

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

Навчально-науковий інститут електроенергетики
 (інститут)

Електротехнічний факультет
 (факультет)

Кафедра кіберфізичних та інформаційно-вимірювальних систем
 (повна назва)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
кваліфікаційної роботи ступеню бакалавра

студента Селіванов Олексій Леонідович
 (П.І.Б.)

академічної групи 151-19ск-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 маргарину
 (назва за наказом ректора)

Консультанти	Прізвище, ініціали	Оцінка за шкалою		Підпис
		рейтинг.	інституційною	
Керівник кваліфікаційної роботи	доц. Заславський О.М.			
Провідний консультант	доц. Заславський О.М.			
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. Воскобойник Є.К.			

Дніпро
 2022

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

_____ Бублік А.В.
(підпис) (прізвище, ініціали)
« _____ » _____ 2022 року

ЗАВДАННЯ на кваліфікаційну роботу ступеня бакалавр

студенту Селіванов О.Л.
(прізвище та ініціали)

академічної групи 151-19ск-1
(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 маргарину
затверджену наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка» № 217-с від 26.04.2022 р.

Розділ	Зміст	Термін виконання
Стан питання та постановка завдання	Вступ. Опис технологічного процесу для об'єкта автоматизації. Огляд існуючих систем автоматизації. Стан питання. Вибір напрямку створення автоматизованої системи.	11.05.2022
Розробка апаратного забезпечення системи керування	Обрання датчиків, виконавчих пристроїв та пристрою керування, розробка структурних схем, функціональної схеми автоматизації та принципової схеми електричної.	18.05.2022
Визначення моделі об'єкта керування	Виконання експерименту. Обробка результатів експерименту. Створення моделі об'єкта керування. Перевірка отриманої моделі на адекватність.	25.05.2022
Економічна частина	Економічне обґрунтування доцільності витрат на створення системи керування.	01.06.2022
Охорона праці	Розробка організаційно-технічних заходів, щодо реалізації правил безпеки при експлуатації системи.	05.06.2022

Завдання видано _____
(підпис керівника)

доц. Заславський О.М.
(прізвище, ініціали)
04.05.2022

Дата видачі

Дата подання до екзаменаційної комісії

10.06.2022

Прийнято до виконання _____
(підпис студента)

Селіванов О.Л.
(прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ

Об'єкт розробки – система автоматичного керування технологічним обладнанням - скребковим холодоагентом маргаринової емульсії типу ЛМСО-33.

Об'єкт дослідження – процес охолодження маргаринової емульсії скребковим холодоагентом маргаринової емульсії типу ЛМСО-33.

Предмет дослідження – модель скребкового холодоагенту маргаринової емульсії типу ЛМСО-33 з каналом регулювання «тиск маргаринової емульсії на вході → температура маргарину на виході».

Підсистема керування має підтримувати задану температуру маргарину на виході в межах діапазону температур 10...14 °С завдяки регулюючим можливостям тиску маргарину на вході, який може змінюватись в межах 1,2...3,2 МПа. Температура маргарину на виході залежить від технологічних параметрів випуску продукції.

Для організації економічної роботи скребкового холодоагента маргаринової емульсії типу ЛМСО-33 забезпечено регулювання потужності компресорів тиску холодоагенту та маргарину на вході, тобто забезпечено «інверторний» режим роботи цих компресорів завдяки застосуванню частотних перетворювачів.

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

СКРЕБКОВИЙ ХОЛОДОАГЕНТ, МАРГАРИНОВОЇ ЕМУЛЬСІЇ,
МАРГАРИН, КОМПРЕСОР, ТИСК, ТЕМПЕРАТУРА, ДАТЧИК, СИСТЕМА
КЕРУВАННЯ, ВИКОНАВЧИЙ ПРИСТРІЙ, СИНТЕЗ СИСТЕМИ,
ІМІТАЦІЙНА МОДЕЛЬ

ЗМІСТ

Зміст	4
Перелік скорочень	7
Вступ	8
1 Стан питання та постановка завдання	10
1.1 Особливості виробництва і споживання готової продукції	10
1.2 Технологічний процес	11
1.2.1 Підготовка рідкої фази масла і емульгатора	15
1.2.2 Підготовка водної фази	16
1.2.3 Отримання емульсії	16
1.2.4 Пастеризація	17
1.2.5 Кристалізація	18
1.2.6 Переробки відходів	19
1.3 Об'єкт керування	19
1.3.1 Скребковий холодоагент маргаринової емульсії	19
1.3.2 Характеристика об'єкта керування	20
1.3.2 Структура об'єкту керування	21
1.3.3 Принцип функціонування об'єкту керування	21
1.4 Структура системи керування	22
1.5 Формулювання задачі дослідження	22
1.6 Висновки за розділом	22
2 Розробка апаратного забезпечення системи керування	24
2.1 Розробка структурної схеми підсистеми керування	24
2.2 Розробка структурної схеми інформаційних потоків	26
2.3 Вибір апаратного забезпечення підсистеми керування	27
2.3.1 Вибір датчиків	27
2.3.2 Вибір виконавчих пристроїв	29
2.3.3 Вибір пристроїв керування	31
2.3.4 Вибір джерел живлення	37

	5
2.4 Розробка функціональної схеми автоматизації	39
2.5 Розробка схеми електричної принципової	40
2.6 Висновки за розділом	42
3 Визначення моделі об'єкта керування	43
3.1 Розробка структурної схеми інформаційних потоків дослідницької системи	44
3.2 Розробка методики дослідження об'єкта керування	46
3.3 Виконання експерименту	48
3.4 Обробка результатів експерименту	51
3.4.1 Підготовка даних	51
3.4.2 Структурна ідентифікація	53
3.4.3 Параметрична ідентифікація	58
3.4.4 Розробка моделі об'єкта керування в Simulink	62
3.4.5 Перевірка моделі на адекватність	64
3.5 Висновки за розділом	66
4 Економічна частина	68
4.1 Техніко-економічне обґрунтування впровадження системи керування	68
4.2 Розрахунок капітальних витрат пов'язаних з впровадженням системи керування	68
4.3 Розрахунок капітальних витрат на програмне забезпечення	69
4.3.1 Розрахунок часу на розробку програмного забезпечення	69
4.3.2 Розрахунок витрат на розробку програмного забезпечення	72
4.4 Розрахунок експлуатаційних витрат	73
4.4.1 Амортизація основних фондів	74
4.4.2 Розрахунок фонду заробітної плати	75
4.4.3 Відрахування на соціальні заходи	76
4.4.4 Розрахунок витрат на технічне обслуговування та ремонт	76
4.4.5 Витрати на електроенергію	76
4.4.6 Інші витрати	77
4.5 Висновки за розділом	77

	6
5 Охорона праці	78
5.1 Мікrokлімат виробничого приміщення	78
5.1 Шум	80
5.2 Освітлення	80
5.2 Заходи з безпеки праці	81
5.3 Засоби індивідуального захисту	83
5.4 Загальні принципи організації пожежної безпеки	85
5.5 Заходи з охорони навколишнього середовища	86
5.6 Висновки за розділом	88
Висновки	89
Перелік посилань	91
Додаток А	95
Додаток Б	96
Відгуки консультантів кваліфікаційної роботи	97
Відгук	99
Рецензія	100

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

АСК ТП	- автоматизована систему керування технологічним процесом
БП	- біологічне паливо;
ВВП	- внутрішній валовий продукт;
ЕОМ	- електронна обчислювальна машина;
ОУ	- об'єкт керування;
САК	- система автоматичного керування;
ПЛК	- програмований логічний контролер;

ВСТУП

Жорсткі вимоги споживачів до смакових якостей харчових продуктів та напоїв спонукають науковців та виробників до створення сучасного напрямку в промисловості – розробки нових видів комбінованих харчових продуктів з пониженим вмістом жиру, цукру і підвищеною харчовою та біологічною цінністю.

До групи харчових жирів входять природні жири рослинного походження (різноманітні олії, масла), природні жири тваринного походження (топлені жири наземних тварин, птиці та жири морських тварин і риб) і штучні жири (маргарин, спреди, мінарини, жирові суміші, кулінарні, кондитерські та хлібопекарські жири).

Особливістю більшості харчових жирів, перш за все, природного походження, є досить простий хімічний склад. Основним компонентом цих жирів є тригліцериди (складні ефіри триатомного спирту гліцерину та жирних кислот). Ці жири містять мало води (від 0,15 до 1,0 %), практично не містять білків і вуглеводів, деякі з них мають у своєму складі невелику кількість барвних речовин (олії, яловичий, баранячий топлени жири). Винятком з цього правила є маргаринова продукція, основні представники якої мають більш різноманітний хімічний склад, завдяки тому, що виготовляються з суміші різних компонентів за певними рецептурами.

Однією з важливіших галузей в харчовій та переробній промисловості є олійна-жирова. Вона забезпечує населення рослинними оліями, а також важливими продуктами їх переробки, як маргарини, майонези, гліцерин і жирні кислоти, мила, фосфатиди, модифіковані жири і багато іншої продукції. Маргарини є одним з перспективних продуктів харчування. Їх використовують для виготовлення овочевих, рибних та м'ясних страв у домашній кулінарії та на підприємствах ресторанного господарства, а також для готування бутербродів та десертів.

Розвиток підприємств по виробництву маргаринової продукції відбувається, в основному, за рахунок розширення асортименту маргарину, покращення його якості.

Вдосконалення технологічної лінії виробництва маргарину, розробка нового обладнання та розробка сучасних систем керування цим обладнанням в першу чергу направлено для покращення якості і кількості готової продукції.

1 СТАН ПИТАННЯ ТА ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ

1.1 Особливості виробництва і споживання готової продукції

Провідними процесами у виробництві маргарину є дисперсія рецептурних компонентів, переохолодження і кристалізація емульсії типу «вода в жирі». Інтенсивна дисперсія проводиться до розміру частинок 6...15 мкм. В результаті різкого охолодження емульсії і інтенсивної механічної обробки тонкого охолодженого шару виробу відбуваються складні процеси кристалізації і перекристалізації триацилгліцеролів - жирова основа маргарину, що визначає найважливіші показники якості готового продукту - консистенцію, пластичність і температуру плавлення.

У зв'язку зі зростанням споживання маргаринових продуктів важливим завданням є поліпшення його асортименту і якості. Органолептичні параметри маргарину повинні бути такими, щоб цей продукт можна було широко використовувати в якості сендвіч-масла. Дослідження показали, що вирішення цієї проблеми може бути досягнуто шляхом виробництва сипучих маргаринів.



Рисунок 1.1 – Маргарин

Тенденція до значного збільшення виробництва м'яких маргаринів, розфасованих в коробки з полімерними матеріалами, добре помітна у всіх промислово розвинених країнах. Частка таких маргаринів становить від 70 до 90 % від загального обсягу виробництва столових маргаринів. Також виробляються дієтичні м'які бутербродні маргарини, до складу жиркової основи яких (до 50 %) входять гліцериди фізіологічно активної лінолеєвої кислоти.

В останні роки вимоги до сендвіч-масел були підвищені за кордоном. Основна вимога - легке поширення при використанні безпосередньо з холодильника (10 °С) і збереження твердості при кімнатній температурі (20 °С).

Такі розлогі столові масла (жирові пасти) називаються спредами. Їх можна зробити на основі молочного жиру або не містити його. Жирність спредів коливається від 20 до 95 %, в основному 20...40%, що вимагає введення спеціальних загусників (мальто-декстринів, желатину і т.д.)

Маргарини випускаються як в дрібній упаковці - в упаковках вагою 200, 250 і 500 г, так і у великих (монолітних) - в ящиках до 25 кг [6].

1.2 Технологічний процес

Технологія твердих маргаринів передбачає здійснення наступних процесів:

- дозування;
- змішування з виробництвом грубої емульсії;
- переохолодження в поєднанні з механічною обробкою (в діапазоні температур, близьких до точки заливки жирової основи маргарину);
- структурування в кристалізаторах з утворенням маргарину;
- упаковка в споживчу та транспортну тару.

Технологія м'яких (об'ємних) маргаринів заснована на наступних процесах:

- отримання емульсії (для нежирних маргаринів передбачена двоступенева емульгація);
- пастеризація емульсії;
- переохолодження емульсії з одночасною обробкою;
- пластифікація шляхом декристалізації;
- кристалізація переохолодженої емульсії;
- упаковка в споживчу та транспортну тару.

Початковий етап технологічного процесу виробництва маргарину здійснюється за допомогою автоматичних ваг, оснащених резервуарами для дозування, а також дозувальних насосів (безклапанних і безклапанних).

Наступний комплекс лінії складається з вертикальних циліндричних змішувачів спеціальної конструкції. Необхідна температура нагріву емульсії підтримується парово-водяною сумішшю, що подається в «сорочку».

Провідний комплекс лінійки складається з обладнання для переохолодження, яке складається з декількох однакових циліндрів теплообмінників, що працюють послідовно, а також кристалізаторів, до складу яких входять фільтрові гомогенізатори, і декількох циліндричних секцій, з'єднаних послідовно на фланцях.

Кінцевий комплекс обладнання лінійки містить машини: упаковку, для відкриття коробки, укладання в неї пачок маргарину і обгортання коробок з виробами, які з'єднані між собою конвеєрами.

На рисунку 1.2 показано технологічну схему виробничої лінії маргарину.

При отриманні маргарину рафіновані жири дозуються в резервуар 14, встановлений на вагах. Емульгатор з бака 9 також дозований в ньому насосом 10 і масло-розчинними добавками (барвником, ароматизатором) з бака 11 насосом 12. Молоко подається з бака 6 насосом 5, вода з резервуара 3 - насосом 4, сольовий розчин з бака 1 - насосом 2, водорозчинні добавки (цукор і т.д.) з ємності 7 перекачуються насосом 8 в ємність 15, встановлену на вагах.

Підвісні компоненти насосами 13 і 16 спрямовані на перші два змішувачі 11. Отримана суміш рециркулюється за допомогою насоса-емульгатора 18 протягом 15 хв. Температура в змішувачах встановлюється в залежності від фізичних властивостей жирів. Насос-емульгатор 18 є плунжерним насосом високого тиску зі спеціальним гомогенізуючим клапаном. Він має діафрагму з невеликим отвором, через який натискається рецептурна суміш, що надходить в міксер 17. В результаті обробки в насосі-емульгаторі 18 відбувається дисперсія жирових глобул, завдяки чому груба емульсія перетворюється в тонку.

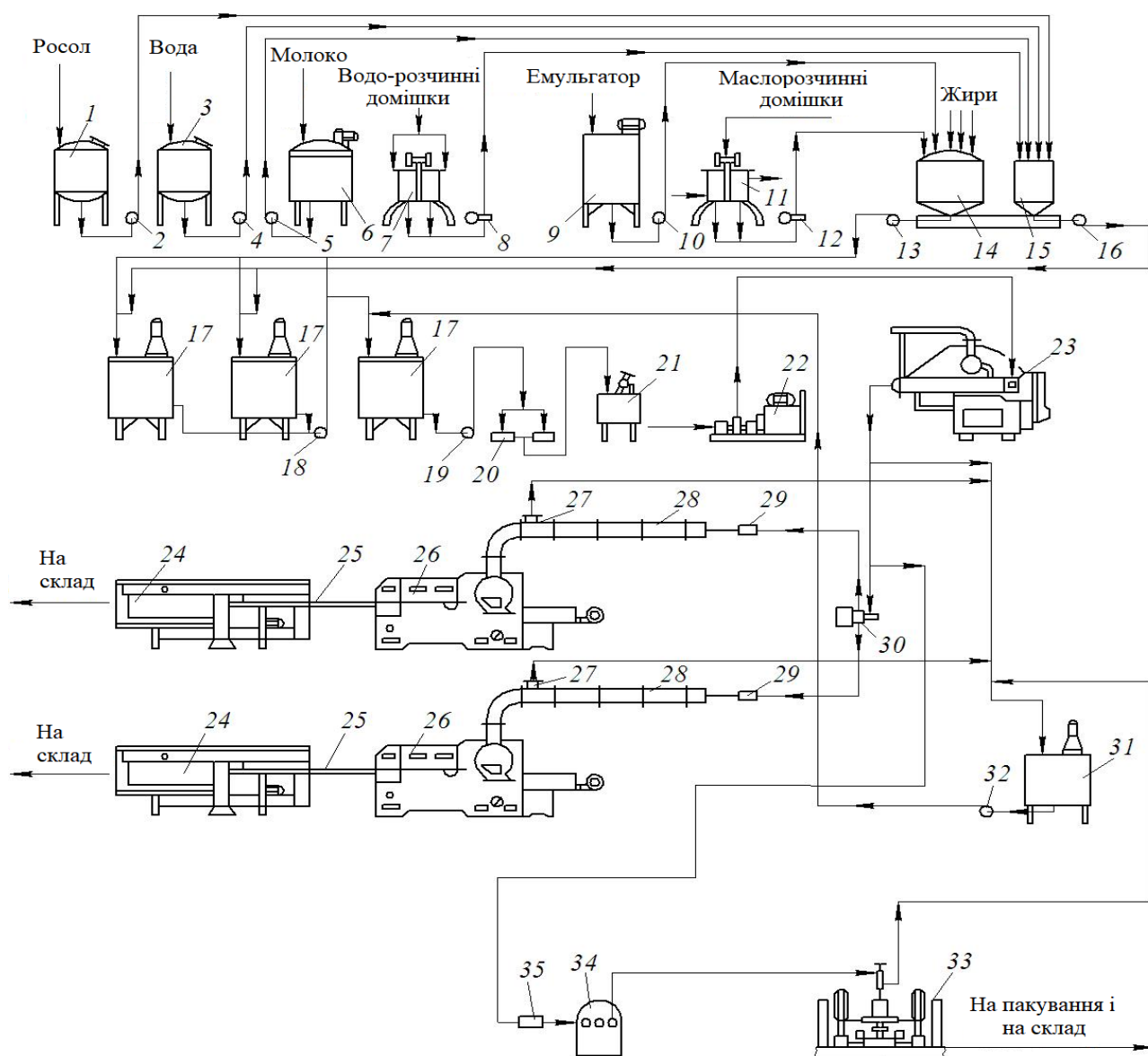


Рисунок 1.2 – Технологічна схему виробничої лінії маргарину

Отримана тонка емульсія емульгаторним насосом 18 направляється на третій змішувач 17. Звідси насос 19 передає його через подвійний фільтр 20 в бак вирівнювання 21. Емульсія передається на чотирициліндровий холодоагент 23 за допомогою насоса високого тиску 22. У початковий період роботи лінії, коли стабільний режим ще не встановлений, емульсія маргарину з переохолодження 23 відправляється в зворотний бак 31.

Холодоагент (вотатор) 23 є одним з основних пристроїв для отримання маргаринових виробів і призначений для формування пластичної конструкції виробу в результаті тонкої емульгування, охолодження і механічної обробки маргаринової емульсії. Циліндри холодоагенту виготовлені з нержавіючої сталі

і оснащені «сорочками» для холодоагенту (рідкого аміаку). Усередині кожного циліндра є обертовий барабан (швидкість обертання 500 хв^{-1}), на поверхню якого встановлюються ножі-скребки. Коли барабан обертається, вони знімають і перемішують шар емульсії, який зависає в проміжку між стінками циліндра і барабана.

Під час роботи холодоагенту 23 тиск емульсії 1,5...3,5 МПа. Температура емульсії на вході до холодоагенту становить 38...40 °С, на виході 10...13 °С і залежить від складу жирового набору і режиму охолодження. Потоки емульсії, що виходять з холодоагенту, розподіляються в залежності від способу упаковки і продуктивності пакувального обладнання.

При дрібно-роздрібному варіанті упаковки виробів, охолоджена емульсія через розподільчі пристрої 30 і фільтр-структуратори 29 подається в кристалізатори 28. В останній емульсія перетворюється в ущільнену пластикову масу маргарину, яка подається в машину 26 для упаковки маргаринових брикетів в пачки пергаменту. Далі ці пакети передаються конвеєрами 25 на машини 24 для пакування в коробки. Надлишок продукту скидається через компенсуючий пристрій 27 в зворотний бак 31, звідки розплавлена емульсія перекачується насосом 32 в третій змішувач 17. При виробництві маргарину в блоках, упакованих в коробки, переохолоджена емульсія, минаючи розподільний пристрій, надходить в декристалізатор 34 через фільтр 35, надходить в декристалізатор 34, при якому в результаті виділення прихованого тепла температура маргарину підвищується на 2...3 °С.

З декристалізатора 34 маргарин відправляється в машину 33 для заповнення і зважування коробок. Ящики з виробом передаються конвеєром в обгорткову машину, а потім на склад готового виробу [6].

Взагалі процес виробництва маргарину складається з п'яти етапів: приготування фази рідкого масла і емульгатора; підготовка водної фази; отримання емульсії; пастеризація; Кристалізації. Будь-який надлишок повертається для переробки в змішувальний бак через спеціальний постійно діючий блок.

1.2.1 Підготовка рідкої фази масла і емульгатора

Насос постачає рідке масло, мастило або суміш масел, які знаходяться в системі резервуара через фільтр, в пластинчастий теплообмінник, де охолодження зазвичай відбувається до 50 °С або до температури набагато вище температури каламутності. Дозування масла відбувається в додатковому резервуарі, нагрітому водою, який подається з блоку гарячої води. Щоб відповідати правильному рецепту масла, цей резервуар для емульсії розташований над датчиком падіння тиску. Суміш компонентів готується відповідно до рецептури.

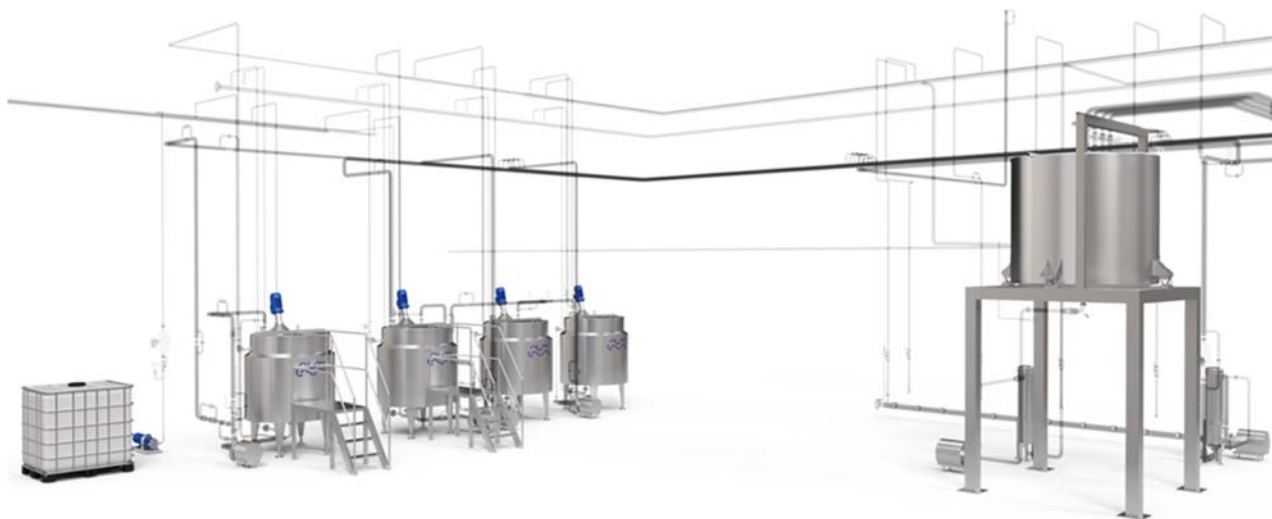


Рисунок 1.2 – Технологічне обладнання підготовки рідкої фази масла і емульгатора

При нагріванні масла приблизно до 70 °С. емульгатори, такі як лецитин або моно- і дигліцериди (зазвичай у вигляді порошку) вручну додаються в нього над решіткою труби з гарячою водою. Щоб оператору було легше виміряти потрібну кількість емульгатора на тертці, для подачі порошку за допомогою шнекового конвеєра можуть знадобитися спеціальні інструменти. Інші масляно-розчинні інгредієнти, такі як барвники та смакові добавки, також можуть бути додані [7].

1.2.2 Підготовка водної фази

Для отримання різних сумішей на основі водної фази поставляються дві ізольовані ємності. За допомогою витратоміра в ємність вимірюється потрібна кількість води, яка потім нагрівається до 45 °С.

Для додавання в ємність використовується спеціальний порошковий змішувач - сіль, лимонна кислота, гідроколоїди або сухе знежирене молоко. Інші інгредієнти, включаючи цукор і розчинні ароматизатори, додаються в ємність для емульсії вручну [7].



Рисунок 1.3 – Технологічне обладнання підготовки водної фази

1.2.3 Отримання емульсії

Емульсія виходить шляхом додавання необхідної кількості масел і жирів, суміші емульгаторів і водної фази в заданій послідовності.

Змішування масляних і водних фаз відбувається в ємності для емульсії, яку ще називають резервуаром для підзарядки. Тут можна вручну додавати інші інгредієнти, такі як смакові добавки, ароматизатори та барвники. Насос подає отриману емульсію в резервуар для подачі.



Рисунок 1.4 – Технологічне обладнання отримання емульсії

На даному етапі процесу може використовуватися спеціальне обладнання, наприклад, змішувач з високою силою зсуву. Вона дозволяє отримати дуже дрібно дисперсну, однорідну і міцну емульсію з хорошим контактом між маслом і водними фазами. З такої дрібно дисперсної емульсії вийде якісний маргарин, який має хорошу пластичність, консистенцію і структуру. Після цього насос постачає емульсію в зону пастеризації [7].

