

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

Інститут Навчально-науковий інститут Комп'ютерних систем і технологій «Індустрія 4.0» ім. П.М. Платонова

Кафедра Автоматизації технологічних процесів і робототехнічних систем

Ступінь вищої Бакалавр
освіти

Спеціальність 151 - «Автоматизація та
комп'ютерно-інтегровані технології»

Освітня

програма «Комп'ютерні системи та програмна інженерія
в автоматизації»

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА

**Тема: «Автоматизація процесу керування випічкою хліба в
тунельній печі на Одеському хлібозаводі №4»**

Розробив

Малуха В. О.

Керівник

к.т.н., доцент

Муратов В. Г.

Зав. кафедри АТПіРС

д.т.н., професор

Хобін В.А.

*«е-версія роботи ідентична
оригіналу»*

Малуха В. О.

«е-версію роботи прийнято»

Депозитор кафедри АТПіРС

Т.В. Волик

ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інститут	Навчально-науковий інститут Комп'ютерних систем і технологій «Індустрія 4.0» ім. П.М. Платонова
Кафедра	Автоматизації технологічних процесів і робототехнічних систем
Ступінь вищої освіти	Бакалавр
Спеціальність	151 – «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»
Освітня програма	«Комп'ютерні системи та програмна інженерія в автоматизації»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри АТП і РС

д.т.н., проф. Хобін В.А.

« 02 » 09 2022 року

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА

1. Студент **Малуха Вячеслав Олегович**
2. Тема кваліфікаційної роботи **«Автоматизація процесу керування випічкою хліба в тунельній печі на підприємстві «ОДЕСЬКИЙ ХЛІБЗАВОД №4»»**
3. Керівник кваліфікаційної роботи **Муратов Віктор Георгійович, к.т.н., доцент**
п. 2 затверджено наказом ОНТУ № 475-03 від 22 серпня 2022 року і п. 3 затверджено наказом ОНТУ від 07 березня 2023 року № 96-03.
4. Строк подання студентом випускної дипломної роботи - 05 червня 2023 р.
5. Вихідні дані до кваліфікаційної роботи: матеріали виконаних індивідуальних завдань (ІЗ) технологічної і переддипломної практик, курсових та самостійних робіт, виконаних у відповідності с ІЗ.
6. Зміст кваліфікаційної роботи (перелік питань, які потрібно розробити) :
 - 1) Характеристика управління випічкою хліба в тунельній печі, обґрунтування доцільності та шляхів підвищення ефективності керуванням процесом.
 - 2) Конкретизація задачі дотримання регламентів управління випічкою хліба в тунельній печі, розробка і реалізація комплексу його моделей як об'єкта регулювання.
 - 3) Розробка і параметрична оптимізація алгоритмів регулювання, порівняльний аналіз САР, отримання цифрових аналогів обраних алгоритмів.
 - 4) Конкретизація задачі і розробка алгоритмів логічного керування випічкою хліба в тунельній печі.
 - 5) Вибір технічних засобів отримання інформації про змінні процесу та реалізації керуючих впливів.

6) Розробка контролерно-комп'ютерної мережі, програмування алгоритмів регулювання та логічного керування САК.

7) Розробка SCADA для автоматизованого робочого місця технолога і наладчика САК.

8) Розробка фрагментів документації технічного забезпечення САК, включаючи питання охорони праці.

9) Попереднє обґрунтування економічної доцільності реалізації роботи.

7. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Конкретизація задачі дотримання регламентів технологічного процесу, розробка і реалізація комплексу його моделей як об'єкта регулювання	Хобін В.А., зав. каф. АТПіРС		
Розробка і параметрична оптимізація алгоритмів регулювання, порівняльний аналіз САР, отримання цифрових аналогів обраних алгоритмів	Хобін В.А., зав. каф. АТПіРС		
Розробка контролерно-комп'ютерної мережі, програмування алгоритмів регулювання та логічного керування САУ	Левінський В.М., доц. каф. АТП і РС		
Розробка SCADA для автоматизованого робочого місця технолога і наладчика САК	Степанов М.Т., доц. каф. АТП і РС		
Вибір ТЗА та розробка фрагментів документації технічного забезпечення САК	Левінський В.М., доц. каф. АТП і РС		
Попереднє обґрунтування економічної доцільності впровадження проекту	Мужайло В.Д., доц. каф. МіЛ (ПУтаА)		

8. Дата видачі завдання 26 грудня 2022 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів випускної дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Характеристика управління випічкою хліба в тунельній печі, обґрунтування доцільності та шляхів підвищення ефективності керуванням процесом	29.03.23 р.	
2	Конкретизація задачі дотримання регламентів управління випічкою хліба в тунельній печі, розробка і реалізація комплексу його моделей як об'єкта регулювання	10.04.23 р.	
3	Розробка і параметрична оптимізація алгоритмів регулювання, порівняльний аналіз САР, отримання цифрових аналогів обраних алгоритмів	24.04.23 р.	
4	Конкретизація задачі і розробка алгоритмів логічного керування випічкою хліба в тунельній печі	25.04.23 р.	
5	Вибір технічних засобів отримання інформації про змінні процесу та реалізації керуючих впливів	28.04.23 р.	
6	Розробка контролерно-комп'ютерної мережі, програмування алгоритмів регулювання та логічного керування САК	05.05.23 р.	
7	Розробка SCADA для автоматизованого робочого місця технолога і наладчика САК	19.05.23 р.	
8	Розробка фрагментів документації технічного забезпечення САК, включаючи питання охорони праці	26.05.23 р.	
9	Попереднє обґрунтування економічної доцільності реалізації роботи	02.06.23 р.	

Студент

Малуха В.О.

Керівник кваліфікаційної
роботи бакалавра

Муратов В.Г.

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота бакалавра Малухи Вячеслава Олеговича «Автоматизація процесу керування випічкою хліба в тунельній печі на Одеському хлібозаводі №4» викладена на 190 сторінках, число таблиць 126, рисунків – 97, додатків - 8, джерел з переліку посилань - 10.

Ключові слова: автоматизація, об'єкт керування, система автоматичного керування, імітаційне моделювання, оптимальний параметричний синтез, програмований логічний контролер, принципова електрична схема.

Об'єкт розробки – система автоматичного керування процесом керування випічкою хліба в тунельній печі на Одеському хлібозаводі №4.

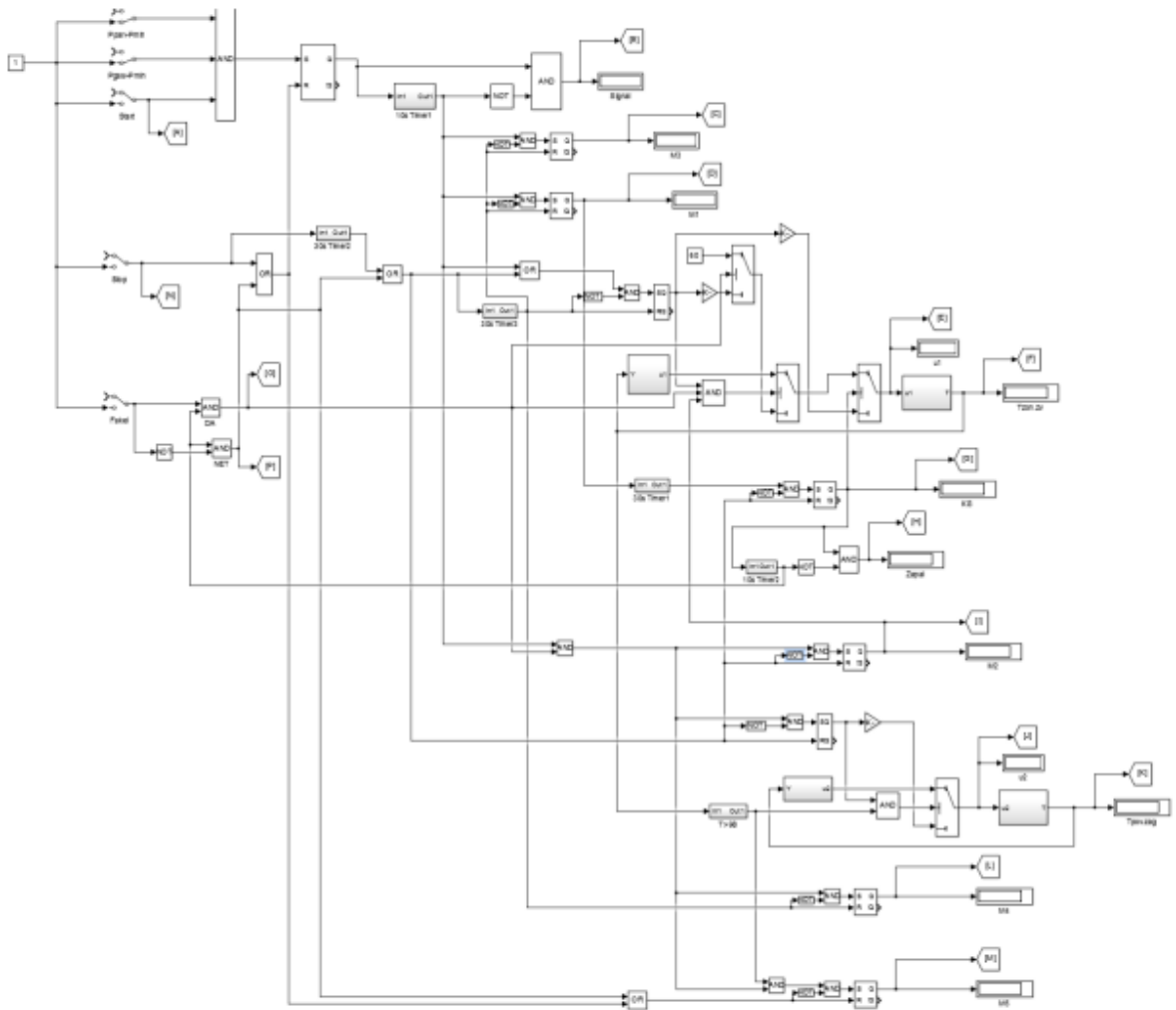
Мета роботи – підвищення техніко-економічних та екологічних показників функціонування керування випічкою хліба в тунельній печі на Одеському хлібозаводі №4, які досягаються за рахунок підвищення динамічної точності контрів САК,.

Методи дослідження – методи теорії автоматичного керування, ідентифікації об'єкту керування, імітаційного моделювання.

Отримані результати – Був виконаний синтез і аналіз САК простої структури і САК підвищеної динамічної точності (ПДТ), в якій, за рахунок застосування коригуючих зв'язків, досягається підвищення показників роботи САК. Проведена розробка контролерно-комп'ютерної мережі, яка реалізує САК, програмування алгоритмів регулювання та логічного керування САК. Була розроблена SCADA для автоматизованого робочого місця технолога і наладчика САК. Також, було проведено попереднє обґрунтування економічної доцільності реалізації проекту.

ЗМІС

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ.....	10
Вступ	11
РОЗДІЛ 1 ХАРАКТЕРИСТИКА КЕРУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМ ПРОЦЕСОМ ВИПІЧКИ ХЛІБА, ОБГРУНТУВАННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ ТА.....	12
ШЛЯХІВ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ КЕРУВАННЯ ПРОЦЕСОМ.....	12
1.1 Короткий опис хлібозаводу, характеристика виробничої і господарської діяльності	12
1.3 Вибір об'єкту для модернізації системи автоматизації, опис та аналіз реалізованого ним технологічним процесом та відповідного обладнання	18
1.4 Аналіз впливу ефективності керування технологічним агрегатом на показники якості продукції, її собівартість. Виявлення потенційних джерел економічної ефективності при впровадженні модернізованої системи	23
1.5 Конкретизація мети модернізації системи.....	25
РОЗДІЛ 2 КОНКРЕТИЗАЦІЯ ЗАДАЧІ ДОТРИМАННЯ РЕГЛАМЕНТІВ.....	27
КЕРУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМ ПРОЦЕСОМ ВИПІЧКИ ХЛІБА,	27
РОЗРОБКА І РЕАЛІЗАЦІЯ КОМПЛЕКСУ ЙОГО МОДЕЛЕЙ ЯК ОБ'ЄКТА	27
РЕГУЛЮВАННЯ.....	27
2.1 Розробка концептуальної моделі об'єкту регулювання	27
2.2 Ідентифікація моделей каналів перетворення об'єкта регулювання	28
2.3 Ідентифікація моделей детермінованих і випадкових складових неконтрольованих збурень	40
2.4 Реалізації моделей у середовищі імітаційного моделювання і підтвердження їх відповідності експериментальним даним	44
3.2 Параметричний синтез і аналіз САР базової структури	65
4.3 Формалізація регламентів та розробка алгоритмів логічного керування для підсистем зупинки в нештатних ситуаціях	95
4.5 Імітаційне моделювання алгоритмів логічного керування.	100
Моделювання роботи САК здійснюється в середовищі MATLAB, використовувани характеристики ОК і налаштування регуляторів ідентичні отриманим в попередніх розділах 2 і 3. На рис. 4.9 наведена схема САК. моделювання роботи, реалізоване в середовищі MATLAB, згідно з функціональною логічною схемою, описаною вище.	100
Усі сигнали керованих змінних, а також ті, що керують клапанами, двигунами та сигнали «ПУСК», «СТОП», наявності пальника надходять на Score через MUX_dr_score 1, схему якого показано на рис. 4.10. .	



.....	100
4.6 Висновки за розділами.....	104
В результаті реалізації розділу для даного технологічного процесу складено регламент роботи та алгоритми пуск-стоп процесу випічки хліба в нормальному та аварійному режимах, розроблено функціональну логічну схему та побудовано її реалізацію в середовищі MATLAB. .	104
Можна сказати, що розроблені алгоритми керування, а також характеристики, отримані під час моделювання роботи САК, достатньо точно відповідають реальним технологічним процесам.	104
В результаті моделювання ми покращили правильність виконання складних алгоритмів автоматичного логічного керування та функціонально-логічної схеми керування процесом випічки хліба.	104
ГЛАВА 5 ВИБІР ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ ОТРИМАННЯ ІНФОРМАЦІЇ	105
ПРО ЗМІННИ ПРОЦЕСУ ТА РЕАЛІЗАЦІЮ КЕРУЮЧОГО ВПЛИВУ	105
5.1 Характеристики середовищ, з якими взаємодіють засоби автоматизації та обслуговуючий персонал, які необхідно враховувати при виборі технічних засобів та їх розміщення.....	105
Стрічкова циклотермічна піч ППК-1 розташована в закритому від дощу і снігу середовищі. Враховуючи можливість витоку природного газу, приміщення слід віднести до категорії пожежо- та вибухонебезпечних.	105
Датчики і виконавчі механізми розміщуються одночасно на трубопроводах. Інше технічне обладнання приводної системи та АПМ технолога розміщується в окремому не пожежо- та вибухобезпечному приміщенні з температурою 20 - 25 оС і вологістю 50 - 60%.	105

