино-машинний інтерфейс, середовище виконання і програмний програмований логічний контролер.

Людино-машинний інтерфейс дозволяє налаштовувати діапазон керуючого впливу і дійсного значення та відображує ці значення у вигляді трендів.

Температура в робочі камері фризера морозива вимірюється за допомогою датчика OVEN ДТС105, з вихідним сигналом 4..20 мА. Сигнал від датчика перетворюється аналого-цифровим перетворювачем (АЦП) контролера в цифрове значення з діапазоном від 0 до 27648. Це значення по каналу зв'язку передається середовищу виконання, яке перетворює його в фізичні одиниці і відображує за допомогою людино-машинного інтерфейсу. В цей же час сигнал оброблюється згідно закладеної програми та формується керуючий вплив, у вигляді цифрове значення від 0 до 27648. Далі, за допомогою цифро-аналогового перетворювача (ЦАП) це значення перетворюється в електричну величину в межах 0..10В, що подається на електропривід клапана холодоносія.

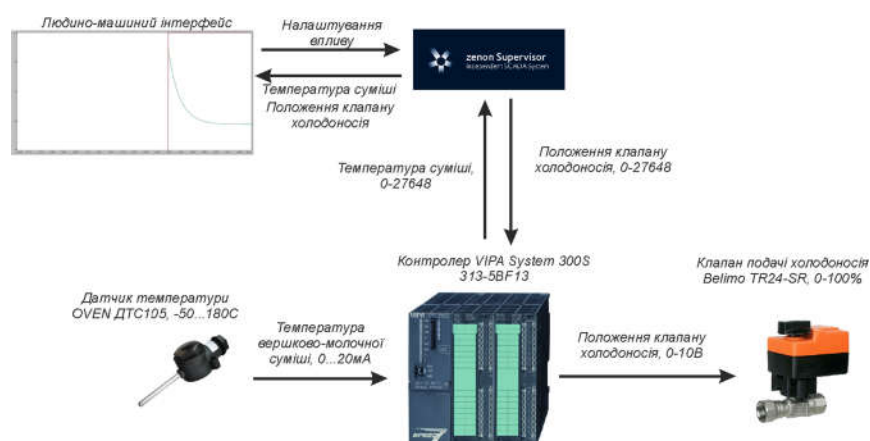


Рисунок 3.1 – Структурна схема інформаційних потоків дослідницької системи

3.2 Розробка методики дослідження об'єкта керування

З огляду на технічні характеристики об'єкта керування та його апаратного забезпечення, можна стверджувати що вхідним параметром або керуючим впливом є ступінь відкриття клапана холодоносія (0..100%), а вихідним параметром є температура в робочій камері фризера морозива (початкова температура суміші прийнята рівною 12°C)

Дослідження об'єкта керування буде виконано за допомогою методу активного експерименту, що дозволить побудувати математичну модель.

Для отримання математичної моделі необхідно виконати зняття динамічної та імпульсної (П-подібної) характеристики, дані для побудови статичної характеристики та перевірочні дані.

План експерименту для отримання характеристик об'єкта керування:

1. Динамічна характеристика об'єкта керування:
 - 1.1 Приведення системи до початкового стану (клапан холодоносія закритий – 0%, значення температури 12°C);
 - 1.2 Початок запису даних про перебіг процесу;
 - 1.3 Подача східчастого керуючого впливу зі значенням 100% відкриття клапану холодоносія;
 - 1.4 Очікування встановлення постійного значення температури;
 - 1.5 Завершення запису даних про перебіг процесу.
2. Дані для отримання статичної характеристики об'єкта керування:
 - 2.1 Приведення системи до початкового стану (клапан холодоносія закритий – 0%, значення температури 12°C);
 - 2.2 Початок запису даних про перебіг процесу;
 - 2.3 Подача східчастого керуючого впливу зі значенням 30% відкриття клапану холодоносія;
 - 2.4 Очікування встановлення постійного значення температури;
 - 2.5 Подача східчастого керуючого впливу зі значенням 60% відкриття клапану холодоносія;
 - 2.6 Очікування встановлення постійного значення температури;

- 2.7 подача східчастого керуючого впливу зі значенням 90% відкриття клапану холодоносія;
- 2.8 очікування встановлення постійного значення температури;
- 2.9 Завершення запису даних про перебіг процесу;
3. П-подібна характеристика об'єкта керування
 - 3.1 Приведення системи початкового стану (клапан холодоносія закритий – 0%, значення температури 12°C);
 - 3.2 Початок запису даних про перебіг процесу;
 - 3.3 подача східчастого впливу зі значенням 100% відкриття клапану холодоносія;
 - 3.4 очікування встановлення постійного значення температури;
 - 3.5 подача східчастого впливу зі значенням 0%, повністю закритий клапан холодоносія;
 - 3.6 очікування встановлення постійного значення температури;
 - 3.7 Завершення запису даних про перебіг процесу;
4. Перевірочні дані
 - 4.1 Приведення системи початкового стану (клапан холодоносія закритий – 0%, значення температури 12°C);
 - 4.2 Початок запису даних про перебіг процесу;
 - 4.3 подача східчастих впливів тривалістю 120с з випадкового вибраним значенням від 0 до 100% протягом 20 хвилин
 - 4.4 Завершення запису даних про перебіг процесу;

3.3 Виконання експерименту

Спираючись на план активного експерименту, для отримання динамічної характеристики, необхідно привести систему до початкового стану (клапан холодоносія закритий – 0%, значення температури 12°C). Потім необхідно розпочати запис даних про перебіг процесу: дійсних значень температури в камері фризера та керуючих впливів (положення клапана холодоносія). Після початку запису даних подаємо східчастий керуючий вплив зі значенням 100%

пропускної спроможності клапана холодоносія та чекаємо на встановлення постійного значення температури в камері (тобто, завершення перехідного процесу). Після завершення перехідного процесу завершуємо запис даних для побудови динамічної характеристики (рис 3.2).

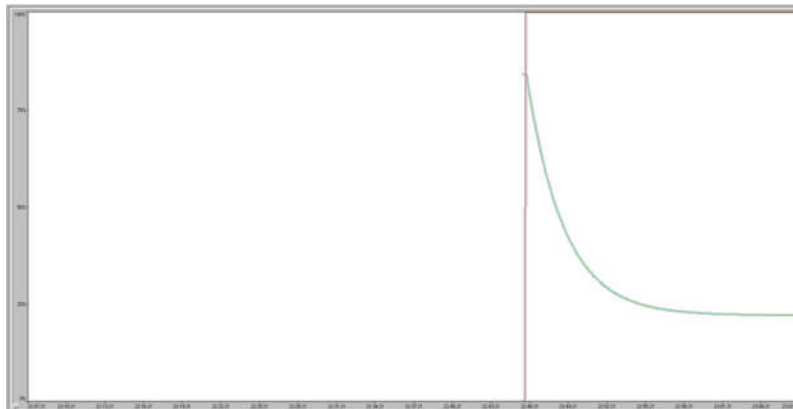


Рисунок 3.2 – Динамічна характеристика

Отримання даних для побудови статичної характеристики виконується наступним чином: приводимо систему до початкового стану (клапан холодоносія закритий – 0%, значення температури 12°C). Потім необхідно розпочати запис даних про перебіг процесу: дійсних значень температури в камері фризера та керуючих впливів (положення клапана холодоносія). Після початку запису даних подаємо східчасті керуючі впливи зі значеннями 30%, 60% та 90% пропускної спроможності клапана холодоносія та чекаємо на встановлення постійного значення температури в камері фризера (тобто, завершення перехідного процесу) після кожного керуючого впливу. Завершуємо запис даних для побудови статичної характеристики (рис. 3.3).

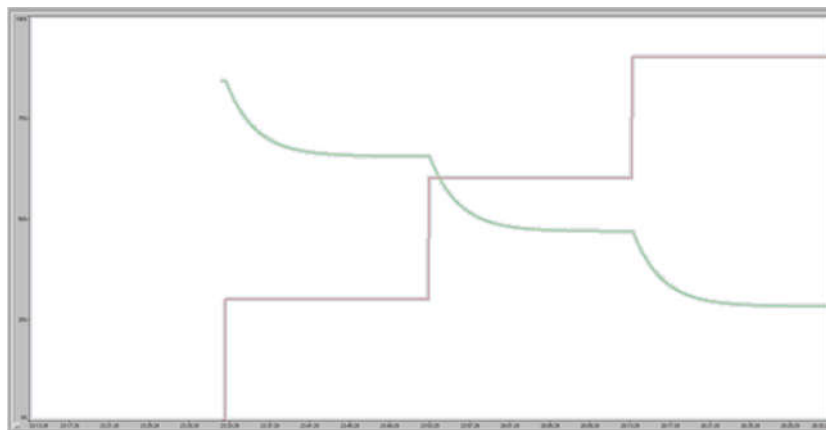


Рисунок 3.3 – Статична характеристика

Для отримання П-подібної (імпульсної) характеристики, приводимо систему до початкового стану (клапан холодоносія закритий – 0%, значення температури 12°C). Потім необхідно розпочати запис даних про перебіг процесу: дійсних значень температури в камері фризера та керуючих впливів (положення клапана холодоносія). Після початку запису даних подаємо східчастий керуючий вплив зі значенням 100% пропускної спроможності клапана холодоносія та чекаємо на встановлення постійного значення температури в камері фризера (тобто, завершення перехідного процесу), після чого припиняємо подачу холодоносія – керуючий вплив дорівнює 0% та чекаємо на встановлення постійного значення температури в камері фризера. Після завершення перехідного процесу завершуємо запис даних для побудови П-подібної (імпульсної) характеристики (рис 3.4).