1.2.4 Пастеризація

Пастеризація проводиться в пастеризаційному блоці, який кріпиться на опорах і входить до складу системи. Для пастеризації насос перекачує емульсію через ситечко в пластинчастий теплообмінник. Інший насос циркулює гарячою водою через пластинчастий теплообмінник.

Пастеризація відбувається при температурі від 80 °C до 85 °C. Весь процес займає близько 14 с. Нагрівання емульсії перешкоджає розмноженню бактерій та інших мікроорганізмів, а також підвищує стійкість емульсії. Потім, як правило, при температурі 45...50 °C емульсія залишає пастеризатор.

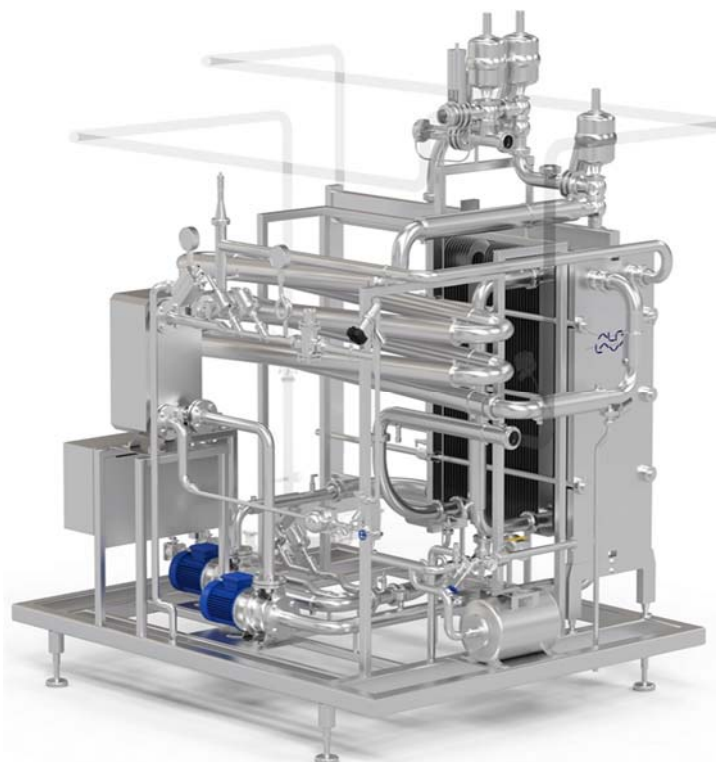


Рисунок 1.5 – Технологічне обладнання пастеризації [7]

1.2.5 Кристалізація

Насос високого тиску перекачує емульсію в подряпини поверхневого теплообмінника високого тиску (SSHE), який налаштований на врахування швидкості потоку та рецептури продукту. Теплообмінник може використовувати всілякі охолоджувальні трубки різних розмірів і різних охолоджуючих поверхонь. Кожен циліндр має незалежну систему охолодження, до якої безпосередньо подається холодоагент R717. Всі циліндри з'єднуються один з одним системою труб. Датчики температури на кожній виході забезпечують необхідне охолодження. Максимальний холодоагент аміаку – 120 бар.

Залежно від рецептури і призначення емульсія проходить через один або кілька робочих резервуарів перед входом в пакувальний блок. У робочих ємностях досягається необхідна пластичність, консистенція і структура готового виробу [7].

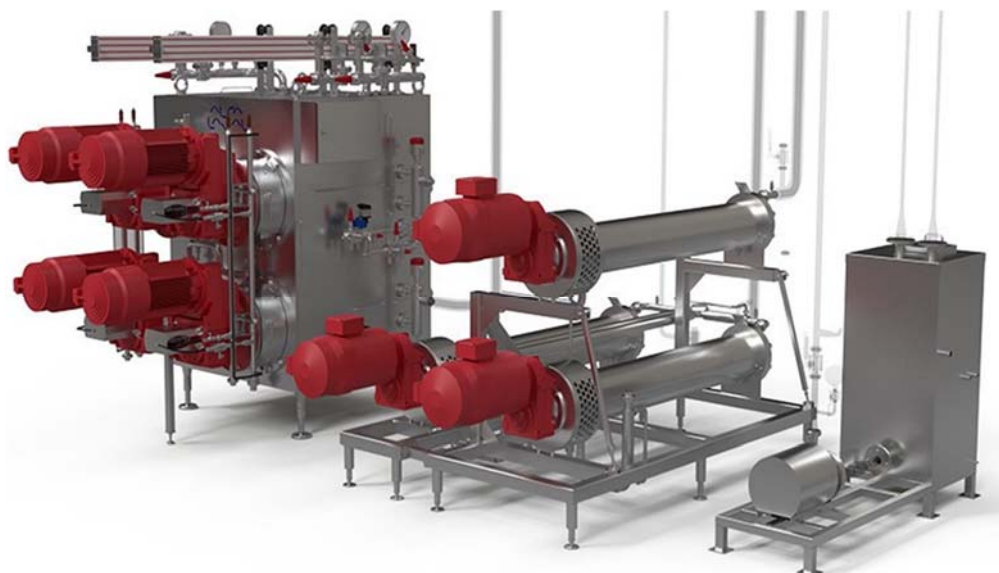


Рисунок 1.6 – Технологічне обладнання з кристалізації

1.2.6 Переробки відходів

Постійно діючий рециркуляційний блок призначений для повторного розплавлення всіх продуктів, що залишилися, які потім потрапляють не в пакувальну машину, а в робочий резервуар, щоб знову пройти технологічний процес. При цьому завдяки цій процедурі пакувальна машина не піддається небажаному тиску спини. Описана повна система включає теплообмінник, схему рециркуляції води, циркуляційний насос і водонагрівач. Крім того, в системі міститься роторний лопатковий насос з нагрітим корпусом для переміщення маргарину з переплавки агрегату [7].

1.3 Об'єкт керування

1.3.1 Скребковий холодоагент маргаринової емульсії

Холодоагент (або, вотатор, скребковий холодоагент маргаринової емульсії) є одним з основних пристроїв для отримання маргаринових виробів і призначений для формування пластичної конструкції виробу в результаті тонкої емульгування, охолодження і механічної обробки маргаринової емульсії. Циліндри холодоагенту виготовлені з нержавіючої сталі і оснащені «сорочками» для холодоагенту (рідкого аміаку). Усередині кожного циліндра є обертовий барабан, на поверхню якого встановлюються ножі-скребки. Коли барабан

обертається, вони знімають і перемішують шар емульсії, який зависає в проміжку між стінками циліндра і барабана.

Під дією холодоагенту температура емульсії знижується. Кінцева температура її залежить від складу жирового набору і технологічного режиму охолодження.

Таким чином в якості об'єкту керування для якого треба створити систему автоматичного керування обрано технологічне обладнання типу скребковий холодоагент маргаринової емульсії – вотатор.

1.3.2 Характеристика об'єкта керування

Вотатор (скребковий холодоагент маргаринової емульсії) ЛМСО-33 призначений для виробництва маргарину методом переохолодження маргаринової емульсії. Це забезпечує дисперсію емульсії, охолодження тонким шаром і її механічну обробку. На виході вотатора виріб має тонко-кристалічну структуру з високою пластичністю, легко-плавністю, хорошою консистенцією і необхідними органолептичними властивостями [9].

Таблиця 1.1 – Специфікація вотатору ЛМСО-33

Продуктивність у виробництві маргарину, кг/год	3 300
Режим роботи	Безперервний
Встановлена потужність, кВт, не більше	52,0
Витрата за годину роботи: - електроенергія, кВт/год, не більше - холодоагент, кубічний метр/год	42,0 2,4...3,1
Тиск маргарину в робочих циліндрах, МПа: - на вході - на виході	1,2...3,2 0,3...0,4
Температура маргарину на вході вотатора, °С	38...45
Температура маргарину на виході вотатора, °С	10...14
Температура холодоагенту на виході, °С	-17...-12
Тиск холодоагенту на вході, МПа	4,3...11,5
Охолоджуюча поверхня теплообмінних циліндрів, м ² , не менше (регулюється в залежності від типу маргарину)	7,2
Кількість циліндрів теплообміну, од.	3
Габаритні розміри, мм, не більше: довжина-ширина-висота	5 200-1 800-2 750
Вага, кг, не більше	3 200

1.3.2 Структура об'єкту керування

Згідно з вище викладеним об'єкту керування має наступні сигнали - вхідні:

- компресор холодоагенту;
- компресор маргарину на вході;
- три двигуна скребкових перемішувачів;

вихідні:

- температура маргарину на вході;
- температура маргарину на виході;
- тиск холодоагенту на виході;
- температура холодоагенту на виході;
- тиск маргарину на вході;
- тиск маргарину на виході.

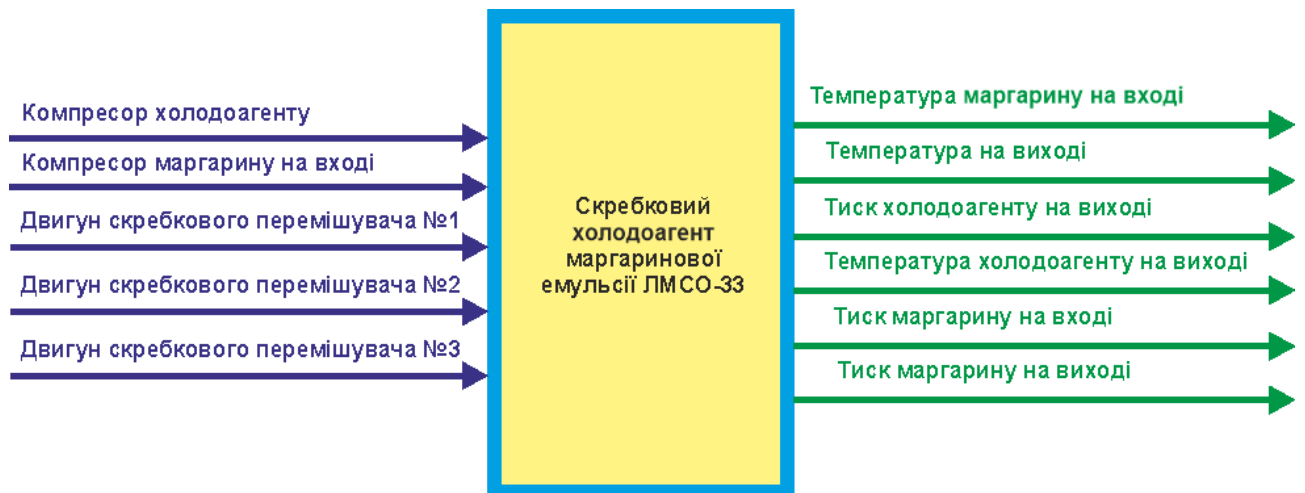


Рисунок 1.7 – Структура об'єкту керування

1.3.3 Принцип функціонування об'єкту керування

Згідно рисунку 1.7, де наведена структурна об'єкту керування, можна визначити наступні канали керування:

- «тиск компресора → температура маргарину на виході»;
- «тиск маргарину на вході → температура маргарину на виході»;
- «тиск маргарину на виході → температура маргарину на виході»;

- «температура маргарину на виході → температура маргарину на виході»;
- «тиск холодоагенту на виході → температура маргарину на виході».

1.4 Структура системи керування

Роботою скребкового холодоагента маргаринової емульсії ЛМСО-33 керує автоматичний регулюючий прилад, який має автоматично підтримувати задану температуру маргарину на виході.

1.5 Формулювання задачі дослідження

В нашому випадку, для створення підсистеми автоматичного керування скребковим холодоагентом маргаринової емульсії типу ЛМСО-33, обрано один із головних каналів - «тиск маргарину на вході → температура маргарину на виході».

З метою побудови підсистеми керування за обраним каналом керування, необхідно провести активний експеримент для визначення параметрів передавальної функції об'єкту керування – скребкового холодоагента маргаринової емульсії типу ЛМСО-33.

Підсистема керування має підтримувати задану температуру маргарину на виході в межах діапазону температур 10...14 °С завдяки регулюючим можливостям тиску маргарину на вході, який може змінюватись в межах 1,2...3,2 МПа. Температура маргарину на виході залежить від технологічних параметрів випуску продукції.

1.6 Висновки за розділом

Актуальність роботи пояснюється необхідністю модернізації систем керування, які використовуються на підприємствах харчової промисловості. Сучасна система керування дозволить оперативно контролювати зазначені параметри, дозволяючи отримувати режими роботи технологічного обладнання з заданими технічними характеристиками. Також ця система керування матиме

можливість фіксації та збереження параметрів роботи технологічного обладнання.

2 РОЗРОБКА АПАРАТНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ

2.1 Розробка структурної схеми підсистеми керування

У кваліфікаційній роботі, в якості об'єкту керування, обрано технологічне обладнання - скребкового холодоагента маргаринової емульсії типу ЛМСО-33.

До мінімального складу структури підсистема керування, за вхідними і вихідними сигналами, мають входити наступні сигнали.

Вхідні сигнали:

- | | |
|--|-------------|
| – температура маргарину на вході в отатора, °С | 38...45; |
| – температура маргарину на виході в отатора, °С | 10...14; |
| – температура холодоагенту на виході, °С | -17...-12; |
| – тиск холодоагенту на вході, МПа | 4,3...11,5; |
| – тиск маргарину в робочих циліндрах на вході, МПа: | 1,2...3,2; |
| – тиск маргарину в робочих циліндрах на виході, МПа: | 0,3...0,4. |

Вихідні сигнали керування:

- | | |
|--|--------------|
| – двигун компресора холодоагенту, В /кВт | ~380 / ~30; |
| – двигун компресора маргарину на вході, В /кВт | ~380 / ~16; |
| – двигун скребкового перемішувача №1, В /кВт | ~380 / ~2,0; |
| – двигун скребкового перемішувача №2, В /кВт | ~380 / ~2,0; |
| – двигун скребкового перемішувача №3, В /кВт | ~380 / ~2,0. |

Слід окремо відзначити, що для організації економічної роботи скребкового холодоагента маргаринової емульсії типу ЛМСО-33 треба забезпечити регульовану потужність компресорів тиску холодоагенту та маргарину на вході, тобто забезпечити «інверторний» режим для цих компресорів – застосувати для керування їх роботою частотні перетворювачі.

Роботою технологічного обладнання, скребкового холодоагента маргаринової емульсії типу ЛМСО-33 керує програмований логічний контролер (рис. 2.1).

Підсистема керування має підтримувати задану температуру маргарину на виході в межах діапазону температур 10...14 °С завдяки регулюючим можливостям за наступними каналами керування:

- «тиск компресора → температура маргарину на виході»;
- «тиск маргарину на вході → температура маргарину на виході»;
- «тиск маргарину на виході → температура маргарину на виході»;
- «температура маргарину на виході → температура маргарину на виході»;
- «тиск холодоагенту на виході → температура маргарину на виході».

На рисунку 2.1 показана структурна схема підсистеми керування

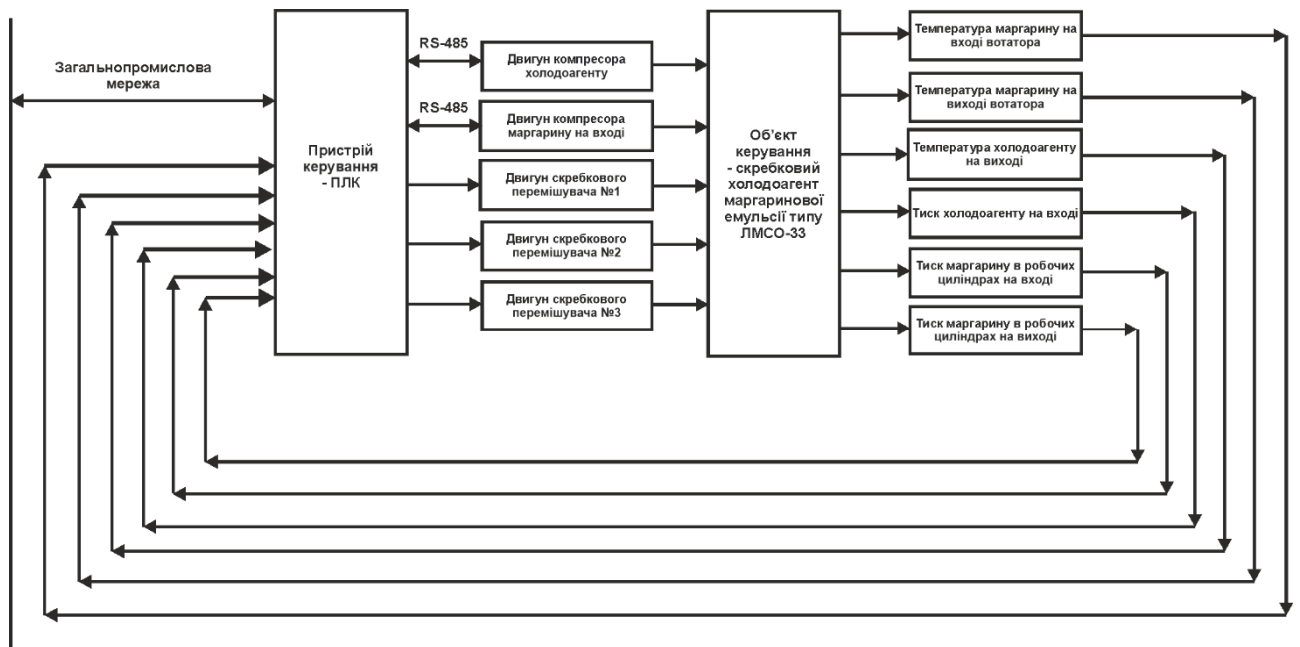


Рисунок 2.1 – Структурна схема підсистеми керування

Датчики температури маргарину на вході вогататора, температури маргарину на виході вогататора, температура холодоагенту на виході, тиску холодоагенту на вході, тиску маргарину в робочих циліндрах на вході, тиску маргарину в робочих циліндрах на виході забезпечують необхідної інформацією систему керування з метою організації заданої за технологічними параметрами роботи з урахуванням можливої економічної роботи технологічного обладнання.

Підсистема керування має підтримувати задану за технологічними параметрами температуру задану температуру маргарину на виході скребкового

холодоагента маргаринової емульсії типу ЛМСО-33 межах заданого діапазону температур, який входить до складу технологічного обладнання з виготовлення маргарину.

Роботою скребкового холодоагента маргаринової емульсії типу ЛМСО-33 керує автоматичний регулюючий прилад, який має вихідні сигнали керування:

- двигун компресора холодоагенту (лінійне управління);
- двигун компресора маргарину (лінійне управління);
- двигун скребкового перемішувача №1 (дискретне управління);
- двигун скребкового перемішувача №2 (дискретне управління);
- двигун скребкового перемішувача №3 (дискретне управління).

2.2 Розробка структурної схеми інформаційних потоків

Підсистема керування обладнанням відповідає класичним вимогам до підсистем автоматизованого керування технологічним обладнанням. До неї входять пристрої збору інформації (датчики температури, тиску), еталони стану обладнання (температура, тиск), система автоматичного контролю стану обладнання, програма керування, яка повинна реалізувати формування керуючих впливів для підтримки температурного режиму на виході технологічного апарату на заданому рівні, мати протиаварійний захист та блок переводу до ручного режиму керування, виконавчі пристрої - електродвигуни (компресору, вентилятору).

Розроблена структурна схема інформаційних потоків наведена на рисунку 2.2.



Рисунок 2.2 – Структурна схема інформаційних потоків

2.3 Вибір апаратного забезпечення підсистеми керування

2.3.1 Вибір датчиків

За технічними параметрами необхідно вимірювати температуру маргарину на вході вентилатора 38...45 °С, маргарину на виході вентилатора – діапазон 10...14 °С, температура холодоагенту на виході – діапазон -17...-12 °С тобто можна мати один тип датчика температури з діапазоном вимірювання -17...45 °С.

Крім того датчик виміру температури повинен мати стандартний струмовий інтерфейс для підключення до програмованого логічного контролера.

Виходячи з цього, для вимірювання температури обрано датчик Т.ХА-420-Кл1-1 (рис. 2.3), який є термоелектричним перетворювачем з діапазоном вимірювання -50...100 °С, та який має вбудований перетворювач напруги на виході термопару до стандартного струмового сигналу 4...20 мА. Технічні характеристики датчика наведені в табл. 2.1 [9].



Рисунок 2.3 – Датчик температури Т.ХА-420-Кл1-1

Таблиця 2.1 – Технічні характеристики датчика температури Т.ХА-420-Кл1-1

№	Найменування параметра	Значення
1	Тип	НСХ: Pt100
2	Діапазон вимірюваних температур, °С	0...100
3	Клас допуску	1
4	Точність, °С	±1,5t
5	Діапазон вихідного сигналу, мА	4...20
6	Напруга живлення, В	12...36
7	Потужність споживання, Вт	1

Для вимірювання тиску холодоагенту на вході у діапазоні 4,3...11,5 МПа, тиску маргарину в робочих циліндрах на вході у діапазоні 1,2...3,2 МПа та тиску маргарину в робочих циліндрах на виході у діапазоні 0,3...0,4 МПа будемо використовувати датчик тиску серії MBS 3000 з відповідними діапазонами вимірювання (рис. 2.4).



Рисунок 2.4 – Датчик тиску серії MBS 3000

Датчик тиску має відповідно два стандартний вихід 4...20 мА для підключення до програмованого логічного контролера [10].

Таблиця 2.2 – Технічні параметри датчику тиску серії MBS 3000

№	Найменування параметра	Значення
1	Тип	Комплексне вимірювання
2	Діапазон вимірювання, Мпа	0...0,5 / 0...5 / 0...16
3	Похибка вимірювання, %	±0,5%
4	Частота відгуку, Гц	0,1
5	Напруга живлення, В	12...24
6	Потужність споживання, Вт	4
7	Діапазон температур, °С	-40 до 85
8	Вихідний сигнал, мА	4...20

На підставі обраних датчиків та їх технічних характеристик складена таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Датчики

№	Назва параметру	Принцип дії	Тип	Діапазон змінення	Точність	Значення виходу	Період оновлення	Напруга живлення	Потужність споживання
1	Температура маргарину на вході вентилатора	НСХ: Pt100	Аналог овий	-50...1 00°С	±1,5 %	4...20 м А	0,1 с	12... 36 В	1 Вт
2	Температура маргарину на виході вентилатора	НСХ: Pt100	Аналог овий	-50...1 00°С	±1,5 %	4...20 м А	0,1 с	12... 36 В	1 Вт
3	Температура холодоагенту на виході	НСХ: Pt100	Аналог овий	-50...1 00°С	±1,5 %	4...20 м А	0,1 с	12... 36 В	1 Вт
4	Тиск холодоагенту на вході	Тензо	Аналог овий	0...16 МПа	±0,5%	4...20 м А	0,1 с	12... 24 В	5 Вт
5	Тиск маргарину в робочих циліндрах на вході	Тензо	Аналог овий	0...5 МПа	±0,5 %	4...20 м А	0,1 с	12... 24 В	4 Вт
6	Тиск маргарину в робочих циліндрах на виході	Тензо	Аналог овий	0...0,5 МПа	±0,5 %	4...20 м А	0,1 с	12... 24 В	4 Вт

2.3.2 Вибір виконавчих пристроїв

В системі керування мають бути вихідні ланцюг узгодження з наступним технологічним електрообладнанням:

- двигун компресора холодоагенту, В /кВт ~380 / ~30;
- двигун компресора маргарину на вході, В /кВт ~380 / ~16;
- двигун скребкового перемішувача №1, В /кВт ~380 / ~2,0;
- двигун скребкового перемішувача №2, В /кВт ~380 / ~2,0;
- двигун скребкового перемішувача №3, В /кВт ~380 / ~2,0.

Для приводу компресору холодоагенту у дію використовується асинхронний трьох фазний електропривод потужністю 30 кВт. Згідно з завданням система керування повинна реалізовувати плавне регулювання продуктивності подачі тику. Таким чином управління електроприводом повинно бути лінійним (безперервним) – треба забезпечувати пропорційне керування. Таким чином для керування електроприводом обрано трьох фазний частотний перетворювач Altivar Process ATV930D37N4 на потужність 37,0 кВт з аналоговим входом 4...20 мА, та RS-485 (рис. 2.5) [11].

Технічні характеристики частотного перетворювача наведені в таблиці 2.4.



Рисунок 2.5 – Частотний перетворювач Altivar Process ATV930D37N4

Таблиця 2.4 – Технічні характеристики частотного перетворювача Altivar Process ATV930D37N4

Найменування параметра	Значення
Тип	Скалярний
Напруга живлення, В	~320...~550
Потужність, кВт	37,0
Діапазон частот, Гц	0...240
Діапазон аналогового сигналу управління, мА	4...20
Ступінь захисту	IP20

Для приводу компресору маргарину на вході у дію використовується асинхронний трьох фазний електропривод потужністю 16 кВт. Згідно з завданням система керування повинна реалізовувати плавне регулювання продуктивності подачі тику. Таким чином управління електроприводом повинно бути лінійним (безперервним) – треба забезпечувати пропорційне керування. Таким чином для керування електроприводом обрано трьох фазний частотний перетворювач Altivar Process ATV930D22N4 на потужність 22,0 кВт з аналоговим входом 4...20 мА, та RS-485 (рис. 2.6) [11].

Технічні характеристики частотного перетворювача наведені в таблиці 2.5.