Початок «Правил влаштування електроустановок»:	105
відкрита або зовнішня електроустановка	105
Електроустановка не захищена будівлею від атмосферних впливів. Електроустановки, захищені лише навісами, сітчастими огорожами тощо, вважаються зовнішніми приміщеннями, або внутрішніми, електроустановками.	105
Електроустановка, розташована в центрі міста, що захищає його від атмосферних впливів	105
За небезпекою ураження людей електричним струмом виділяють:	105
а) приміщення без підвищеної небезпеки, в яких відсутні умови, які	105
створюють підвищену або особливу небезпеку;	105
б) приміщення підвищеної небезпеки, які характеризуються	105
за наявності в них однієї із умов, що погіршує підвищену небезпеку:	105
1) вологість або електропровідний пил;	105
2) струмопровідна підлога (металева, земляна, залізобетонна, цегляна та ін.);	105
3) висока температура;	106
4) можливість одночасного дотику людини до металевих конструкцій будівель, технологічних пристроїв, механізмів тощо, які мають зв'язок із землею, з одного боку, і до металевих корпусів електрообладнання – з іншого;	106
в) особливо небезпечні приміщення, які характеризуються наявністю	106
перша з умов, що створює особливу небезпеку:	106
1) особлива вологість;	106
2) хімічно активне або органічне середовище;	106
3) одночасно два або більше станів підвищеної небезпеки	106
відповідно до введеної класифікації електрообладнання стрічкову циклічну піч слід віднести до закритої електроустановки, приміщення з підвищеним ризиком ураження електричним струмом.	106
Відповідно до «Правил будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок ДНАОП 0.00-1.32-01» клас вибухонебезпечних зон типових виробництв та категорія і група вибухонебезпечної суміші повинні бути відображені в нормах технологічного проектування або в галузеві переліки продукції з вибухобезпеки.	106
Газові, парові та повітряні вибухонебезпечні середовища — світові вибухонебезпечні зони класів 0, 1, 2, а пилоповітряні — вибухонебезпечні зони класів 20, 21, 22.	106
Вибухонебезпечна зона класу 0 - це простір, в якому вибухонебезпечне середовище знаходиться або протягом тривалого постійного часу.	106
Вибухонебезпечна зона класу 0 згідно з вимогами цього розділу може розташовуватися тільки в межах корпусів технологічного обладнання.	106
Вибухонебезпечна зона класу 1 - це простір, в якому при нормальній експлуатації може утворюватися вибухонебезпечна атмосфера (надалі нормальна робота - це ситуація, коли установка працює за своїми розрахунковими параметрами). Вибухонебезпечна зона класу 2 — простір, у якому вибухонебезпечне середовище за нормальних умов експлуатації відсутнє, а якщо воно виникає, то рідко і триває недовго. У цих випадках можливі аварії катастрофічних розмірів (розрив трубопроводів високого тиску або резервуарів значної місткості) не повинні розглядатися під час проектування електроустановок.	107
5.2 Вибір технічних засобів збору інформації про хід технологічного процесу і стан обладнання	110
5.3 Вибір технічних засобів для реалізації керуючих впливів технологічного процесу	117
5.4 Висновки за розділом.	124

РОЗДІЛ 6. РОЗРОБКА КОНТРОЛЕРНО-КОМП'ЮТЕРНОЇ МЕРЕЖІ,	125
ПРОГРАМУВАННЯ АЛГОРИТМІВ РЕГУЛЮВАННЯ ТА ЛОГІЧНОГО	125
КЕРУВАННЯ САК	125
6.1 Формування списку параметрів які повинні вводитись і виводитись з контролера.....	125
6.2 Розробка технічної структури мікропроцесорного ядра системи керування.....	128
6.3. Програмне конфігурування контролера.....	129
6.4. Програмна реалізація алгоритмів регулювання та їх тестування на моделі ОК.	131
6.5. Програмна реалізація алгоритмів логічного керування	134
6.6. Розробка підсистеми взаємодії автоматизованого робочого місця та мережі контролерів за допомогою OPC-сервера.	138
РОЗДІЛ 9 ПОПЕРЕДНЄ ОБГРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ.....	178
ДОЦІЛЬНОСТІ РЕАЛІЗАЦІЇ РОБОТИ.....	178
9.1 Розрахунок інвестиційних витрат на модернізацію системи автоматизації процесу випічки хліба.....	178
9.2 Річна економія за рахунок модернізації системи автоматизації процесу випічки хліба.....	184
9.3 Приріст чистого прибутку та чистого грошового потоку за рік після модернізації системи автоматизації процесу випічки хліба	187
9.4 Висновки за розділом.....	188
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	189
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ	190
ДОДАТОК А Документація до схеми автоматизації Таблиця А – Попередній перелік обладнання до схеми автоматизації	191
ДОДАТОК Б Документація до принципової електричної схеми контролю та керування	193
ДОДАТОК В Документація до принципової електричної схеми живлення.....	194
ДОДАТОК Д Документація до схеми зовнішніх проводок Таблиця Д – Попередній перелік обладнання до схеми зовнішніх проводок.....	197

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

ОР – об’єкт регулювання

ОК – об’єкт керування

ТП – технологічний процес

ПД регулятор – пропорціональний диферинцюючий регулятор

ПІ регулятор – пропорціонально інтегральний регулятор

ВП – випадковий процес

САК ПДТ – система автоматичного керування підвищеної динамічної точності

САК – система автоматичного керування

ПК – персональний комп’ютер

МПК – мікропроцесорний контролер

КЗ – коригуючий зв’язок

ППЗС – предпускова звукова сигналізація

АРМ – автоматизоване робоче місце

ЗА – засоби автоматизації ММ – математична модель Вступ

Вступ

В якості об'єкта доопрацювання системи автоматизації обрана тунельна циклотермічна піч ППЦ1. Приготування сировина, приготування тесту здійснюється за іншою версією. Розстойка заготовок, випікання хліба, охолодження і пакування готової продукції здійснюються на першому варіанті. У випадку промислової гнучкості охоплення можна виправити лише один раз, якщо технологічний процес можна реалізувати розумно. Для виготовлення хлібобулочних виробів потрібні не лише кваліфіковані навчені спеціалісти, але й володіння сучасними світами. На дану годину приймання, ніби виробляє хлібобулочні вироби виробника сьогодні

володів, але не модернізував САК. Підвищення конкурентоспроможності можливе лише за допомогою поточної модернізації САК. Проведено модернізацію, щоб дозволити мені змінити витрати енергії на енергію та покращити якість регулювання. Даний технологічний процес, має певні складні, наприклад, такі як: підтримання температури на поверхні заготовки, як пропарювання і повторний газосум, а також контроль температури в зоні нагріву. При цьому основними рішеннями для досягнення мети є встановлення нових, модернізованих САК.

РОЗДІЛ 1 ХАРАКТЕРИСТИКА КЕРУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМ ПРОЦЕСОМ ВИПІЧКИ ХЛІБА, ОБГРУНТУВАННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ ТА ШЛЯХІВ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ КЕРУВАННЯ ПРОЦЕСОМ

1.1 Короткий опис хлібозаводу, характеристика виробничої і господарської діяльності

- Виробнича будівля з прилеглим складом для безтарного зберігання борошна, запроектована в 2 поверхи.
- Запланована пекарня вважається пекарнею середньої потужності. На хлібокомбінаті планується добовий випуск 40,0 тонн хлібобулочних виробів. Робочий тиждень безперервний у дві зміни по 12 годин.
- Виробництво створено за вертикальною схемою технологічного процесу. Підготовка сировини, приготування тіста на другому етапі. На першому варіанті здійснюється обробка тіста, розведення заготовок, випікання хліба, охолодження і пакування готової продукції.
- Автотранспортом здійснюється доставка сировини, палива та вивіз продукції. Пекарня має склад для БХМ. Відвантаження всього борошна здійснюється насипом у борошновозах і зберігається на закритому складі безтарного зберігання борошна, де встановлено 6 силосів марки А2-ХЭ160А, 2 для зберігання житнього борошна, 3 для пшеничного борошна. першого сорту і 2 для пшеничного борошна другого сорту. Всі силоси встановлені на тензодатчиках.

- Силоси оснащені приймальним пристроєм Муковоз, що оптимізує процес завантаження борошна в силос. Приймальний пристрій складається з розвантажувальних і завантажувальних рукавів, з'єднувальних труб і кронштейнів, на які після роботи встановлюється рукав. На кожному силосі передбачені фільтри для очищення повітря.

- Для розвантаження кожен силос має вихід і швидкісний шнековий транспорт. Для кожного сорту борошна передбачено окреме просіювач. Борошно із силосів надходить на просіювач і далі на виробництво, у тістомісильне відділення.

- У тістомісильному відділенні на майданчику встановлюють проміжні бункери для борошна першого сорту і житнього борошна. Борошно з проміжних бункерів по коліях гнучкого гвинтового конвеєра подається в борошнороздавачі. Дозатор борошна оснащений системою автоматичного накопичувального обліку борошна та диско-поворотним клапаном з ручним активатором.

- Вся додаткова сировина доставляється насипом і зберігається на складі сировини на піддонах.

- Сировина, така як сіль, цукор, дріжджі та маргарин, подається в тісто у важкому варіанті, для чого проектом передбачені спеціальні приміщення для солі розчинника та розчинної установки.

- На заводі проектується насипний соляний накопичувач, розрахований на 16 м³, що складається з трьох відсіків. Сіль на завод привозять самоскидом. З автосамоскида сіль висипається в один із приймальних люків-відсіків, інші відсіки є відстійниками. Вода подається в приймальний відсік, заповнений сіллю, до тих пір, поки розчин солі не заповнить всі відсіки відстійника. Вода, проходячи через шар солі, насичується і самопливом через отвір у поперечних перегородках заповнює всі відсіки розчином однакової концентрації. Розчин густиною 1,2 г/см³ подається насосами на виробництво у вихідну ємність на майданчику в місильне відділення.

- Для отримання розчину цукру проектом передбачено 6 цукророзчинників з сорочками та мішалками. Цукор вручну засипають у ємність, куди подається вода 65 оС. цукровий розчин у міру потреби подається насосом через фільтр у роздавальну ємність, встановлену на платформі в тістопримільному відділенні.

- Дріжджову суспензію готують так само, як і цукровий розчин, для неї встановлюють 2 ємності. Для дріжджової суспензії у вкладишах контейнерів подається холодна вода (10 оС).

- Для спалювання жиру передбачений 1 жиророзчинник, в сорочку якого подається гаряча вода (65 оС). Розтоплений маргарин (з попутним трубопроводом) насосом подається в роздавальний посуд тістомісильного відділення.

- Приготування тіста житньо-пшеничного на густих заквасках здійснюється на тістомісильних машинах періодичного дії Г4-МТМ-330. Приготування пшеничного тіста досягається на тісті більшої густоти на тістомісильних машинах Г4-МТМ-330.

- Готове тісто придатне для обробки за допомогою дежеподемопрокидівателя А2ХП2Д-01.

- Сюди входять такі лінії виробництва тіста:

- 1) для хлібоподібних виробів - вакуумно-поршневий подільник марки «Схід-ТД-2М», тістоокруглювальна машина БТО-110/1, розстойна шафа марки «Шхр», тісторозкаточні машини ТЗМ- 3, автомат.

- Випробувальний тримач заготовки Г4-КПЗ-2,1 -1, кінцева висувна шафа Г4-

- Хпр-2.1, Різак пробних заготовок Г4-НЗЗ-2.1-П, піч Г4-КХП-2.1-25;

- 2) для формового житньо-пшеничного хліба - тістовіддільник Г4-ХДЗ-У, установка розстойно-печна Г4-РПА-20;

- Готова продукція з печей конвеєром надходить на спіральний охолоджувач КВЛ-1. Після охолодження продукція на конвеєрі пакується в

пакувальну машину Linepak F. Запакована продукція укладається на оборотний стіл Х-ХГ і розміщується на дерев'яних підносах, які комплектуються в тару ХКЛ-18.

- Хліб експедиційно доставляється до торгових точок, де ведеться облік і документообіг.
- Товар завантажується в автотранспорт із суміші очищеного житнього та пшеничного борошна
 - I сорт 0,85 кг;
 - - хліб Орловський із суміші борошна житнього і пшеничного II сорту, $m = 0,7$ кг;
 - - Нарізка батона з пшеничного борошна першого сорту, $m = 0,4$ кг;
 - - Батон студентський з борошна пшеничного першого сорту 0,3 кг.

1.2 Узагальнена характеристика технологічних процесів підприємства та рівня його автоматизації

Технологічний процес випічки призначений для закріплення структури сформованих виробів, а також для отримання споживчих властивостей готового виробу. У процесі випікання хліба основними завданнями для отримання якісного хліба є отримання якісної скоринки і якісного м'якушки, а до додаткових завдань можна віднести придушення життєдіяльності дріжджів. Фіксація форми виробів відбувається шляхом цілеспрямованої зміни їх властивостей. У цій області важливу роль відіграють процеси тепломасообміну, міжфазного переходу (випаровування води). Випічка завершує складний комплекс колоїдних, біохімічних та інших процесів, які також відбуваються на попередніх ділянках технологічної схеми – ділянках приготування та обробки тіста. Під час випікання інтенсивність цих процесів змінюється, тісто перетворюється на м'якуш хліба із заданими властивостями, визначеними вимірювальним і органолептичним методами.

Отже, суть технологічного процесу випічки полягає в цілеспрямованому перетворенні матеріальних (формованого тіста) та енергетичних (теплопостачання) потоків у спеціальному технологічному обладнанні (хлібопекарській печі) з метою отримання готової продукції (булочних виробів) із заданими властивостями, що є, показники якості. У процесі випікання хліба підвищується пружність, міцність структури і сухість його м'якушки спочатку в прилеглих до скоринки шарах, а потім поступово в центрі буханки.

Усі ці зміни, якими характеризується перехід тіста в процесі його випікання в хліб, є результатом цілого комплексу процесів — фізичних, мікробіологічних, хімічних і біохімічних.

Робочий об'єм пекарної камери прийнято розділяти на чотири основні зони, що мають характерні температурні режими і тривалість перебування в них ВТЗ (наведемо значення режимних параметрів для нарізного батона):

I – зона пароутворення. Для утворення глянцевої поверхні на батоні необхідна короткочасна (3 хв.) дія насиченої пари з високою відносною вологістю в зоні зволоження ($\theta_{ZU} = 98-102^{\circ}\text{C}$; $\phi = 60-70\%$). У цій зоні температура центру пульпи $36-38^{\circ}\text{C}$, верхньої кірки $80-85^{\circ}\text{C}$, нижньої $90-95^{\circ}\text{C}$.

II — зона інтенсивного нагрівання; цей період випікання (10 хв.) характеризується змінним об'ємом виробів і зростаючою швидкістю виділення вологи. При цьому температура навколишнього середовища пекарної камери становить $200-215^{\circ}\text{C}$. Цей період закінчується при закріпленні форми продукту і температурі центру м'якоті $50-65^{\circ}\text{C}$, верхньої кірки $115-135^{\circ}\text{C}$, нижньої кірки $135-155^{\circ}\text{C}$.

III - перехідна зона; при цьому температура середовища пекарної камери повинна різко знизитися до температури $140-145^{\circ}\text{C}$. У цей період протягом 10 хв. температура центру м'якоті $85-95^{\circ}\text{C}$, верхньої кірки 115°C , нижньої 120°C .

IV — фінішна зона. Випікання в цій зоні триває 24 хвилини. При цьому температура середовища пекарної камери становить 130 - 135оС. У цей період температура центру м'якоті 980С, верхньої кірки 115оС, нижньої 120оС.

Для нагріву печі використовується природний газ, який подається під тиском 42кПа і температурою 60С. У печі спалюється газ. Щоб процес горіння протікав нормально, в топці створюють розрідження. Температура продуктів згоряння, що використовуються для нагрівання пекарної камери, становить 1000-16000С і знижується до 450-4800С за рахунок рециркуляції частини газів на виході з робочого простору печі. Продукти згоряння, змішані з газами рециркуляції, по системі газоходів надходять в канали опалення. Охолоджені до температури 340-380 0С гази видаляються рециркуляційним вентилятором.

Процес випічки реалізується в хлібопекарських печах різних конструкцій: тунельних, тупикових, ротаційних печах, печах. Розрізняють підові та колискові печі. Для опалення печей використовується газ або електрика.

Технологічна схема процесу випічки показана на рис.1.1.