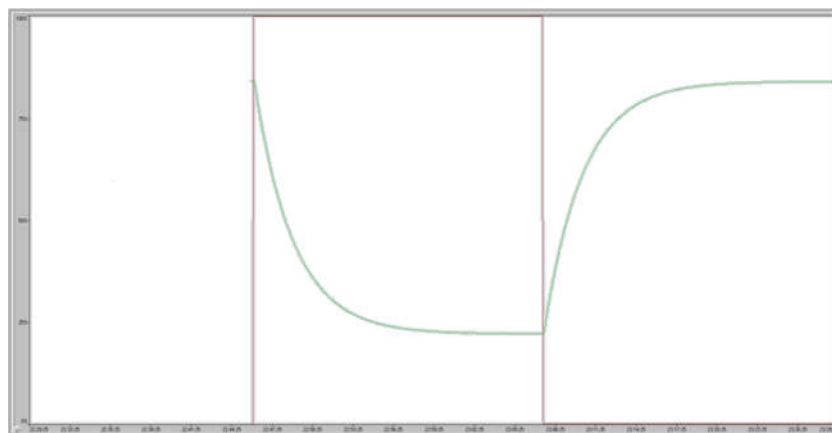


Рисунок 3.4 – П-подібна характеристика

Перевірочні дані.

Приводимо систему до початкового стану (клапан холодоносія закритий – 0%, значення температури 12°C). Потім необхідно розпочати запис даних про перебіг процесу: дійсних значень температури в камері фризера та керуючих впливів (положення клапана холодоносія). Після початку запису даних, з періодом 300 секунд, подаємо східчасті керуючі впливи з псевдовипадковим значенням пропускної спроможності клапана холодоносія від 0 до 100%. Після 30 хвилин роботи вимикаємо запис та отримуємо перевірочні дані (рис. 3.5).

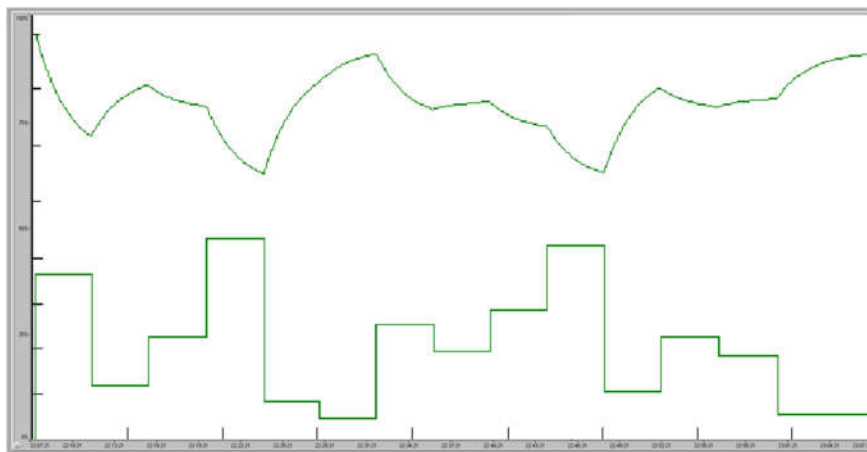


Рисунок 3.5 – Перевірочні дані

3.4 Обробка результатів експерименту

3.4.1 Підготовка даних

Використовуючи дані, отримані при проведенні активного експерименту, виконаємо ідентифікацію об'єкта керування. Сам процес ідентифікації можна виконати в ППП MATLAB. Для цього дані активного експерименту необхідно імпортувати до MATLAB у вигляді змінних. Змінні для побудови динамічної характеристики «Dynamic_Input» (керуючий вплив) та «Dynamic_Output» (дійсне значення температури), дані для побудови статичної характеристики «Static_Input» та «Static_Output», дані отримані при подачі П-подібному керуючому впливі «P_Input» та «P_Output», перевіряючі дані «Check_Input» та «Check_Output».

Процес отримання математичної моделі об'єкта керування складається з двох етапів: структурної та параметричної ідентифікації. При структурній ідентифікації визначається структура моделі (аналіз входів, виходів, їх взаємний вплив, аналітичне складання моделі). Параметрична ідентифікація відповідає за визначення параметрів моделі – чисельних значень.

3.4.2 Структурна ідентифікація

Аналізу динамічної характеристики (рис. 3.5).

Використовуючи засоби графічного інтерфейсу MATLAB визначаємо часові проміжки, що відповідають моменту подачі керуючого впливу, часу

реагування на керуючий вплив та часу досягнення максимального дійсного значення. Були отримані наступні значення: момент подачі керуючого впливу 5 секунда, час реагування на керуючий вплив 10 секунд, максимальне дійсне значення було досягнуто приблизно на 1000 секунд. З урахуванням цих значень можна стверджувати, що об'єкт керування має запізнення 5 секунд (рис 3.5).

З вигляду динамічної характеристики можна стверджувати що вона має один перегин. Таким чином, можна стверджувати, що об'єкт має один дійсний від'ємний домінуючий корінь і математична модель фризера, по каналу регулювання температури в робочій камері, може бути представлена у вигляді аперіодичної ланки першого або більш високого порядку.

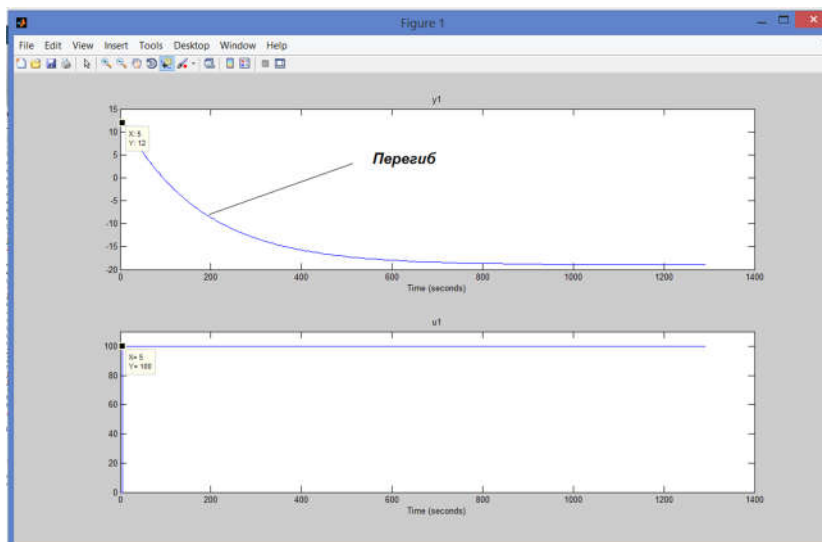


Рисунок 3.5 – Динамічна характеристика фризера

Аналіз даних для побудови статичної характеристики.

Використовуючи засоби графічного інтерфейсу MATLAB визначаємо часові проміжки, що відповідають моментам зміни пропускнуї спроможності клапана холодоносія, часу реагування на ці зміни та часу досягнення максимальних дійсних значень при змінах керуючого впливу. Були отримані наступні значення – рисунок 3.6.