Рисунок 2.6 – Частотний перетворювач Altivar Process ATV930D22N4

Таблиця 2.5 – Технічні характеристики частотного перетворювача Altivar Process ATV930D22N4

Найменування параметра	Значення
Тип	Скалярний
Напруга живлення, В	~320...~550
Потужність, кВт	22,0
Діапазон частот, Гц	0...240
Діапазон аналогового сигналу управління, мА	4...20
Ступінь захисту	IP20

Трифазні двигуни скребкових перемішувачів №1...№3, потужністю 2 кВт кожний, мають дискретний тип керування.



Рисунок 2.7 – Трифазне твердотільне реле Jotta SSR 25DA (3x~380 В, 0...24 В)

Тому для їх управління використаємо трифазне твердотільне реле змінного струму Jotta SSR 25DA, 480 В змінного струму, з керуванням 0...24 В постійної напруги, яке будемо використовувати у дискретному режимі керування [12].

Таблиця 2.6 – Технічні характеристики трифазного твердотільне реле Jotta SSR 25DA

Найменування параметра	Значення
Тип	NBR
Напруга навантаження, В	~600 В
Струм навантаження, А	0...25
Струм керування, мА	0...20

На підставі наведеного вище для виконавчих пристроїв, та їх технічних характеристик складена табл. 2.7.

Таблиця 2.7 – Виконавчих пристроїв

№	Назва параметру	Принцип дії	Тип	Діапазон змінення	Лінійність	Значення входу	Період оновлення	Напруга живлення	Потужність споживання
1	Тиск компресора холодоагенту	RS-485 (MOD BUS)	Аналоговий	0...16 МПа	Лінійний	-	115 кбод/с	-	-
2	Тиск компресора маргарину на вході	RS-485 (MOD BUS)	Аналоговий	00...5 МПа	Лінійний	-	115 кбод/с	-	-
3	Скребоквий перемішувач №1	Твердотільне реле	Дискретний	вимк./вкл..	Не лінійний	0...24 В	0,1 с	24 В	1,0 Вт
4	Скребоквий перемішувач №2	Твердотільне реле	Дискретний	вимк./вкл..	Не лінійний	0...24 В	0,1 с	24 В	1,0 Вт
5	Скребоквий перемішувач №3	Твердотільне реле	Дискретний	вимк./вкл..	Не лінійний	0...24 В	0,1 с	24 В	1,0 Вт

2.3.3 Вибір пристроїв керування

Відповідно вимогам до підсистеми керування, що розробляється, в якості пристрою керування, треба використовуватися програмований логічний контролер компанії VIPA. Цикл роботи контролера повинен бути не більше 100 мс, для забезпечення необхідної реакції на змінення стану технологічних

датчиків. Крім того контролер повинен мати не менш 1 кбайт вільної робочої пам'яті для реалізації програми керування.

Контролер повинен мати модульну структуру, що забезпечить підключення тільки обраного обладнання, та забезпечить легке розширення подальшого функціоналу.

До контролеру повинні бути підключені шість датчиків, які мають уніфікований стандартний тип виходу 4...20 мА – температура маргарину на вході вотагора, температура маргарину на виході вотагора, температура холодоагенту на виході, тиск холодоагенту на вході, тиск маргарину в робочих циліндрах на вході та тиск маргарину в робочих циліндрах на виході.

До контролеру повинні бути підключено три канал дискретного керування (тип виходу 0, +24 В) для керування трьома трифазними двигунами скребкових перемішувачів №1...№3.

Трьох фазний частотний перетворювач Altivar Process ATV930D37N4 за допомогою аналогового входу 4...20 мА керує продуктивністю тьку компресора холодоагенту.

Трьох фазний частотний перетворювач Altivar Process ATV930D22N4 за допомогою аналогового входу 4...20 мА керує продуктивністю тьку компресора маргарину на вході.

Так як підсистема керування технологічним обладнанням - скребковий холодоагент маргаринової емульсії типу ЛМСО-33, повинен інтегруватися у загально-заводську автоматизовану систему керування технологічним обладнанням (АСК ТП), то вона повинна мати стандартний послідовний канал зв'язку, визначений раніше - RS-485 з протоколом MODBUS, або мережевий канал Ethernet.

Наведеним вимогам відповідає програмований логічний контролер VIPA 214-2BS33. Контролер має час арифметичної операції над речовим числом 40 мкс, об'єм пам'яті програм 144 кбайт, об'єм робочої пам'яті 96 кбайт та інтерфейс RS-485 (рис. 2.8). Технічні характеристики контролеру наведені в таблиці 2.8.



Рисунок 2.8 – Програмований логічний контролер VIPA 214-2BS33

Таблиця 2.8 – Технічні характеристики програмованого логічного контролеру VIPA 214-2BS33

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

Для підключення усіх шести датчиків, які мають стандартний струмовий сигнал 4...20 мА, обрано два модулі аналогового вводу VIPA 231-1BD40, кожних з яких який має по чотири аналогові входи (рис. 2.9). Технічні характеристики модуля наведені в таблиці 2.9.



Рисунок 2.9 – Модуль аналогового вводу VIPA 231-1BD40

Таблиця 2.9 – Технічні характеристики модуля аналогового вводу VIPA 231-1BD40

№	Найменування параметра	Значення
1	Тип	SM 231, ECO
2	Кількість каналів	4
3	Тип каналу	Аналоговий
4	Діапазон вхідного сигналу, мА	4...20

5	Довжина екранованого провідника, м	200
6	Споживана потужність, Вт	0.6

Приклад схема підключення датчика з типом вихідного сигналу 4...20 мА до модуля аналогового вводу наведена на рисунку 2.10.

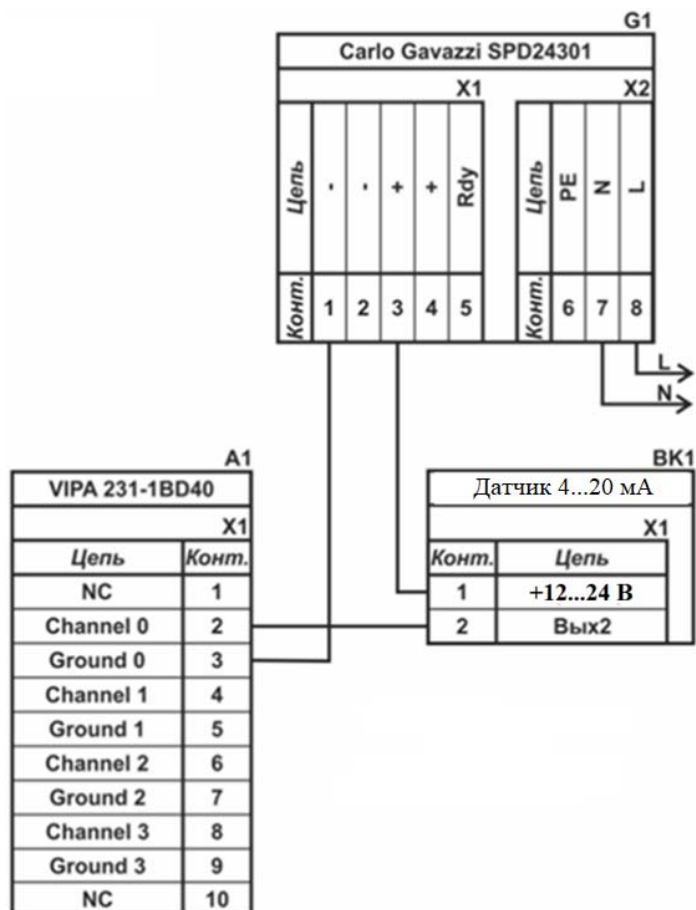


Рисунок 2.10 – Схема підключення датчика з типом вихідного сигналу 4...20 мА

До контролеру повинно бути підключено три дискретні канали керування (тип виходу 0, +24 В), тому для підключення цього пристрою обрано модуль дискретного вводу VIPA 222-1BF00 який має вісім каналів (рис. 2.11). Технічні характеристики модуля наведені в таблиці 2.10.



Рисунок 2.11 – Модуль дискретного виводу VIPA 222-1BF00

Таблиця 2.10 – Технічні характеристики модуля дискретного виводу VIPA 222-1BF40

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

Схема підключення до модуля дискретного виводу наведена на рисунку 2.12.

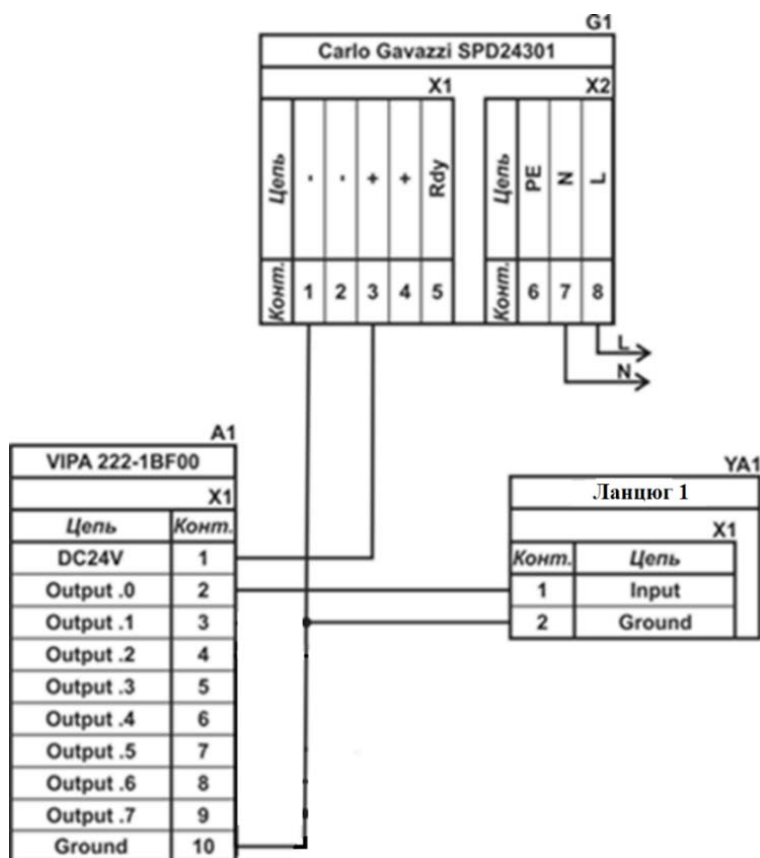


Рисунок 2.12 – Схема підключення дискретних пристроїв узгодження

Відповідно до схеми підключення модуль має вісім незалежних каналів, кожний з яких може бути використаний для керування дискретним виконавчим пристроєм з напругою +24 В. Блок живлення підключено до 1 та 10 входів модуля. На рис. 2.12 показана схема підключення умовного ланцюга 1. Відповідний вихід модуля 2 підключено до входу пристрою узгодження (Ланцюг 1). Земляний вихід пристрою узгодження підключено до земляного входу блока живлення.

Згідно з вимогами до підсистеми керування, в якості котрого виступає програмований логічний контролер, та пультом оператора, в якості якого виступає персональний комп'ютер, повинна бути організована мережа за допомогою інтерфейсу RS-485. Обраний програмований логічний контролер VIPA 214-2BS33 має інтерфейс RS-485. Схема підключення персонального комп'ютеру до програмованого логічного контролеру наведена на рисунку 2.13.

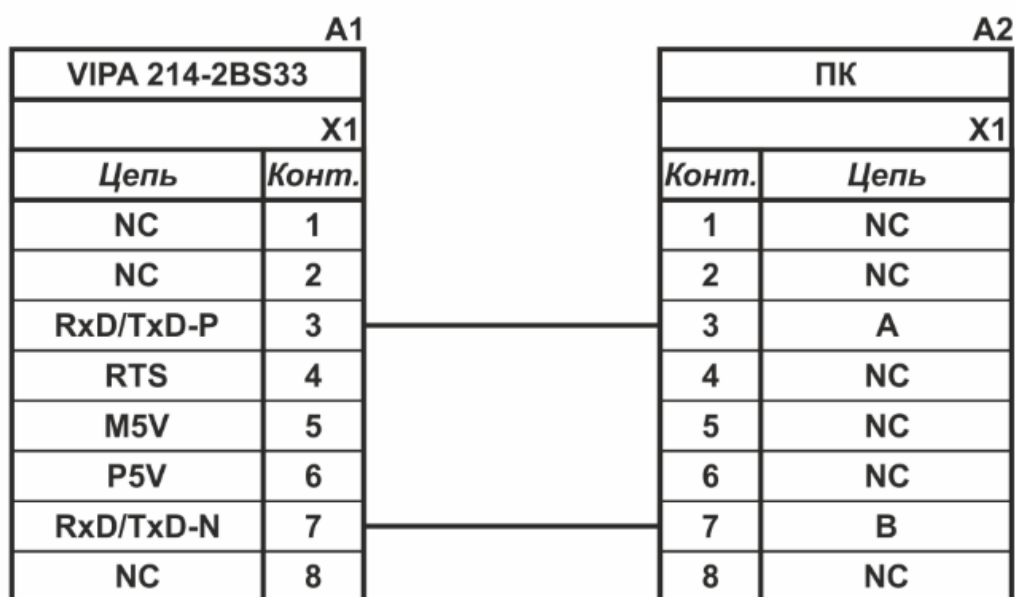


Рисунок 2.13 – Схема підключення по інтерфейсу RS-485

На підставі обраного програмованого логічного контролера та його модулів складена таблиця 2.11.

Таблиця 2.11 – Пристрій керування та його модулі

№	Назва модуля	Пристрій	Напруга живлення	Потужність споживання
1	VIPA 214-2BS33	Центральний процесорний модуль	24 В	5.00 Вт
		Зв'язок - АСК ТП		
		Зв'язок - тиск компресора холодоагенту		
		Зв'язок - тиск компресора маргарину на вході		
2	VIPA 231-1BD40	Модуль аналогового вводу	24 В	0.60 Вт
		Температура маргарину на вході вататора	24 В	1.00 Вт
		Температура маргарину на виході вататора	24 В	1.00 Вт
		Температура холодоагенту на виході	24 В	1.00 Вт
3	VIPA 231-1BD40	Модуль аналогового вводу	24 В	0.60 Вт
		Тиск холодоагенту на вході	24 В	1.00 Вт
		Тиск маргарину в робочих циліндрах на вході	24 В	1.00 Вт
		Тиск маргарину в робочих циліндрах на виході	24 В	1.00 Вт
4	VIPA 222-1BF00	Модуль дискретного виводу	24 В	2.00 Вт
		Скребокний перемішувач №1	24 В	1.0 Вт
		Скребокний перемішувач №2	24 В	1.0 Вт
		Скребокний перемішувач №3	24 В	1.0 Вт

2.3.4 Вибір джерел живлення

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

$$P = 5,0 + 2 * 0,6 + 1 * 2,0 = 8,2 \text{ Вт.} \quad (2.1)$$

Виходячи з потужності споживання контролеру та його модулів у якості джерела живлення обрано блок живлення SPD24301 з вихідною напругою +24 В та потужністю 30 Вт (рис. 2.14). Технічні характеристики блока живлення наведені в таблиця 2.12.



Рисунок 2.14 – Блок живлення Carlo Gavazzi SPD24301

Таблиця 2.12 – Технічні характеристики блока живлення Carlo Gavazzi SPD24301

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

Схему підключення програмованого логічного контролера до блока живлення наведена на рисунку 2.15.

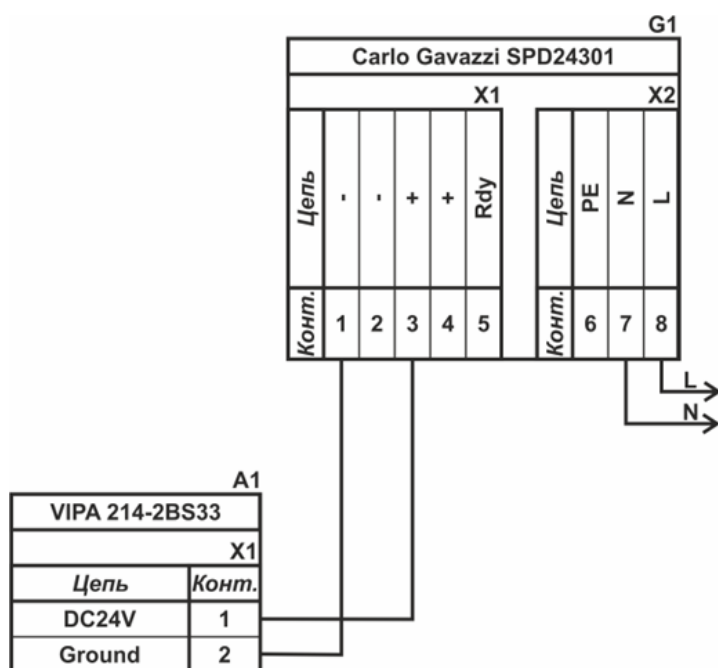


Рисунок 2.15 – Схема підключення програмованого логічного до блока живлення

Виконавши аналіз обраного обладнання можливо зробити вивід, що зовнішній блок живлення потрібен для датчиків 6: температури, диференційного тиску, витратоміру та чотирьох трифазних твердотільних реле, які мають напругу живлення +24 В та потужність споживання:

$$P = 6 * 2,0 + 2 * 3 = 18,0 \text{ Вт.} \quad (2.2)$$

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

2.4 Розробка функціональної схеми автоматизації

Виходячи з вимог до підсистеми керування технологічним обладнанням - скребковим холодоагентом маргаринової емульсії типу ЛМСО-33 розроблена функціональна схема автоматизації, яка наведена на рисунку 2.16.

У якості пристрою керування скребковим холодоагентом маргаринової емульсії використовується програмований логічний контролер (UY 12) – VIPA 214-2BS33. Програмований логічний контролер підключено до технологічного обладнання АСУ ТП, за що відповідає система автоматизації більш високого рівня (UY 11), зв'язок між ними реалізовано за допомогою інтерфейсу RS-485.

Для вимірювання трьох параметрів температури: маргарину на вході вентилатора, маргарину на виході вентилатора та холодоагенту на виході використовуються три датчики (ТЕ 1-1, ТЕ 2-1, ТЕ 2-1 - Т.ХА-420-Кл1-1) та перетворювачів 4...20 мА (ТТ 1-2, ТТ 1-2, ТТ 1-3 - Т.ХА-420-Кл1-1).

Для вимірювання трьох параметрів тиску: холодоагенту на вході, маргарину в робочих циліндрах на вході та маргарину в робочих циліндрах на виході використовуються датчики тиску (РЕ 4.1...РЕ 6.1 - MBS 3000-0,2-8) та перетворювачів 4...20 мА (РТ 4.2...РТ 6.2 - MBS 3000-0,2-8).

На підставі отриманих первинних значень з відповідних датчиків програмований логічний контролер (UY 12 – VIPA 214-2BS33) формує керуючі впливи по підтримці заданого температурного режиму роботи скребкового холодоагенту маргаринової емульсії типу ЛМСО-33.

Для керування продуктивністю компресором холодоагенту використовується трьох-фазний частотний перетворювач (NS-7 Altivar Process ATV930D37N4) з каналом зв'язку та RS-485.

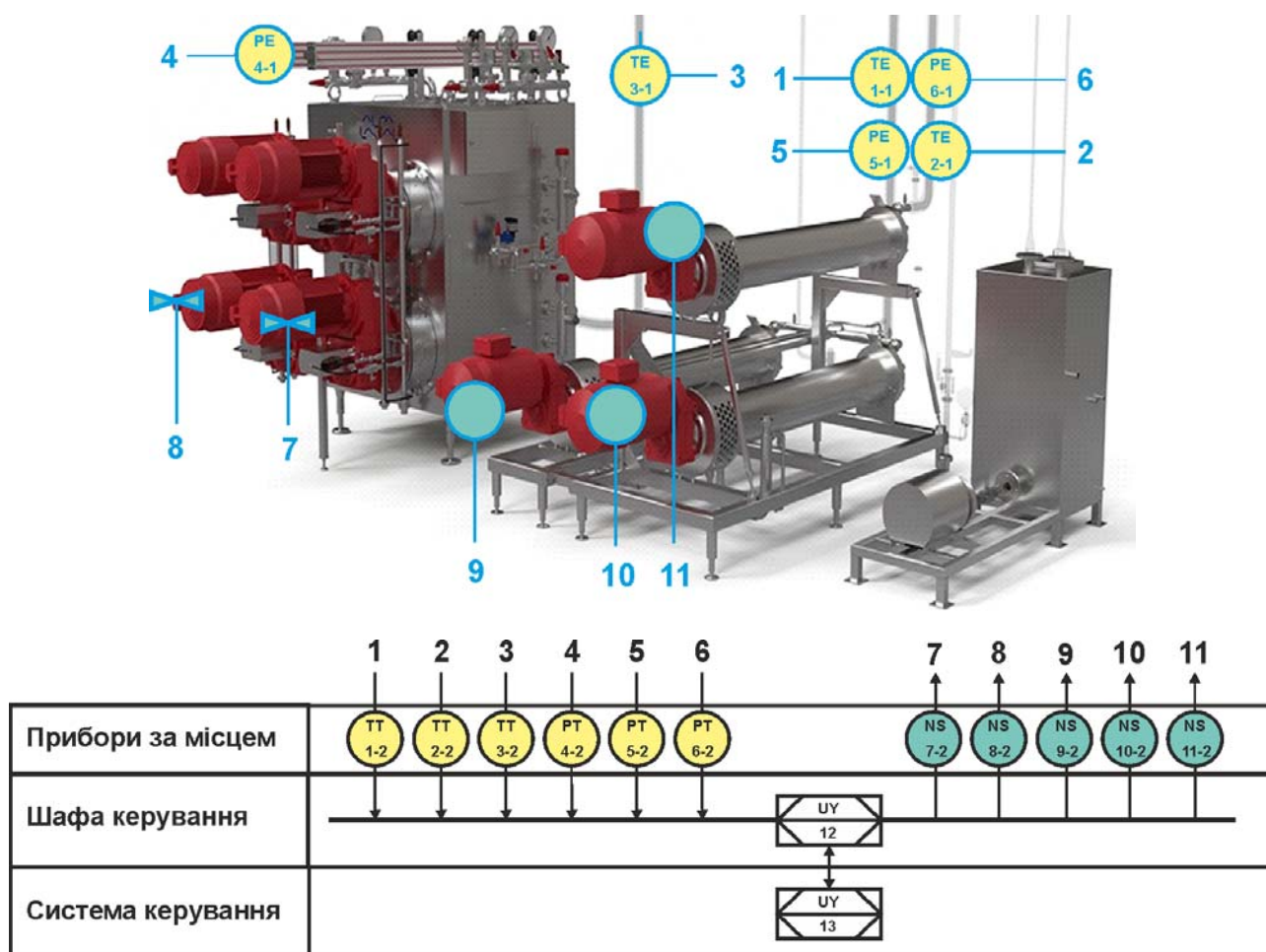


Рисунок 2.16 – Функціональна схема автоматизації скребкового холодоагента маргаринової емульсії типу LMCO-33

Для керування продуктивністю компресором маргарину на вході використовується трьох-фазний частотний перетворювач (NS-8 Altivar Process ATV930D22N4) з каналом зв'язку та RS-485.

Для керування скребковими перемішувачами №1...№3 використовуються твердотільні реле (NS-9...NS-11 Jotta SSR 25DA).

2.5 Розробка схеми електричної принципової

На основі функціональної схеми автоматизації та обраного апаратного забезпечення розроблена схема електрична принципова підсистеми технологічним обладнанням - скребковим холодоагентом маргаринової емульсії типу LMCO-33 (рис. 2.17).

В підсистемі використовуються два блока живлення. Блок живлення Carlo Gavazzi SPD24301 (G1) підключено до програмованого логічного контролеру

VIPA 214-2BS33 (A1). Блок живлення Carlo Gavazzi SPD24301 (G2) підключено до модулю дискретного виводу VIPA 222-1BF00 (A1 – X5), к датчикам температури маргарину на вході вотатора (BK1), температури маргарину на вході вотатора (BK2), температури маргарину на виході вотатора (BK3), тиску холодоагенту на вході (BK4), тиску маргарину в робочих циліндрах на вході (BK5) та тиску маргарину в робочих циліндрах на виході (BK6).

Усі сім аналогових датчиків підключені до двох модулів аналогового вводу VIPA 231-1BD53 (A1 – X3) до каналів 0, 1, 2 та (A1 – X4) до каналів 0, 1, 2, допомогою стандартного сигналу 4...20 мА.

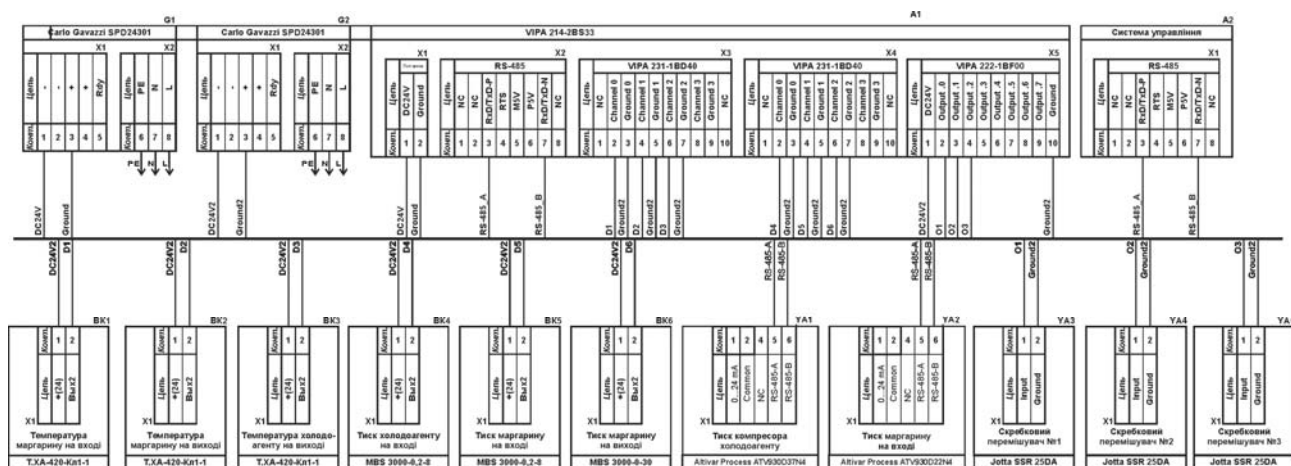


Рисунок 2.17 – Схема електрична принципова підсистеми керування

Керування продуктивністю компресора холодоагенту використовується за допомогою трьох-фазного частотного перетворювача YA1 по каналу зв'язу RS-485.