В димову трубу

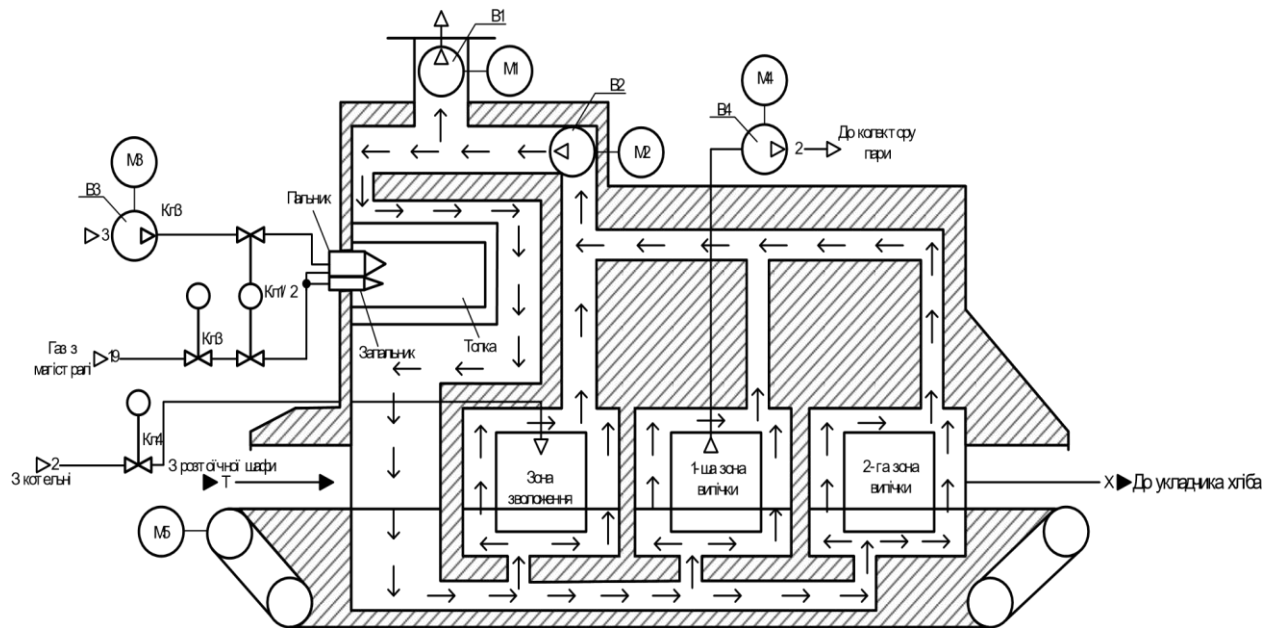


Рис. 1.1 – Технологічна схема процесу випічки хліба

1.3 Вибір об'єкту для модернізації системи автоматизації, опис та аналіз реалізованого ним технологічним процесом та відповідного обладнання

- Об'єктом дослідження системи автоматизації була обрана тунельна циклотермічна піч.
- Тунельна циклотермопіч ТПН компанії ГОСТОЛ - це універсальна піч, призначена для безперервної випічки всіх видів хліба та хлібобулочних виробів, для яких потрібна температура випікання до 300°C.
- Пересування всередині печі здійснюється за допомогою сталевітканої сітки (ТПН), гранітних плит (ТПН ГП) або шарніра (ТПН С). Як паливо використовують газ, мазут, дизельне паливо або їх комбінацію. Піч може працювати як самостійна одиниця, так і в складі автоматизованої лінії.
- Основні переваги циклотермічної печі ТПН:
 - Надзвичайно низьке енергоспоживання під час випічки;
 - Можливість випікання всіх видів хліба та хлібобулочних виробів (на ніжках, у формах або на деках);
 - Великий вибір площ випічки (від 25 до 165 м²);

- – Виконання з одним куполом до 80 м² площі;
- – Регульована схема випічки - час і температура випічки регулюються в залежності від вимог технологічного процесу;
- – мінімальна довжина окремої температурної зони – 3 м;
- – Економія теплової енергії за рахунок використання якісних ізоляційних матеріалів;
- – Застосування новітньої моделі пальників Waishaupt серії WM - G10 і стандартне автоматичне регулювання розрідження в топці;
- – Привід печі виконаний у вигляді прямого приводу з планетарним редуктором, що дає більш високий ККД і значно скорочує витрати на обслуговування та ремонт, а також продовжує термін служби.

Тунельна циклотермічна піч TPN фірми GOSTOL показана на рис. 1.2.



Рис. 1.2 – Тунельна циклотермічна піч TPN фірми GOSTOL

Метою процесу випічки хліба є отримання готового продукту із заданими показниками якості. У промисловому виробництві досягнення мети може бути виправданим лише тоді, коли технологічний процес є доцільним для реалізації, коли виконується ряд вимог до технологічного процесу.

- є достатній запас тістових заготовок на 1 годину роботи;
- тиск пари в паропроводі повинен бути не менше 0,2 МПа;
- питомі, тобто на одиницю продукції, витрати енергії на процес не повинні перевищувати нормативних значень;
- режими роботи технологічного обладнання не повинні виходити за допустимі межі;

- шкідливий вплив технологічного процесу на людину і природу не повинен перевищувати нормативних значень. Представимо розглянутий технологічний процес випічки хліба у вигляді параметризованої схеми (рис. 1.3).

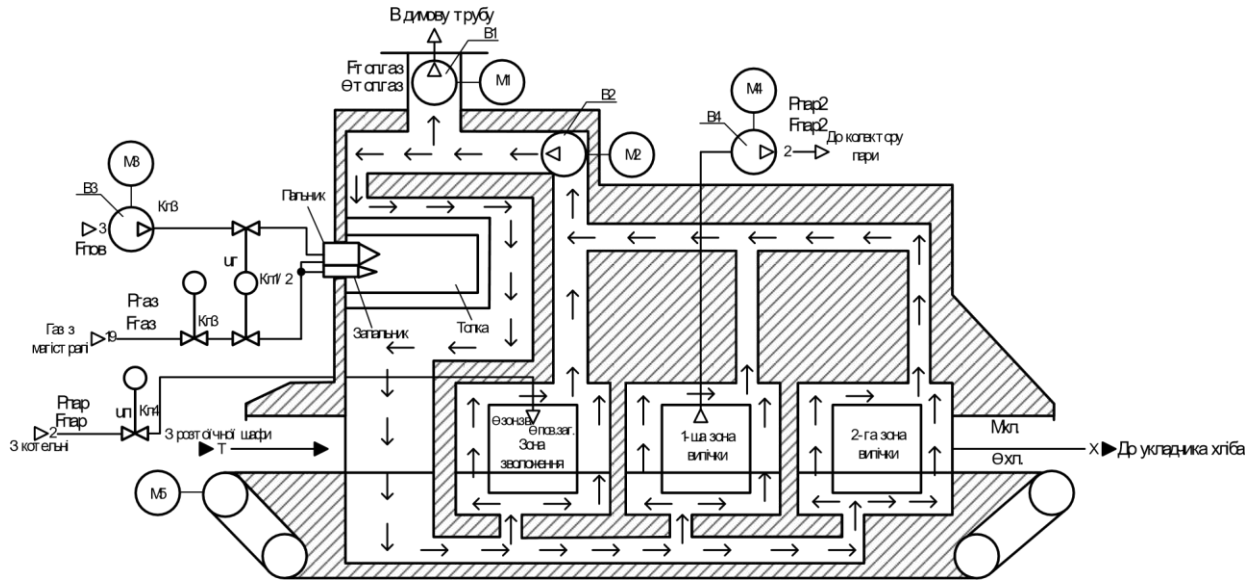


Рис. 1.3 – Параметризована схема процесу випічки хліба

Розглянемо параметри, нанесені на дану схему:

$F_{пов}$ – витрати повітря, кг/год;

$P_{газ}$ – тиск газу, МПа;

$F_{газ}$ – витрати газу, кг/год;

$P_{пар}$ – тиск пари, МПа;

$F_{пар}$ – витрати пари, кг/год;

$P_{пар2}$ – тиск відпрацьованої пари, МПа;

$F_{пар2}$ – витрати відпрацьованої пари, кг/год;

$F_{топ.газ.}$ – витрати топкових газів, кг/год;

$\Theta_{топ.газ.}$ – температура топкових газів, °C;

$\Theta_{зон.зв.}$ – температура в зоні зволоження, °C;

$\Theta_{пов.заг.}$ – температура поверхні заготівки, °C;

$M_{тіст}$ – вологість тіста, %

$\Theta_{тіст}$ – температура тіста, °C

$M_{\text{хл}}$ – вологість хліба, %

$\Theta_{\text{хл}}$ – температура хліба, °C

$U_{\text{г}}$ – положення РО для зміни витрати повітря та газу, %х.р.о.;

$U_{\text{п}}$ – положення РО для зміни витрати пари, %х.р.о.;

δ_1 – конструктивні параметри у зоні зволоження%. Основу нормативів складають три основних регламенти.

Технологічний регламент – вибір умов, за яких у результаті технологічного процесу буде отримано продукт із заданими властивостями. Це набір номінальних значень і допусків на відхилення від номінальних технологічних параметрів. Для технологічного процесу випікання хліба за таких параметрів становить $\Theta_{\text{зон.зв.}}$ і $\Theta_{\text{загальне.}}$.

Регламент експлуатації - прийняття умов для нормальної безаварійної роботи технологічного обладнання. Він показує набір номінальних значень і допусків на відхилення робочих параметрів технологічного обладнання. Для технологічного процесу випікання хліба таких параметрів немає.

Техніко-економічний та екологічний регламент визначає умови ефективності процесу та його екологічності. Він являє собою набір номінальних і гранично допустимих значень техніко-економічних і екологічних параметрів. Для технологічного процесу випікання хліба такими параметрами є $F_{\text{газ}}$, $F_{\text{топ.газ}}$ і $F_{\text{пар}}$.

При відхиленні параметрів процесу випікання хліба від регламентованих значень, внаслідок зміни параметрів, що характеризують умови процесу, навіть при достатньо ефективному управлінні вони можуть перевищувати допустимі значення. Однак при виході з допуску технологічного регламенту технологічний процес не зупиняється, а вихід з допуску з часом усувається. Результатом відпуску технологічних параметрів на допуск є зниження якості спирту та збільшення браку.

Допуски на відхилення від поточних значень регульованих параметрів поділяються на довгострокові та короткочасні. Допустимі відхилення - це зона незначних відхилень, середнє значення параметра якої можна вважати

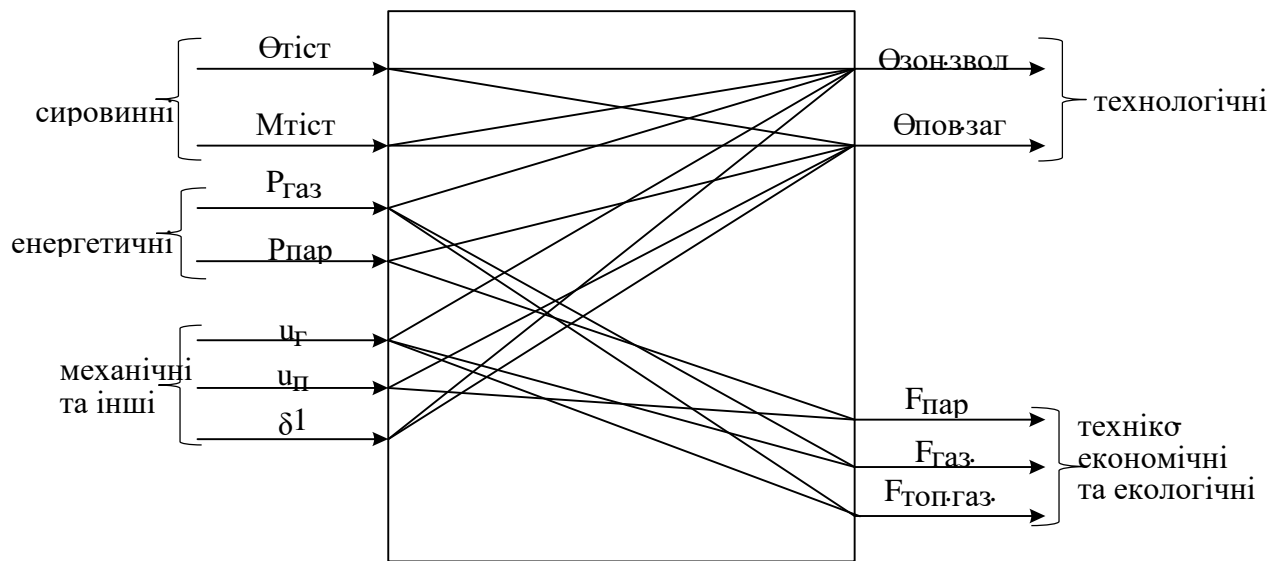
загальноприйнятим еталоном, тому ці відхилення не усуваються. Короткочасні допустимі відхилення параметрів перевищують зону незначних відхилень і призводять до зниження ефективності процесу, тому вони припускаються лише на обмежений час, який встановлюється і включається в регламент. Вихід параметрів за межі зони короткочасних припускається відхилень від збою технологічного процесу або роботи обладнання, що може призвести до аварії. Для аналізу нормативів ведення процесу випічки хліба складемо таблицю регламентів (таблиця 1.1).

	Найменування	Позначення			Допустимі відхилення від номіналу		
					Довготривалі	Короткочасні	
					Величина	Величина	Час, с
	Температура в зоні зволоження	Θ _{зон.звол}	С	00	±2	±5	120
	Температура поверхні заготівки	Θ _{пов.заг}	С	5	±1	±3	40

Таблиця 1.1 – Таблиця регламентів

Поточні значення нормативних параметрів завжди відрізняються від номінальних (і можуть виходити за межі допусків) внаслідок зміни умов, у яких ведеться процес. Ці умови також характеризуються певними параметрами і можуть бути (для зручності) згруповані за деякими ознаками.

Сировинні параметри характеризують властивості продукту, що йде на переробку. До цієї групи параметрів віднесемо параметри сировини ($\Theta_{\text{тіст}}$,



$M_{\text{тіст}}$).

Енергетичні параметри характеризують енергію, що підводить до технологічного встаткування ззовні й витрачається на зміну властивостей продуктів. До цієї групи параметрів віднесемо $R_{\text{пар}}$, $R_{\text{газ}}$.

Механічні (або інші специфічні) параметри технологічного обладнання характеризують стан їх робочих органів. До цієї групи параметрів віднесемо $u_{\text{г}}$, $u_{\text{п}}$, $\delta 1$.

Формалізація опису взаємозв'язків між параметрами технологічного процесу досягається за рахунок переходу до формалізованої параметричної схеми технологічного процесу (рис. 1.4).

1.4 Аналіз впливу ефективності керування технологічним агрегатом на показники якості продукції, її собівартість. Виявлення потенційних джерел економічної ефективності при впровадженні модернізованої системи

Рис. 1.4 – Параметрична схема процесу випічки хліба

У процесі функціонування модернізованої САК повинно бути підвищення якості регулювання регламентованих змінних.

Потенційними джерелами економічної ефективності при впровадженні модернізованої системи є:

- зменшення витрат газу за рахунок підвищення якості регулювання температури в зоні зволоження;
- зменшення витрат пари за рахунок підвищення якості регулювання температури поверхні заготовок;

З імітаційного модулювання відомо, що зниження середнього значення відхилення $\Delta T_{\text{зон.звол}}^{\text{на } 1^{\circ}\text{C}}$ дає економію газу приблизно 8 %, а зниження середнього значення відхилення $\Delta T_{\text{пов.заг}}^{\text{на } 1^{\circ}\text{C}}$ дає економію пари приблизно 10 %.

Перелік вирішуваних завдань та їх вплив на показники економічної ефективності зведемо в таблицю 1.2.

Статті витрат	Очікуване джерело економії	Кількісна оцінка
Витрати газу	Стабілізація температури в зоні зволоження	Умовно змінна норма витрати газу: до автоматизації – 0,5 т/т після автоматизації – 0,4 т/т
Витрати пари	Стабілізація температури поверхні заготовок	Умовно змінна норма витрати пари: до автоматизації – 0,15 Гкал/т після автоматизації – 0,135 Гкал/т

Таблиця 1.2 – Перелік вирішуваних завдань та їх вплив на показники економічної ефективності

1.5 Конкретизація мети модернізації системи

Економічна винагорода – підвищення конкурентоспроможності підприємства та прибутковості підприємства за рахунок підвищення якості регулювання регламентованих змін та зниження питомих витрат енергоресурсів при впровадженні модернізованої САК.

Система керування процесом випікання хліба реалізована на базі технічних і програмних засобів із отриманням інформації про змінні процеси та реалізацією керуючих впливів, за допомогою ПЕОМ та ПЕОМ.

Система повинна реалізовувати такі функції: а) інформаційну:

- збір та обробка технологічної інформації;
- оперативне відображення технологічної інформації;
- зберігання технологічної інформації;

б) керівники:

- стабілізація технологічних параметрів;
- вибір режимів керування;
- автоматичне логічне керування агрегатом у стандартних і нестандартних ситах.

1.6 Висновки за розділами

В якості об'єкта дослідження системи автоматизації обрано стрічкову циклотермічну піч ППК-1. Зроблено опис та аналіз технологічного процесу випікання хліба та необхідного обладнання.

Економічна винагорода – підвищення конкурентоспроможності підприємства та прибутковості підприємства за рахунок підвищення якості регулювання регламентованих змін та зниження питомих витрат енергоресурсів при впровадженні модернізованої САК. Зниження витрати газу досягається за рахунок підвищення якості регулювання температури в зоні зволоження. А витрата на паророзведення здійснюється за рахунок якісного контролю температури поверхні заготовок.