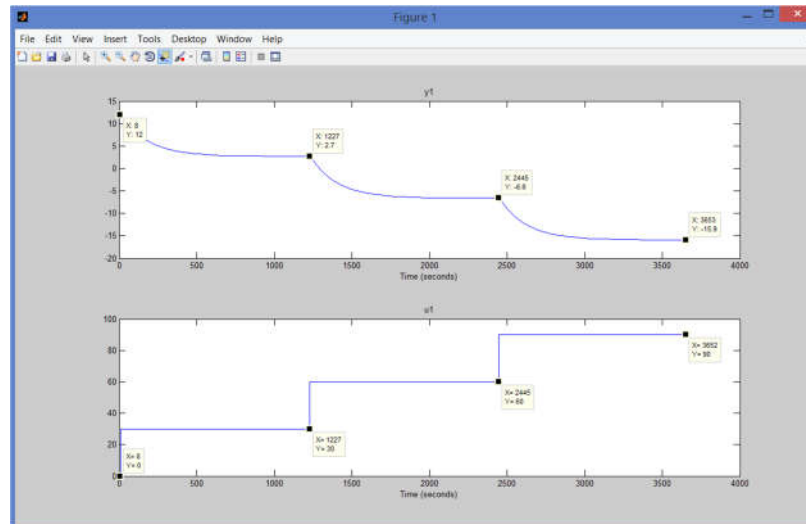


Рисунок 3.6 – Дані для побудови статичної характеристики

На підставі отриманих даних виконаємо побудову статичної характеристики (рис. 3.7):

```
>> Static Input Vector = [0, 30, 60, 90]
```

```
Static Input Vector =
```

```
0 30 60 90
```

```
>> Static Output Vector = [12, 2.7, -6.6, 0-15.9]
```

```
Static Output Vector =
```

```
12.0000 2.7000 -6.6000 -15.9000
```

```
>> plot(Static Input Vector,Static Output Vector, '-ok', 'LineWidth',3)
```

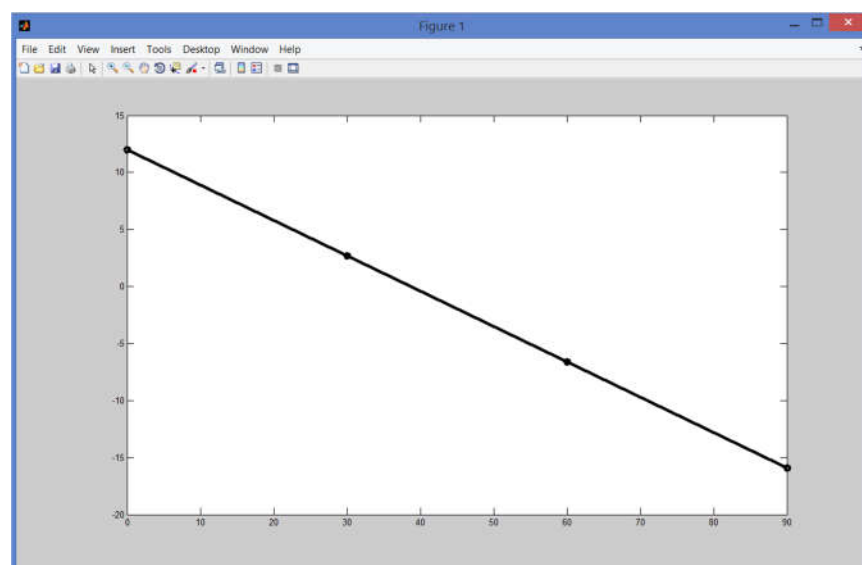


Рис 3.7 – Статична характеристика об'єкта керування

З рисунку 3.7 видно, що статична характеристика є майже лінійною. Тому можна стверджувати, що фризер, як об'єкт керування є лінійним на всьому діапазоні зміни подачі холодоносія при відкритті клапана від 0 до 100%.

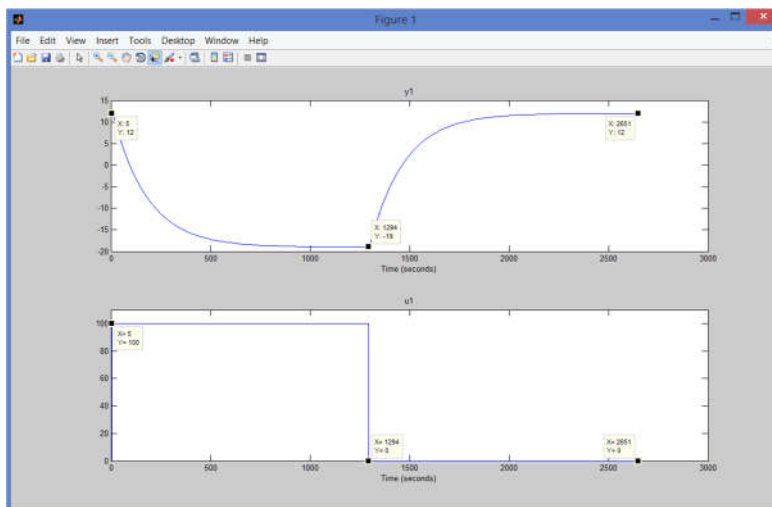


Рисунок 3.8 – Імпульсна характеристика

Проаналізувавши характеристику, отриману за допомогою П-подібного керуючого впливу, встановлено, що зміна керуючого впливу (відкриття клапану холодоносія) від 0 до 100%, призводить до збільшення дійсного значення, а зміна впливу керуючого від 100 до 0%, призводить до зменшення дійсного значення (рис. 3.8). З огляду на це, цього можна стверджувати, що об'єкт є самовирівнюється і не має інтегруючих властивостей.

Порівняння ділянок підйому та спаду виконувалося через функцію розрахунку стандартного відхилення:

```
std(P_First) - std(P_Second)
```

```
ans =
```

```
0.0176
```

З огляду на те, що діапазон зміни дійсного значення температури в робочій камері фризера приблизно дорівнює 31°C (рис. 3.5), то різниця стандартних відхилень становить менше 1% від вказаного діапазону.

Тобто, фризер, як об'єкт керування є симетричним, а його математична модель є лінійною.

З огляду на розглянуті особливості фризера, як об'єкта керування можна стверджувати, що він може бути представлений як першого з запізненням або аперіодична ланки більш високого порядку:

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

$W(s)$ передавальна функція, k коефіцієнт посилення, T постійна часу (с), τ час запізнення (с).

Для отримання чисельних значень коефіцієнтів математичної моделі фризера буде виконана параметрична ідентифікація.

3.4.3 Параметрична ідентифікація

З огляду на те, що статична характеристика має вигляд майже прямої лінії (рис. 3.9), то її можна описати за допомогою полінома першого порядку. Для отримання коефіцієнтів буде задіяна функція апроксимації даних поліномом - `polyfit`. Використовуючи «`Static_Input_Vector`» та «`Static_Output_Vector`» отримаємо:

```
>> pol = polyfit(Static_Input_Vector, Static_Output_Vector, 1)
pol =
-0.3100 12.0000
```

Тобто, перший коефіцієнт – це коефіцієнт посилення передаточної функції і він дорівнює -0.31. Другий коефіцієнт вказує на зміщення щодо початку координат – початкова температура, яка дорівнює 12.

Використовуючи вбудований додаток "System Identification Toolbox"(рис. 3.9) математичного пакету MATLAB, виконаємо параметричну ідентифікацію.