Керування продуктивністю компресора подачі маргарину на вході використовується за допомогою трьох-фазного частотного перетворювача YA2 по каналу зв'язу RS-485.

Керування електродвигунами скребкових перемішувачів №1...№3 здійснюється через модуль дискретного виводу VIPA 222-1BF00 (A1 – X5) через ланцюжки O1...O3 (YA3...YA5). При наявності на вході напруги +24 В вони підключають відповідні пристрої керування до трифазної мережі ~380 В, а при відсутності напруги вони самостійно повертається до виключеного стану.

Зв'язок між програмованим логічним контролером VIPA 214-2BS33 (A1) та АСК ТП верхнього рівня (A2) реалізовано за допомогою інтерфейсу RS-485 (A1 – X2).

2.6 Висновки за розділом

У якості об'єкта керування виступає технологічне обладнання - скребковий холодоагент маргаринової емульсії типу ЛМСО-33.

У цьому розділі вибрано апаратно-програмні засоби для створення підсистеми, розроблена функціональна схема автоматизації, розроблена схема принципова підсистеми керування, складено перелік елементів до схеми електричної принципової.

3 ВИЗНАЧЕННЯ МОДЕЛІ ОБ'ЄКТА КЕРУВАННЯ

У кваліфікаційній роботі, в якості об'єкту керування, обрано технологічне обладнання - скребкового холодоагента маргаринової емульсії типу ЛМСО-33.

Холодоагент, або вататор є одним з основних пристроїв для отримання маргаринових виробів і призначений для формування пластичної конструкції виробу в результаті тонкого емульгування, охолодження і механічної обробки маргаринової емульсії. Циліндри холодоагенту виготовлені з нержавіючої сталі і оснащені «сорочками» для холодоагенту (рідкого аміаку). У середині кожного циліндра є обертовий барабан (швидкість обертання 500 хв^{-1}), на поверхню якого встановлюються ножі-скребки. Коли барабан обертається, вони знімають і перемішують шар емульсії, який зависає в проміжку між стінками циліндра і барабана.

Під час роботи холодоагенту тиск емульсії 1,2...3,2 МПа. Температура емульсії на вході до холодоагенту становить $38...45 \text{ }^\circ\text{C}$, на виході $10...14 \text{ }^\circ\text{C}$ і залежить від складу жирового набору і режиму охолодження.

В нашому випадку, для створення підсистеми автоматизації технологічного процесу керування скребковим холодоагентом маргаринової емульсії типу ЛМСО-33, обрано один з каналів «тиск маргаринової емульсії на вході → температура маргарину на виході».

Таким чином - номінальний режим температури маргарину на виході може бути в діапазоні $10...14 \text{ }^\circ\text{C}$. Конкретне значення температура залежить від технологічної карти виготовлення конкретного продукту. Номінальне значення тиску маргаринової емульсії в робочих циліндрах на вході становить 1,2...3,2 МПа і також визначається технологічної карти виготовлення конкретного продукту.

Таким чином, попередньо можна стверджувати, що охолодження при тиску маргаринової емульсії в робочих циліндрах на вході у 1,2 МПа створе охолодження маргарину на виході приблизно $10 \text{ }^\circ\text{C}$, а тиск 3,2 МПа відповідно – температуру $14 \text{ }^\circ\text{C}$.

Отже для визначення параметрів в моделі об'єкту керування - скребкового холодоагента маргаринової емульсії типу ЛМСО-33, за керуючий вплив обрано перепад тиску маргаринової емульсії на вході, а дійсним значенням вихідного сигналу - температура маргарину на виході.

3.1 Розробка структурної схеми інформаційних потоків дослідницької системи

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

У кваліфікаційній роботі, в якості об'єкту керування, обрано скребковий холодоагент маргаринової емульсії типу ЛМСО-33 з метою побудови підсистеми керування за обраним каналом керування «тиск маргаринової емульсії на вході → температура маргарину на виході».

Згідно з завданням та розробленим апаратним забезпеченням підсистеми, до контуру керування входить скребковий холодоагент маргаринової емульсії типу ЛМСО-33, а в якості пристрою керування обрано програмований логічний контролер VIPA 214-2BS33 з цифровим каналом передачі даних типу RS-485, який необхідний для керування тиском маргаринової емульсії на вході за допомогою насосу високого тиску, електропривід якого живиться від трьох-фазного частотного перетворювача з інформаційним каналом зв'язку RS-485 з протоколом MODBUS.

Візуалізація процесу керування відбувається за допомогою персонального комп'ютера з SCADA системою zenon. Така підсистема дозволяє, крім функцій керування, виконувати функції дослідження об'єкта - для чого достатньо використати дослідницьке програмне забезпечення.

Виходячи з цього розроблена структурна схема інформаційних потоків дослідницької системи, яка наведена на рисунку 3.1.

Згідно зі структурною схемою, система дослідження може формувати керуючий вплив, в якості якого виступає тиск маргаринової емульсії у межах діапазону 1,2...3,2 МПа, тобто фактичне регулювання здійснюється у діапазоні 0...2 МПа (0...100 %), за рахунок якого виконується маргарину на виході, у діапазоні 10...14 °С.

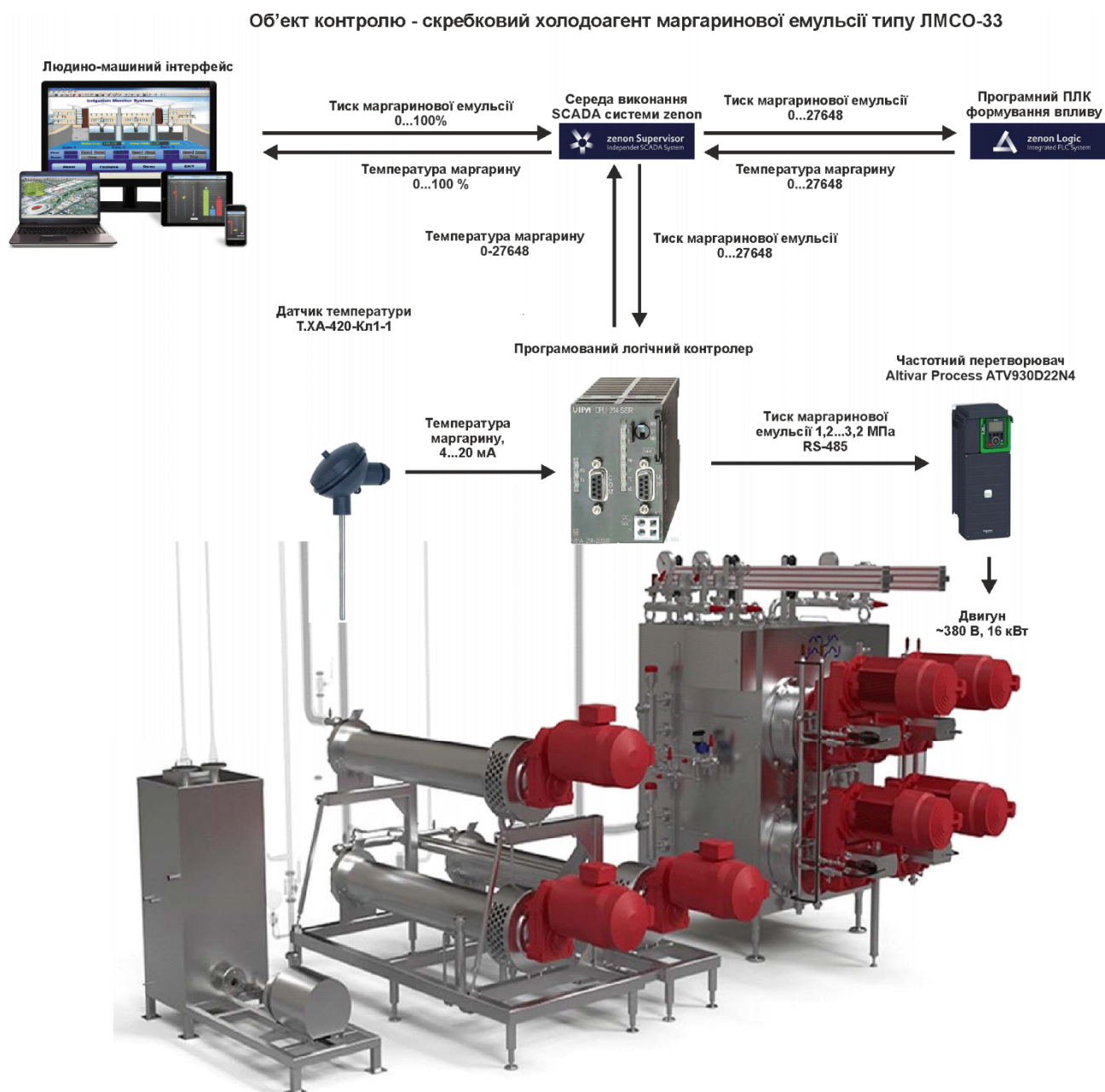


Рисунок 3.1 – Структурна схема інформаційних потоків дослідницької системи

Програмований логічний контролер виконує керування активним експериментом з метою отримання необхідних даних для побудови математичної моделі скребкового холодоагенту маргаринової емульсії типу

ЛМСО-33 за обраним каналом - «тиск маргаринової емульсії на вході → температура маргарину на виході».

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

3.2 Розробка методики дослідження об'єкта керування

Система дослідження дозволяє формування різноманітних керуючих впливів, та поданнях їх на підсистему керування - скребковий холодоагент маргаринової емульсії типу ЛМСО-33. При цьому об'єкт керування не накладає ні яких обмежень на керуючий вплив. Виходячи з цього об'єкт керування можливо дослідити за допомогою метода активного експерименту.

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

1. Налаштувати систему дослідження.
2. Отримати динамічну характеристику.
 - 2.1. Привести об'єкт керування до початкових умов, дочекатися досягнення усталеного режиму – керуючий сигнал дорівнює мінімальному значенню.
 - 2.2. Запустити процес реєстрування.
 - 2.3. Задати керуючий сигнал на рівні 100 %, дочекатися досягнення усталеного режиму.
 - 2.5. Зупинити процес реєстрації.
3. Отримання даних за для побудови статичної характеристики.
 - 3.1. Привести об'єкт керування до початкових умов (дивись п. 2.1).
 - 3.2. Запустити процес реєстрування.
 - 3.3. Задати керуючий сигнал на рівні 0 %, дочекатися досягнення усталеного режиму.

3.4. Задати керуючий сигнал на рівні 20 %, дочекатися досягнення усталеного режиму.

3.5. Задати керуючий сигнал на рівні 40 %, дочекатися досягнення усталеного режиму.

3.6. Задати керуючий сигнал на рівні 60 %, дочекатися досягнення усталеного режиму.

3.7. Задати керуючий сигнал на рівні 80 %, дочекатися досягнення усталеного режиму.

3.7. Задати керуючий сигнал на рівні 100 %, дочекатися досягнення усталеного режиму.

3.8. Зупинити процес реєстрації.

4. Отримання даних при П-образному впливі.

4.1 Привести об'єкт керування до початкових умов (дивись п. 2.1).

4.2 Запустити процес реєстрування.

4.3. Задати керуючий сигнал на рівні 100 %, дочекатися досягнення усталеного режиму.

4.4. Задати керуючий сигнал на рівні 0 %, дочекатися досягнення усталеного режиму.

4.5. Зупинити процес реєстрації.

5. Отримання перевірочних даних.

5.1. Привести об'єкт керування до початкових умов (дивись п. 2.1).

5.2. Налаштувати псевдовипадковий керуючий вплив таким чином, щоб період зміни впливу бажано був у п'ять разів менший за час перехідного процесу та плюс два інтервали затримки, а амплітуда впливу змінювалася (бажано випадково) в дискретно на рівні 0...100 %.

5.3. Запустити процес реєстрування.

5.4. Запустити формування псевдовипадкового впливу.

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

5.6. Зупинити процес реєстрації.

3.3 Виконання експерименту

Початкова температура маргарину становить 10 °С при керуючому сигналі тиску компресору 1,2 МПа (0 %).

Кінцева температура маргарину становить 14 °С при керуючому сигналі тиску компресору 3,2 МПа (100 %).

На першому етапі проведення експерименту виконано налаштування системи дослідження таким чином, що керуючий вплив може знаходитися дискретно 0 % або 100 %, а фактичне значення тиску емульсії 0 МПа або 2 МПа.

На другому етапі було виконано отримання динамічної характеристики об'єкта керування (рис. 3.2).

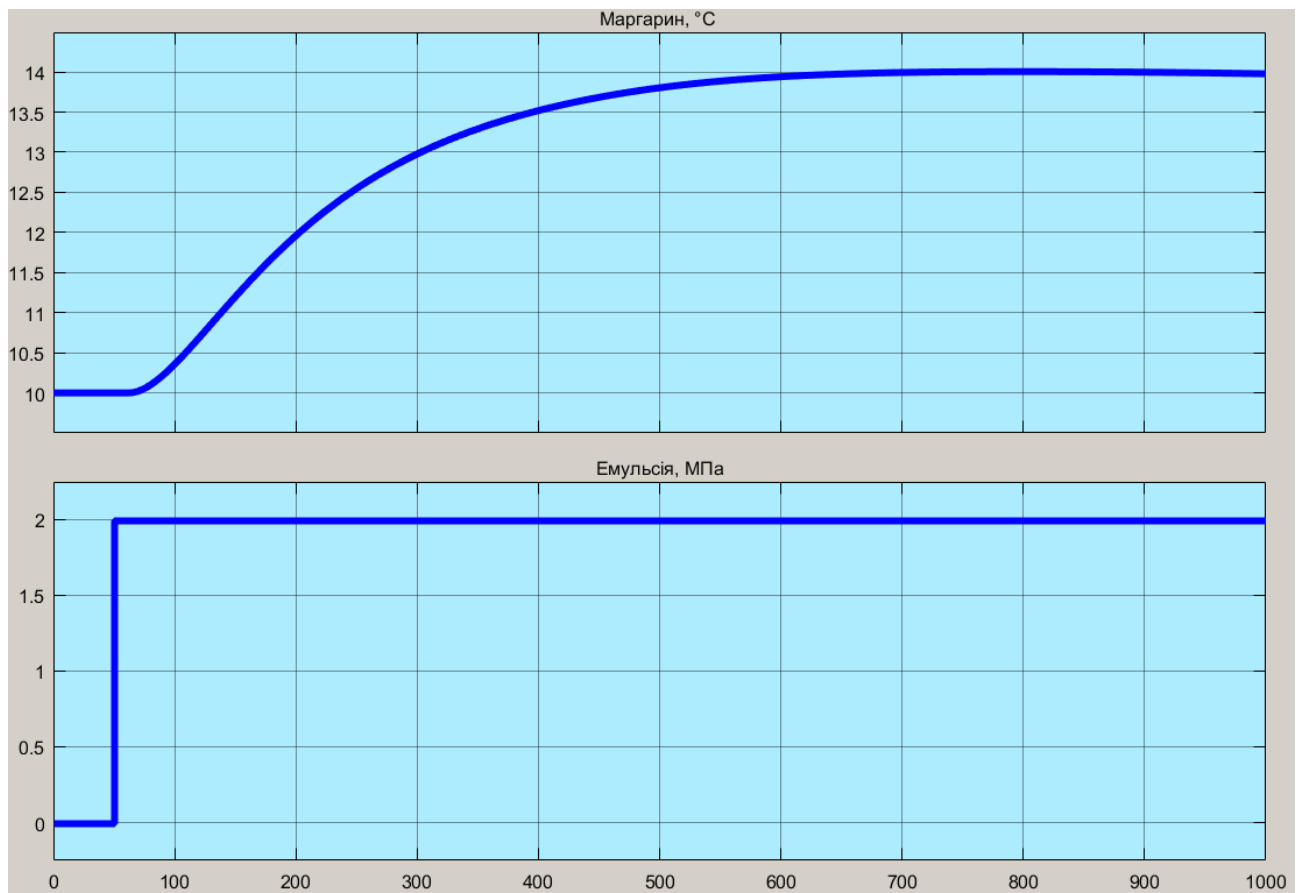


Рисунок 3.2 – Отримання динамічної характеристики

Для цього було встановлено керуючий сигнал 0 МПа (0 %). Після досягнення усталеного режиму – температура 10 °С, керуючий сигнал було встановлено на 2 МПа (100 %). Після досягнення усталеного режиму – температура 14 °С експеримент було закінчено.

На третьому етапі було виконано отримання даних для побудови статичної характеристики (рис. 3.3).

Для цього було встановлено керуючий сигнал 0,0 МПа (0 %).

Після досягнення усталеного режиму керуючий сигнал було встановлено на значення 0,4 МПа (20 %).

Після досягнення усталеного режиму керуючий сигнал було встановлено на значення 0,8 МПа (40 %).

Після досягнення усталеного режиму керуючий сигнал було встановлено на значення 1,2 МПа (60 %).

Після досягнення усталеного режиму керуючий сигнал було встановлено на значення 1,6 МПа (80 %).

Після досягнення усталеного режиму керуючий сигнал було встановлено на значення 2,0 МПа (100 %).

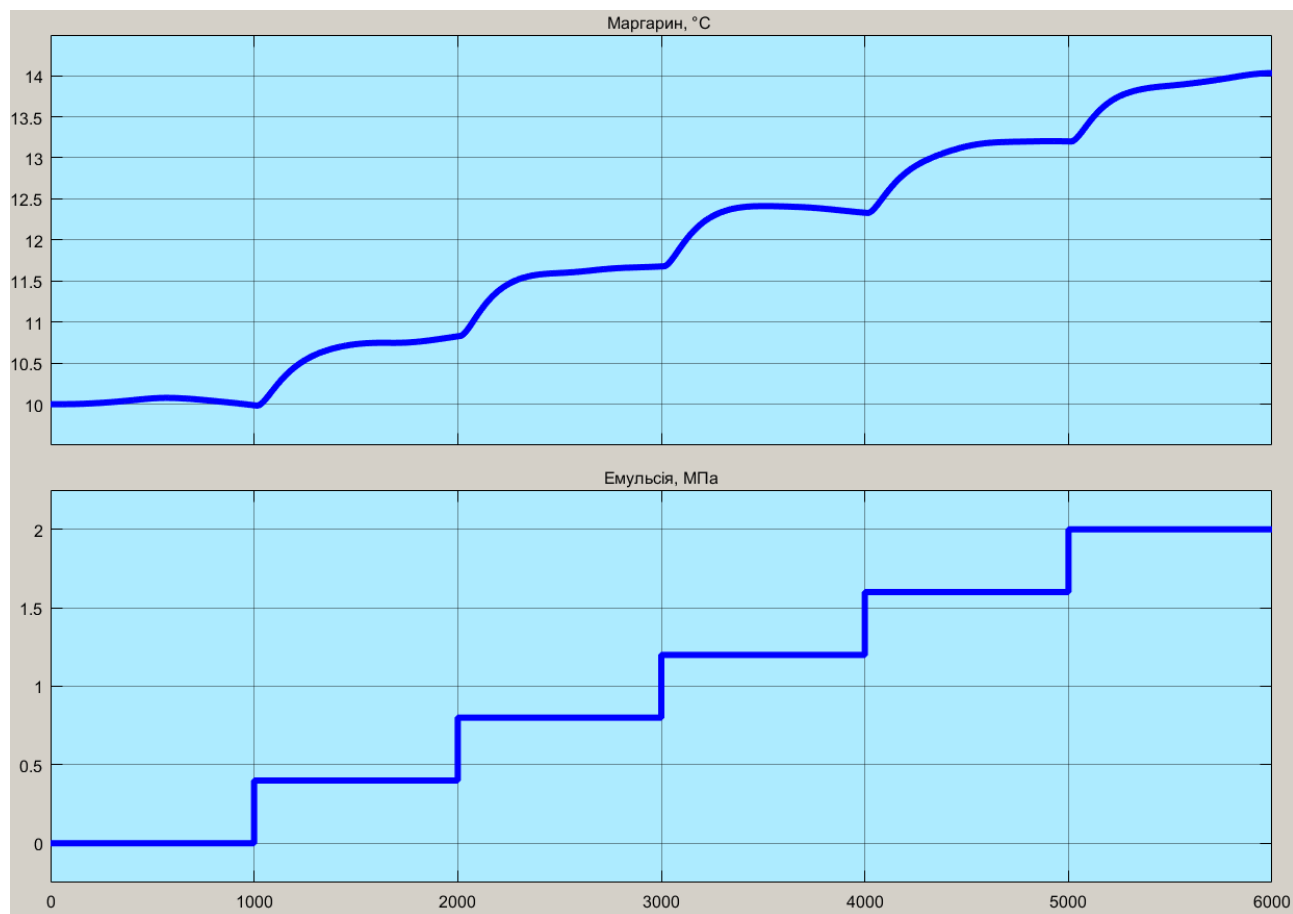


Рисунок 3.3 – Отримання даних для побудови статичної характеристики

Після досягнення усталеного режиму експеримент було закінчено.

На четвертому етапі було виконано отримання даних П-образному керуючому впливі (рис. 3.4). Для цього було встановлено керуючий вплив на значення 0 МПа (0 %). Після досягнення усталеного режиму було встановлено керуючий вплив на значення 2 МПа (100 %). Після досягнення усталеного режиму було встановлено керуючий вплив на значення 0 МПа (0 %). Після досягнення усталеного режиму експеримент було закінчено.

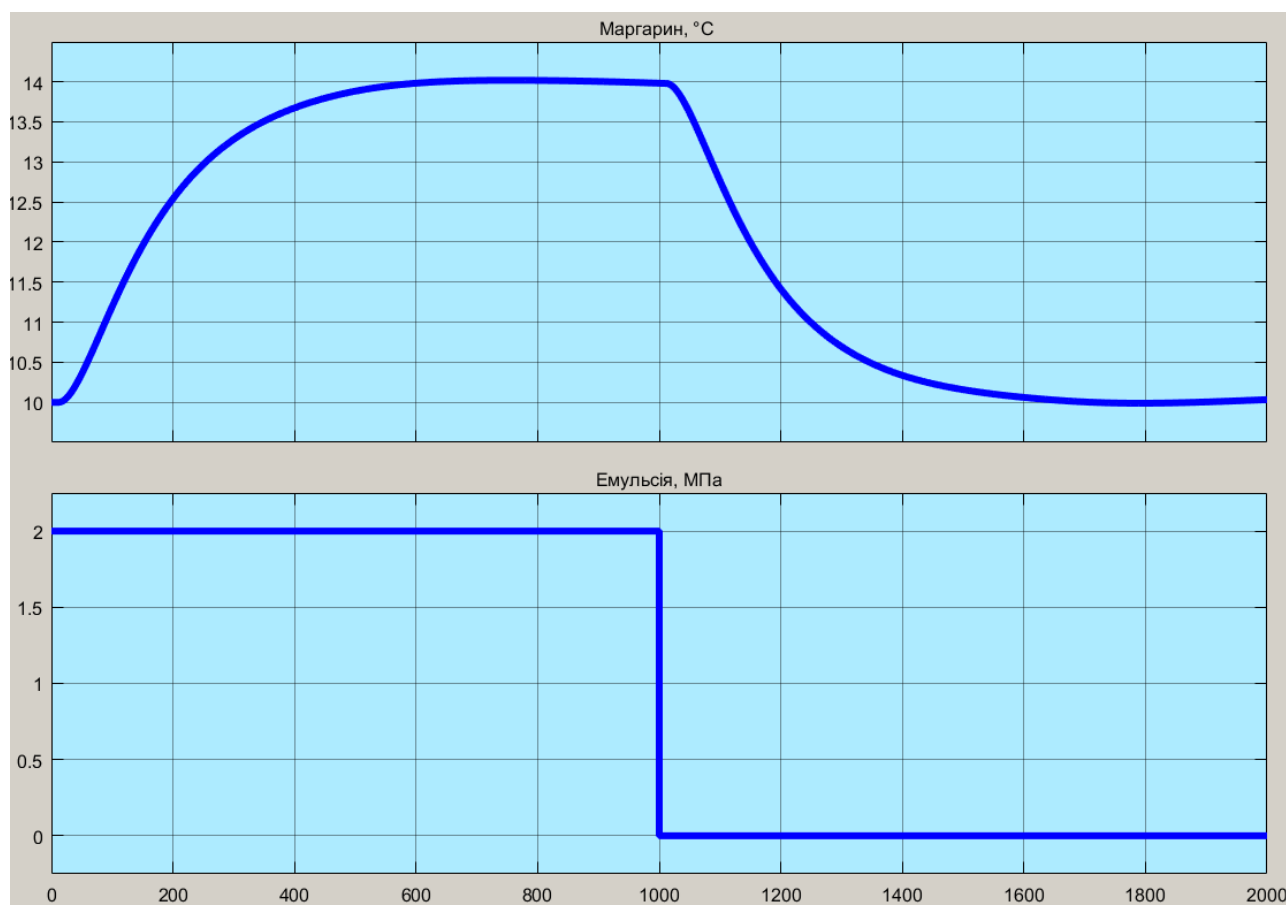


Рисунок 3.4 – Отримання даних при П-образному керуючому впливі

На п'ятому етапі було виконано отримання перевірочних даних (рис. 3.5).