З огляду на вищезазначене, необхідно вдосконалювати контроль якості, вдосконалювати алгоритми керування, розвивати контролерно-комп'ютерні мережі, а також розробляти SCADA для автоматизованого робочого місця оператора.

РОЗДІЛ 2 КОНКРЕТИЗАЦІЯ ЗАДАЧІ ДОТРИМАННЯ РЕГЛАМЕНТІВ

КЕРУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМ ПРОЦЕСОМ ВИПІЧКИ ХЛІБА,

РОЗРОБКА І РЕАЛІЗАЦІЯ КОМПЛЕКСУ ЙОГО МОДЕЛЕЙ ЯК ОБ'ЄКТА

РЕГУЛЮВАННЯ

2.1 Розробка концептуальної моделі об'єкту регулювання

Для процесу випікання хліба в якості регульованих координат доцільно вибрати температуру в зоні зволоження $\Theta_{\text{зон.звол}}$ і температуру поверхні заготовки $\Theta_{\text{над.общ}}$. Вільною умовою розв'язування задач керування є наявність керуючих дій, які є входними змінними об'єкта керування. Для основного прикладу такими параметрами можуть бути положення, яке регулює органи подачі повітря та газу U_g , і положення, яке регулює орган подачі пари U_p . Усі інші входні дії, крім керованої дії, класифікуються як неконтрольовані збурення f_1, f_2 . Детермінована складова цього збурення адитивно застосовується до керуючих дій, а стохастична – до регульованої координати. Структурна схема процесу випічки хліба наведена на рис. 2.1.

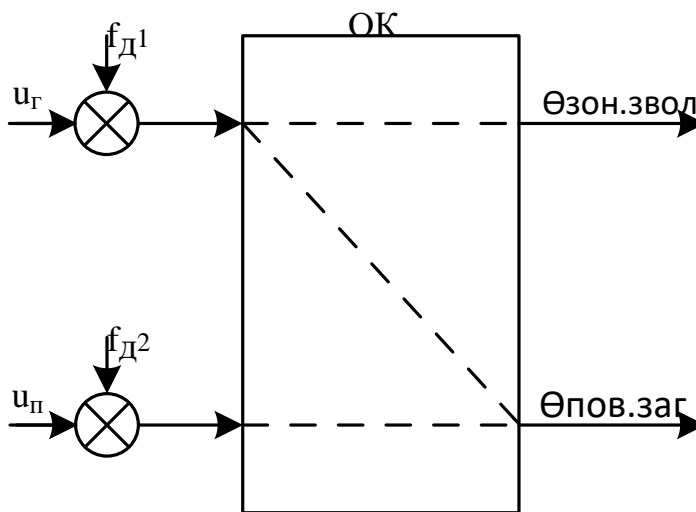


Рис. 2.1 – Структурна схема процесу випічки хліба як об'єкту регулювання

2.2 Ідентифікація моделей каналів перетворення об'єкта регулювання

Перед початком експериментів доцільно на основі апріорних даних, отриманих з фізичної сутності об'єкта, попередньо оцінити властивості каналів, моделі яких необхідно ідентифікувати.

Для технологічного процесу випікання хліба за каналом u_g – $\Theta_{\text{зона.звол.}}$ ОК має властивість самовирівнювання, оскільки технологічний процес термічний, посилює керуючу дію на підвищення температури в зоні зволоження (регульована координата).

Згідно каналу, $\Theta_{\text{пов.заг}}$ також має властивість самовирівнювання - збільшення керуючої дії призведе до підвищення температури поверхні заготовки (регульована координата).

По каналу u_g - $\Theta_{\text{пов.заг}}$ ОК має властивість самовирівнювання - збільшення керуючої дії призводить до зниження температури поверхні заготовки (регульована координата).

Ми плануємо та проводимо активний експеримент з виявлення моделей каналів ОК.

Активний план експерименту:

1. Зміною керуючих впливів досягаємо значення регламентованих координат, які були в околі їх номінальних значень. Для нашого ОК значення $u_g = 60\%$ ч.р.о. і $u_p = 60\%$ буде відповідати значенням настроюваних координат $\Theta_{\text{зон.звол.}} = 100^\circ\text{C}$, $\Theta_{\text{загалом}} = 65^\circ\text{C}$.
2. Чекаємо завершення перехідних процесів в каналах і встановлення стійких режимів, при яких вихідні зміни перестануть змінюватися.
3. Змінюємо керуючу дію u_1 ступінчасто на 10% х.г.о., відзначаючи при цьому момент початку її зміни.
4. Реєструємо зміну початкових змінних до встановлення нових стійких режимів.
5. Повертаємо u_1 в початковий стан, чекаємо завершення перехідних процесів в каналах і встановлення стійких режимів.

6. Змінюємо керуючу дію u_2 на номер кроку 10%х.г.о., відзначаючи при цьому момент початку її зміни.

7. Реєструємо зміну початкових змінних до встановлення нових стійких режимів. Результати активного експерименту наведені на рис. 2.2-2.4.

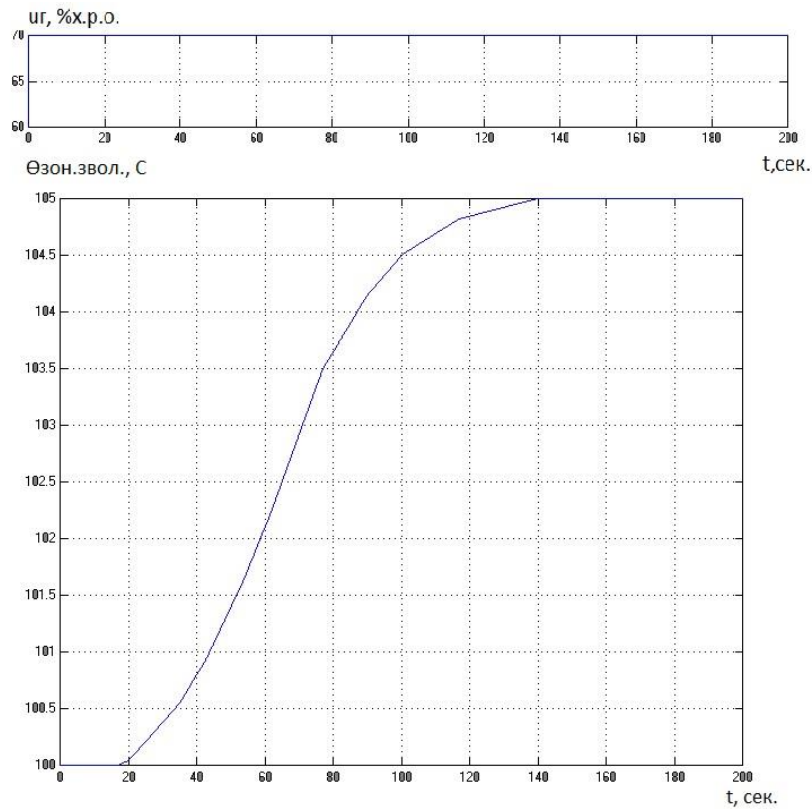


Рис. 2.2 – Результати активного експерименту за каналом « u_g – Озон.звол.»

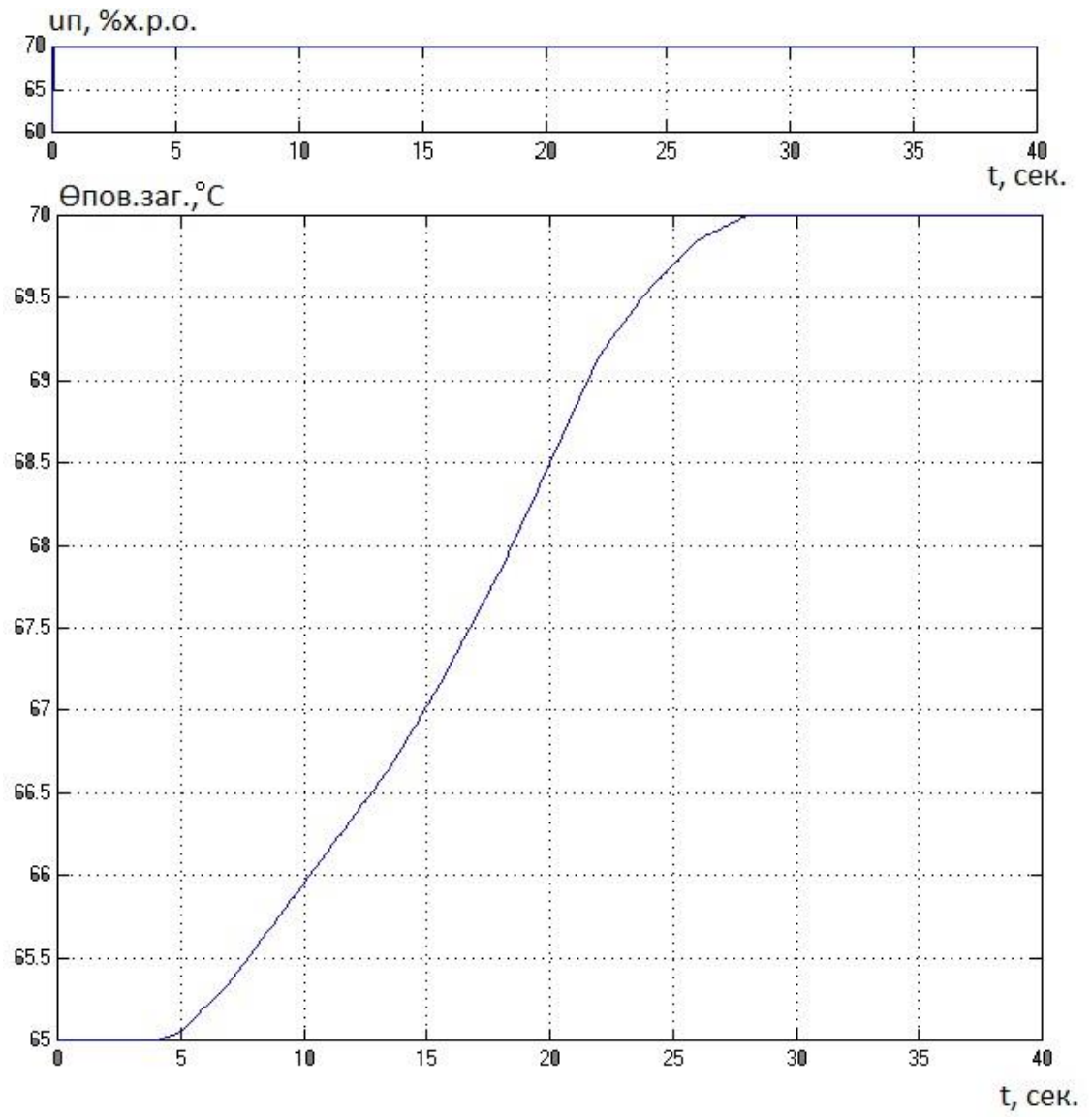


Рис. 2.3 – Результаты активного эксперимента за каналом «уп –
Өпов.заг»

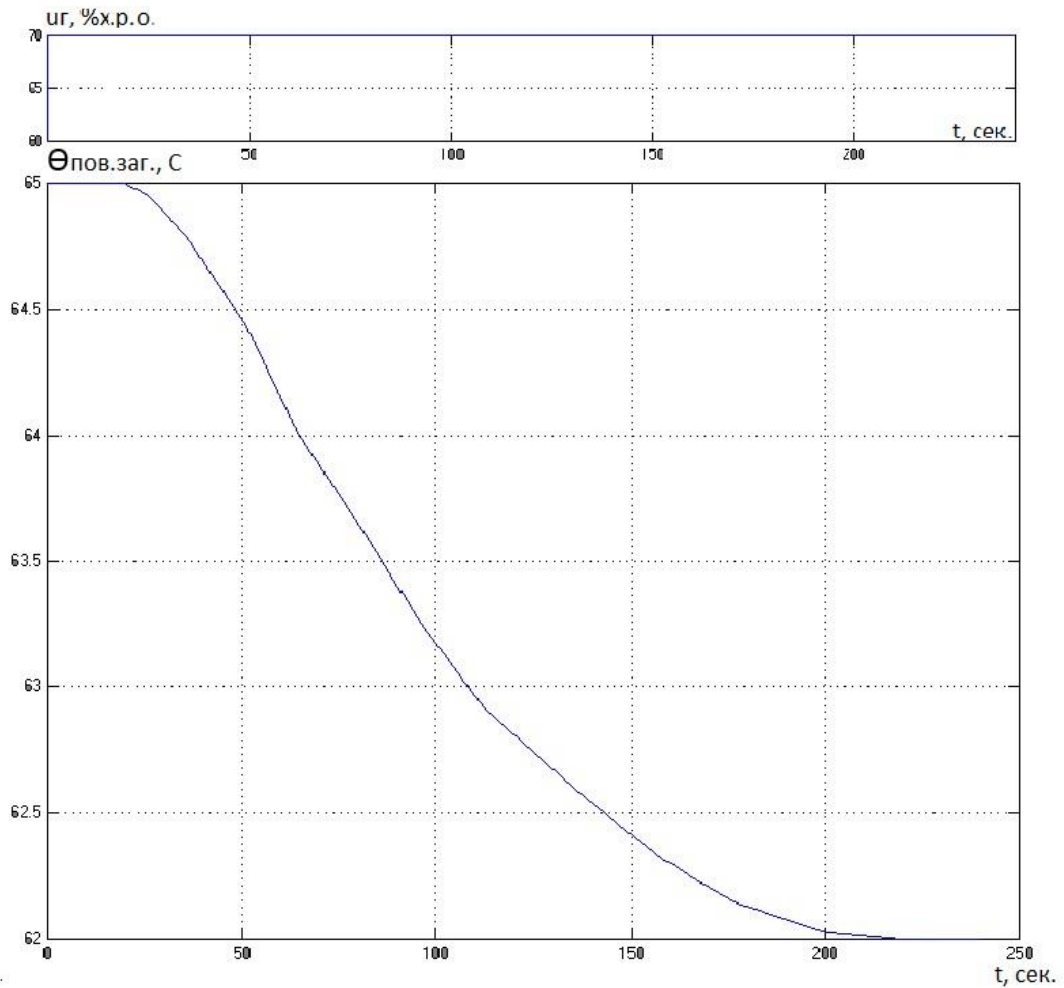


Рис. 2.4 – Результати активного експерименту за каналом «иГ – Θпов.заг»

За результатами активного експерименту (рис. 2.2-2.4) можна зробити висновок, що канали «иГ – Θзон.звол», «иП – Θпов.заг» та «иГ – Θпов.заг» нашого ОК має властивість самовирівнювання значить його моделі можуть бути описані передаточними функціями першого та другого порядку.

Для параметричної ідентифікації моделі ОК за каналом «иГ – Θзон.звол» зі статичними властивостями необхідно знайти коефіцієнт передачі ОК (K_0), сталу часу (T_0) і час запізнення (τ_0).

Коефіцієнт передачі ОК визначають за формулою:

$$K_0 = \frac{\Delta \Theta_{\text{зон.звол}}}{\Delta u_{\Gamma}} = \frac{105-100}{70-60} = 0,5 \text{ } ^\circ\text{C}/\% \text{х. р. о.}$$

Для ідентифікації сталої часу та часу запізнення як для моделі 1-го порядку, так і для моделі 2-го порядків доцільно використовувати методики „двох загальних точок”.

Для моделі 1-го порядку $\Delta\Theta_{1,0} = 105 - 100 = 5^{\circ}\text{C}$;

$\Theta_{0,33} = 0,33 \cdot 5 + 100 = 101,65^{\circ}\text{C}$;

$\Theta_{0,7} = 0,7 \cdot 5 + 100 = 103,5^{\circ}\text{C}$;

Проводимо графічні побудови (див. рис. 2.5), знаходимо $t_{0,33}$ і $t_{0,7}$.

$t_{0,33} = 54\text{с}$; $t_{0,7} = 77\text{с}$.