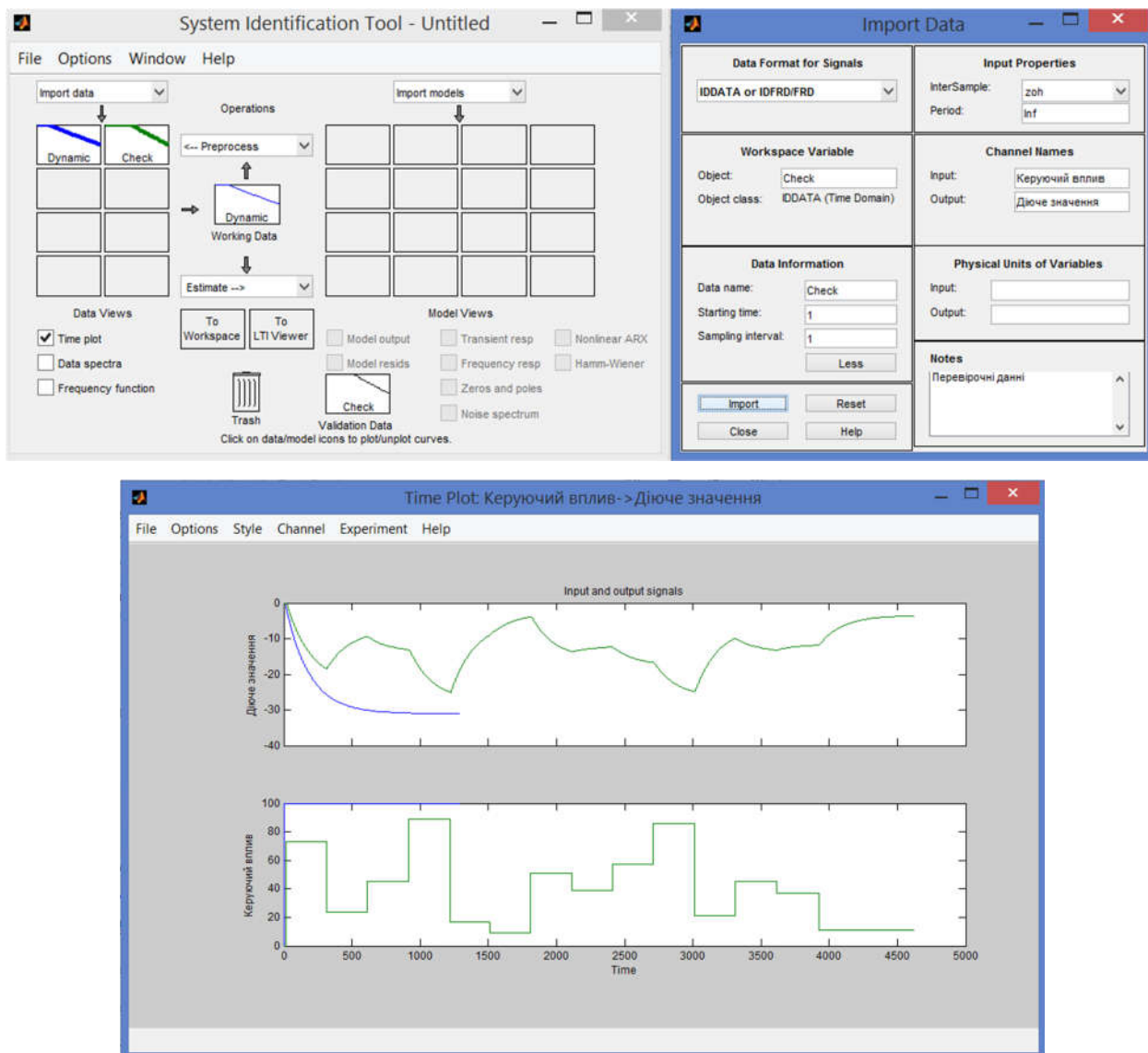


Рисунок 3.9 – System Identification Toolbox

До вбудованого додатку MATLAB «System Identification Toolbox» імпортувались підготовлені данні без статичної складової. Данні динамічної характеристики використовувались для розрахунку параметрів моделі об'єкта керування, а перевіірочні данні, для оцінки відповідності отриманої моделі до об'єкта керування. Розрахунок параметрів виконувався через метод Process Models для аперіодичної ланки другого порядку та аперіодичної ланки другого та третього порядку із запізненням (рис. 3.10).

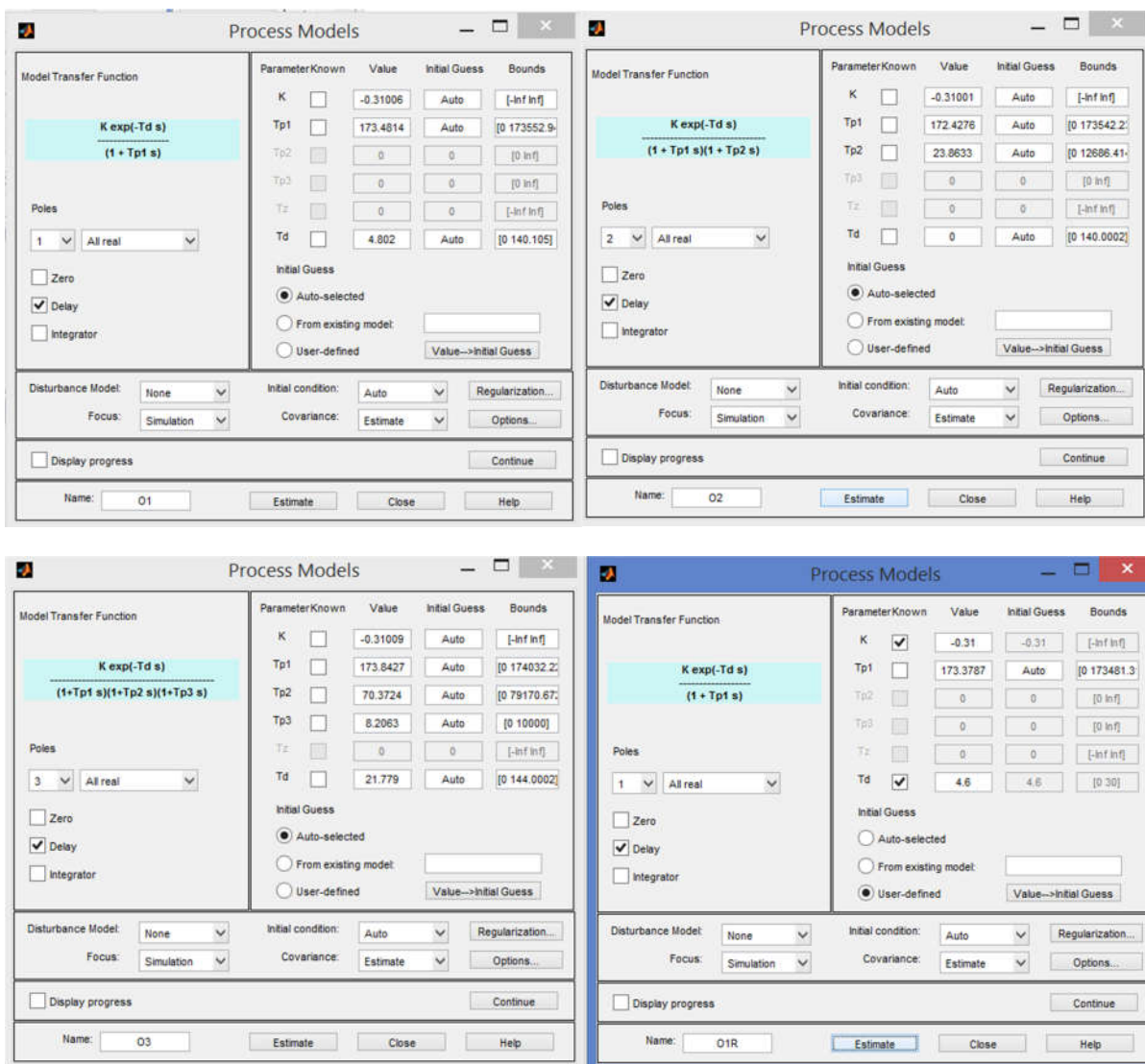


Рисунок 3.10 – Результати розрахунку параметрів моделей

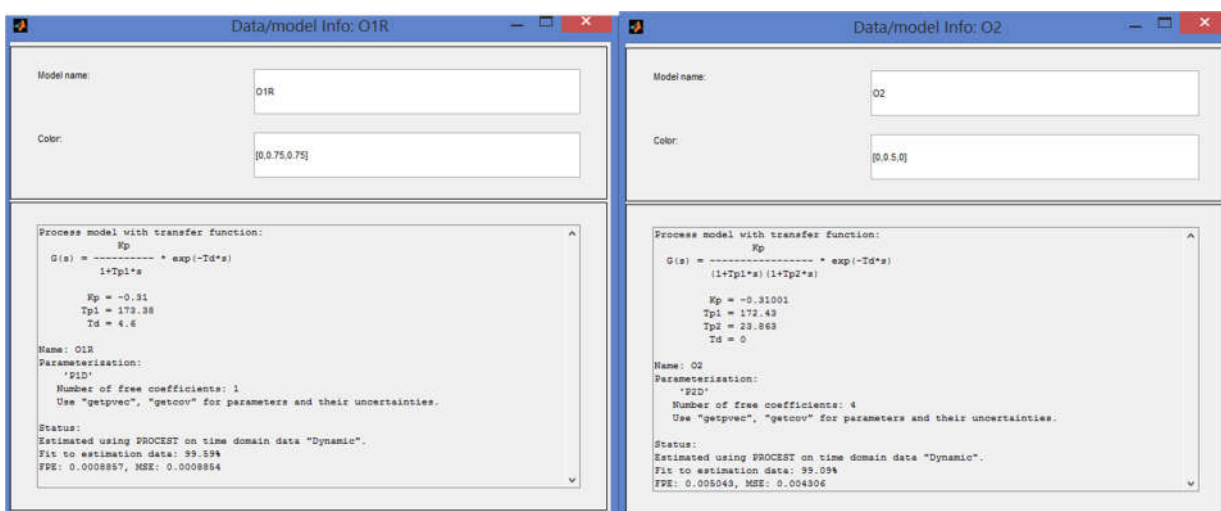


Рисунок 3.11 – Моделі 1-го та 2-го порядку

Порівняння результатів роботи різних моделей представлено на рисунку 3.12.