Для цього було встановлено керуючий вплив на значення 0 МПа (0 %). Після досягнення усталеного режиму було встановлено керуючий вплив на випадкову в діапазоні 0...2 МПа (0...100 %), з інтервалом зміни 30 с (з попереднього аналізу рисунку 3.2 маємо - перехідний процес 1000 с, тобто постійна часу близько $1000 / 5 \approx 200$ с, затримка ~ 10 с), а сама реєстрація відбувалася на протязі 8 000 с.

У результаті виконання плану експерименту проведено всеосяжне дослідження об'єкта керування та отримані динамічна характеристика, дані для

побудови статичної характеристики, дані при П-образному керуючому впливі та перевірочні дані.

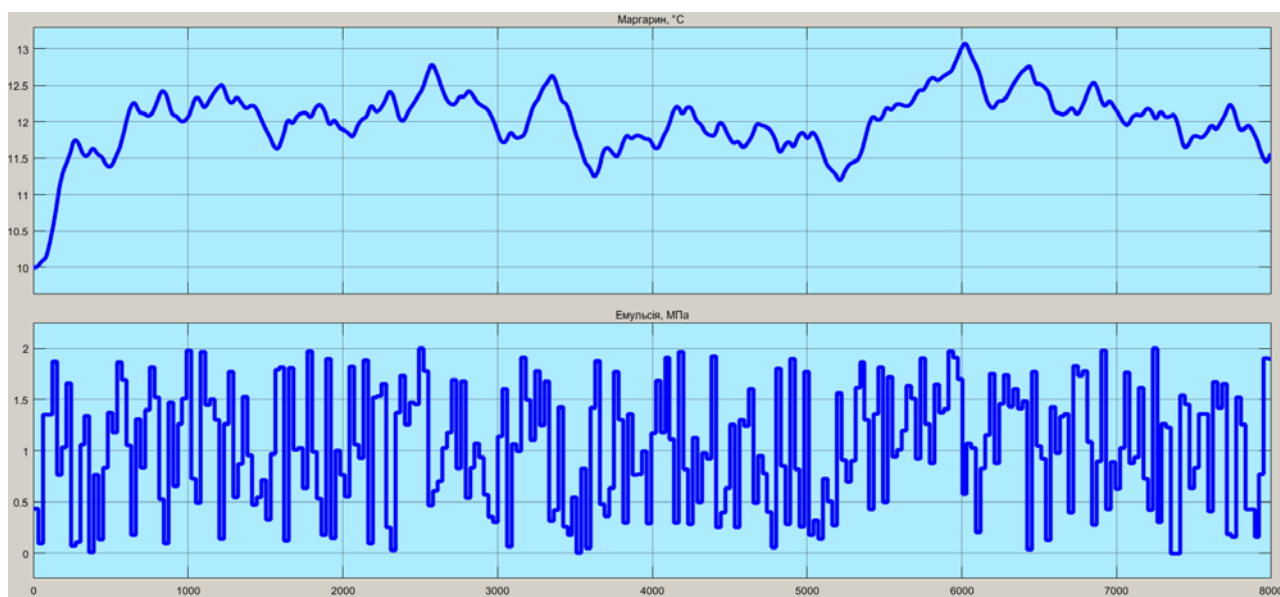


Рисунок 3.5 – Отримання перевірочних даних

3.4 Обробка результатів експерименту

3.4.1 Підготовка даних

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

The screenshot shows the MATLAB Workspace window with a table of variables. Each variable is preceded by a small grid icon. The variables and their values are as follows:

Name ^	Value
Check_Input	8001x1 double
Check_Output	8001x1 double
Dynamic_Input	1001x1 double
Dynamic_Output	1001x1 double
P_Input	2001x1 double
P_Output	2001x1 double
Static_Input	6001x1 double
Static_Output	6001x1 double

Рисунок 3.6 – Імпортовані данні

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

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

З отриманих даних була видалена статична складова:

```
offset = min(Dynamic_Raw.OutputData);
trend = getTrend(Dynamic_Raw);
trend.OutputOffset = offset;
Dynamic = detrend(Dynamic_Raw, trend);

offset = min(Static_Raw.OutputData);
trend = getTrend(Static_Raw);
trend.OutputOffset = offset;
Static = detrend(Static_Raw, trend);

offset = min(P_Raw.OutputData);
trend = getTrend(P_Raw);
trend.OutputOffset = offset;
P = detrend(P_Raw, trend);

offset = min(Check_Raw.OutputData);
trend = getTrend(Check_Raw);
trend.OutputOffset = offset;
Check = detrend(Check_Raw, trend);
```

На рисунку 3.7 показані результати з видалення статичної складової для динамічної, статичної, П-образної та перевірконої характеристик.

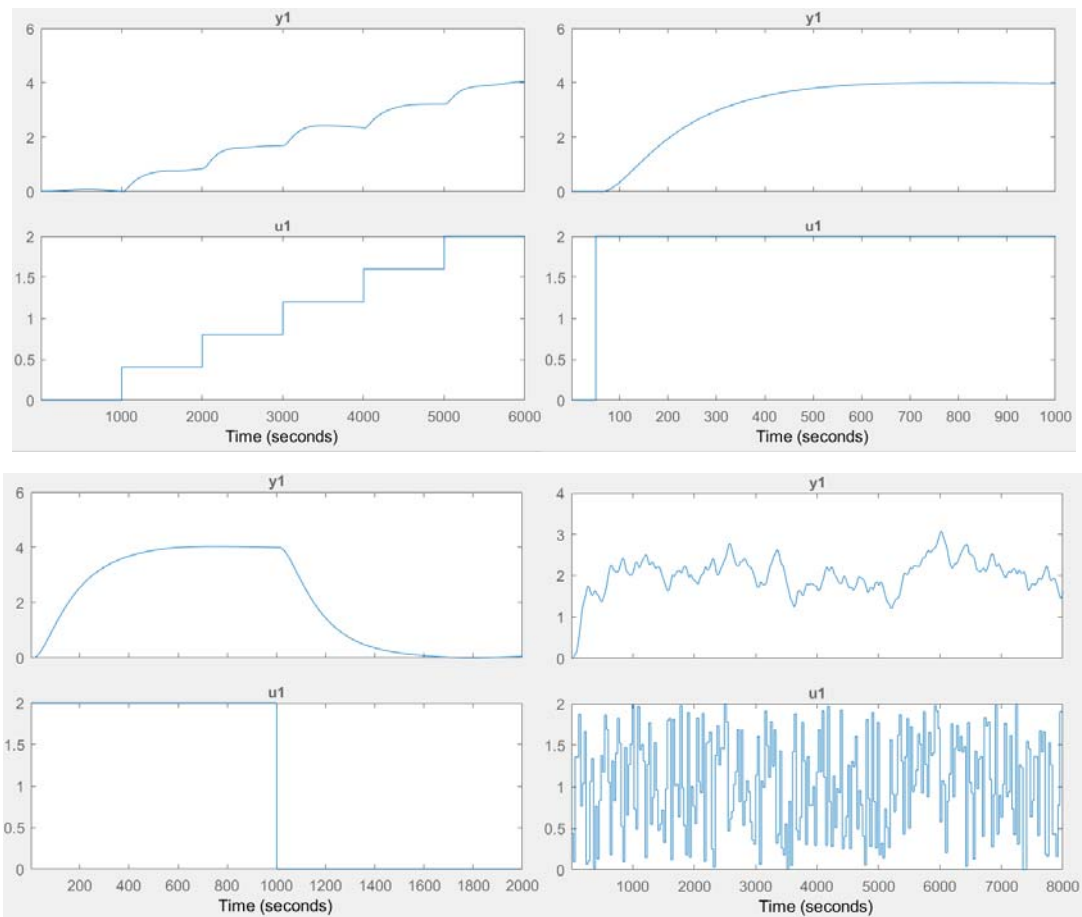


Рисунок 3.7 – Динамічна, статична, П-образна та перевірна характеристики з видаленими статичними складовими

3.4.2 Структурна ідентифікація

З метою оцінки структури моделі об'єкта керування проаналізуємо динамічну характеристику об'єкта керування (рис. 3.8).

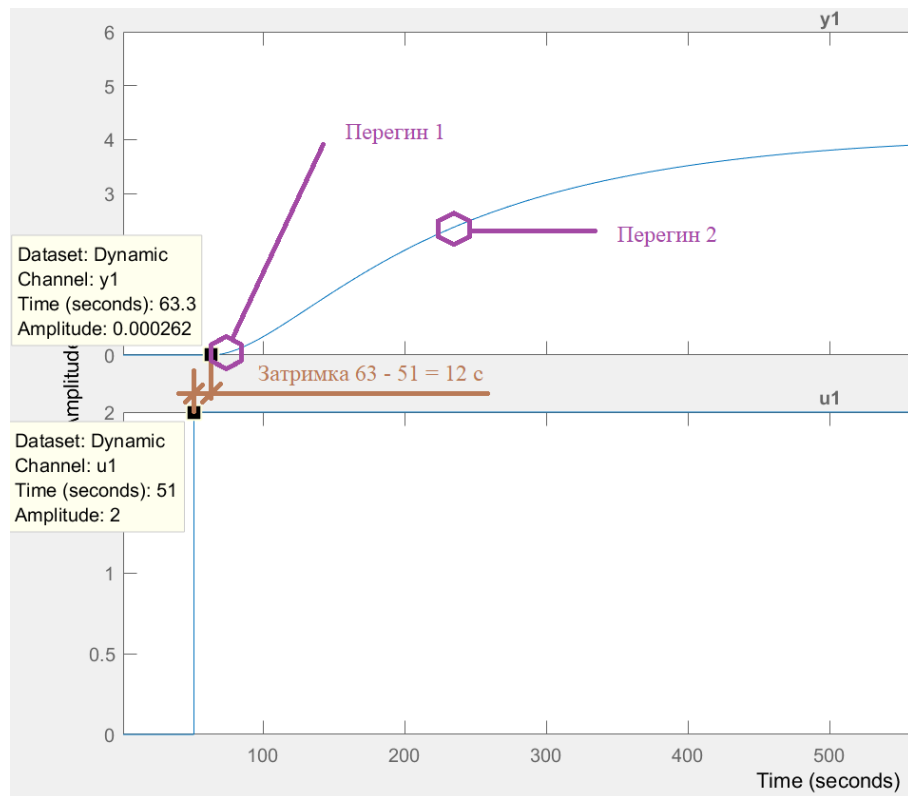


Рисунок 3.8 – Динамічна характеристика

Проаналізуємо об'єкт керування на лінійність для цього побудуємо його

Після подачі керуючого впливу 2 МПа (100 %) вихідний сигнал - температура не зразу змінюється, виходячи з цього можливо зробити висновок, що об'єкт володіє запізненням приблизно 12 с, це може бути пов'язано з інерційністю датчика температури, та інерційністю процесу теплообміну у технологічному обладнанні.

Крім того на динамічній характеристиці відсутня інерція, характер перехідного процесу монотонний, а кількість перегинів дорівнює двом, час перехідного процесу 1 000 с, постійна часу $1\ 000 / 5 = 200$ с. На підставі цього можливо зробити висновок, що модель об'єкта керування може бути представлена у вигляді аперіодичної ланки другого порядку з запізненням.

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

```
Static_In = [ 0.4, 0.8, 1.2, 1.6, 2.0];
Static_Out = [0.85, 1.72, 2.36, 3.22, 4.05];
figure('Name', 'Статична характеристика');
plot(Static_In, Static_Out, 'LineWidth', 2.0, 'Color', 'b',...
     'Marker', 'o', 'MarkerSize', 10.0, 'MarkerEdgeColor', 'g',...
     'MarkerFaceColor', 'r');
```

```

xlabel('Емульсія, МПа');
ylabel('Маргарин, °C');
set(findall(gcf, '-property', 'FontSize'), 'FontSize', 16);
set(findall(gcf, '-property', 'FontName'), 'FontName', 'Times New Roman');
set(findall(gcf, '-property', 'FontWeight'), 'FontWeight', 'bold');

```

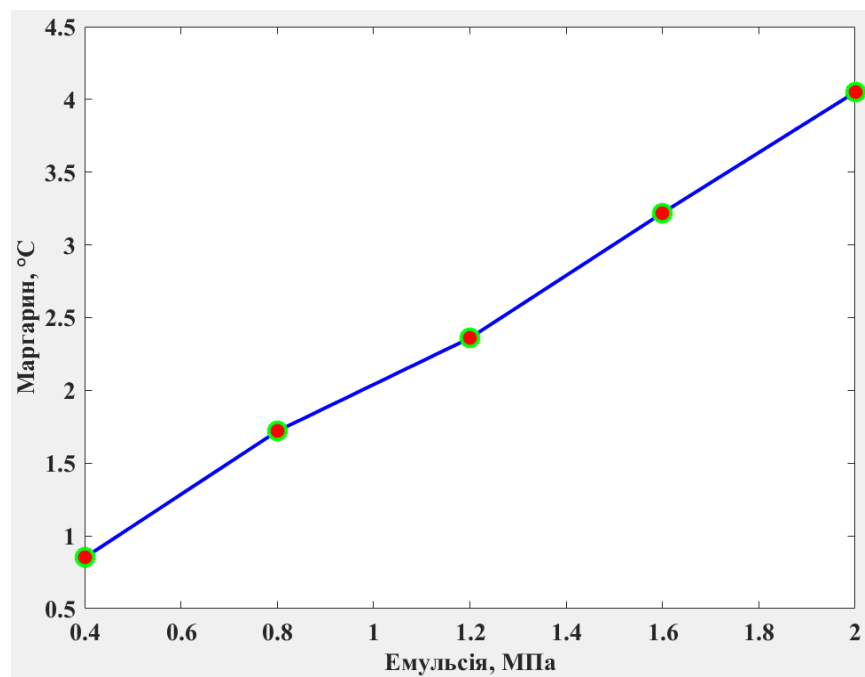
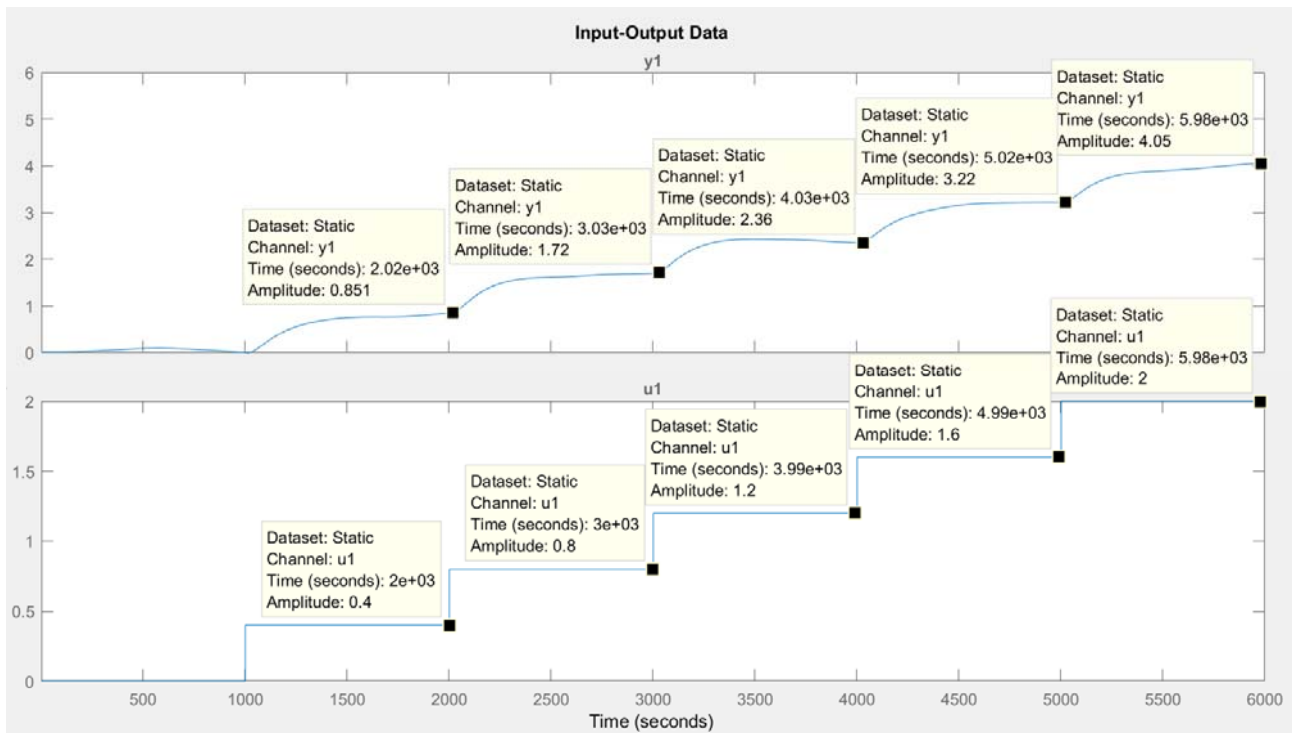


Рисунок 3.9 – Статична характеристика

Для перевірки статичної характеристики на лінійність розраховано коефіцієнти посилення для усіх потужностей крім нульової:

```
>> Static_Gain = Static_Out(2 : end) ./ Static_In(2 : end)
```

Максимальне відхилення коефіцієнту підсилення

```

Static_Gain_min = min(Static_Gain);
Static_Gain_max = max(Static_Gain);
Static_Gain_Compare = abs((Static_Gain_min - Static_Gain_max) /
Static_Gain_max * 100);
fprintf('\nМаксимальне відхилення коефіцієнту підсилення: %.2f %%\n\n',
Static_Gain_Compare);
    Static_Gain =
2.1250    2.1500    1.9667    2.0125    2.0250
Максимальне відхилення коефіцієнту підсилення: 8.53 %

```

За статичною характеристикою та отриманими коефіцієнтами посилення об'єкт керування є лінійним в усьому досліджуваному діапазоні керуючих впливів та для його опису можуть бути використані лінійні моделі, так як відхилення коефіцієнту посилення у всьому діапазоні менше ніж величина технічної похибки 10 %.

Проаналізуємо характеристику, отриману при П-образному керуючому впливі (рис. 3.10). Як видно з рисунку, збільшення тиску з 0 МПа (0 %) до -2 МПа (100 %) приводить до збільшення температури з 10 °С до 14 °С, а відповідне зменшення цього ж тиску з 2 МПа (100 %) до 0 МПа (0 %), приводить до відповідного зменшення температури з 14 °С до 10 °С. На підставі цього можливо зробити висновок, що об'єкт не володіє інтегруючими властивостями і є об'єктом з самовирівнюванням.

З метою аналізу симетричності об'єкта керування його характеристика отримана при П-образному впливі була поділена на ділянки підйому та спаду (рис. 3.10):

```

nRiseStart = find(P.InputData ~= 0, 1, 'first');
nRiseStop = find(P.InputData ~= 0, 1, 'last');
nFallStart = nRiseStop + 1;
nFallStop = length(P.InputData);

P_Rise = P.OutputDat(nRiseStart : nRiseStop);
P_Fall = P.OutputDat(nFallStart : nFallStop);

if (length(P_Rise) > length(P_Fall))
    P_Rise = P_Rise(1 : length(P_Fall));
else
    P_Fall = P_Fall(1 : length(P_Rise));
end

figure('Name', 'Аналіз симетричності П-характеристики');
hold('on');
plot(P_Rise, 'LineWidth', 4.0, 'Color', 'm');

```



```

plot(P_Fall, 'LineWidth', 4.0, 'Color', 'b');
hold('off');
xlabel('Час, с');
ylabel('Концентрація, %');
set(findall(gcf, '-property', 'FontSize'), 'FontSize', 14);
set(findall(gcf, '-property', 'FontName'), 'FontName', 'Times New Roman');
set(findall(gcf, '-property', 'FontWeight'), 'FontWeight', 'bold');

```

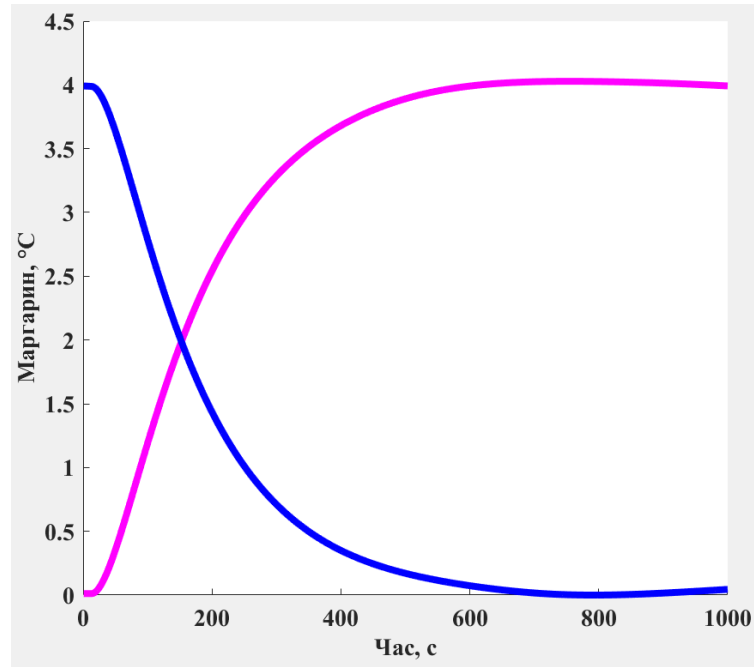


Рисунок 3.10 – Аналіз симетричності характеристика при П-образному керуючому впливі

Порівняння ділянок підйому та спаду виконувалася через порівняння стандартних середнє квадратичних відхилень:

```

compareRiseFall = abs(1 - (std(P_Fall) / std(P_Rise))) * 100;
fprintf('\nПорівняння ділянок підйому та спаду: %.2f %%\n\n',
compareRiseFall);

```

Порівняння ділянок підйому та спаду: 1.86 %

За отриманою П-характеристикою при аналізі симетричності середнє квадратичне відхилення менше ніж величина технічної похибки 10 %. Тобто можна стверджувати, що час перехідного процесу, форма та стандартне середнє квадратичні відхилення ділянок підйому та спаду співпадають, таким чином об'єкт керування є симетричним та може бути представлений однією лінійною моделлю.

За результатами структурної ідентифікації встановлено, що об'єкт керування є лінійним, симетричним, має два дійсні від'ємні домінуючі корені та

ланку чистого запізнення. На підставі цього об'єкт керування може бути описано аперіодичною ланкою другого, або більш високого порядку з запізненням:

$$W(s) = \frac{k \cdot e^{-\tau s}}{(T_1 s + 1) \cdot (T_2 s + 1)}, \quad (3.1)$$

де $W(s)$ – передавальна функція моделі об'єкта керування;

s – оператор диференціювання;

k – коефіцієнт посилення;

τ – час запізнення, с;

T_1, T_2 – постійні часу, с.

3.4.3 Параметрична ідентифікація

Параметрична ідентифікація виконувалася у програмному забезпеченні System Identification Toolbox яке входить до складу математичного пакета MATLAB та запускається командою `ident`.

До програмного забезпечення System Identification Toolbox (рис. 3.11) імпортувалися підготовлені дані без статичної складової – «Dynamic». Дані динамічної характеристики використовувалися для розрахунку параметрів моделі об'єкта керування, а перевірочні дані «Check», для оцінки відповідності отриманої моделі до об'єкта керування.

Для визначення параметрів моделі об'єкта керування використано метод «Process Models». Налаштування параметрів ідентифікації наведено на рис. 3.12.

Перевірка результатів розрахунків наведена на рис. 3.12 та в табл. 3.1.

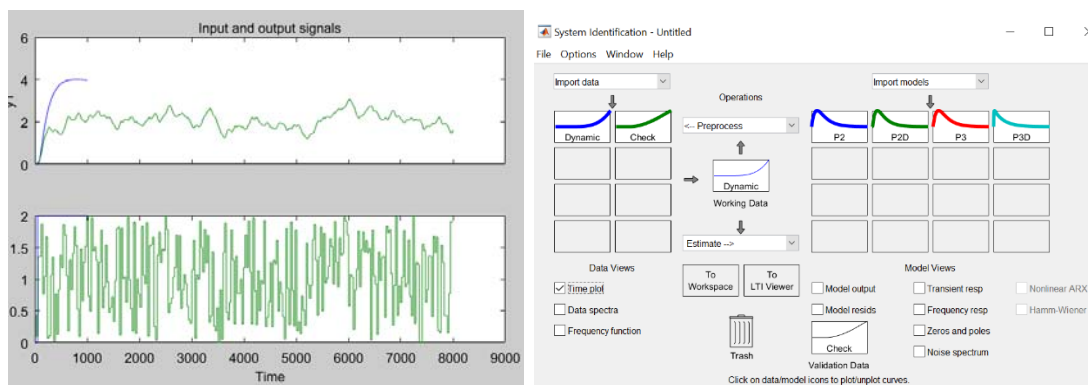


Рисунок 3.11 – Налаштування System Identification Toolbox

Розрахунок параметрів виконувався через метод Process Models для аперіодичних ланок другого та третього порядку без запізнення та с запізненням (рис. 3.12).