Тоді

$$\tau = \frac{3 \cdot 54 - 77}{2} = 42,5 \text{ с}$$

$$T = \frac{77 - 42,5}{1,2} = 28,75 \text{ с}$$

Передаточна функція моделі 1-го порядку ОК буде мати вигляд:

$$W_o(p) = \frac{0,5 \cdot e^{-42,5p}}{28,75p + 1}$$

Для моделі 2-го порядку

$t_{0,19} = 0,19 \cdot 5 + 1000 = 100,95^{\circ}\text{C}$;

Проводимо графічні побудови (див. рис. 2.5), знаходимо $t_{0,19}$. $t_{0,19} = 43\text{с}$.

Тоді

$$T = \frac{77 - 26}{2,4} = 20 \text{ с}$$

Передаточна функція моделі 2-го порядку ОК буде мати вигляд:

$$W_o(p) = \frac{0,5 \cdot e^{-26p}}{(20p + 1)^2}$$

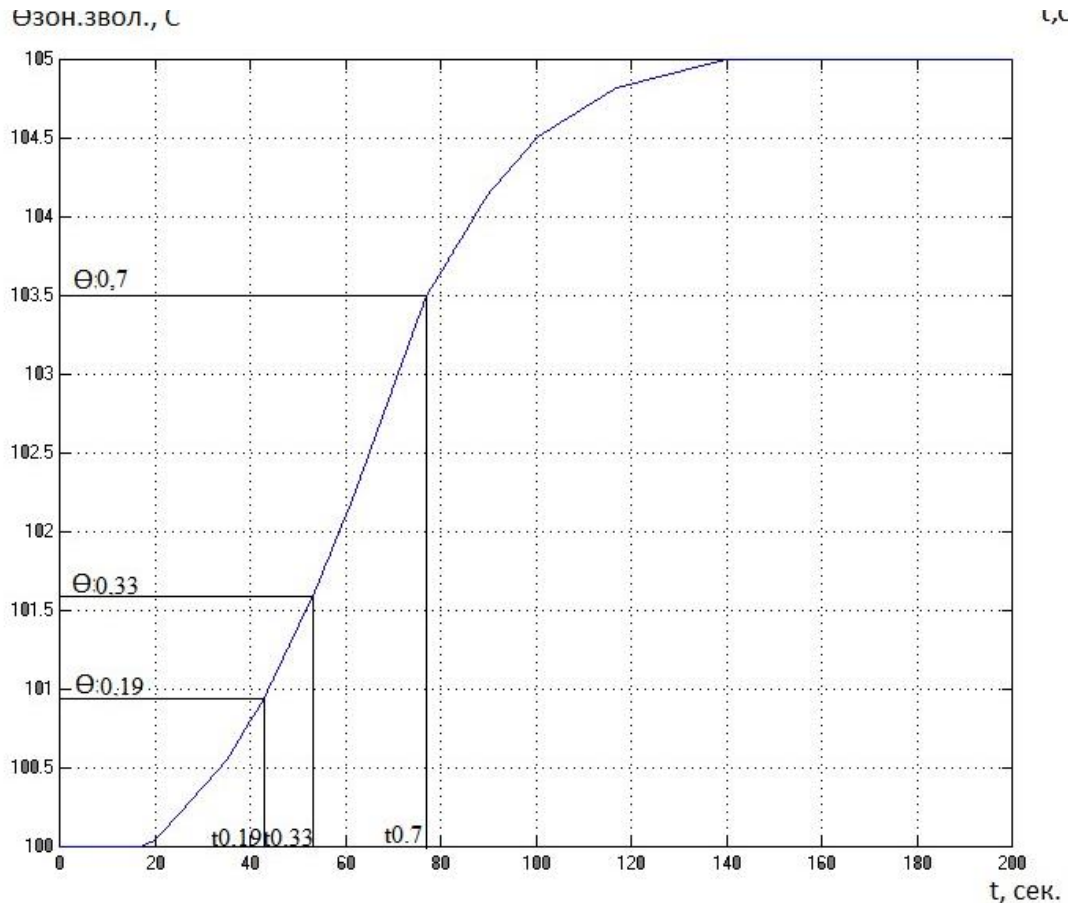


Рис. 2.5 – Параметрична ідентифікація моделі ОК за каналом «уг – Озон.звол.»

Для параметричної ідентифікації моделі ОК за каналом «уп – Θпов.заг» зі статичними властивостями необхідно знайти коефіцієнт передачі ОК (K_0), сталу часу (T_0) і час запізнення (τ_0).

Коефіцієнт передачі ОК визначають за формулою:

$$K_o = \frac{\Delta \Theta_{\text{пов. заг}}}{\Delta U_{\text{п}}} = \frac{70 - 65}{70 - 60} = 0,5 \text{ \% / \% х. р. о.}$$

Для ідентифікації сталої часу та часу запізнення як для моделі 1-го порядку, так і для моделі 2-го порядків доцільно використовувати методики „двох загальних точок”.

Для моделі 1-го порядку

$$\Delta U_{1,0} = 70 - 65 = 5^{\circ}\text{C};$$

$$U_{0,33} = 0,33 \cdot 5 + 65 = 66,65^{\circ}\text{C};$$

$$U_{0,7} = 0,7 \cdot 5 + 65 = 68,5^{\circ}\text{C};$$

Проводимо графічні побудови (див. рис. 2.6), знаходимо $t_{0,33}$ і $t_{0,7}$.

$$t_{0,33} = 13,5\text{с}; t_{0,7} = 20\text{с}.$$

Тоді

$$\tau = \frac{3 * 13,5 - 20}{2} = 10,25 \text{ с}$$

$$T = \frac{20 - 10,25}{1,2} = 8,125 \text{ с}$$

Передаточна функція моделі 1-го порядку ОК буде мати вигляд:

$$W_o(p) = \frac{0,5 * e^{-10,25p}}{8,125p + 1}$$

Для моделі 2-го порядку

$$U_{0,19} = 0,19 \cdot 5 + 65 = 65,95^{\circ}\text{C};$$

Проводимо графічні побудови (див. рис. 2.6), знаходимо $t_{0,19}$. $t_{0,19} = 10\text{с}$.

Тоді

$$\tau = \frac{3 * 10 - 20}{2} = 5 \text{ с}$$

$$T = \frac{20 - 5}{2,4} = 6,25 \text{ с}$$

Передаточна функція моделі 2-го порядку ОК буде мати вигляд:

$$W_o(p) = \frac{0,5 * e^{-5p}}{(6,25p + 1)^2}$$

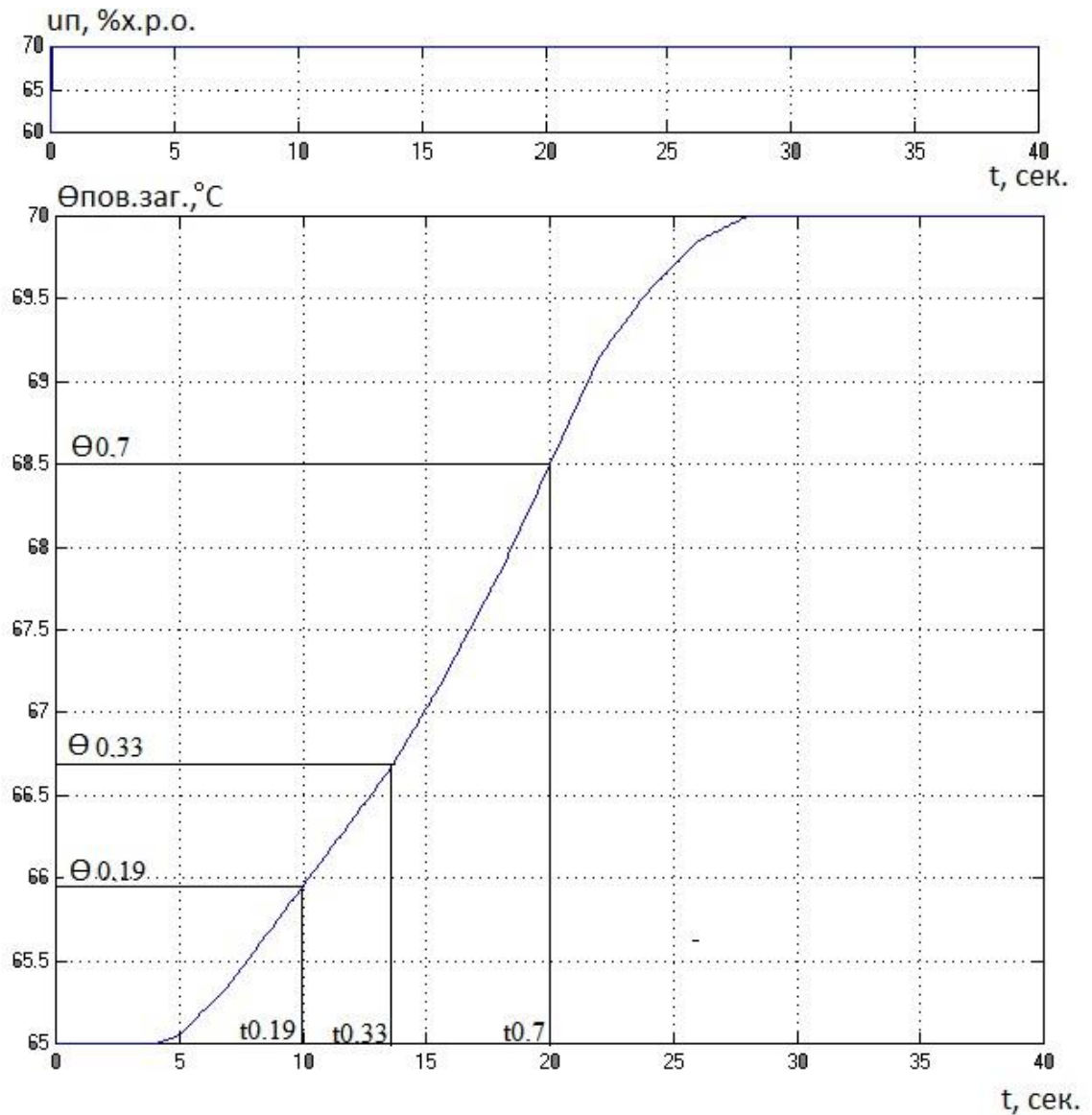


Рис. 2.6 – Параметрична ідентифікація моделі ОК за каналом « u_p – $\Theta_{пов.заг}$ »

Для параметричної ідентифікації моделі ОК за каналом « u_p – $\Theta_{пов.заг}$ » зі статичними властивостями необхідно знайти коефіцієнт передачі ОК (K_0), сталу часу (T_0) і час запізнення (τ_0).

Коефіцієнт передачі ОК визначають за формулою:

$$K_0 = \frac{\Delta \Theta_{пов.заг}}{\Delta u_p} = \frac{62 - 65}{70 - 60} = -0,3 \text{ } ^\circ C / \%x.p.o.$$

Для ідентифікації сталої часу та часу запізнення як для моделі 1-го порядку, так і для моделі 2-го порядків доцільно використовувати методики „двох загальних точок”.

Для моделі 1-го порядку

$$\Delta U_{1,0} = 62 - 65 = -0,3^{\circ}\text{C};$$

$$U_{0,33} = 0,33 \cdot (-0,3) + 65 = 64,01^{\circ}\text{C};$$

$$U_{0,7} = 0,7 \cdot (-0,3) + 65 = 62,9^{\circ}\text{C};$$

Проводимо графічні побудови (див. рис. 2.7), знаходимо $t_{0,33}$ і $t_{0,7}$.

$$t_{0,33} = 64,5\text{с}; t_{0,7} = 113\text{с}.$$

Тоді

$$\tau = \frac{3 * 64,5 - 113}{2} = 40,25 \text{ с}$$

$$T = \frac{113 - 40,25}{1,2} = 60,625 \text{ с}$$

Передаточна функція моделі 1-го порядку ОК буде мати вигляд:

$$W_o(p) = \frac{-0,3 * e^{-40,25p}}{60,625p + 1}$$

Для моделі 2-го порядку

$$U_{0,19} = 0,19 \cdot (-0,3) + 65 = 64,43^{\circ}\text{C};$$

Проводимо графічні побудови (див. рис. 2.7), знаходимо $t_{0,19}$. $t_{0,19} = 51\text{с}$.

Тоді

$$\tau = \frac{3 * 51 - 113}{2} = 20 \text{ с}$$

$$T = \frac{113 - 20}{2,4} = 38,75 \text{ с}$$

Передаточна функція моделі 2-го порядку ОК буде мати вигляд:

$$W_o(p) = \frac{-0,3 * e^{-20p}}{(28,75p + 1)^2}$$

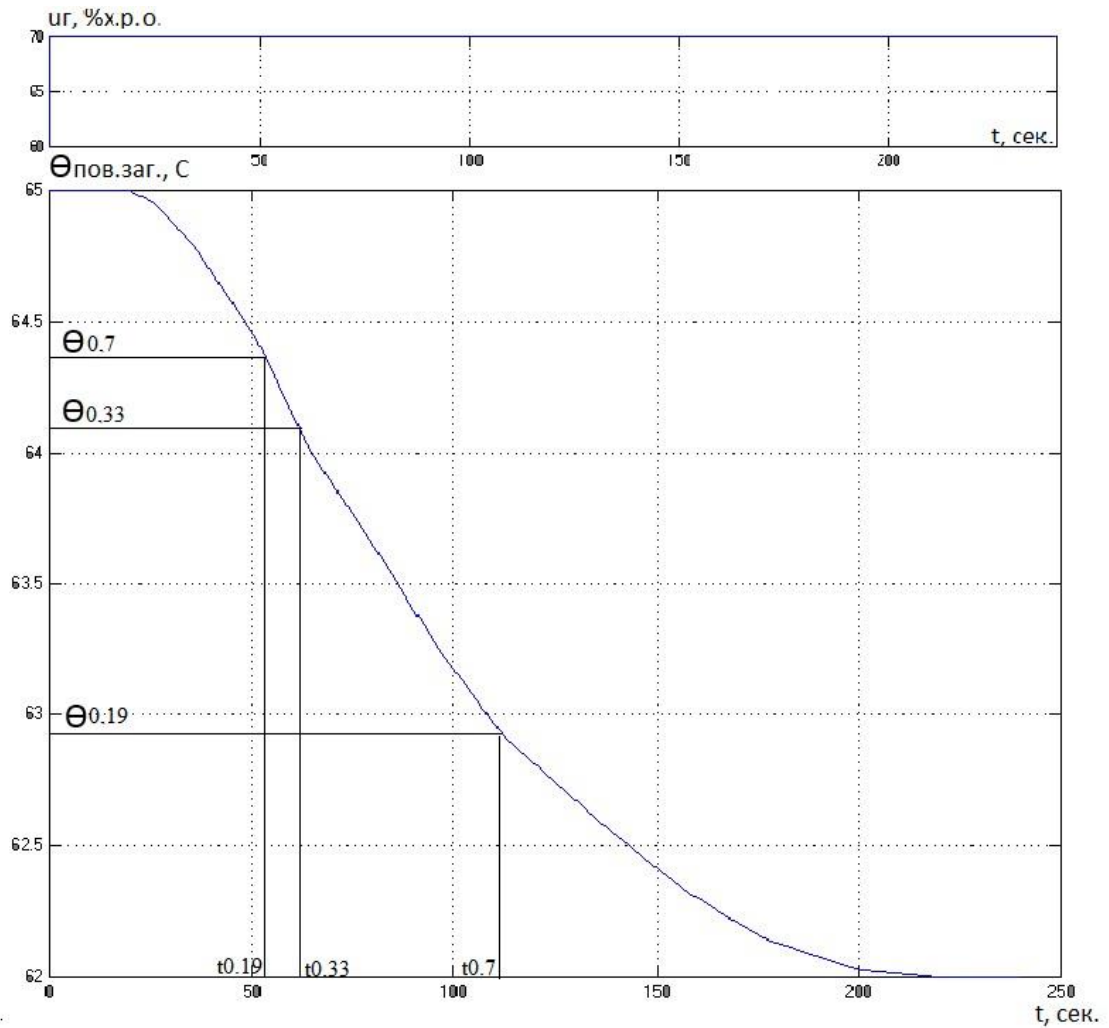


Рис. 2.7 – Параметрична ідентифікація моделі ОК за каналом «уг – $\Theta_{\text{пов.заг}}$ »

Статичні властивості ОК описуються статичними характеристиками (моделями) каналів. Вони відображають співвідношення між вхідними і вихідними координатами (змінними) каналів ОК в статично стійких режимах, тобто після загасання всіх перехідних складових цих змінних.