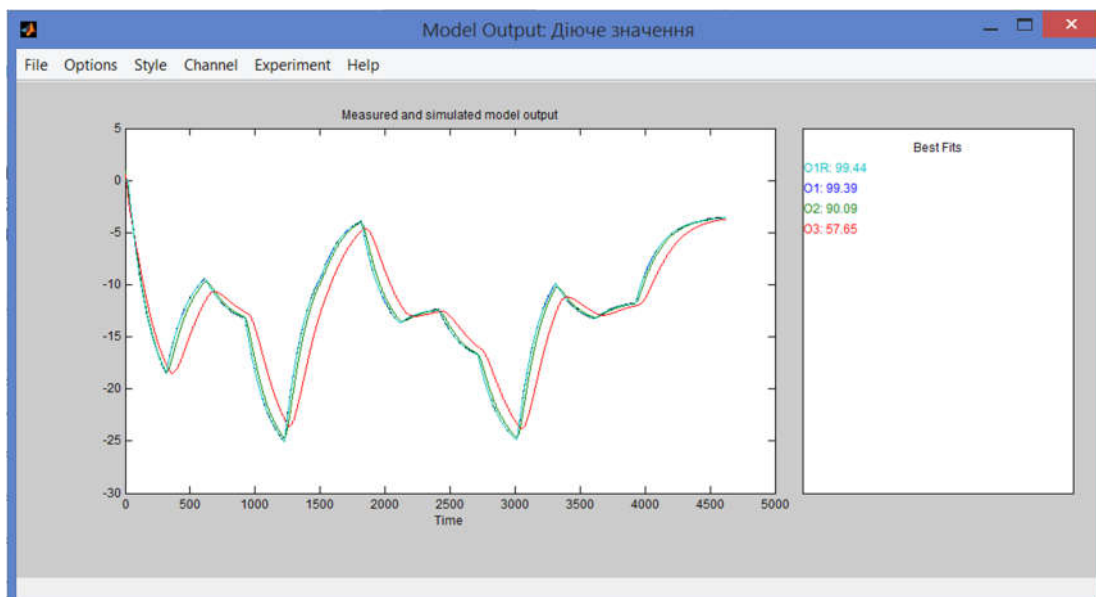


Рисунок 3.12 – Порівняння моделей різного порядку
Результати розрахунків приведені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Результати розрахунку параметрів об'єкту керування

Назва	O1R	O1	O2	O3
k	-0,31	-0,31006	-0,31001	-0,31009
T ₁ , с	173,38	173,48	172,43	173.84
T ₂ , с	0	30	23,863	70.372
T ₃ , с	0	0	0	8.2063
τ, с	4,6	4,802	0	21.779
Динамічна характеристика				
NRMSE, %	99.59	99.59	99.09	99.57
FPE	0.08857	0.0864	0.5043	0.1402
MSE	0.08854	0.08593	0.4306	0.09723
Перевірочні дані				
NRMSE, %	99,44	99.39	90.09	57.65

За результатами параметричної ідентифікації отримана модель у вигляді передавальної функції, яка відповідає об'єкту керування за перевірочними даними на 99.44%:

$$W(s) = \frac{0.31 e^{-4.6s}}{173,38s+1} \quad (3.2)$$

3.5 Розробка моделі об'єкта керування в Simulink

На основі отриманої передаточної функції, в математичному пакеті MATLAB/Simulink була побудована модель об'єкта (рис. 3.13). Для

моделювання об'єкту використаємо данні (Dynamic_Raw) отримані при відкритті клапана холодоносія на 100%, які занесені до блоку Iddata Source. Блок Idmodel містить дані моделі об'єкта, що отримана за допомогою System Identification Toolbox у Matlab. Блок «Ланка запізнення» містить часове запізнення 4,6 секунд. Для виводу результату використано блок Scope. Блоки «Model» та «Object» використовуються для оцінки відповідності моделі об'єкта експериментальним даним.

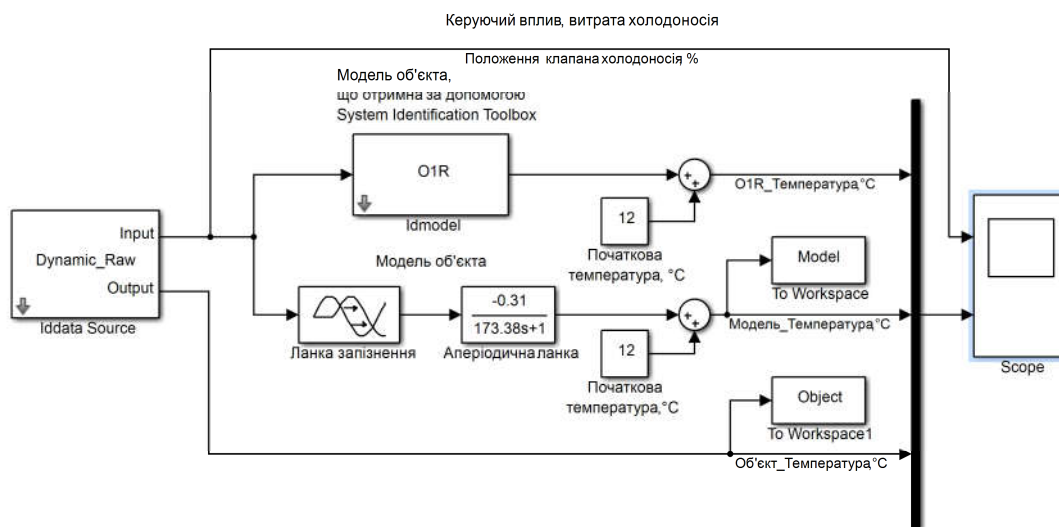


Рисунок 3.13 – Модель об'єкта в MATLAB/Simulink

Результат моделювання об'єкта в MATLAB/Simulink при відкритті клапана холодоносія на 100% наведено на рисунку 3.14

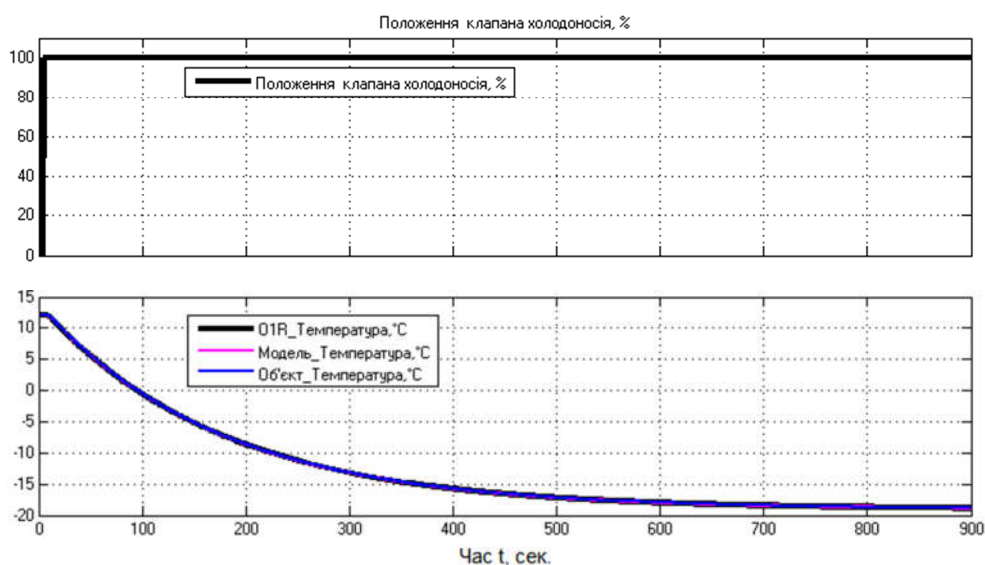


Рисунок 3.14 – Моделювання у MATLAB/Simulink при відкритті клапана холодоносія на 100%

Результат моделювання об'єкта в MATLAB/Simulink при подачі псевдовипадкових значень витрати холодоносія наведено на рисунку 3.15

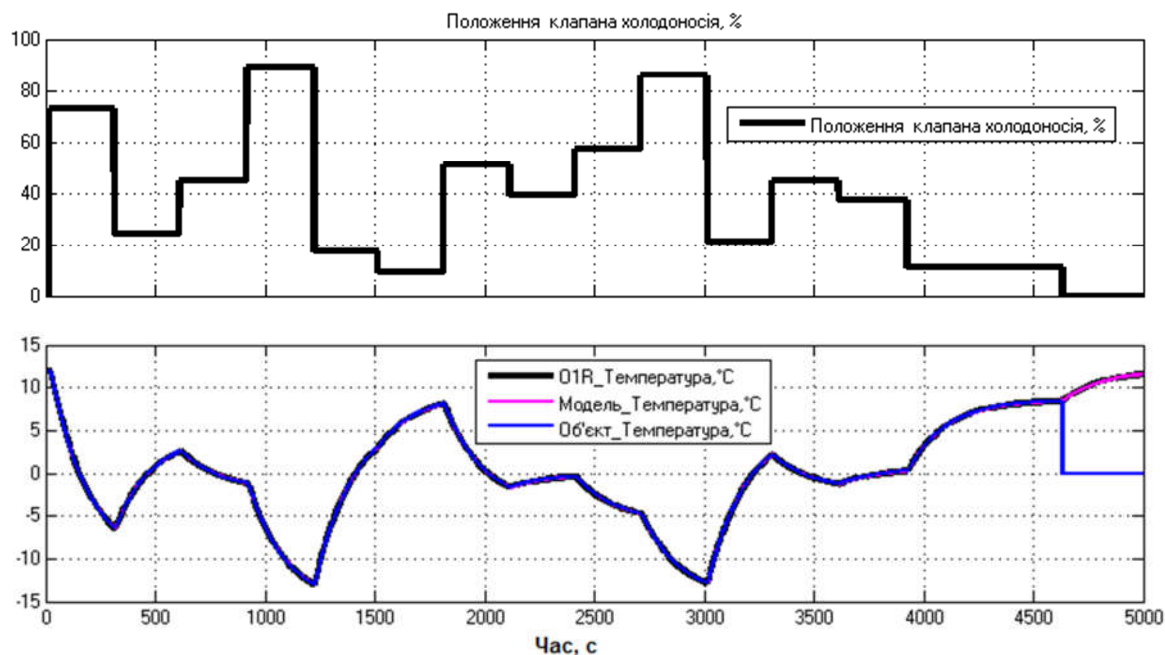


Рисунок 3.16 – Результати моделювання у MATLAB/Simulink при подачі псевдовипадкових значень витрати холодоносія

3.6 Перевірка моделі на адекватність

Відповідність імітаційної моделі фризера, як об'єкта керування, експериментальним даним за нормованим середньоквадратичним відхиленням "NRMSE" була розрахована у MATLAB за допомогою функції «goodnessOfFit» і становить:

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

```
nrmse =
```

```
99.3765
```

Модель відповідає перевірочним даними на 99.38%.