Параметри ідентифікації за методом Process Models P2:

$$G(s) = \frac{K_p}{(1+T_{p1}s)(1+T_{p2}s)}$$

$$K_p = 2.0115 \pm 0.00058687$$

$$T_{p1} = 128.09 \pm 0.63061$$

$$T_{p2} = 59.264 \pm 0.57353$$

Fit to estimation data: 98.6%

FPE: 0.0003522, MSE: 0.0003487

Параметри ідентифікації за методом Process Models P2D:

$$G(s) = \frac{K_p}{(1+T_{p1}s)(1+T_{p2}s)} * \exp(-T_d*s)$$

$$K_p = 2.0139 \pm 0.00056322$$

$$T_{p1} = 133.56 \pm 0.58596$$

$$T_{p2} = 50.835 \pm 0.71259$$

$$T_d = 6.392 \pm 0.47416$$

Fit to estimation data: 98.7%

FPE: 0.0003069, MSE: 0.0003033

Параметри ідентифікації за методом Process Models P3:

$$G(s) = \frac{K_p}{(1+T_{p1}s)(1+T_{p2}s)(1+T_{p3}s)}$$

$$K_p = 2.0115 \pm 0.04002$$

$$T_{p1} = 59.264 \pm 29661$$

$$T_{p2} = 128.09 \pm 64109$$

$$T_{p3} = 1e-06 \pm 0.57563$$

Fit to estimation data: 98.6%

FPE: 0.0003536, MSE: 0.0003487

Параметри ідентифікації за методом Process Models P3D:

$$G(s) = \frac{K_p}{(1+T_{p1}s)(1+T_{p2}s)(1+T_{p3}s)} * \exp(-T_d*s)$$

$$K_p = 1.2554 \pm 1.984$$

$$T_{p1} = 1219.2 \pm 3260.2$$

$$T_{p2} = 25.669 \pm 590.35$$

$$T_{p3} = 3.0364 \pm 1324.9$$

$$T_d = 0.122 \pm 1340.6$$

Fit to estimation data: 8.306%

FPE: 1.524, MSE: 1.499

За допомогою «Model output» показана відповідність отриманих моделей P2, P2D, P3 та P3D до перевірочних даних отриманих на об'єкті керування Check наведена на рисунку 3.12 та представлена у таблиці 3.1.

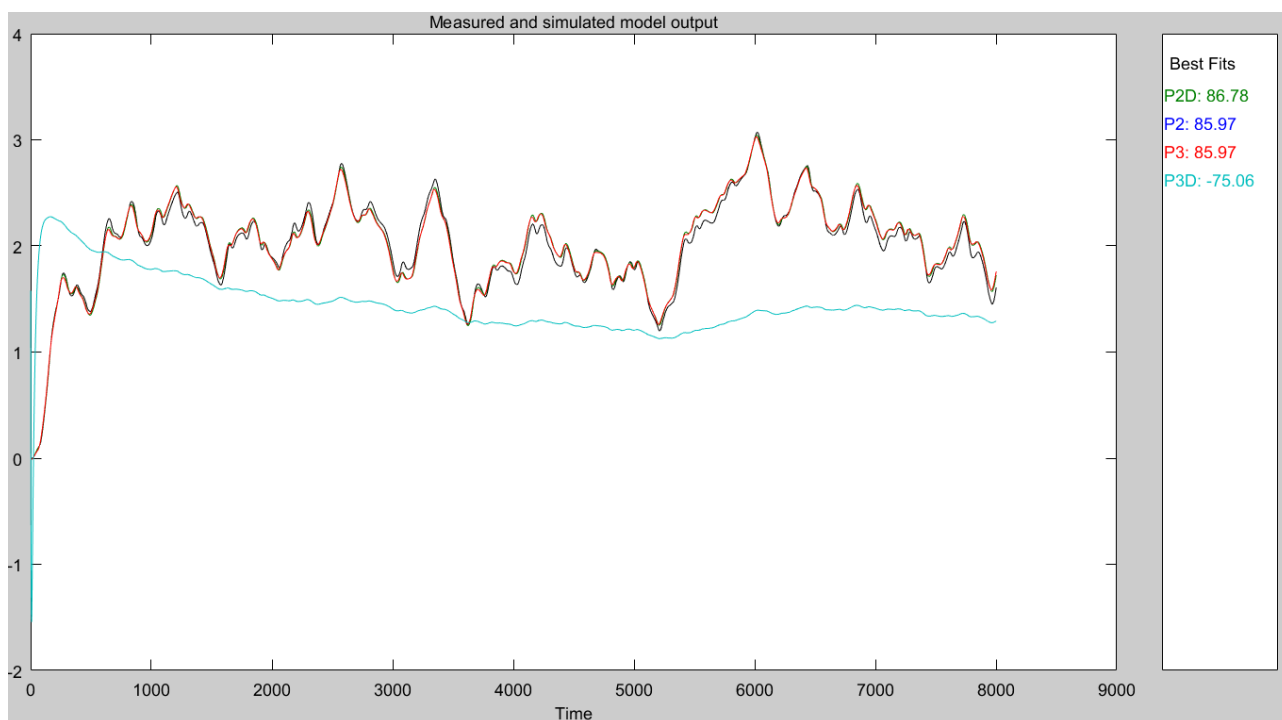


Рисунок 3.12 – Перевірка результатів розрахунків

Таблиця 3.1 – Відповідність отриманих моделей до перевірочних даних об'єкта керування

Назва параметру	P2	P2D	P3	P3D
k	2,0115	2,0139	2,0115	1,2554
T_1, c	128,09	133,56	59,264	1219,2
T_2, c	59,264	50,835	128,09	25,669
T_3, c	–	–	1e-06	3,0364
τ	–	6,392	–	0,122
Динамічна характеристика				
НСКП, %	98,6	98,7	98,6	8,306
ПОП	0,0003522	0,0003069	0,0003536	1,524
СКП	0,0003487	0,0003033	0,0003487	1,499
Перевірочні данні				
НСКП, %	85,97	86,78	85,97	-75,06

Аналіз відмінностей між оцінками моделей P2 – другого порядку без затримки, P2D – другого порядку з затримкою, P3 – третього порядку без затримки та P3D – третього порядку з затримкою, по динамічній характеристиці показав, що за нормалізованим середньоквадратичним похибкам (НСКП), краще

всього підходять моделі P2D (98,7 %) та P2 (98,6 %) – як найбільш простіша ніж P3 (98,6 %). Вони майже не відрізняються за цим показником, помилка остаточного передбачення (ПОП) для P2D та P3 майже однакові ($0,0003069 / 0,0003522 \approx 1$). Тобто на даний момент аналізу найкраща модель P2D.

Для параметричної перевірки обраної моделі (рис. 3.8) можна звернути увагу на наступне, що за динамічною характеристикою час перехідного процесу складає близько біля $\sim 1\ 000 / 5 \approx 200$ с, затримка близько 12 с, а для отриманої моделі другого порядку постійна часу становить $133,56 + 50,835 = 184,395$ с, а затримка 6,392 с, що додатково підтверджує об'єкту керування дійсно краще всього відповідає обрана модель P2D - аперіодична ланка другого порядку з запізненням.

І насамкінець необхідно отримати основні характеристики для моделі об'єкта керування P2D (рис. 3.14) за допомогою «To LTI Viewer», і через меню «Edit / Plot Configurations...» і налаштувати зображення відповідно до рис. 3.13.

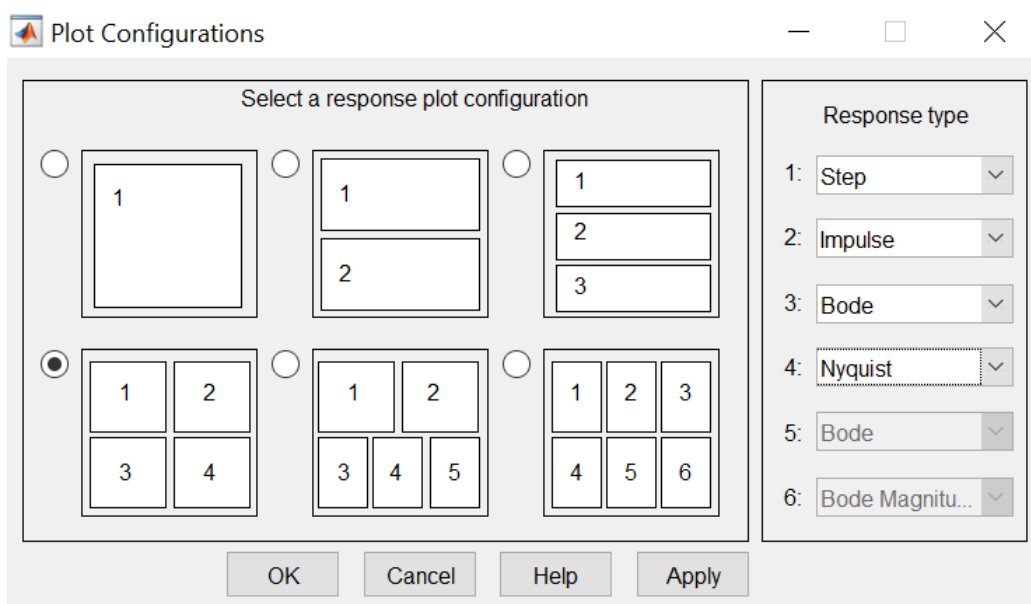


Рисунок 3.13 – Отримання характеристик моделі керування

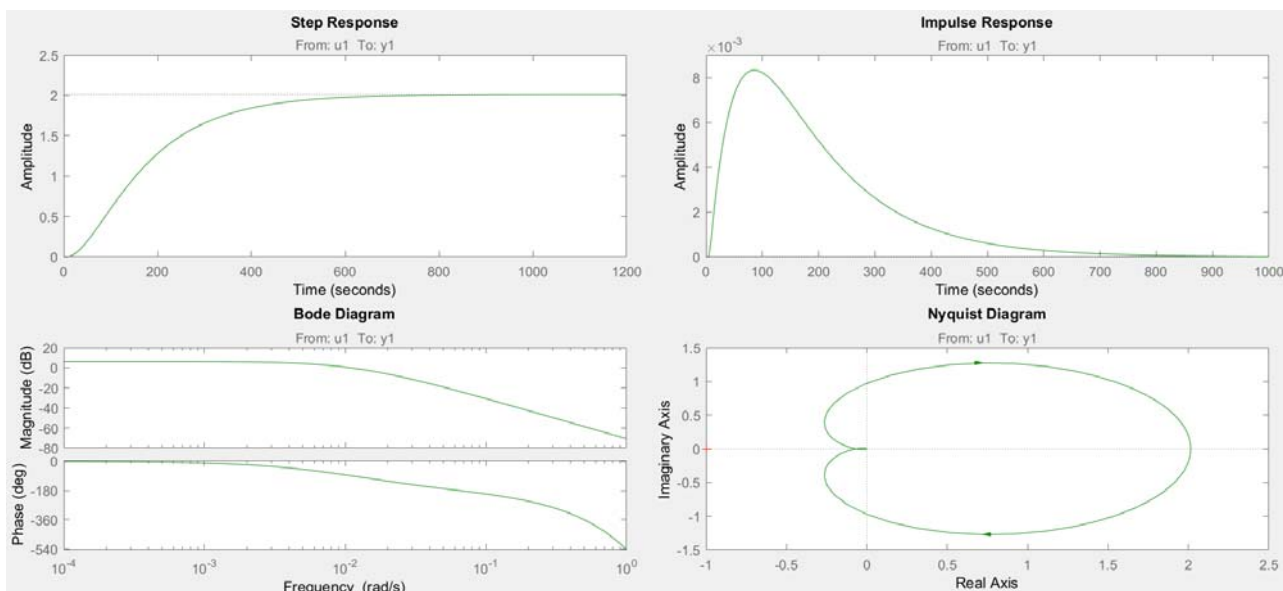


Рисунок 3.14 – Характеристики моделі керування

За результатами параметричної ідентифікації отримана модель P2D у вигляді передавальної функції, яка відповідає об'єкту керування за перевірочними даними на 86,78 % (табл. 3.1):

$$W(s) = \frac{2,0139 \cdot e^{-6,392}}{(133,56s + 1) \cdot (50,835s + 1)} \quad (3.2)$$

3.4.4 Розробка моделі об'єкта керування в Simulink

Використовуючи передавальну функцію (3.2) у графічному середовищі імітаційного моделювання Simulink математичного пакету MATLAB розроблена модель отримання даних для перевірки на адекватність (рис. 3.15).

При налаштуванні час моделювання задано 8 000 с, що дорівнює кількості перевірочних даних. Додані блоки запису перевірочних даних та результатів моделювання до змінних Object і Model відповідно. Крок запису задано 1 с, що відповідає первинним даним.

На рисунку 3.15 показана модель об'єкта керування. На вхід моделі додано статичний зсув величиною 2 МПа (мінімальне значення тиску маргаринової емульсії). На виході додано статичний коригуючий зсув характеристики (10-2,4), який корегує вихідну характеристику відповідно до реальних даних, отриманих з об'єкта керування.

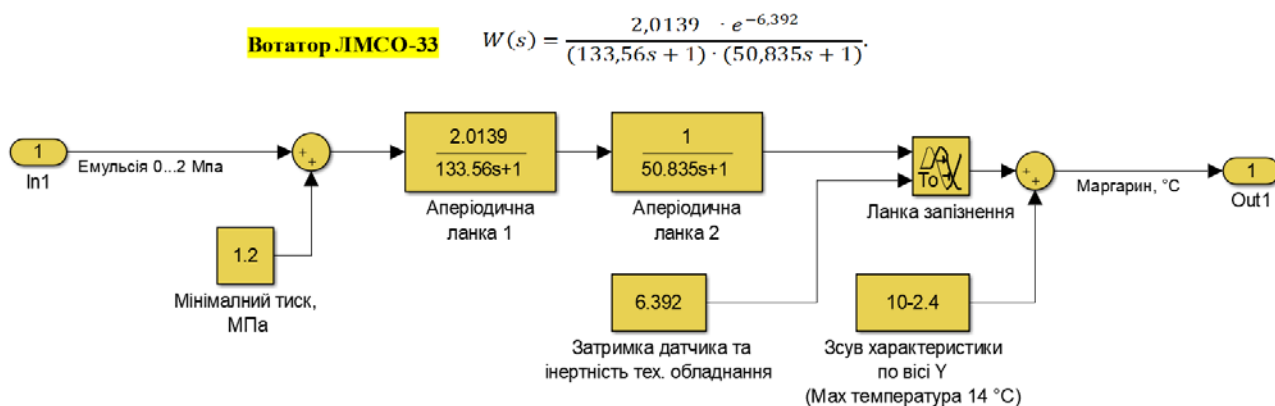


Рисунок 3.15 – Модель об'єкту керування

На рисунку 3.16 показана модель отримання даних для перевірки на адекватність. На вихід моделі P2D доданий статичний зсув характеристики 10°C , який є корегує вихідну характеристику відповідно до реальних даних, отриманих з об'єкту керування, так як для ідентифікації у System Identification Toolbox вони були видалені.

Порівняння відбувається з чистими перевірочними даними над якими не виконувалися дії які могли б їх «скомпрометувати».

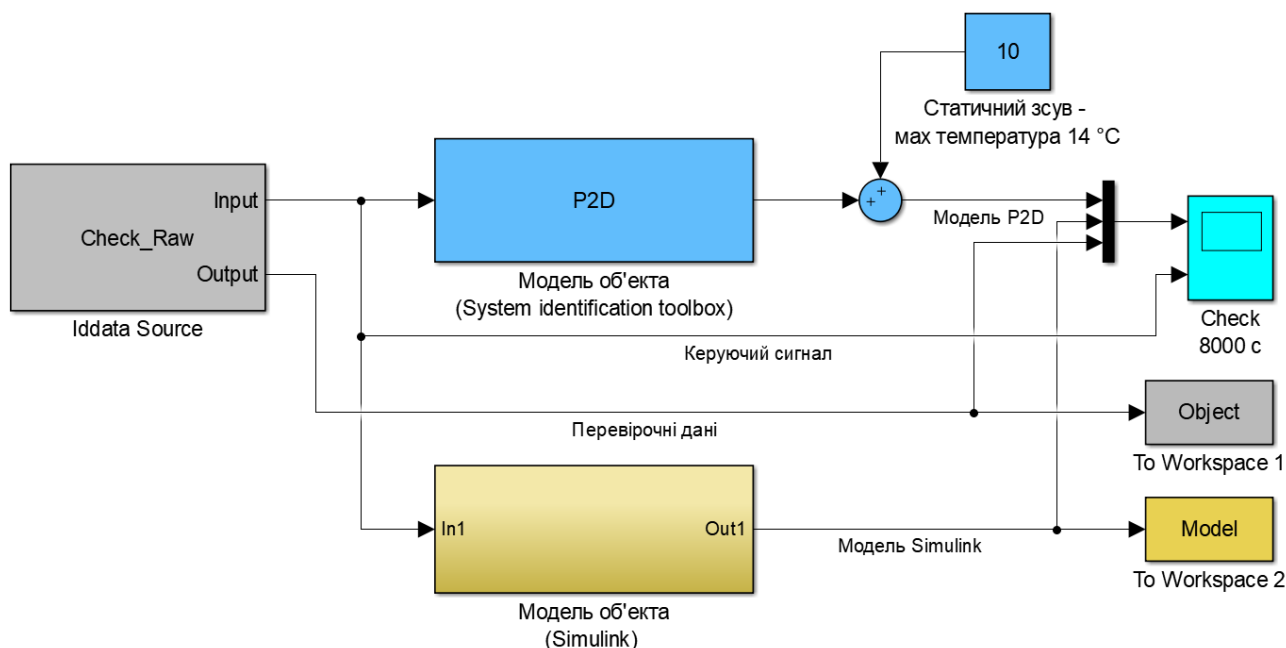


Рисунок 3.16 – Модель отримання даних для перевірки на адекватність

За результатами моделювання бачимо, що дійсні значення отримані на виході моделі System Identification Toolbox (сигнал – «Модель P2D») та моделі розробленій на базі передавальної функції (сигнал – «Модель Simulink») співпадають з перевірочними даними (рис. 3.16).

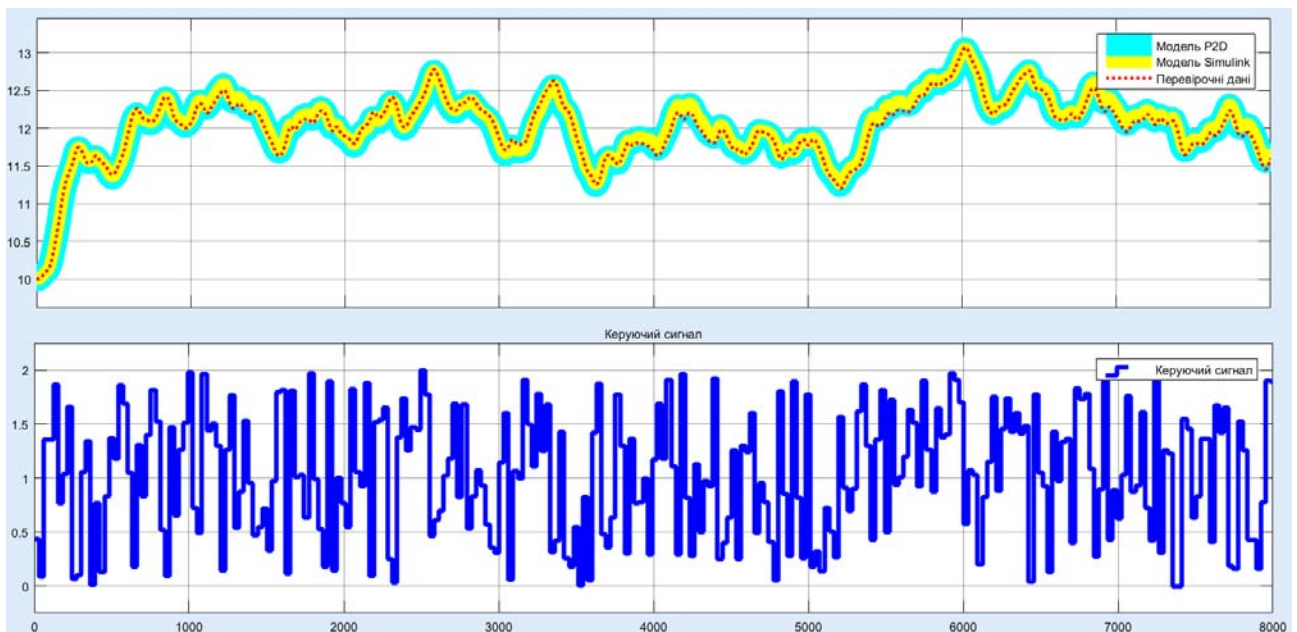


Рисунок 3.17 - Результат отримання даних для перевірки на адекватність

Наступним етапом є перевірка моделі на адекватність.

3.4.5 Перевірка моделі на адекватність

При перевірці на відповідність її значення у більшості випадків повинно бути вище 80 %, при перевірці на адекватність коефіцієнт кореляції повинен бути вище 0,8, а довірчий інтервал відповідати 0,9. У деяких випадках ці значення можуть бути змінені.

Перевірка на адекватність виконувалася за допомогою скрипту GetAdequacy.m, який реалізує відповідний розрахунок перевірки на адекватність:

```
function GetAdequacy(x, y)
    fprintf('\nПеревірка моделі об'єкта керування на адекватність
v1.0\n');
    nSX = sqrt(mean(x.^2) - mean(x)^2);
    nSXref = sqrt(mean(y.^2) - mean(y)^2);
    nR = (mean(x.*y) - mean(x) * mean(y)) / (nSX * nSXref);
    fprintf('\nКоефіцієнт кореляції: %.3f\n', nR);
    nN = size(x, 1);
    nM = size(x, 2);
    nV = nN - nM - 1;
    nF = nR^2 / (1 - nR^2) * nV / nM;
    nP = 0.90;
    nFk = finv(nP, nM, nV);
    fprintf('Статистичний критерій фішера: %.3f\n', nF);
    fprintf('Критичне значення статистики фішера: %.3f\n', nFk);
```



```

if (nF > nFk)
    fprintf('\nСтатистичний критерій фішера більший критичного
значення, модель є адекватною до об'єкта керування.\n\n');
else
    fprintf('\nСтатистичний критерій фішера менший критичного
значення, модель не є адекватною до об'єкта керування.\n\n');
end
end
end

```

Результат виконання статистичного аналізу (виклику функції):

```

>> GetAdequacy(Model, Object)
Перевірка моделі об'єкта керування на адекватність v1.0

Коефіцієнт кореляції: 0.992
Статистичний критерій фішера: 517139.445
Критичне значення статистики фішера: 2.706

Статистичний критерій фішера більший критичного значення, модель є
адекватною до об'єкта керування.

```

Використовуючи скрипт `GetAdequacy.m` встановлено, що між перевірочними даними та результатами моделювання присутній дуже високий зв'язок, коефіцієнт кореляції перевищує 0,99 та задовольняє вимогам, статистичний критерій Фішера перевищує критичне значення за відповідною статистикою, а отримана модель є адекватною до об'єкту керування за цим критерієм.

Статистичний критерій Фішера більший критичного значення, модель є адекватною до об'єкта керування.

Враховуючи аналіз технологічного процесу, структури об'єкта керування, характеристик отриманих за результатами експериментів, результатів структурної та параметричної ідентифікації та перевірки на адекватність зроблено висновок, що розроблена модель є адекватною до об'єкта керування та може бути використана у подальшому при синтезі системи керування в умовах досліджуваного технологічного процесу.