Сплануємо та проведемо активний експеримент з виявлення моделей статичних характеристик ОК.

Активний план експерименту:

А. Діапазони змін факторів в експерименті фактично визначають діапазон, де отримана модель може бути використана правильно. Тому вони

повинні відповідати реальним діапазонам змін змінних, викликаних факторами.

Б. Крок факторів має бути таким, щоб при перекритті необхідного діапазону їх зміни кількість дослідів не була занадто великою або малою - найчастіше рекомендують 3...6 дослідів.

Б. Кількість повторень (для компенсації випадкової складової) визначається інтенсивністю випадкових складових у вхідних і вихідних змінних ОК, кількістю факторів (цілеспрямовано змінюють вхідні змінні), витратами часу та іншими обставинами. Кількість повторень приймається 3...5. У деяких випадках повтори можуть не виконуватися взагалі.

Г. Послідовність зміни факторів, особливо коли їх велика кількість, слід вибирати таким чином, щоб рандомізувати експеримент, тобто додати випадкові властивості ходу експерименту. Це можна зробити за рахунок заздалегідь спланованої випадкової зміни послідовності змін факторів і, можливо, величин їх збільшення. Така організація експерименту дасть змогу «не упустити» особливості властивостей об'єкта, які можуть не виявитися при однакових комбінаціях факторів під час повторень. У найпростіших випадках також можна використовувати регулярні плани.

Результати експерименту з визначення статичних характеристик ОК зведені в таблицю 2.1 та на рис. 2.8.

Таблиця 2.1 – Результати експерименту для визначення статичної характеристики ОК

иг	ип	Өзон.звол.	Өпов.заг.
60	60	100	65
70	60	105	62
80	60	110	59
50	60	95	68
40	60	90	71

60	70	100	70
60	80	100	75
60	50	100	60
60	40	100	55
10	60	65	77
60	0	100	17
60	100	100	82
100	60	117	52

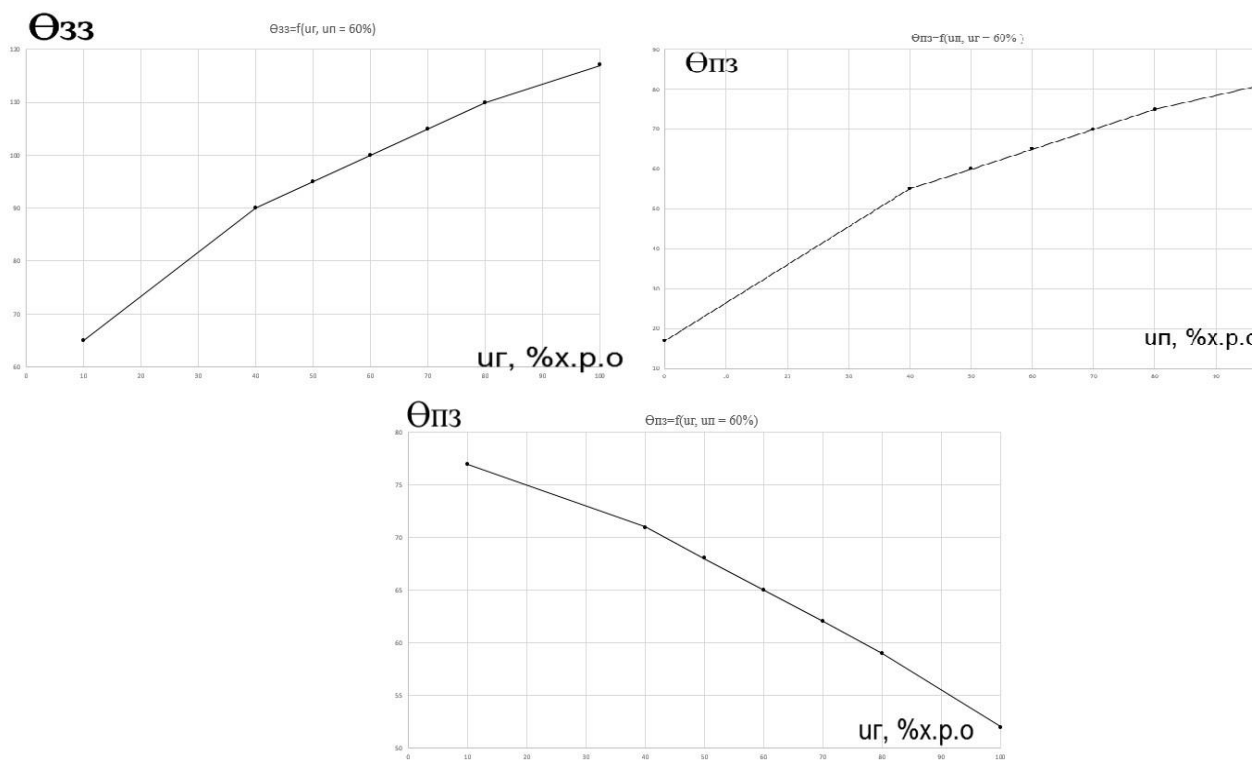


Рис. 2.8 – Результати експерименту для визначення статичної характеристики ОК

Для досліджуваного ОК статична характеристика може бути описана лінійною залежністю виду:

Для $U_{зон.звол}$:

$$U_{зон.звол} = a_1 \cdot U_{\Gamma} + a_0$$

Параметр a_1 був нами визначені в процесі ідентифікації. При цьому $a_1 = 0,4 \text{ } ^\circ\text{C}/\%\text{x.p.o.}$

Параметр a_0 можна визначити із залежності: $a_0 = U_{\text{зон.звол}} - a_1 \cdot U_{\Gamma} = 100 - 0,5 \cdot 60 = 70 \text{ } ^\circ\text{C}$

Отже, статична характеристика для $\Theta_{\text{зон.звол}}$ досліджуваного ОК буде описана залежністю:

$$U_{\text{зон.звол}} = 0,5 \cdot U_{\Gamma} + 70$$

$$U_{\text{пов.заг}} = a_3 \cdot u_{\text{п}} + a_4 \cdot u_{\Gamma} + a_2$$

Параметри a_1 та a_2 були нами визначені в процесі ідентифікації вище.

При цьому $a_3 = 0,5 \text{ } ^\circ\text{C} / \% \text{ x.p.o.}$, $a_4 = -0,3 \text{ x.p.o.}$. Параметр a_0 можна визначити з залежності:

$$a_2 = U_{\text{пов.заг}} - a_3 \cdot u_{\text{п}} - a_4 \cdot u_{\Gamma} = 65 - 0,5 \cdot 60 - (-0,3) \cdot 60 = 53 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Отже, статична характеристика для $T_{\text{оп}}$ досліджуваного ОК буде описана залежністю:

$$U_{\text{пов.заг}} = 0,5 \cdot u_{\text{п}} + (-0,3) \cdot u_{\Gamma} - 53.$$

2.3 Ідентифікація моделей детермінованих і випадкових складових неконтрольованих збурень

Моделі неконтрольованих збурень повинні бути представлені у вигляді суми чотирьох компонентів. При цьому детерміновану складову (fND) доцільно віднести до керуючої дії, а квазидетерміновану і стохастичну складову (fNC) до регульованої координати. Переведемо дії стохастичних

некерованих збурень у канал "up - $\Theta_{over.total}$ ".

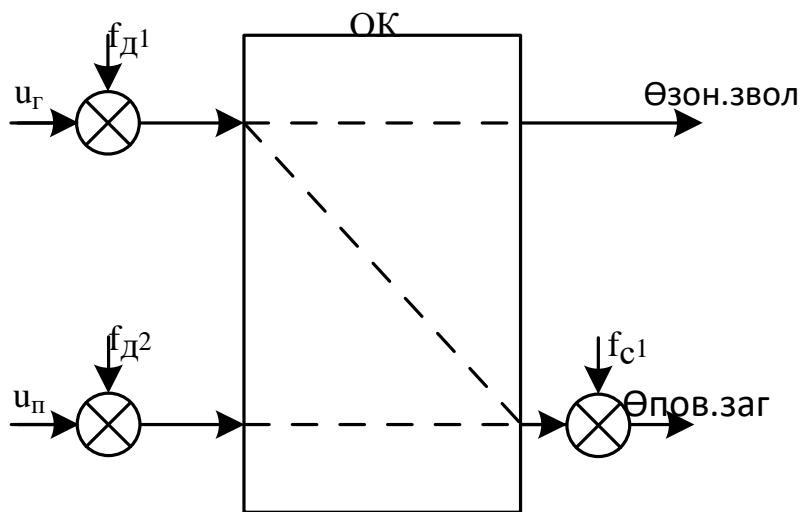


Рис. 2.9 – Структурна схема додання координатних збурень

Якщо немає можливості отримати реальні експериментальні дані, то для навчальних цілей можливий лише генератор даних. Щоб отримати результати пасивного експерименту з метою дослідження неконтрольованих збурень, ви повинні бути готові відповісти на наступні запитання.

1. Що таке мінімальне і задане значення переставної координати? Для досліджуваного ОК $T_{MIN} = 17\text{ }^{\circ}\text{C}$; $T_{ЗД} = 65\text{ }^{\circ}\text{C}$.

2. Яка величина і величина часу затримки в каналі керування для досліджуваної регульованої координати? Для досліджуваного ОК $t_o = 10,25\text{c}$.

Генерацію результатів пасивного експерименту забезпечить програма `rpen` в середовищі `Matlab`. Результати генерації випадкового процесу, що відповідає сигналу неконтрольованих збурень досліджуваного ОК, наведено

на

рис.

2.10.

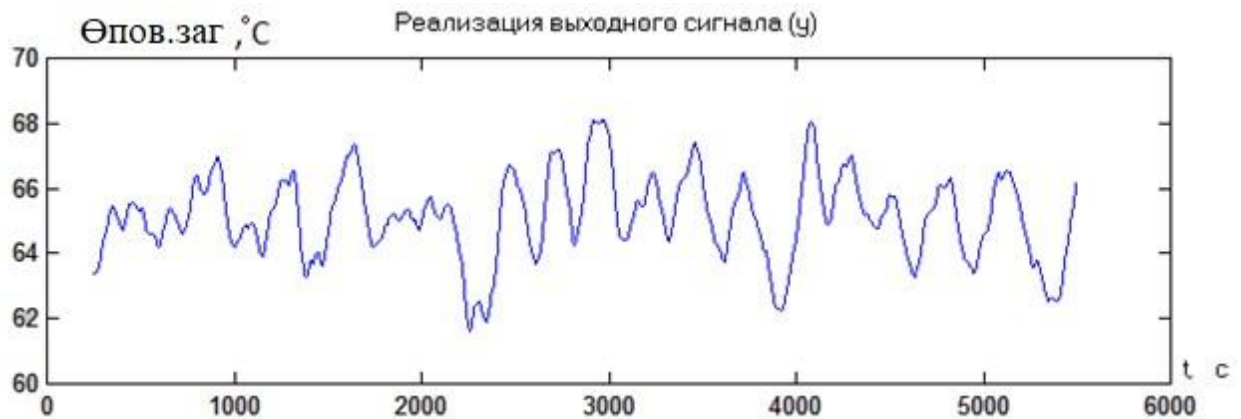


Рис. 2.10 – Результати генерації випадкового процесу, що відповідає сигналу неконтрольованого збурення для досліджуваного ОК

Для ідентифікації моделей керованих і некерованих збурень координат можна використовувати програму IdSoft середовища Matlab.

Першим етапом ідентифікації моделі керованих і некерованих збурень є оцінка імовірнісних характеристик відповідних випадкових процесів, а саме щільності ймовірності, математичного сподівання, дисперсії, середньоквадратичного відхилення, середньоквадратичного періоду (СКО), числа СКО при реалізації випадкового процесу, нормована кореляційна функція та спектральна щільність випадкового процесу.

За результатами оцінки щільності ймовірності випадкового процесу обрано його модель. За модель ми вибираємо нормальний випадковий процес.

Параметрами моделей збурень випадкової складової є коефіцієнт демпфування α та коефіцієнт флуктуації β . Знаходження значень цих параметрів називається параметричною ідентифікацією моделі стохастичної складової збурень. Здійснюється, як правило, у два етапи: 1) вибір початкових наближень параметрів

2) пошук значень параметрів, які забезпечують найкраще наближення моделі до її оцінки.

При виборі початкових наближень параметрів можна скористатися рекомендаціями, викладеними в програмі. Параметрична оптимізація моделі використовує процедури пошуку, які використовують квадратичний критерій.

Наведено результати параметричної ідентифікації моделі № 5 неконтрольованих збурень, моделі № 6 та кінцеві результати ідентифікації моделі неконтрольованих збурень.

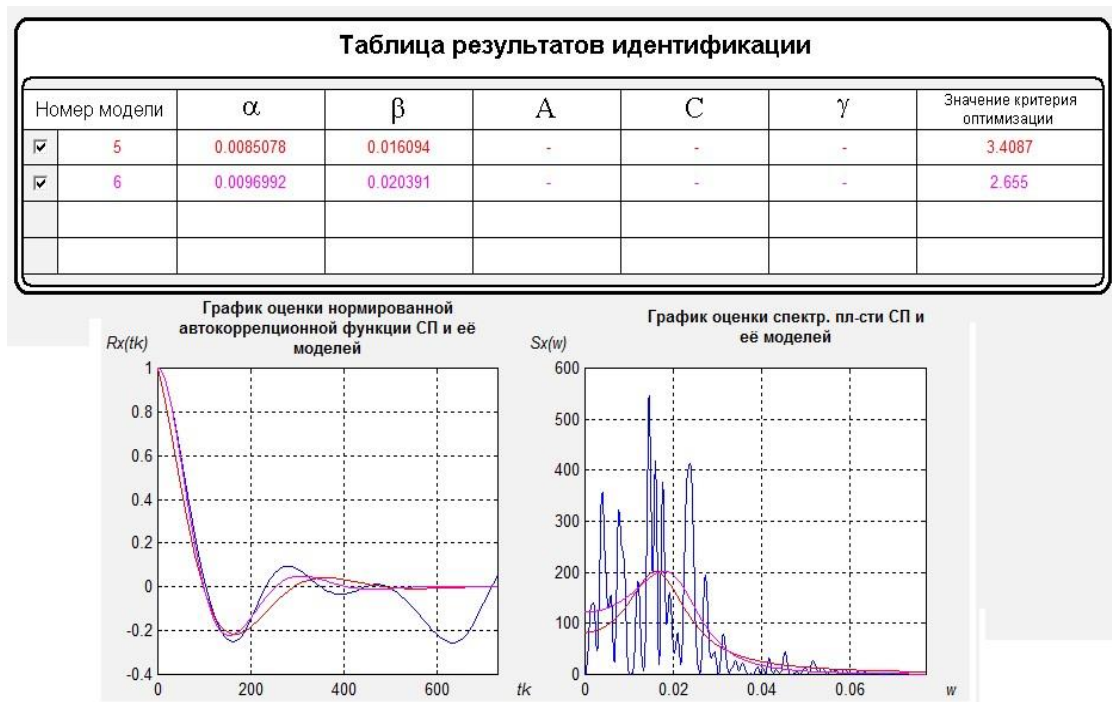


Рис. 2.14 – Підсумкові результати ідентифікації моделі неконтрольованих збурень

Як видно з результатів ідентифікації моделі неконтрольованих збурень (рис. 2.14) кращою є модель №6, тому що для цієї моделі меншими є середньоквадратичні відхилення моделі від оцінок кореляційних функцій.

Для досліджуваного ОК в якості моделі детермінованої складової неконтрольованих збурень приймемо ступінчасту вхідну дію величиною 10%х.р.о.

2.4 Реалізації моделей у середовищі імітаційного моделювання і підтвердження їх відповідності експериментальним даним

У цьому підрозділі роботи в пакеті Simulink середовища Матлаб для каналів «иг – Өзон.звол», «ип – Өпов.заг», «иг – Өпов.заг» ОК розробляються схеми моделювання як для моделі 1-го, так і для моделі 2-го порядку.