Тобто, можна стверджувати, що отримана модель фризера є адекватною і може бути використана для моделювання системи керування в цілому

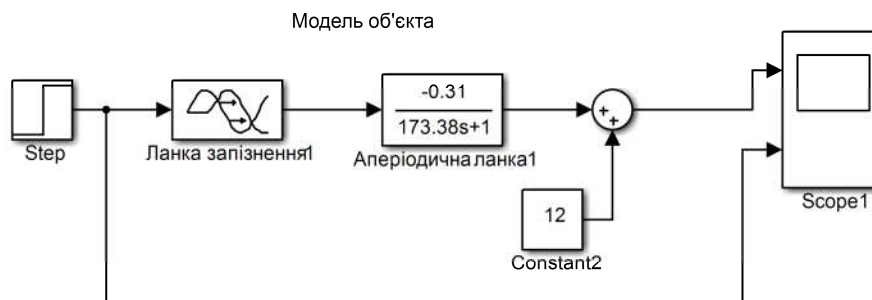


Рисунок 3.16 – Остаточна модель у MATLAB/Simulink

Результат моделювання при східчастому керуючому впливі представлено на рисунку 3.17

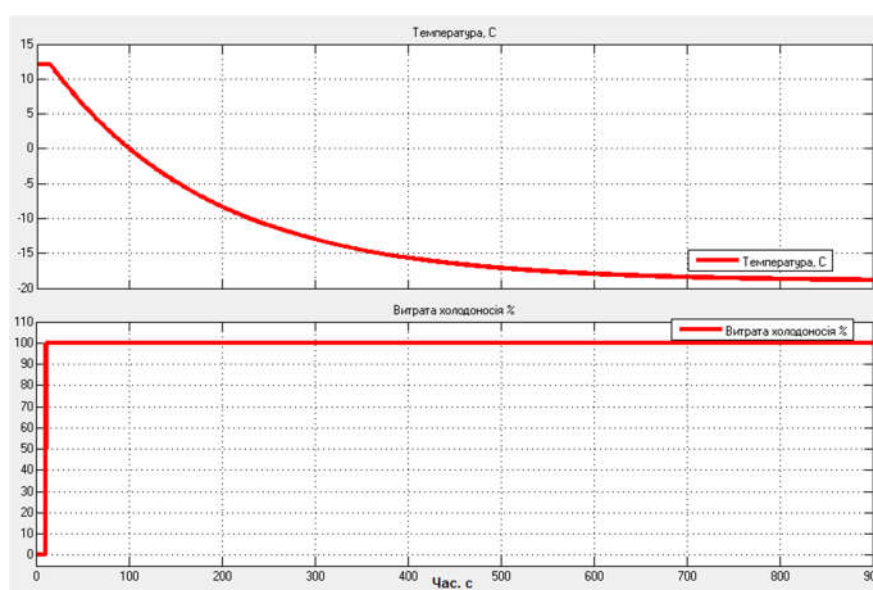


Рисунок 3.18 – Результати моделювання у MATLAB/Simulink

3.7 Висновки по розділу

Використовуючи інформацію про особливості роботи фризера морозива та апаратних засобів системи керування було розроблено структурну схему інформаційних потоків дослідницької системи.

Розглядаючи фризер морозива, як об'єкт керування по контуру регулювання температури в робочій камері та беручи до уваги розроблену схему інформаційних потоків дослідницької системи був запропонований план активного експерименту.

На основі отриманих експериментальних даних була проведена структурна ідентифікація фризера, як об'єкта керування, результатом якої є

стала модель у вигляді передавальної функції першого порядку з запізненням. За результатами параметричної ідентифікації це припущення підтверджено та отримані числові параметри моделі об'єкта керування.

Використовуючи результати ідентифікації об'єкта керування розроблено імітаційну модель фризера морозива в графічному середовищі Simulink ППП MATLAB. Порівняльний аналіз даних отриманих при роботі імітаційної моделі з перевірочними даними показав їх співпадіння на 99,38 %.

Використовуючи аналіз технологічного процесу виробництва морозива, фризера, як об'єкта керування, його структуру та функціонування і враховуючи відповідність результатів моделювання 99,38 %, встановлено, що отримана імітаційна модель є адекватною до об'єкта керування.

4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

Основним завданням кваліфікаційної роботи є розробка і дослідження системи керування процесом виробництва морозива, а саме регулювання температури робочій камері фризера морозива. Згідно вимог до системи керування температурою у робочій камері фризера було вибрано наступне обладнання: ПЛК VIPA 313-5BF13, датчик температури OVEN ДТС105 та електропривід фірми Velimo, модель TR24-SR. Розробка та дослідження системи керування температурою у робочій камері фризера повинно підвищити якість кінцевого продукту.

4.1 Розрахунки капітальних витрат

Витрати на придбання обладнання системи керування температурою у робочій камері фризера зведені в таблиці 4.1.

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

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

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

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

Таблиця 4.1 – Капітальні витрати, грн.

№ п/п	Найменування статей витрат	Кіл. шт.	Вартість за од. товару, грн.	Загальна вартість, грн.	Транспортні витрати, грн.
1	ПЛК VIPA 313-5BF13	1	12627,4	12627,4	350
2	Б/живлення SPD24601	2	875,0	1750,0	200
3	Ел.привід TR24-SR	1	1582,0	1582,0	200
4	Датчик OVEN ДТС105	1	878,0	878,0	80
5	Панель 62P-NHC0-CB	1	8 349,0	8 349,0	600
	Разом			25186,4	1430

Демонтаж існуючого обладнання, його транспортування і монтаж нового обладнання виконується власними силами підприємства. Витрати на демонтаж

обладнання, монтаж нового, пуск і налагодження системи складаються з витрат на заробітну плату монтажника ел.обладнання та інженера, в обов'язки яких входить даний вид роботи. Термін виконання роботи 4 дні.

Таблиця 4.2 - Витрати пов'язані зі встановленням нового обладнання

№	Найменування професії	Розряд	Кіл-ть людей	Тариф (грн/день)	Кіл. днів	Фонд зар. плати (грн)
1	Монтаж. електр. обл.	6	1	320	4	1280
2	Інженер	5	1	300	4	1200
	Разом:					2480
	ЄСВ (22%):					545,6
	Усього:					3025,6

Таким чином, капітальні витрати, враховуючи витрати на придбання, транспортування та налагодження обладнання, складають:

$$K = 25186,4 + 1430 + 3025,6 = 29642 \text{ грн}$$

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	40	168	6720
2	Інженер-електронщик	-	1	45	168	7560
	Разом:					14280
	ЄСВ (22%):					3141,6
	Усього:					17421,6

Амортизація нового обладнання обчислюється за допомогою лінійного способу:

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

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

Маємо:

$$A = 29642 * 20 / 100 = 5928,4 \text{ грн} \quad (4.3)$$

Вартість електроенергії розраховується виходячи з того, що вартість 1 кВт год = 1,80 грн та загальна потужність блоків живлення 60Вт:

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

де Z_p – річні витрати електроенергії,

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

Маємо:

$$V_{\text{ел}} = 60 * 8 * 250 * 1.80 = 216 \text{ грн} \quad (4.5)$$

Таблиця 4.4 - Річні витрати на експлуатацію нового обладнання

Найменування статей витрат	Сума (грн у рік)
Амортизація обладнання (20%)	5928,4
Поточний ремонт	17421,6
Витрати на електроенергію	216
Разом	23566

4.3 Висновки по розділу

В розділі визначені капітальні витрати, що склали 29642грн, та експлуатаційні витрати – 23566грн. З огляду на отримані результати розрахунку вартості нового обладнання та його експлуатації, можна зауважити, що незважаючи на досить великі витрати в матеріальному плані, використання нової системи керування є виправданим з погляду покращення умов праці персоналу та підвищення якості продукту.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1 Аналіз шкідливих і небезпечних факторів

Основним завданням кваліфікаційної роботи є розробка і дослідження системи керування процесом виробництва морозива. У цьому розділі розглядаються шкідливі і небезпечні фактори (таблиці 5.1), які можуть виникнути при експлуатації системи керування фризером морозива. Результатом є заходи, щодо зменшення або усунення впливу цих факторів у приміщенні, де розташовується технологічне обладнання цеху по виробництву морозива.