Остаточна модель об'єкта керування у графічному середовищі імітаційного моделювання Simulink наведена на рисунку 3.15, схема моделювання динамічної характеристики наведена на рисунку 3.18, а результат моделювання динамічної характеристики об'єкта керування наведено на рис. 3.19.

$$W(s) = \frac{2,0139 \cdot e^{-6,392}}{(133,56s + 1) \cdot (50,835s + 1)}$$

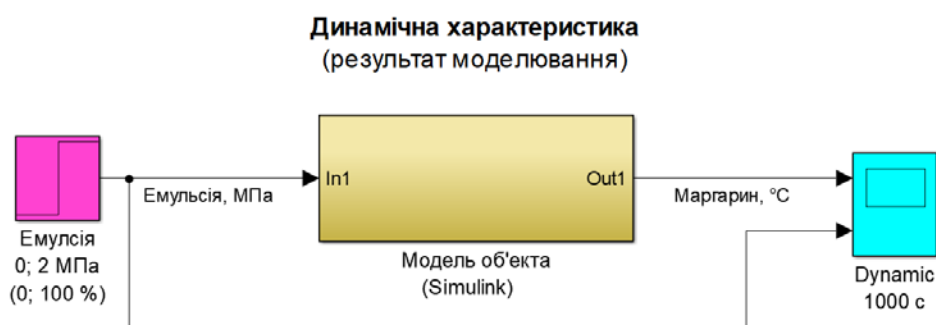


Рисунок 3.18 - Модель об'єкта керування

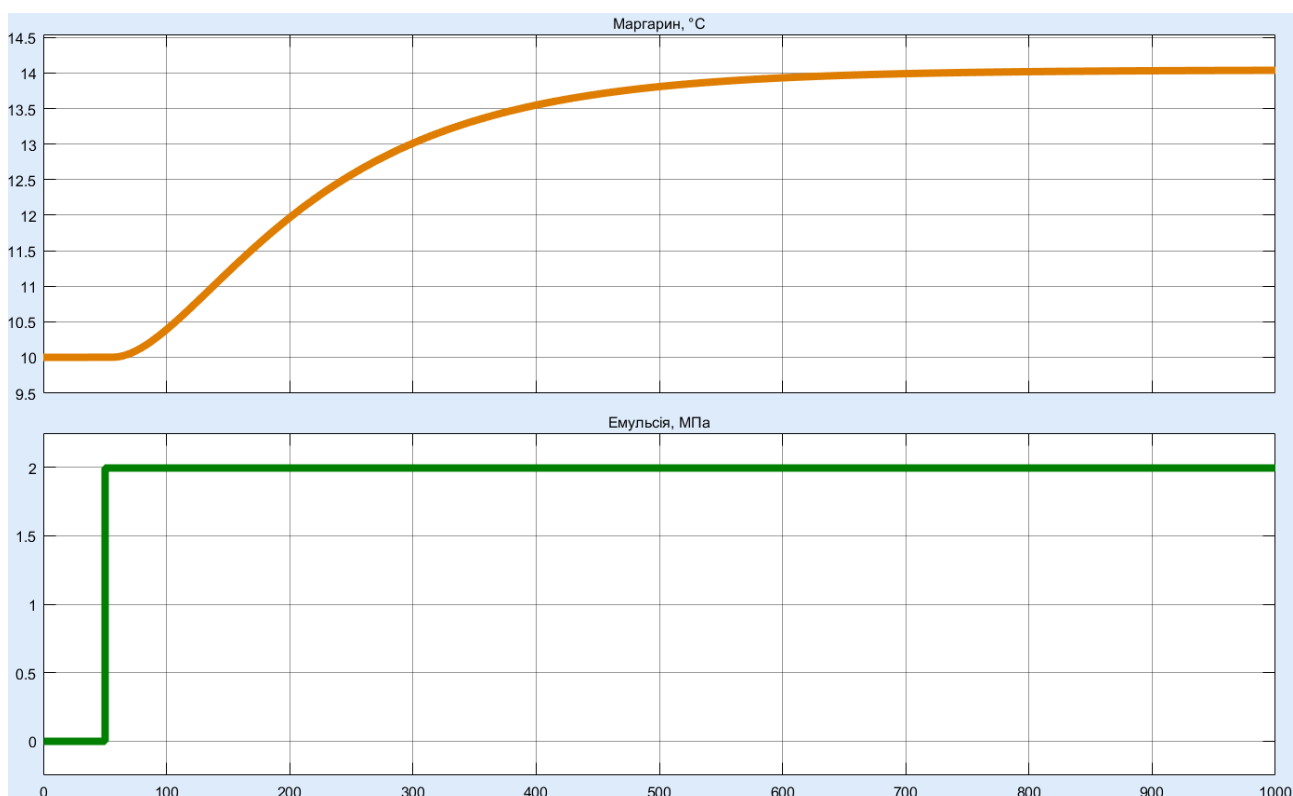


Рисунок 3.19 - Результат моделювання динамічної характеристики об'єкта керування

3.5 Висновки за розділом

При виконанні структурної ідентифікації, яка проведена на підставі експериментальних даних отриманих на об'єкті керування (динамічної характеристики, даних для побудови статичної характеристики, даних отриманих при П-образному керуючому впливі) встановлено, що структурно

модель об'єкта керування може бути представлена як аперіодична ланка другого, або більш високого порядку з запізненням.

За результатами параметричної ідентифікації встановлено, що структура моделі об'єкта керування відповідає аперіодичній ланці другого порядку з запізненням та розраховані параметрами моделі: коефіцієнт підсилення 2,0139 і постійні часу 133,56 с та 50,835 с, а запізнення становить 6,392 с.

Комплексна перевірка на адекватність моделі до об'єкта керування за перевірочними даними об'єкта керування показала високу відповідність 86,78 %, сильний кореляційний зв'язок 0,99 та статистичний критерій Фішера 517 139 значно більшу критичного значення 2,707. Велике значення статичного критерію адекватності Фішера обумовлено великою кількістю вибірових даних та близьким до 1 значенням коефіцієнта кореляції.

Враховуючи аналіз технологічного процесу, структури об'єкта керування, характеристик отриманих за результатами експериментів, результатів структурної та параметричної ідентифікації та статистичного аналізу модель є адекватною до об'єкта керування та може бути використана у подальшому при синтезі системи керування в умовах досліджуваного технологічного обладнання - скребкового холодоагента маргаринової емульсії типу ЛМСО-33.

4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

4.1 Техніко-економічне обґрунтування впровадження системи керування

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

У кваліфікаційній роботі бакалавра розглядається економічна доцільність розробки автоматизованої системи керування для технологічного процесу виробництва маргарину.

Автоматизована система керування, що розроблена в кваліфікаційній роботі бакалавра, має такі переваги:

- висока точність підтримки заданих технологічних параметрів;
- висока інформативність, яка дає гарні передумови для створення повністю автоматизованої системи керування підприємством;
- висока надійність обладнання сучасної технічної бази системи керування.

4.2 Розрахунок капітальних витрат пов'язаних з впровадженням системи керування

Розрахуємо капітальні витрати, що пов'язані з виготовленням та впровадженням автоматизованої системи керування. Визначення проектних капітальних витрат виконується відповідно до:

$$K_{\text{ПКВ}} = C_{\text{ОБ}} + D_{\text{ТР}} + M_{\text{МН}} + K_{\text{ПЗ}}, \quad (4.1)$$

де $K_{\text{ПКВ}}$ – проектні капітальні витрати (грв.);

$C_{\text{ОБ}}$ – вартість основного та допоміжного обладнання (грн.);

$D_{\text{ТР}}$ – транспортно-заготівельні витрати (грн.);

$M_{\text{МН}}$ – витрати на монтаж і налагодження системи (грн.);

$K_{\text{ПЗ}}$ – витрати на розробку програмного забезпечення (грн.).

Вартість основного та допоміжного обладнання наведена в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Зведення капітальних витрат C_{OB} [9...12]

№	Найменування	Одиниці виміру	Кількість	Вартість (грн.)	Сума (грн.)
1	ПЛЛ VIPA 214DPM (214-1BM02)	од.	1	13 774,40	13 774,40
2	Модуль аналогового вводу VIPA 231-1BD40	од.	2	4 740,30	9 480,60
3	Модуль дискретного виводу VIPA 222-1BF00	од.	1	2 335,80	2 335,80
4	Датчик температури T.XA-420-Кл1-1	од.	3	690,00	2 070,00
5	Датчик тиску серії MBS 3000	од.	3	1 398,22	4 194,66
6	Частотний перетворювач Altivar Process ATV930D37N4	од.	1	139 239,40	139 239,40
7	Частотний перетворювач Altivar Process ATV930D22N4	од.	1	104 855,30	104 855,30
8	Реле твердотільне Jotta SSR 25DA	од.	3	1 023,00	3 069,00
9	Мережний кабель	м	120	28,50	3 420,00
10	Система керування, виконана на базі ПК	од.	1	31 200,30	31 200,30
11	Блок живлення Carlo Gavazzi SPD24301	од.	2	1 450,00	2 900,00
	Разом				316 539,46

Вартість основного та допоміжного обладнання $C_{OB} = 316 539,46$ грн.

Витрати на транспортно-заготівельні і складські роботи визначаються в залежності від вартості обладнання, як 8 % від загальної вартості:

$$D_{TP} = C_{OB} \cdot 0,08. \quad (4.2)$$

Витрати на транспортно-заготівельні і складські роботи складають:

$$D_{TP} = 316 539,46 \cdot 0,08 = 25 323,16 \text{ (грн.)}.$$

Вартість монтажна-налагоджувальних робіт приймаються на рівні 7 % від вартості обладнання:

$$M_{MH} = C_{OB} \cdot 0,07. \quad (4.3)$$

Витрати на монтажна-налагоджувальні роботи складають:

$$M_{MH} = 316 539,46 \cdot 0,07 = 22 157,77 \text{ (грн.)}.$$

4.3 Розрахунок капітальних витрат на програмне забезпечення

4.3.1 Розрахунок часу на розробку програмного забезпечення

Трудомісткість розробки програмного забезпечення розраховується як:

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

- де t – трудомісткість розробки програмного забезпечення (люд.-год.);
- t_o – витрати праці на підготовку і опис поставленого завдання (люд.-год.);
- t_u – витрати праці на дослідження алгоритму керування (люд.-год.);
- t_a – витрати праці на розробку схеми алгоритму (люд.-год.);
- t_n – витрати праці на програмування по готовій схемі алгоритму (люд.-год.);
- t_n – витрати праці на налаштування програмного забезпечення (люд.-год.);
- t_g – витрати праці на підготовку документації по завданню (люд.-год.).

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

$$Q = q \cdot c \cdot (1 + p), \quad (4.5)$$

- де Q – умовна кількість операторів в програмному забезпеченні;
- q – кількість операторів у програмному забезпеченні;
- c – коефіцієнт складності програми (приймаємо $c = 1,35$);
- p – коефіцієнт корекції програми в процесі її обробки (приймаємо $p = 0,1$).

Виходячи з програмного забезпечення, як правило розробленого на мові Structured Text типове значення для подібних систем керування має діапазон 200... 350, приймаємо $q = 255$);

Таким чином для програмного забезпечення, що розробляється, кількість операторів складає:

$$Q = 255 * 1,35 * (1 + 0,1) \approx 379$$

Витрат праці на підготовку і опис завдання в кваліфікаційній роботі складають $t_o = 57$ (люд. – год.).

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

$$t_u = \frac{Q \cdot B}{(75 \dots 85) \cdot k} \quad (4.6)$$

де B – коефіцієнт збільшення витрат праці (приймаємо $B = 1,5$);

k – коефіцієнт кваліфікації програміста (приймаємо $k = 1,2$).

Для програмного забезпечення, що розробляється:

$$t_u = 379 \cdot 1,5 / (80 \cdot 1,2) \approx 6 \text{ (люд. – год.)}.$$

Витрати на розробку алгоритму керування визначаються як:

$$t_a = \frac{Q}{(20 \dots 25) \cdot k} \quad (4.7)$$

Для програмного забезпечення, що розробляється:

$$t_a = 379 / (20 \cdot 1,2) \approx 16 \text{ (люд. – год.)}.$$

Витрати праці на складання програми по готовій схемі алгоритму визначаються як:

$$t_n = \frac{Q}{(20 \dots 25) \cdot k} \quad (4.8)$$

Для програмного забезпечення, що розробляється:

$$t_n = 379 / (20 \cdot 1,2) \approx 16 \text{ (люд. – год.)}.$$

Витрати праці на налаштування програми розраховуються як:

$$t_h = \frac{Q}{(4 \dots 5) \cdot k} \quad (4.9)$$

Для програмного забезпечення, що розробляється:

$$t_h = 379 / (4 \cdot 1,2) \approx 79 \text{ (люд. – год.)}.$$

Витрати праці на підготовку документації по завданню визначаються як:

$$t_g = t_{др} + t_{до}, \quad (4.10)$$

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

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

Трудомісткість підготовки матеріалів до написання визначається як:

$$t_{\text{ДР}} = \frac{Q}{(15 \dots 20) \cdot k}. \quad (4.11)$$

Для програмного забезпечення, що розробляється:

$$t_{\text{ДР}} = 379 / (15 * 1,2) \approx 21 (\text{люд. - год.}).$$

Трудомісткість редагування, друку та оформлення документації визначається як:

$$t_{\text{ДО}} = 0,75 \cdot t_{\text{ДР}}. \quad (5.12)$$

Для програмного забезпечення, що розробляється:

$$t_{\text{ДО}} = 0,75 * 21 = 16 (\text{люд. - год.}).$$

Для розробленого програмного забезпечення витрати праці на підготовку документації по завданню:

$$t_g = 21 + 16 = 37 (\text{люд. - год.}).$$

Таким чином трудомісткість розробки програмного забезпечення становить:

$$t = 57 + 6 + 16 + 16 + 79 + 37 = 211 (\text{люд. - год.})$$

4.3.2 Розрахунок витрат на розробку програмного забезпечення

Витрати на розробку програмного забезпечення (ПЗ) визначається як:

$$K_{\text{ПЗ}} = Z_{\text{ЗП}} + Z_{\text{МІ}}, \quad (4.13)$$

де $Z_{\text{ЗП}}$ – витрати на заробітну плату розробника ПЗ (грн.);

$Z_{\text{МІ}}$ – вартість машинного часу, необхідного для налаштування ПЗ (грн.).

Заробітна плата розробника програмного забезпечення визначається як:

$$Z_{\text{ЗП}} = t \cdot C_{\text{ПР}}, \quad (4.14)$$

де t – час розробки ПЗ, год;

$C_{\text{ПР}}$ – середня годинна тарифна ставка розробника програмного забезпечення (приймаємо $C_{\text{ПР}} = 130,12$ (грн./год.)).

Для програмного забезпечення, що розробляється:

$$Z_{\text{ЗП}} = 211 * 130,12 = 27\,455,32 (\text{грн.}).$$

Вартість машинного часу, необхідного для налаштування програми визначається як:

$$З_{MI} = t_n \cdot C_{MЧ}, \quad (4.15)$$

де t_n – час налаштування ПЗ, год;
 $C_{MЧ}$ – вартість машинного часу (приймаємо $C_{MЧ} = 12,55$ (грн./год.)).

Для програмного забезпечення, що розробляється:

$$З_{MI} = 16 * 12,55 = 200,80 \text{ (грн.)}.$$

Витрати на розробку програмного забезпечення системи керування становлять:

$$K_{ПЗ} = 27\,455,32 + 200,80 = 27\,656,12 \text{ (грн.)}.$$

Очікувана тривалість розробки програмного забезпечення:

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

де T – тривалість розробки програмного забезпечення (міс.);
 B_k – кількість розробників (приймаємо $B_k = 1$);
 F_p – місячний фонд робочого часу ($F_p = 176$ (год./міс.)).

$$T = 211 / (1 * 176) \approx 1,2 \text{ (міс.)}.$$

Таким чином проектні капітальні витрати:

$$K_{ПКВ} = 316\,539,46 + 25\,323,16 + 22\,157,77 + 27\,656,12 \approx 391\,676,51 \text{ (грн.)}.$$

4.4 Розрахунок експлуатаційних витрат

Річні експлуатаційні витрати розраховуються як:

$$C_e = C_a + C_3 + C_c + C_{PO} + C_{ee} + C_{Инш}, \quad (4.17)$$

де C_e – річні поточні витрати, пов'язані із застосуванням системи керування (грн.);
 C_a – амортизація основних фондів (грн.);
 C_3 – заробітна плата обслуговуючого персоналу (грн.);

C_c – відрахування на соціальні заходи (грн.);

C_{po} – витрати на технічне обслуговування та поточний ремонт обладнання (грн.);

C_{ee} – вартість електроенергії (грн.);

$C_{\text{інш}}$ – інші витрати (грн.).

Визначимо експлуатаційні витрати при впровадженні системи керування.

4.4.1 Амортизація основних фондів

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

Обладнання, розробленої в кваліфікаційній роботі системи керування, належить до 4 групи (машини та обладнання). Передбачуваний термін експлуатації системи становить 5 років.

При використанні методу прискореного зменшення залишкової вартості норма амортизації визначається як:

$$H_a = \frac{2}{T} \cdot 100 \%, \quad (4.18)$$

де H_a – норма амортизації (%);

T – термін корисного використання об'єкта (років).

Амортизація основних фондів визначається як:

$$C_a = \frac{\text{ПВ} \cdot H_a}{100 \%}, \quad (4.19)$$

де C_a – річна амортизація основних фондів (грн.);

ПВ – первинна вартість (ПВ = $K_{\text{ПКВ}}$) (грн).

Отже, норма амортизації для проекрованої системи керування складає:

$$H_a = \frac{2}{5} \cdot 100 \% = 40 \%$$

Сума амортизації для проекрованої і базової системи становить:

$$C_a = 391\,676,51 \cdot 40/100 = 156\,670,61 \text{ (грн.)},$$

4.4.2 Розрахунок фонду заробітної плати

Номінальний річний фонд робочого часу одного працівника:

$$T_{\text{НР}} = (T_{\text{К}} - T_{\text{ВС}} - T_{\text{В}}) \cdot T_{\text{З}}, \quad (4.20)$$

де $T_{\text{НР}}$ – номінальний річний фонд робочого часу одного працівника (год.);

$T_{\text{К}}$ – календарний фонд робочого часу ($T_{\text{К}} = 365$ (днів));

$T_{\text{ВС}}$ – вихідні дні та свята ($T_{\text{ВС}} = 114$ (днів));

$T_{\text{В}}$ – відпустка ($T_{\text{В}} = 21$ (день));

$T_{\text{З}}$ – тривалість зміни ($T_{\text{З}} = 8$ (год.)).

Таким чином, річний фонд робочого часу працівника складе:

$$T_{\text{НР}} = (365 - 114 - 21) \cdot 8 = 1\,840 \text{ (год.)}.$$

У процесі керування задіяний 1 оператор людино-машинного інтерфейсу та - кожна зміну та 1 інженер-технолог і 1 наладчик електроустаткування - одна зміна на добу. Графік роботи у три зміни, так як процес безперервний.

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

Таблиця 4.2 – Розрахунок заробітної плати персоналу

№ п/п	Найменування професії робітників	Число працюючих, чол.	Годинна тарифна ставка, грн./год.	Річний фонд робочого часу (год.)	Пряма заробітна плата, грн.	Додаткова заробітна плата (8%), грн.	Доплати (7%), грн.	Всього заробітна плата, грн.
1	Оператор	3	89,45	1 840	493 764,00	39 501,12	34 563,48	567 828,60
2	Технолог	1	125,51		230 938,40	18 475,07	16 165,69	265 579,16
3	Наладчик	1	111,50		205 160,00	16 412,80	14 361,20	235 934,00
Разом								1 069 341,76

Заробітна плата персоналу проектної системи керування

$$C_3 = 1\,069\,341,76 \text{ (грн.)}$$

4.4.3 Відрахування на соціальні заходи

Відрахування на соціальні заходи визначаються як:

$$C_c = 0,22 \cdot C_3. \quad (4.21)$$

Відповідно до цього відрахування становлять:

$$C_c = 0,22 * 1\,069\,341,76 = 235\,255,19 \text{ (грн.)}$$

4.4.4 Розрахунок витрат на технічне обслуговування та ремонт

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

$$C_{PO} = 0,05 \cdot K_{KB} \cdot (K_{PKB}) \quad (4.22)$$

Відповідно до цього витрати становлять:

$$C_{PO} = 0,05 * 391\,676,51 = 19\,583,83 \text{ (грн.)}$$

4.4.5 Витрати на електроенергію

Вартість електроенергії, споживаної системою керування, розробленої у проекті:

$$C_{ee} = K_e \cdot K_{RD} \cdot T_3 \cdot T_e, \quad (4.23)$$

де K_e – кількість електроенергії, спожите проектною системою керування (приймаємо $K_e = 0,58$ (кВт · год.));

T_3 – кількість часу роботи за сутки ($T_3 = 24$ (год.));

K_{RD} – кількість робочих днів у році ($K_{RD} = 365$ (день));

T_e – тариф на електроенергію для підприємств (для користувачів електроенергії 2 класу тариф складає 2,26 грн. · кВт без ПДВ, з урахуванням ПДВ тариф $T_e = 2,712$ (грн.)).

Таким чином вартість електроенергії становить:

$$C_{ee} = 0,58 * 365 * 24 * 2,712 = 13\,779,13 \text{ (грн.)}$$

4.4.6 Інші витрати

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

$$C_{\text{ІНШ}} = 0,04 \cdot C_3. \quad (4.24)$$

Таким чином інші витрати становлять:

$$C_{\text{ІНШ}} = 0,04 * 1\,069\,341,76 = 42\,773,68 \text{ (грн.)}.$$

Річні експлуатаційні витрати становлять (4.17), (табл. 4.3):

$$C = 156\,670,61 + 1\,069\,341,76 + 235\,255,19 + 19\,583,83 + 13\,779,13 + 42\,773,68 = 1\,537\,404,2 \text{ (грн.)}.$$

Таблиця 4.4 – Експлуатаційні витрати

№ п/п	Назва показника	Сума, грн.
1	Амортизація	156 670,61
2	Фонд заробітної плати	1 069 341,76
3	Відрахування на соціальні виплати	235 255,19
4	Ремонт та технічне обслуговування	19 583,83
5	Електроенергія	13 779,13
6	Інше	42 773,68
7	Загалом	1 537 404,

4.5 Висновки за розділом

При впровадженні проектованої системи капітальні витрати складають 392 тис. грн., час розробки ПЗ становитиме 1,2 місяці.

Річні експлуатаційні витрати, пов'язані з впровадженням системи становитимуть трохи більше 1,54 млн. грн.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

У роботі розглядається питання з автоматизації технологічного процесу виробництва маргарину.

Підприємства харчової промисловості характеризуються досить складним технологічним обладнанням, фізико-хімічними процесами і важкими умовами праці. Тут застосовуються автоматичні лінії великої потужності, фасувальні автомати, апарати, що працюють під тиском та розрідженням, енергетичні установки тощо. Брак кваліфікованих кадрів, слабкі знання з охорони праці й низька виробнича дисципліна обумовлюють досить високий виробничий травматизм та професійні захворювання. Незадовільний стан з охорони праці важким тягарем лягає на економіку держави.

Забезпечення безпеки та збереження здоров'я людини на підприємстві - важлива комплексна задача, яка не може бути вирішена без фундаментальної правової бази.

Охорона праці - це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних, лікувально-профілактичних заходів та засобів спрямованих на збереження життя, здоров'я та працездатності людини в процесі трудової діяльності.

Всі роботи повинні бути спланована так, щоб якісний і кількісний показники виробничого травматизму зводилися до мінімуму.

5.1 Мікроклімат виробничого приміщення

Мікроклімат виробничих приміщень - це сукупність параметрів повітря у виробничому приміщенні, які діють на людину у процесі праці, на його робочому місці, у робочій зоні.

Параметри мікроклімату:

- температура повітря T , °C;
- відносна вологість Y , %;
- швидкість руху повітря V , м\с.

Таблиця 5.1 - Оптимальні та допустимі величини температури, відносної вологості та швидкості руху повітря в робочій зоні виробничих приміщень

Період року	Категорія робіт	Температура, °С					Відносна вологість, %		Швидкість руху, м/с	
		оптимальна	допустима				оптимальна	Допустима на робочих місцях постійних і непостійних, не більше ніж	оптимальна, не більше ніж	Допустима на робочих місцях постійних і непостійних*
			верхня межа		нижня межа					
			на робочих місцях							
постійних	непостійних	постійних	непостійних	постійних	непостійних					
Холодний	Легка — Іа	22—24	25	26	21	18	40—60	75	0,1	Не більше ніж
	Легка — Іб	21—23	24	25	20	17	40—60	75	0,1	Не більше ніж
	Середньої важкості — Па	18—20	23	24	17	15	40—60	75	0,2	0,2
	Середньої важкості Іб	17—19	21	23	15	13	40—60	75	0,2	Не більше ніж
Теплий	Середньої важкості Іб	16—18	19	20	13	12	40—60	75	0,3	0,1—0,2
	Важка — ІІІ	23—25	28	30	22	20	40—60	55 (при 28 °С)	0,1	0,1—0,3
	Легка — Іа	22—24	28	30	21	19	40—60	60 (при 27 °С)	0,2	0,2—0,4
	Легка — Іб	21—23	27	29	18	17	40—60	65 (при 26 °С)	0,3	0,2—0,5
	Середньої важкості Па	20—22	27	29	16	15	40—60	70 (при 25 °С)	0,3	0,2—0,6
	Середньої важкості Іб	18—20	26	28	15	13		75 (при 24 °С)	0,4	
	Важка — ІІІ									

Значні коливання параметрів мікроклімату можуть привести до порушення терморегуляції організму (здатність організму утримувати постійну температуру), що приводить до порушення системи кровообігу, загальної слабкості і т.п.

Нормування параметрів мікроклімату здійснюється згідно ДСТУ 12.1.005-88. Встановлені оптимальні та допустимі параметри мікроклімату.

Оптимальні - найбільш сприятливі (комфортні) забезпечують роботу системи терморегуляції без напруги.

Допустимі - допускають напругу реакції терморегуляції організму в межах її пристосування без шкоди для здоров'я.

Для забезпечення нормованих параметрів мікроклімату в відділенні передбачена система вентиляції. Вентиляція повинна бути штучна – загальнообмінна, припливно-витяжна. Крім цього передбачена аварійна вентиляція. Опалення присутнє та здійснюється за допомогою котельні.

5.1 Шум

Шум являється одним з найбільш розповсюджених факторів, що впливає на людину. Від завдає великої шкоди здоров'ю та виробничій діяльності людини. В результаті втоми, що виникає під дією шуму, збільшується кількість помилок при роботі, підвищується загроза виникненню травм, знижується продуктивність праці.

Джерелами шуму в даних відділеннях є рух рідин по трубопроводах, робота плавителів, насосів, підйомників, фасувальних автоматів, охолоджувальних тунелів та іншого обладнання.

Гранично-допустимий рівень шуму на підприємстві не повинен перевищувати 80 дБа, цей рівень потрібно знижувати в залежності від тяжкості робіт. Перебування працівників у зоні де рівень шуму перевищує 135 дБа – категорично заборонено.