Передаточна функція моделі 1-го порядку ОК для каналу иг – Өзон.звол має вигляд:

$$W_o(p) = \frac{0,5 * e^{-42,5p}}{28,75p + 1}$$

Передаточна функція моделі 2-го порядку ОК для каналу иг – Өзон.звол має вигляд:

$$W_o(p) = \frac{0,5 * e^{-26p}}{(20p + 1)^2}$$

Передаточна функція моделі 1-го порядку ОК для каналу ип – Өпов.заг має вигляд:

$$W_o(p) = \frac{0,5 * e^{-10,25p}}{8,125p + 1}$$

Передаточна функція моделі 2-го порядку ОК для каналу ип – Өпов.заг має вигляд:

$$W_o(p) = \frac{0,5 * e^{-5p}}{(6,25p + 1)^2}$$

Передаточна функція моделі 1-го порядку ОК для каналу иг – Өпов.заг має вигляд:

$$W_o(p) = \frac{-0,3 * e^{-40,25p}}{60,625p + 1}$$

Передаточна функція моделі 2-го порядку ОК для каналу иг – Өпов.заг має вигляд:

$$W_o(p) = \frac{-0,3 * e^{-20p}}{(38,75p + 1)^2}$$

Моделі повинні мати єдиний вхід, з якого моделі будуються в одній системі координат. У цій системі координат зведені експериментальні дані. Щоб додати експериментальні дані до схеми, експериментальні дані попередньо готуються в табличній формі та реалізуються в компоненті Look-Up-Table. Для досліджуваного ОК експериментальні дані для каналів «уг – Озон.звол», «вгору – Охов.заг», «уг – Охов.заг» зведені в таблиці 2.2, 2.3, 2.4 відповідно. Схема моделювання каналів «уг -

Θzone.left", "up - Θheight.general", "ug - Θheight.general" ОК, показані на рис. 2.15, 2.17, 2.19 відповідно. Результати моделювання для каналів "ug - Θzon.left", " up - Θover.general", "ug - Θover.general" показані на рис. 2.16, 2.18, 2.20.

Таблиця 2.2 – Експериментальні дані для каналу "ug - Θzone.zvol"

t, с	Топ, °C	t, с	Топ, °C
0	100	90	104,15
10	100	100	104,5
17	100	117	104,82
20	100,04	140	105
35	100,55	160	105
43	100,95	170	105
54	101,65	180	105
62	102,25	200	105
68	102,75		
77	103,5		
83	103,8		

Таблиця 4.2 – Експериментальні дані за каналом «ип – Опов.заг»

t, с	Топ, °C	t, с	Топ, °C
0	65	22	69,15

2	65	24	69,55
4	65	26	69,85
5	65,05	28	70
7	65,35	30	70
10	65,95	32	70
11	66,15	34	70
13,5	66,65	36	70
15,5	67,15	38	70
18	67,85	40	70
20	68,5		

Таблиця 4.3 – Експериментальні дані за каналом «иг – Опов.заг»

t, c	Топ, °C	t, c	Топ, °C
0	65	147	62,45
15	65	158	62,32
20	65	166	62,24
26	64,95	178	62,14
37	64,76	200	62,03
51	64,3	220	62
64,5	64,01	240	62
86	63,5		
96	63,25		
113	62,9		
132	62,65		

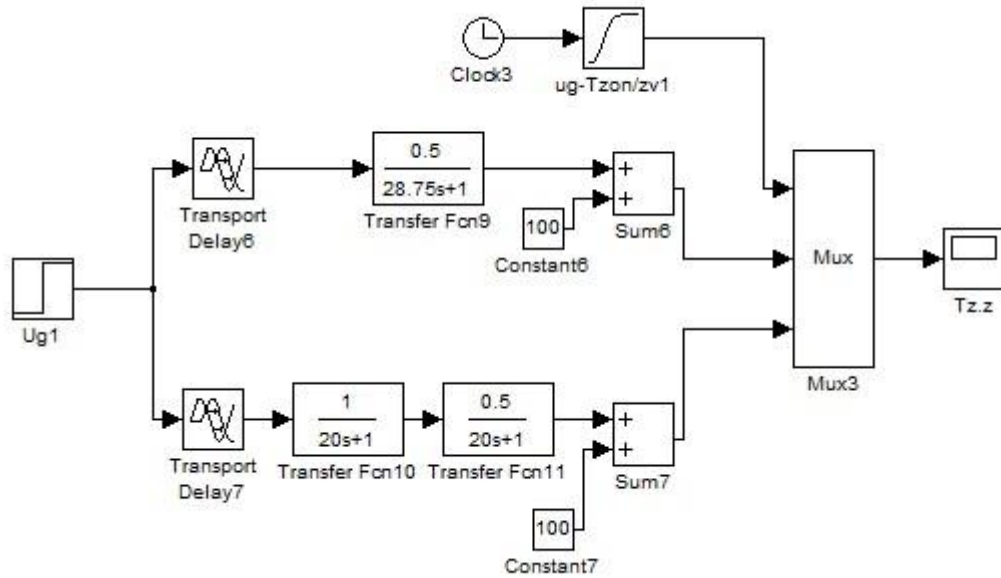


Рис. 2.15 – Схема моделювання каналу «уг – Озон.звол» керування ОК

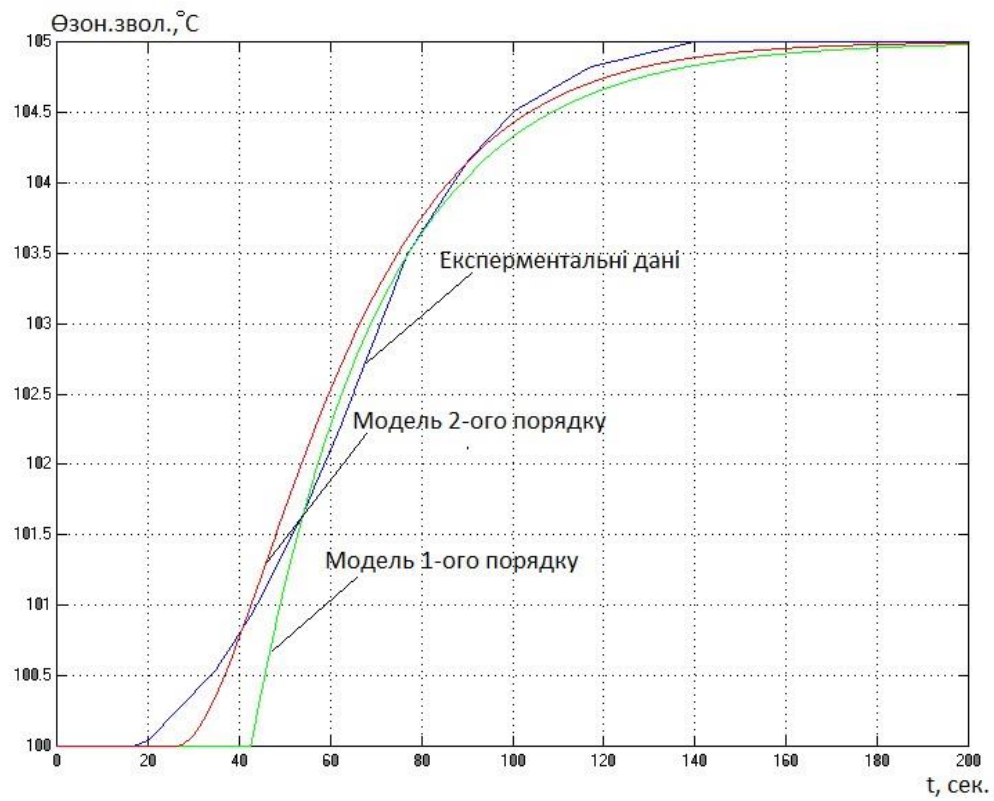


Рис. 2.16 – Результати моделювання ОК по каналу «уг – Озон.звол»

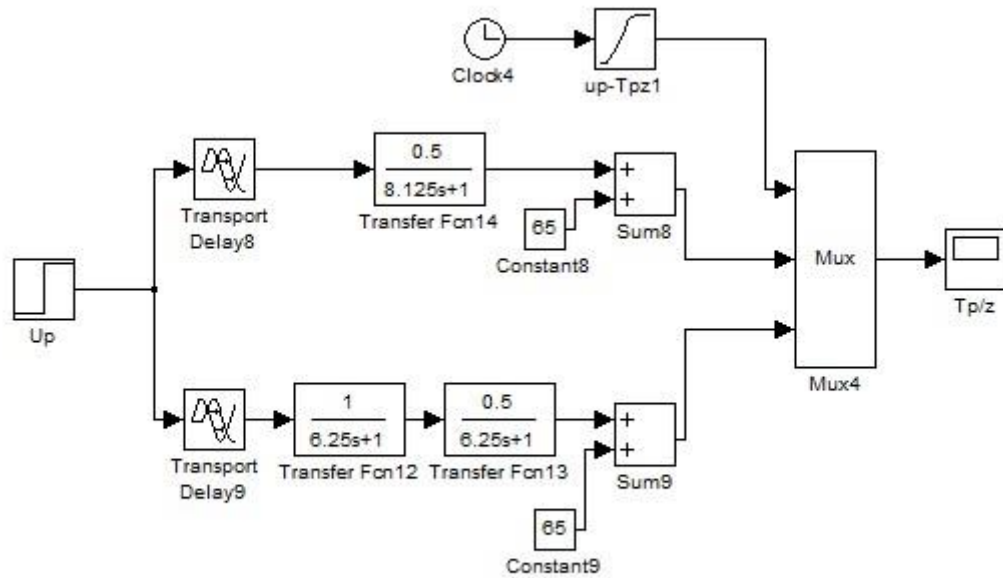


Рис. 2.17 – Схема моделювання каналу «уп – $\Theta_{\text{пов.заг}}$ » керування ОК

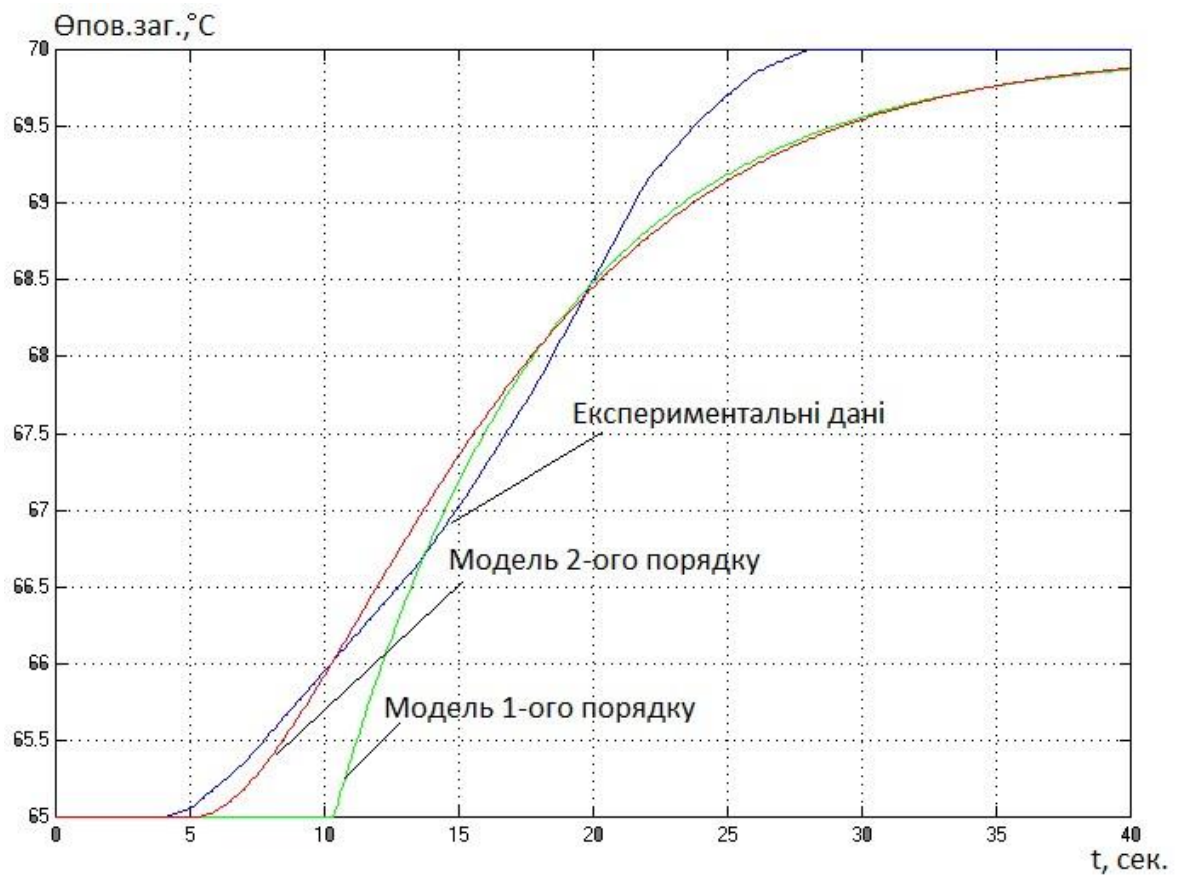


Рис. 2.18 – Результати моделювання ОК по каналу «уп – $\Theta_{\text{пов.заг}}$ »

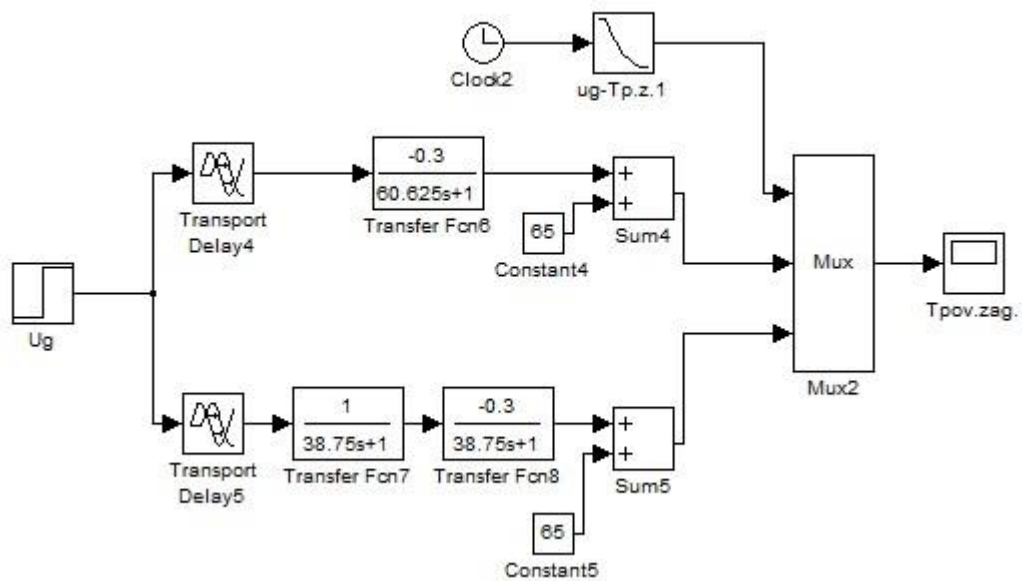


Рис. 2.19 – Схема моделювання Ок по каналу «уг – Θпов.заг»

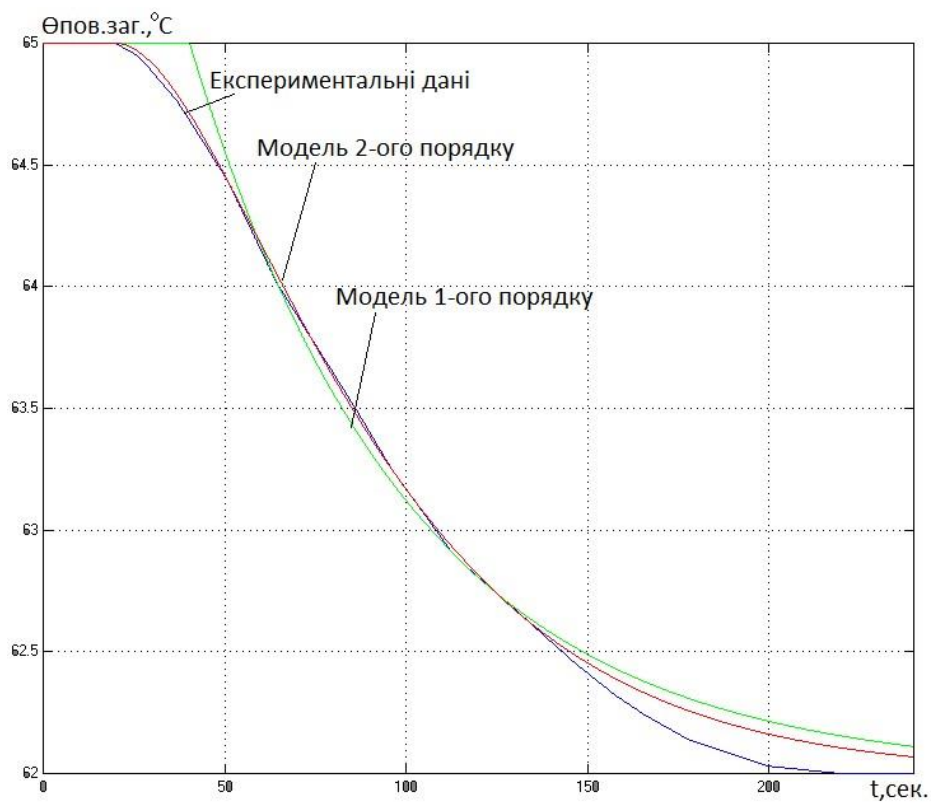


Рис. 2.20 – Результати моделювання ОК по каналу «уг – Θпов.заг»

Як видно з рисунків вище моделі ОК як 1-го, так і 2-го порядків досить точно описують експериментальні дані, але модель 2-го порядку точніша.