Таблиця 5.1 – Шкідливі і небезпечні виробничі фактори

Джерело фактору	Найменування фактору	Характеристика факторів
Робоча зона	запиленість повітря в робочій зоні	ГДК = 10 мг/м ³ [28]
Пластинчаста пастеризаційно-охолоджувальна установка	підвищена температура поверхонь встаткування	75°C
Резервуар РМВЦ-2	рухливі частини виробничого встаткування (мішалка)	частота обертання 336 про/хв
Фризер	Хладон (R22) у системі охолодження	Потрапляння в повітря робочої зони
Швидкоморозильний апарат АПС-450	рухливі частини виробничого встаткування (конвеєр)	Швидкість руху конвеєра 0,5 м/с
	підвищене значення електричної напруги [29]	380 В
Агрегат глазурування АГШ-400	рухливі частини виробничого встаткування (конвеєр)	Швидкість руху конвеєра 0,5 м/с

5.2 Інженерно-технічні заходи щодо охорони праці

Приміщення цеху виробництва морозива з огляду на небезпеку ураження персоналу електричним струмом належить до категорії «Особливо небезпечних приміщень». Ознакою небезпеки є - струмопровідна підлога (залізобетонні), піл, можливість одночасного дотику людини до металоконструкції будинків, які зв'язані з землею, технологічних апаратів, механізмів чи іншого обладнання, а також до металевих корпусів електрообладнання [29].

Електропостачання приміщення забезпечується трифазною чотирипровідною електричною мережею з напругою 380/220В, 50Гц із заземленням нейтралі. Запобіжні заходи від ураження електричним струмом, встановлені нормативною документацією, а саме:

- струмопровідні частини мають бути недоступні;
- використання ізоляції належної якості. У деяких випадках – подвійну;
- все електричне обладнання та складові електроустановок мають бути заземлені;
- необхідне безпечне та якісне автоматичне захисне блокування струмопровідних частин;
- ізоляція електроприймачів від загальної мережі;
- необхідні планові перевірки та ремонт електропроводки та електрообладнання;
- організація заходів щодо навчання, атестації та переатестації електротехнічного персоналу;
- встановлення попереджувальних знаків та плакатів;
- здійснення контролю над станом ізоляції;
- забезпечення орієнтації в електроустановках (електропроводка повинна бути легко розпізнаваною та, залежно від провідника, позначена певним кольором).

Виходячи з аналізу технологічного процесу виробництва морозива й використовуюваного обладнання можна виокремити зони небезпеки отримання механічних травм, а також вказані небезпечні робочі фактори (таблиця 5.2).

Відповідно розроблені заходи, що попереджають можливість травм, а також виникнення аварійних ситуацій. Технічні заходи захисту працюючих від впливу механічних факторів наведено в таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 – Технічні заходи захисту працюючих від впливу механічних факторів

Обладнання, установка, машина, апарат,	Травмонебезпечні зони	Технічні способи й засобу захисту
Ванна ВСГМ-2000	Рухливі частини виробничого встаткування (мішалка, елементи привода)	Дистанційне керування; усі обертові частини привода повинні бути закриті кожухами
Відцентровий електронасос	Підвищений рівень вібрації	Застосування вибропоглощаючих матеріалів
Резервуар РМВЦ-2	Рухливі частини виробничого встаткування (мішалка, елементи привода)	Дистанційне керування; наявність люка, що закривається; усі обертові частини привода повинні бути закриті кожухами
Скороморозильний апарат АПС-450	Рухливі частини виробничого встаткування (карусель, елементи привода)	Дистанційне керування; усі обертові частини привода повинні бути закриті кожухами

З огляду на виробничі умови в приміщенні цеху визначені необхідні параметри мікроклімату робочої зони: величина температури, відносної вологості й швидкості руху повітря в робочій зоні виробничого приміщення для холодного й теплого періодів року. Обрані значення нормативних величин зведено в таблицю 5.3.

Таблиця 5.3 – Оптимальні норми мікроклімату [30]

Сезон року	Категорія робіт з ваги	Температура, °С		Відносна вологість, %		Швидкість руху повітря, м/с	
		за ДСН	у приміщ.	за ДСН	у приміщ.	за ДСН	у приміщ.
холодний період	Пб	18-20	17-23	40 – 60	45-55	0,2	0,2
теплий період	Пб	21-23	18-27	40 – 60	50-55	0,3	0,2

Заходи, що забезпечують дотримання нормативних параметрів мікроклімату в холодний і теплий періоди року включають конструкцію будівель з відповідною теплоізоляцією й опалення (у холодний період) [31].

5.3 Пожежна профілактика

Виходячи з норм пожежної безпеки встановлено, до якої категорії вибухопожежної небезпеки належать виробничі приміщення й будівля у цілому. Залежно від категорії будівлі визначений необхідний ступінь вогнестійкості, найбільша допустима площа приміщень і найбільша допустима кількість поверхів. Визначений клас приміщень по вибухонебезпеці й пожежонебезпеці. Ці дані зведено в таблицю 5.4.

Таблиця 5.4 – Характеристика приміщень (будинку) по вибуховій та пожежній небезпеці [32]

Приміщення	Категорія окремих приміщень по вибуховій та пожежній небезпеці	Клас приміщень по ПУЕ		Ступінь вогнестійкості
		По вибуховій небезпеці	По пожежній небезпеці	
Основне виробниче приміщення	В	-	П-Па	II

Використовуючи інформацію по вибухопожежній небезпеці запропоновано комплекс заходів щодо запобіганню вибухів, попередженню

виникнення й поширення пожеж, сигналізації, пожежного водопостачання та використанню спеціальних засобів гасіння електрообладнання [32]. Ці відомості зведено в таблицю 5.5.

Таблиця 5.5 – Технічні розв'язки захисту будинку приміщення від пожежі

Обрані засоби пожежогасіння по приміщеннях (первинні, автоматичні й т.п.)	Норми оснащення приміщень первинними засобами пожежогасіння	Наявність засобів автоматичної сигналізації в приміщеннях	Ширина евакуац. виходу		Довжина евакуац. шляху	
			нормативна по СНиП, м	по проекту, м	максимальн о	по проекту.
Первинні засоби: пінні, порошкові вогнегасники, внутрішні пожежні крани, бочки з водою, багри, ломи, сокири, цебра.	Клас пожежі А площа, що гранично захищається 270 м ² : вогнегасники: пінні 2 по 10 л; порошкові 2 по 5 л.	автоматичні установки пожежної сигналізації з світловими й звуковими сигналами – електрична пожежна сигналізація.	0,8	3,0	75	36

5.4 Висновки по розділу

Для запобігання впливу шкідливих та небезпечних факторів, які виникають при роботі обладнання лінії виробництва морозива були розроблені інженерно-технічні заходи для усунення цих факторів або зменшення їх впливу на обслуговуючий персонал. Запропоновано заходи пожежної профілактики.

ВИСНОВКИ

Предметом дослідження в кваліфікаційній роботі є процес фризювання (одночасного охолодження та збивання вершково-молочної суміші) на виробництві морозива. Об'єктом дослідження є автоматизація процесу керування збивально-охолоджувальним апаратом - фризюром. Метою дослідження є підвищення ефективності процесу автоматичного керування температурою в робочій камері фризюра морозива під час збивання та охолодження вершково-молочної суміші. В якості об'єкта керування виступає фризюр.

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

Згідно до технологічного процесу, діапазони зміни вимірювальних параметрів та керованих параметрів були обрані датчики та виконавчі пристрої які мають стандартні діапазони вхідних та вихідних сигналів $0\div 10$ В та $4\div 20$ мА та стандартне живлення 24 В. В якості пристрою керування обрано ПЛК VIPA 313-5BF13, який має вбудовані порти аналогового вводу/виводу, через які забезпечено підключення датчика та виконавчого пристрою. Розроблені функціональна схема автоматизації фризюра та схема електрична принципова системи керування

Використовуючи інформацію про особливості роботи фризюра морозива та апаратних засобів системи керування було розроблено структурну схему інформаційних потоків дослідницької системи. Розглядаючи фризюр морозива, як об'єкт керування по контуру регулювання температури в робочій камері та беручи до уваги розроблену схему інформаційних потоків дослідницької системи був запропонований план активного експерименту.

Використовуючи результати ідентифікації об'єкта керування розроблено імітаційну модель фризюра морозива в графічному середовищі Simulink ППД

MATLAB. Порівняльний аналіз даних отриманих при роботі імітаційної моделі з перевірочними даними показав їх співпадіння на 99,38%, тому отримана імітаційна модель є адекватною до об'єкта керування.

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

Капітальні витрати на придбання апаратних засобів склали 29642грн, експлуатаційні витрати 23566грн. З огляду на отримані результати розрахунку вартості нового обладнання та його експлуатації, можна зауважити, що незважаючи на досить великі витрати в матеріальному плані, використання нової системи керування є виправданим з погляду покращення умов праці персоналу та підвищення якості продукту.