5.2 Освітлення

Освітлення використовується природне і штучне. Природне здійснюється через віконні отвори, штучне за допомогою люмінесцентних ламп. Крім цього присутнє аварійне освітлення, яке дозволяє при відключенні робочого продовжувати обслуговування окремих видів обладнання і забезпечує безпечну евакуацію людей. Аварійне освітлення здійснюється світильниками з люмінесцентними лампами, які є в коридорах, на сходах, а також біля пультів управління.

Для нормальної зорової роботи в приміщенні створюються умови, за яких не виникають професійні захворювання або виробничий травматизм. Освітлення має відповідати встановленим нормативам та характеру зорової виробничої діяльності. Для нормальної роботи оператора холодильної установки забезпечується відповідне освітлення приміщення, а саме трьох цехових приміщень, де розташовано обладнання холодильної камери, та, де зберігається вантаж. Для цього визначаємо вид зорових робіт які будуть

виконуватися при нормальній роботі обладнання, ремонті та аварійному режимі. Норми освітленості цеху наведені до таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 - Норми освітленості цеху, згідно ДБН В.2.5-28:2018

Розряд і під- розряд зорової роботи	Освітленість, лк	
	Штучне	
	Комбіноване	Загальне
IVв	400	200

Для освітлення виробничого приміщення використовуються люмінесцентні лампи з денним світлом типу ЛД – 40(G13) та світильники з світлодіодними лампами LED з потужністю 20 Вт в холодильній камері. В овочесховищі передбачено пристрій аварійного евакуаційного освітлення - мінімальна освітленість 1 Лк на вулиці і 2 Лк в приміщенні.

Для контролю освітленості передбачено люксметр типу Ю-117.

5.2 Заходи з безпеки праці

Цех з виробництва маргарину відноситься до приміщення з підвищеною небезпекою, так як в ньому присутнє волого-виділення, також є обладнання, що працює під тиском.

У відповідності з цим встановлена безпечна напруга 12 В, промислова частота 50 Гц, струм – постійний. Проводка виконана ізольованими кабелями.

Обладнання, що працює під тиском має контрольні точки управління, та захисні клапани, для відведення надлишку тиску.

Електродвигуни і пускові пристрої виконуються в закритому виконанні.

Для попередження грозових ударів всі об'єкти забезпечуються блискавкозахистом. Захист від прямих ударів блискавки здійснюється установкою блискавковідводів, яка складається з блискавко-приймача, заземлювача і струмовідводу.

Для захисту від електростатичної індукції все металеве обладнання з'єднується між собою так, щоб воно складало єдиний безперервний електричний ланцюг, який заземлюється в ряді місць.

Для захисту від шуму та з метою запобігання падіння на слизькій вологій підлозі робітникам видається індивідуальний захист: беруші та спеціальне взуття.

До робіт в цеху з виробництва маргарину допускаються особи, які досягли вісімнадцятирічного віку, пройшли медичний огляд, вступний інструктаж, спеціальне навчання, перевірку теоретичних знань у кваліфікаційній комісії з питань технології і охорони праці, первинний інструктаж на робочому місці, стажування для придбання навичок безпечного ведення виробничих процесів і мають відповідне посвідчення.

Керівники підприємства та структурних підрозділів повинні забезпечити навчання робітників з правил безпеки праці. Усі працівники при прийнятті на роботу та під час роботи повинні проходити навчання, інструктаж і перевірку знань з питань охорони праці та пожежної безпеки відповідно до розроблених і затверджених керівником підприємства нормативних актів згідно з Типовим положенням про навчання, інструктаж і перевірку знань працівників з питань охорони праці. Типовим положенням про спеціальне навчання, інструктаж та перевірку знань з питань пожежної безпеки на підприємствах, в установах та організаціях України.

Працівники мають бути забезпечені санітарним одягом і взуттям, спецодягом і спецвзуттям та засобами індивідуального захисту відповідно до діючих норм. Для створення безпечних умов праці виробничі приміщення повинні мати необхідні площу, висоту, освітленість, вентиляцію. Східці, драбини, площадки огорожують поручнями.

Всі рухомі частини обладнання оснащують сітчастим або суцільним огороженням, гарячі поверхні апаратів, трубопроводів і баків термоізолюють. Машини, транспортери й огороження повинні мати механічне та електричне блокування, бути заземлені, а також обладнані сигналізацією, яка при запуску і зупинці машини автоматично приводиться у дію. Між обладнанням мають бути проходи і проїзди, що забезпечують безпечне обслуговування і ремонт. На

підлозі розмічені жовтою лінією небезпечні зони, що пов'язані з рухом чи виступами різних частин обладнання.

Особливу увагу слід приділяти охороні ізоляції електромереж від руйнування та вологи. На цих ділянках дозволяється користуватися лише низьковольтною напругою.

Основними причинами несприятливих умов при виготовленні масла та спредів є шум, а також процеси тепло- і волого-виділення.

Джерела світла і світильники повинні забезпечити необхідну освітленість робочих місць. Мають бути впроваджені заходи, що забезпечують загально-обмінну та місцеву вентиляцію, яка створила б комфортні параметри мікроклімату у виробничих приміщеннях у холодну і теплу пори року.

Молокозаводи за пожежною безпекою належать до категорії В. У їх виробничих приміщеннях мають бути передбачені засоби для попередження виникнення пожеж, для забезпечення їх гасіння, сигналізації, пожежного водопостачання, а також шляхи евакуації людей.

5.3 Засоби індивідуального захисту

Засіб індивідуального захисту (ЗІЗ) - це засіб захисту, що надягається на тіло працівника або його частину, або використовується під час праці. ЗІЗ застосовують тоді, коли безпека робіт не може бути забезпечена конструкцією та розміщенням устаткування, організацією виробничих процесів, архітектурно-планувальними рішеннями та іншими засобами колективного захисту.

Відповідно до Закону України «Про охорону праці» на роботах із шкідливими та небезпечними умовами праці, в особливих температурних умовах, у забрудненому середовищі робітникам та службовцям безплатно видається спецодяг, спецвзуття та інші засоби індивідуального захисту. Перелік робіт та професій, що дають право на одержання ЗІЗ, складається на основі галузевих норм адміністрацією підприємства та погоджується з місцевими органами Держнаглядохоронпраці.

ЗІЗ поділяються на: засоби захисту органів дихання, спецодяг, спецвзуття, засоби захисту рук, голови, обличчя, очей, органів слуху, засоби захисту від падіння з висоти та ін.

Захист органів дихання здійснюється за допомогою протигазів та респіраторів. За принципом дії протигази поділяються на фільтрувальні та ізолювальні.

До спецодягу належать: костюми, куртки, комбінезони, халати, плащі, фартухи тощо. Основні вимоги, яким повинен відповідати спецодяг зводяться до наступного: забезпечувати необхідний захист від дії несприятливих чинників, бути зручним, не обмежувати рухових можливостей працівника.

Спеціальне взуття класифікується в залежності від захисних властивостей аналогічного спецодягу. До спецвзуття належать: чоботи, півчоботи, черевики, півчеревики, валянки, бахіли, калоші, боти і т. п.

Засоби захисту рук — це різні види рукавиць та рукавчик, які використовуються для захисту від механічних впливів, підвищених та знижених температур, кислот і лугів, вібрації, електричної напруги (діелектричні). Рукавиці та рукавички виготовляють із бавовни, льону, шкіри, шкірозамінника, гуми, азбесту, полімерів та ін.

Засоби захисту голови запобігають травмуванню голови при виконанні монтажних, будівельних, навантажувальна-розвантажувальних робіт. Найбільш розповсюджені засоби захисту голови - каски.

До засобів захисту обличчя належать ручні, наголовні та універсальні щитки.

Для захисту очей від твердих часточок, бризок кислот, лугів та інших хімічних речовин, а також випромінювань застосовують такі засоби індивідуального захисту, як окуляри.

Засоби захисту органів слуху застосовуються тоді, коли рівень шуму на робочому місці перевищує допустимі значення. До засобів захисту органів слуху належать протишумові вкладки, навушники, шумо-заглушувальні шоломи.

Дерматологічні засоби захисту застосовуються в тих випадках, коли при виконанні технологічних процесів має місце контакт з речовинами та матеріалами, які негативно впливають на шкіру. Для захисту шкіри, зазвичай, використовують пасту та мазі, які поділяються на гідрофільні та гідрофобні.

Вибір ЗІЗ, які необхідно використовувати під час праці, залежить від комплексу негативних чинників, що характерні для конкретного виду робіт.

5.4 Загальні принципи організації пожежної безпеки

Забезпечення пожежної безпеки - невід'ємна частина державної діяльності щодо охорони життя та здоров'я людей, національного багатства та навколишнього середовища.

Забезпечення пожежної безпеки є складовою частиною виробничої та іншої діяльності посадових осіб, працівників підприємств, установ, організацій. Згідно чинного законодавства забезпечення пожежної безпеки підприємств, установ та організацій покладаються на їх власників (керівників) та уповноваженими ними осіб, якщо інше не передбачено відповідним договором.

Власники підприємств, установ та організацій, а також орендарі зобов'язані:

- розробляти комплексні заходи щодо забезпечення пожежної безпеки;
- відповідно до нормативних актів з пожежної безпеки розробляти і затверджувати положення, інструкції, інші нормативні акти, що діють у межах підприємства, здійснювати постійний контроль за їх додержанням;
- забезпечувати додержання протипожежних вимог стандартів, норм, правил, а також виконання вимог приписів і постанов органів державного пожежного нагляду;
- організовувати навчання працівників правилам пожежної безпеки та пропаганду заходів щодо їх забезпечення;

- утримувати в справному стані засоби протипожежного захисту і зв'язку, пожежну техніку, обладнання та інвентар, не допускати їх використання не за призначенням;
- створювати у разі потреби відповідно до встановленого порядку підрозділи пожежної охорони та необхідну для їх функціонування матеріально-технічну базу;
- подавати на вимогу державної пожежної охорони відомості та документи про стан пожежної безпеки об'єктів і продукції, що ними виробляється;
- здійснювати заходи щодо впровадження автоматичних засобів виявлення та гасіння пожеж;
- своєчасно інформувати пожежну охорону про несправність пожежної техніки, систем протипожежного захисту, водопостачання тощо;
- проводити службові розслідування випадків пожеж.
- виконувати правила пожежної безпеки, забезпечувати будівлі, які їм належать на праві особистої власності, первинними засобами гасіння пожеж і протипожежним інвентарем, виховувати у дітей обережність у поводженні з вогнем;
- повідомляти пожежну охорону про виникнення пожежі та вжити заходів до її ліквідації, рятування людей і майна.

5.5 Заходи з охорони навколишнього середовища

Характеристика стану поводження з відходами на підприємстві.

Відходи, утворені в основному виробництві поступають в реалізацію та на виробництво сухих продуктів, а також частина вноситься на поля фільтрації і передається господарствам на корм скоту. Відпрацьовані картонні ящики, пакувальний папір, відпрацьовані алюмінієві та поліетиленові фляги, поліетиленові пакети передаються спеціалізованим підприємствам. Браковані вафельні стаканчики передаються на корм скоту. Обрізки поліетиленової плівки, обрізки паперу, браковані полістирольні стаканчики, відходи полістирольної

плівки, браковані поліетиленові мішки, відходи передаються на полігон переробки твердих відходів.

Сама ж територія підприємства утримується в порядку і чистоті постійно. Всі відходи обов'язково вивозять.

Основними джерелами забруднення стічних вод комбінату є втрати продуктів та сировини, змиви від миття обладнання та тари.

На підприємстві розташовані очисні споруди де проходить механічна очистка за допомогою решіток, піско-вловлювачів, після чого стічні води направляються в міську каналізаційну мережу. Даний метод очистки забезпечує утримання із стічних вод габаритних відходів, грубо дисперсних органічних речовин та знизити їх кількість на 10...15%.

Процес очищення стічних вод проходить таким чином: стічні води направляються через каналізаційний колектор та жироловку на станцію нейтралізації. Нейтралізацію проводять в залежності від рН стічних вод. Розкислення здійснюють негашеним вапном. Частково очищені води від жирів та інших домішок потрапляють у первинний відстійник, де відстоюється піна та інші речовини. Далі води потрапляють на біофільтри, що складаються з різних фракцій гранітного щебня, постелених «подушкою» на решітці із залізобетону так, щоб під щебнем лишився повітряний простір. За допомогою насосів стічні води фонтаном потрапляють на щебенеvu «подушку», збагачуються киснем та очищуються від жиру та білку у відстійниках, потім направляються на піско-вловлювач. Де очищуються від піску та важких частинок. Визначають рН середовище і при необхідності проводять нейтралізацію. Після видалення піску та важких частинок стоки хлоруються та потрапляють на спеціальну установку, де проходить біологічна очистка під дією організмів хлор елементів. Очищену воду перевіряють на нормативну відповідність та випускають в природні водойми. Але система має такі недоліки:

- у зимовий період очищення стоків уповільнюється;

- зберігання активного мулу не сприятливе для ґрунту, тому що мул містить незруйновані жири, ліпіди, вуглеводи, а тому він не зброджується.

5.6 Висновки за розділом

У даному розділі розглянута характеристика об'єкту та умови його експлуатації, проаналізовані небезпечні та шкідливі виробничі фактори, визначені основні заходи з безпеки під час виробництва маргарину – сформульовані загальні вимоги з безпеки, застосування первинних засобів гасіння пожежі та правил пожежі, розглянуті питання з охорони довкілля.

ВИСНОВКИ

Актуальність роботи пояснюється необхідністю модернізації систем керування, які використовуються на підприємствах харчової промисловості. Сучасна система керування дозволить оперативно контролювати зазначені параметри, дозволяючи отримувати режими роботи технологічного обладнання з заданими технічними характеристиками. Також ця система керування матиме можливість фіксації та збереження параметрів роботи технологічного обладнання.

У якості об'єкта керування виступає технологічне обладнання - скребковий холодоагент маргаринової емульсії типу ЛМСО-33.

У цьому розділі вибрано апаратно-програмні засоби для створення підсистеми, розроблена функціональна схема автоматизації, розроблена схема принципова підсистеми керування, складено перелік елементів до схеми електричної принципової.

При виконанні структурної ідентифікації, яка проведена на підставі експериментальних даних отриманих на об'єкті керування (динамічної характеристики, даних для побудови статичної характеристики, даних отриманих при П-образному керуючому впливі) встановлено, що структурно модель об'єкта керування може бути представлена як аперіодична ланка другого, або більш високого порядку з запізненням.

За результатами параметричної ідентифікації встановлено, що структура моделі об'єкта керування відповідає аперіодичній ланці другого порядку з запізненням та розраховані параметрами моделі: коефіцієнт підсилення 2,0139 і постійні часу 133,56 с та 50,835 с, а запізнення становить 6,392 с.

Комплексна перевірка на адекватність моделі до об'єкта керування за перевірочними даними об'єкта керування показала високу відповідність 86,78 %, сильний кореляційний зв'язок 0,99 та статистичний критерій Фішера 517 139 значно більшу критичного значення 2,707. Велике значення статичного критерію

адекватності Фішера обумовлено великою кількістю вибірових даних та близьким до 1 значенням коефіцієнта кореляції.

Враховуючи аналіз технологічного процесу, структури об'єкта керування, характеристик отриманих за результатами експериментів, результатів структурної та параметричної ідентифікації та статистичного аналізу модель є адекватною до об'єкта керування та може бути використана у подальшому при синтезі системи керування в умовах досліджуваного технологічного обладнання - скребкового холодоагента маргаринової емульсії типу ЛМСО-33.

При впровадженні проекрованої системи капітальні витрати складають 392 тис. грн., час розробки ПЗ становитиме 1,2 місяці.

Річні експлуатаційні витрати, пов'язані з впровадженням системи становитимуть трохи більше 1,54 млн. грн.

У розділі охорона праці розглянута характеристика об'єкту та умови його експлуатації, проаналізовані небезпечні та шкідливі виробничі фактори, визначені основні заходи з безпеки під час виробництва маргарину – сформульовані загальні вимоги з безпеки, застосування первинних засобів гасіння пожежі та правил пожежі, розглянуті питання з охорони довкілля.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Методичні рекомендації для студентів бакалаврів спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» Ткачов В.В., Бубліков А.В., Цвіркун Л.І., Проценко С.М., Бойко О.О., Славинський Д.В., – Д.: «НГУ», 2016. – 27 с.
2. Бойко О.О. Методичні вказівки до лабораторних робіт з проектування систем автоматизації для студентів напрямку підготовки «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» / О.О. Бойко – Д.: Державний ВНЗ «НГУ», 2017. – 109 с. – Режим доступу: <https://goo.gl/Ev6J4Z>. – Назва з домашньої сторінки Інтернету.
3. Бойко О.О., Проценко С.М. Методичні вказівки до лабораторних робіт з програмування систем реального часу для студентів напрямків підготовки «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології», «Комп'ютерна інженерія» / О.О. Бойко, С.М. Проценко – Д.: Державний ВНЗ «НГУ», 2017. – 168 с. – Режим доступу: <https://goo.gl/rBf8Zm>. – Назва з домашньої сторінки Інтернету.
4. Бойко О.О. Методичні вказівки до лабораторних робіт з теорії автоматичного управління для студентів напрямку підготовки «Комп'ютерна інженерія» / Укл.: О.О. Бойко – Д.: Державний ВНЗ «НГУ», 2017. – 107 с. – Режим доступу: <https://goo.gl/nUMtFE>. – Назва з домашньої сторінки Інтернету.
5. Голінько В.І., Фрундін В.Ю. Охорона праці в галузі електротехніки та електромеханіки – Д.: Державний ВНЗ «НГУ», 2011. – 235 с.
6. Технологическая линия производства маргарина. Режим доступу: <https://food-mechanics.ru/?p=221>
7. Оборудование для производства маргарина. Режим доступу: <https://www.alfalaval.ru/products/process-solutions/vegetable-oil-solutions/margarine-plant-systems/>

8. Комплект оборудования для производства маргаринов производительностью 1000 кг/час. Режим доступа: https://www.tronka.com.ua/margarin_MAK1000.htm
9. Датчики температуры с токовым выходом 4...20 мА. Режим доступа: <https://mtd-proekt.ru/datchiki-temperature-s-tokovym-vykhodom-4-20-ma>
10. Датчик давления MBS 3000. Режим доступа: https://ianv.com.ua/datchik-davlenija-mbs-3000?gclid=Cj0KCQjwjN-SBhCkARIsACsrBz7AokIulIwCUekVbwn67pDtxr5UBbtySZm4neS6U3IZ5GK4OPIMxIMaAtYGEALw_wcB
11. e-protection (частотні перетворювачі Altivar 930). Режим доступа: <https://e-protection.com.ua/product-category/elektrooborudovanie/preobrazovateli-chastoty/preobrazovateli-chastoty-schneider-electric/altivar-930-preobrazovatel-chastoty/>
12. Электронный ресурс: <https://prom.ua/ua/p1363387438-dtshh5-termosoprotivleniya-kommutatsionnoj.html>
13. Міждержавний стандарт ГОСТ 12.0.003-74 (1999) ССБТ «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация».
14. ДСН 3.3.6.042-99 „Державні санітарні норми параметрів мікроклімату” - К.: МОЗ України, 2000.
15. ДБН В.2.5-67:2013 Опалення, вентиляція та кондиціонування.
16. ДСТУ Б.А.3.2-12:2009. Система стандартів безпеки праці. Системи вентиляційні. Загальні вимоги ДНАОП 0.03-33.14-85. Санітарні норми допустимих рівнів шуму на робочих місцях.
17. Правила улаштування електроустановок Мінпаливвугілля України. – 2017 – 617с.
18. «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості на небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу». № 528 - 2001.

19. Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями, затверджені наказом Мінсоцполітики від 14.02.2018 № 207.
20. Методичні рекомендації з виконання заходів стосовно охорони праці при роботі з ПЕОМ та розрахунку освітлення у дипломних проектах студентів усіх спеціальностей/ Уклад. В.І. Голінько, В.Ю. Фрундін, Ю.І. Чеберячко, М.Ю. Іконніков. - Дніпропетровськ: ДВНЗ «Національний гірничий університет», 2013.- 12 с.
21. ДСанПіН 3.3.2-007-98 Державні санітарні правила і норми. Гігієнічні вимоги до організації роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин
22. ДСТУ 7234:2011 Дизайн і ергономіка. Обладнання виробниче. Загальні вимоги дизайну та ергономіки
23. ДСТУ 7950:2015 Дизайн і ергономіка. Робоче місце під час виконання робіт стоячи. Загальні ергономічні вимоги.
24. ДСТУ 8604:2015 Дизайн і ергономіка. Робоче місце для виконання робіт у положенні сидячи. Загальні ергономічні вимоги
25. ДСТУ 3191-95 (ГОСТ 12 2.137-96) Обладнання для кондиціонування повітря та вентиляції
26. ДСН 3.3.6.042-99 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень».
27. Внутренние санитарно-технические устройства / Под ред. И. Г. Староверова: Ч.2. Вентиляция и кондиционирование воздуха. - М.: Стройиздат, 1978.-509.
28. ДБН В2.5-28-2018 «Природне і штучне освітлення».
29. ДСН 3.3.6.037–99 «Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку».
30. ДСН 3.3.6.039-99 «Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації».
31. ДСТУ ГОСТ 26568: 2009 «Вибрация методы и средства защиты».

32. ДСТУ ІЕС 61140: 2015 «Захист проти ураження електричним струмом. Загальні аспекти щодо установок та обладнання».
33. ДБН В.1.1-7-2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва».
34. ДСТУ Б В.1.1-36:2016 «Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухо-пожежною та пожежною небезпекою».
35. ДСТУ 3675-98 «Пожежна техніка. Вогнегасники переносні. Загальні технічні вимоги та методи випробувань».
36. ДБН В.2.5-56-2014 «Системи протипожежного захисту».
37. ДСТУ Б В.2.5-38:2008 «Улаштування блискавкозахисту будівель та споруд».

ВІДГУКИ КОНСУЛЬТАНТІВ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

ВІДГУК

кваліфікаційна робота бакалавра: «Автоматизація технологічного процесу
виробництва маргарину»,

студент гр. 151-19ск-1 Селіванов Олексій Леонідович

Об'єкт розробки – система автоматичного керування технологічним обладнанням - скребковим холодоагентом маргаринової емульсії типу ЛМСО-33.

Об'єкт дослідження – процес охолодження маргаринової емульсії у скребковому холодоагенті маргаринової емульсії типу ЛМСО-33.

Предмет дослідження – модель скребкового холодоагенту маргаринової емульсії типу ЛМСО-33 з каналом регулювання «тиск маргаринової емульсії на вході → температура маргарину на виході».

Підсистема керування має підтримувати задану температуру маргарину на виході в межах діапазону температур 10...14 °С завдяки регулюючим можливостям тиску маргарину на вході, який може змінюватись в межах 1,2...3,2 МПа. Температура маргарину на виході залежить від технологічних параметрів випуску продукції.

Для організації економічної роботи скребкового холодоагента маргаринової емульсії типу ЛМСО-33 забезпечено регулювання потужності компресорів тиску холодоагенту та маргарину на вході, тобто забезпечено «інверторний» режим роботи цих компресорів завдяки застосуванню частотних перетворювачів.

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

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

Цілі, поставлені перед кваліфікаційною роботою, повністю виконані. ПЗ і графічна частина кваліфікаційної роботи виконана відповідно до вимог ГОСТ і ЕСКД, зауважень до проекту немає. При виконанні кваліфікаційної роботи і ухваленні рішень проявлена висока міра самостійності, технічної грамотності.

Оцінки по розділах кваліфікаційної роботи - «_____».

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

Керівник кваліфікаційної роботи, _____ доц. Заславський О.М.

____.06.2022

РЕЦЕНЗІЯ

кваліфікаційна робота бакалавра: «Автоматизація технологічного процесу виробництва маргарину»,

студент гр. 151-19ск-1 Селіванов Олексій Леонідович

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

Рецензент, _____

_____.06.2022

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 маргарину», здобувача вищої освіти, групи 151-19ск-1, Селіванов Олексій Леонідович.

Загальний обсяг кваліфікаційної роботи без переліку посилань складає _____ 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,
посада, ас. каф. КФІВС
ступінь

(підпис)

Воскобойник Є.К.

(дата)

Ім'я користувача:
Олег Бойко

ID перевірки:
1011455950

Дата перевірки:
03.06.2022 18:31:20 EEST

Тип перевірки:
Doc vs Internet + Library

Дата звіту:
03.06.2022 18:38:17 EEST

ID користувача:
100008838

Назва документа: 01_151_-19ск_Селіванов_О_Л_-_ПЗС

Кількість сторінок: 90 Кількість слів: 15035 Кількість символів: 111153 Розмір файлу: 2.89 MB ID файлу: 1011334500

Виявлено модифікації тексту (можуть впливати на відсоток схожості)

26% Схожість

Найбільша схожість: 13% з Інтернет-джерелом (<http://ir.nmu.org.ua/bitstream/handle/123456789/158781/%D0%9A%D0%>)

26% Джерела з Інтернету

429

Сторінка 92

Не знайдено джерел з Бібліотеки

0% Цитат

Вилучення цитат вимкнене

Вилучення списку бібліографічних посилань вимкнене

36.4% Вилучень

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

Немає вилучених Інтернет-джерел

36.4% Вилученого тексту з Бібліотеки

26

Сторінка 92

Модифікації

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

Замінені символи

113

Підозріле форматування

15
сторінок