Розглянуті шкідливі та небезпечні фактори, що мають місце при роботі обладнання лінії виробництва морозива, запропоновані інженерно-технічні рішення для попередження впливу цих факторів.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Морозиво. Матеріал з Вікіпедії: [сайт]. – Режим доступу: https://uk.wikipedia.org/wiki/Сир#Класифікація_за_способами_виготовлення (дата звернення 12.04.2022)
2. Вісник студентського наукового товариства «ВАТРА» Вінницького торговельно-економічного інституту КНТЕУ. Вінниця: Редакційно-видавничий відділ ВТЕІ КНТЕУ, 2021. Вип.104. С. 396.
3. Класифікація та види морозива [сайт]. – Режим доступу: <https://lasunka.com/blog/vidi-moroziva-%D1%96-%D1%97x-klasif%D1%96kacz%D1%96ya-%E2%80%94tm-lasunka/> (дата звернення 12.04.2022)
4. Аналіз ринку морозива в Україні. 2019 рік [сайт]. – Режим доступу: <https://pro-consulting.ua/ua/issledovanie-rynka/analiz-rynka-morozhenogo-ukrainy-2019-god> (дата звернення 12.04.2022)
5. Бартковський І. Перспективи українського морозива та заморожених напівфабрикатів на ринку Китаю/ Журнал УКРАЇНА-КИТАЙ. – 2021. – №2(22). – С. 53-56
6. ДСТУ 4733:2007 Національний стандарт України «Морозиво молочне, вершкове, пломбір. Загальні технічні умови» [Текст] – 2007. – 36 с.
7. ДСТУ 4734:2007 Національний стандарт України «Морозиво плодово-ягідне, ароматичне; шербет, лід. Загальні технічні умови» [Текст] – 2007. – 36 с.
8. ДСТУ 4735:2007 Національний стандарт України «Морозиво з комбінованим складом сировини. Загальні технічні умови» [Текст] – 2007. – 38 с.
9. Сухенко Ю.Г., Поліщук Г.Є., Сарана В.В. Наукове і технічне забезпечення виробництва морозива [Монографія] / За ред. проф. Г.Є. Поліщук – К.: НУБіП України, 2019 – 299 с.
10. Будова та принцип роботи фрізерів [сайт]. – Режим доступу: <https://helpiks.org/3-16951.html> (дата звернення 12.04.2022)

11. ДТСхх5. Термоопори з комутаційною головкою [сайт]. – Режим доступу: <https://owen.ua/ua/datchyky/dtsxx5-termoopy-z-komutacijnoju-golovkoju/prices> (дата звернення 20.04.2022)

12. Belimo TR(Y)24-SR [сайт]. – Режим доступу: <http://belimo.com.ua/shop/zaporno-reguliruyushhaya-armatura-s-elektroprivodami/privody-dlya-zapornoj-armatury/privody-sharovux-klapanov/belimo-tr24-sr/> (дата звернення 20.04.2022)

13. 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.

14. 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.

15. 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.

16. 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.

17. 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.

18. 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.

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

20. ГОСТ 2.710-81. Единая система конструкторской документации. Обозначения буквенно-цифровые в электрических схемах / Государственный комитет СССР по стандартам. – Вид. офіц. – [Уведено вперше ; чинний від 1981-07-01]. – М. : Издательство стандартов, 1989. – 17 с.

21. Камнев В.Н. Чтение схем и чертежей электроустановок: Практическое пособие для ПТУ. – 2-е. изд., перераб. и доп. / В.Н. Камнев – М.: Высш. шк. , 1990. – 144 с.

22. Кваліфікаційна робота бакалавра. Методичні рекомендації до виконання здобувачами вищої освіти спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані 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», 2021. – 29 с.

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

24. Оленев Ю. А. Справочник по производству мороженого./ Ю. А. Оленев, А. А. Творогова, Н. В. Казакова, Л. Н. Соловьева. – М.: ДеЛи принт, 2004. – 798с.

25. Оленев Ю. А. Технология и оборудование для производства мороженого 2-е изд., перераб. и доп. / Ю. А. Оленев. – М.: ДеЛи, 2001. – 323 с: ил.

26. Твердохлеб Г. В. Технология молока и молочных продуктов/ Г. В. Твердохлеб, З. Х. Диланян, Л. В. Чекулаева, Г. Г. Шиллер – М.: Агропромиздат, 1991 – 457 с.

27. Федотова М. А. Разработка технологии мороженого с пробиотическими культурами: Дис. канд. тех. наук / Федотова Марина Александровна – М., 2008. – 148 с.: ил. РГБ ОД, 61 08-5/1515

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

29. Правила улаштування електроустановок. - Видання офіційне. Міненерговугілля України. - Харків: Вид-во «Форт», 2017. - 760 с.

30. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень

31. ДБН В.2.5-67:2013 "Опалення, вентиляція та кондиціонування".

32. ДСТУ Б В.1.1-36:2016 Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною безпекою

ДОДАТОК А – ВІДОМІСТЬ РОБОТИ

№ рядка	Формат	Позначення	Найменування	Кількість аркушів	Шифр документу	Примітка		
1			<u>Документація</u>					
2								
3	A4	КФІВС.КВР.151.18.05.ПЗ	Пояснювальна записка	68	ПЗ			
4								
5			<u>Графічна матеріали</u>					
6								
7	A2	КФІВС.КВР.151.18.05.E2	Функціональна схема					
8			автоматизації	1	E2			
9								
10	A2	КФІВС.КВР.151.18.05.E3	Схема електрична					
11			принципова	1	E3			
12								
13	A4	КФІВС.КВР.151.18.05.Д	Перелік елементів	10	Д			
14								
15		КФІВС.КВР.151.18.05.ВДЕ	Носій інформації	1	ВДЕ			
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								
25								
26								
27								
28								
29								
			Підп.	Дата	КФІВС.КВР.151.18.05.ТП			
	Зм.	Арк.	№ докум.					
	Розробив		Горбонос		05.06	Літ.	Аркуш	Аркушів
	П. конс.		Славінський		10.06		1	1
	Н. контр.		Славінський		10.06	Національний ТУ «Дніпровська політехніка», ЕТФ, 151-18-1		
						Автоматизація технологічного процесу виробництва морозива. Відомість проекту		

ВІДГУКИ КОНСУЛЬТАНТІВ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

ВІДГУКИ КОНСУЛЬТАНТІВ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

ВІДГУК

на кваліфікаційну роботу ступеню бакалавра
на тему: “Автоматизація технологічного процесу виробництва морозива”
здобувача вищої освіти академічної групи 151-18-1 Горбонос Єлизавети
Олександрівни

Завдання і зміст кваліфікаційної роботи ступеню бакалавра відповідає основній меті – перевірити 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 лінії виробництва морозива, а саме вдосконалити керування фрізером морозива.

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 VIPA 313-5BF13. 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 на 99.38%. 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 фрізером на лінії виробництва морозива.

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 здобувач Горбонос Є.О. 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 морозива”
здобувача вищої освіти академічної групи 151-18-1 Горбонос Єлизавети
Олександрівни

Завдання і зміст кваліфікаційної роботи ступеню бакалавра відповідає основній меті – перевірити 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 лінії виробництва морозива, а саме вдосконалити керування фрізером морозива.

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 фрізера морозива 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 на 99.38%. 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 Горбонос Є.О. присвоєння кваліфікації “бакалавр” за спеціальністю “151 Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології”.

ЗАТВЕРДЖЕНО:
завідувачем кафедри
кіберфізичних та інформаційно-
вимірювальних систем

_____ Бубліковим А.В.

«_____» _____ 2022 року

ВИСНОВОК

Про рівень запозичень у кваліфікаційній роботі бакалавра на тему “Автоматизація технологічного процесу виробництва морозива”, здобувача вищої освіти, групи 151-18-1 Горбонос Єлизавети Олександрівни.

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)

Ім'я користувача:
Олег Бойко

ID перевірки:
1011426799

Дата перевірки:
02.06.2022 10:38:40 EEST

Тип перевірки:
Doc vs Internet + Library

Дата звіту:
03.06.2022 17:28:24 EEST

ID користувача:
100008838

Назва документа: 01_151-18-1_Горбонос_Є_О_-_ПЗС

Кількість сторінок: 56 Кількість слів: 8654 Кількість символів: 72228 Розмір файлу: 2.19 MB ID файлу: 1011307348

17.6% Схожість

Найбільша схожість: 5.42% з Інтернет-джерелом (<http://ir.nmu.org.ua/bitstream/handle/123456789/158794/%D0%9A%D..>)

17.6% Джерела з Інтернету

122

Сторінка 58

Не знайдено джерел з Бібліотеки

0% Цитат

Вилучення цитат вимкнене

Вилучення списку бібліографічних посилань вимкнене

8.64% Вилучень

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

Немає вилучених Інтернет-джерел

8.64% Вилученого тексту з Бібліотеки

20

Сторінка 58

Модифікації

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

Замінені символи

19