Модель статичної характеристики:

$$\Theta_{\text{зон.звол}} = 0,5 \cdot U_{\Gamma} + 70.$$

$$\Theta_{\text{пов.заг}} = 0,5 \cdot u_{\Pi} + (-0,3) \cdot u_{\Gamma} - 53.$$

Для виконання цього розділу роботи скористаємося можливостями додатка MS Excel. Експериментальні дані для перевірки моделі статички наведені в таблиці 2.1, результати розрахунків зведені в таблицю 2.4, а також представлені у вигляді графіків на рис. 2.21.

Таблиця 2.4 – Результати розрахунків моделі статичної характеристики

u _Г	u _П	Θ _{зон.звол.}	Θ _{пов.заг.}
60	60	100	65
70	60	105	62
80	60	110	59
50	60	95	68
40	60	90	71
60	70	100	70
60	80	100	75
60	50	100	60
60	40	100	55
10	60	65	77
60	0	100	17
60	100	100	82
100	60	117	52

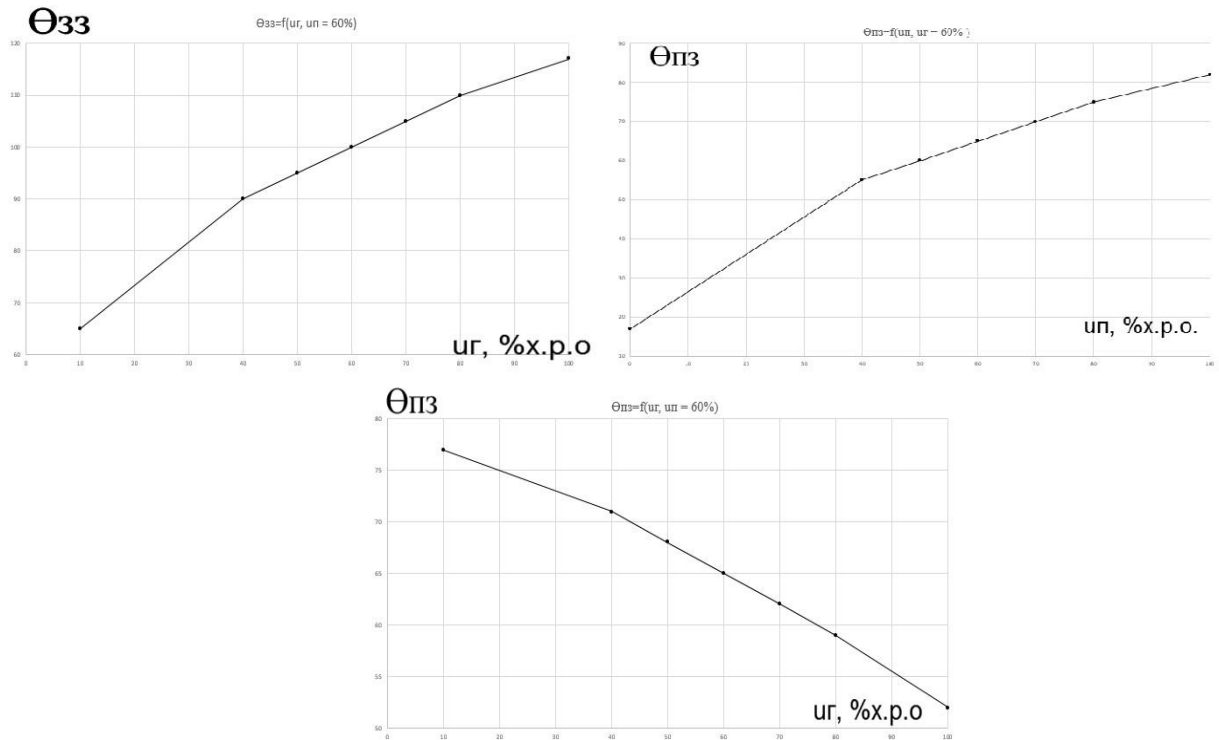


Рис. 2.21 – Результати моделювання статичної характеристики ОК

Як видно із графіка (рис. 2.21), модель статичної характеристики точно описує експериментальні дані.

Для реалізації повної моделі ОК об'єднаємо моделі динаміки каналів ОК. Схема моделювання в середовищі Матлаб, що відображує модель ОК, наведена на рис. 2.22, а результати моделювання – на рис. 2.23, 2.24 та 2.25.

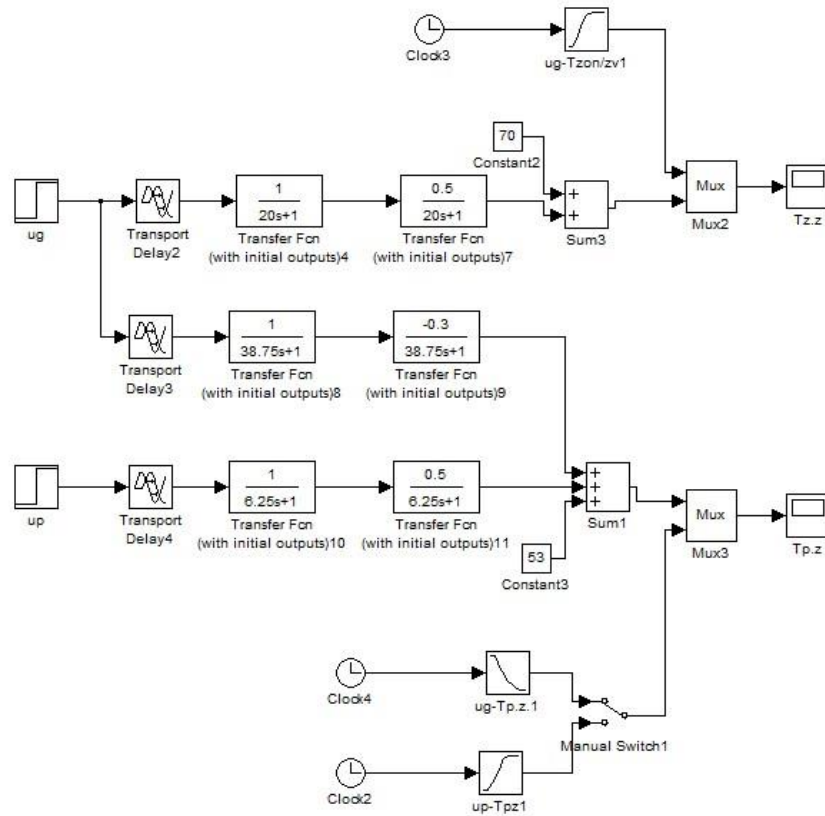


Рис. 2.22 – Схема моделювання повної моделі ОК

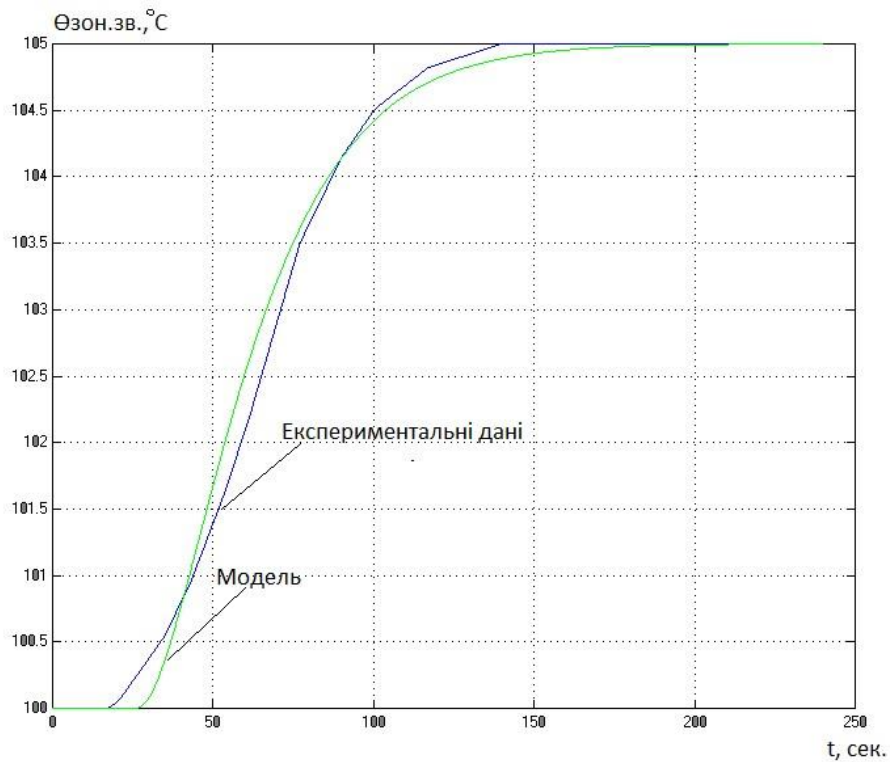


Рис. 2.23 – Результати реалізації повної моделі ОК за каналом «уг –

Озон.звол» в середовищі Матлаб

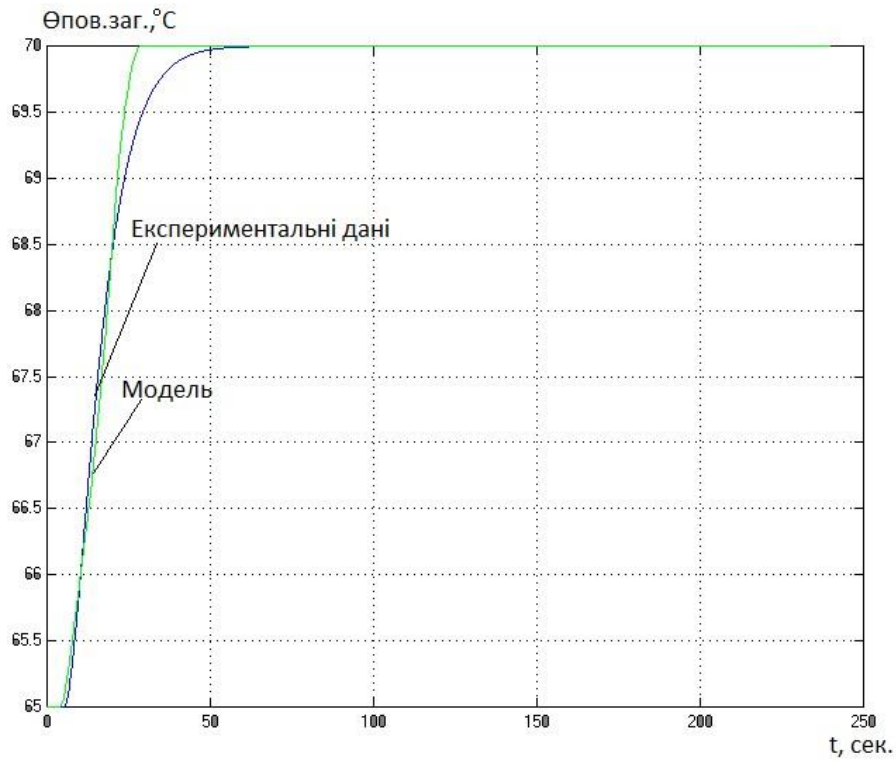


Рис. 2.24 – Результати реалізації повної моделі ОК за каналом «up – Опов.заг» в середовищі Матлаб

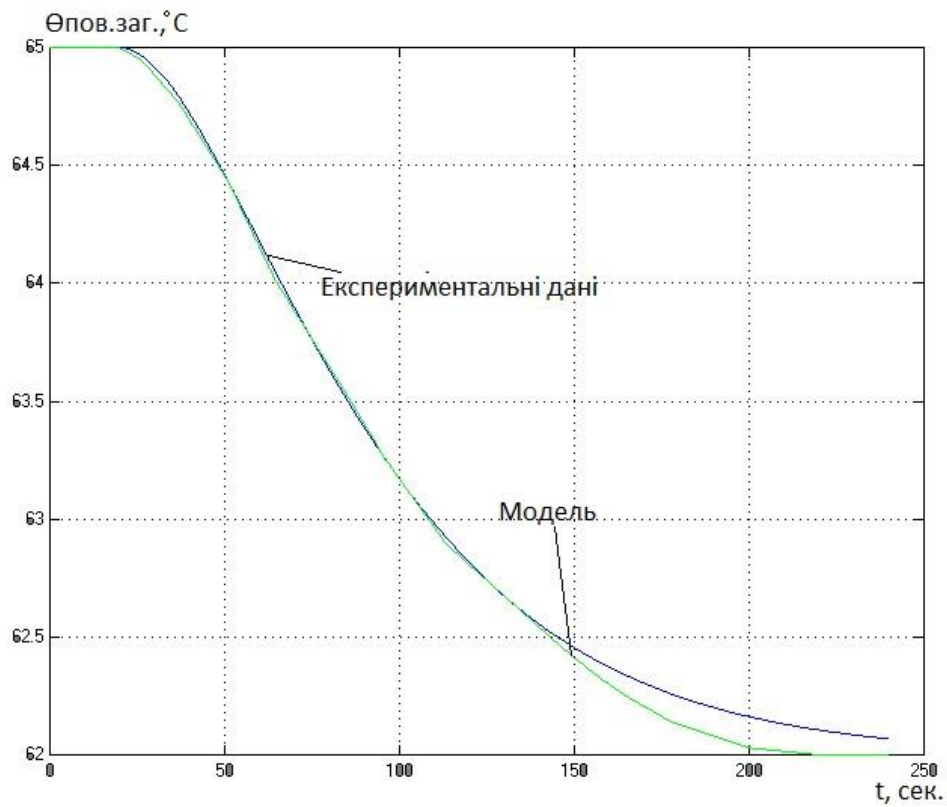


Рис. 2.25 – Результати реалізації повної моделі ОК за каналом «up – Опов.заг» в середовищі Матлаб

Опов.заг» в середовищі Матлаб

Як видно з результатів моделювання, модель ОК достатньо точно відображує експериментальні дані. Це означає, що отримана модель ОК є адекватною.

Для відтворення моделі збурень як стохастичних процесів (СП) із заданими властивостями будемо використовувати метод формуючому фільтру. Його можна представити у вигляді такої структурної схеми моделювання (рис. 2.26).

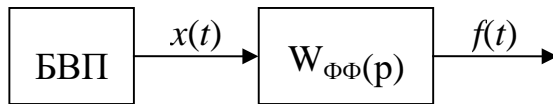


Рис. 2.26 – Структурна схема моделі СП

Для відтворення моделі стохастичного процесу із заданими властивостями спочатку треба визначити передаточну функцію формуючого фільтра $W_{\text{ФФ}}(p)$. Відомо, що спектральні щільності вхідного $x(t)$ і вихідного $f(t)$ сигналів взаємозалежні.

Якщо випадковий процес $x(t)$ має властивості білого шуму, то його спектральна щільність $S_x(\omega) = a = \text{const}$.

де G_x - середньоквадратичне відхилення процесу $x(t)$, Δt_r – крок генерації випадкового процесу.

Надалі до передаточної функції формуючого фільтра підставляють формули для спектральних щільностей вхідного й вихідного сигналу.

Для випадкового процесу, що відображає неконтрольовані збурювання:
 $\alpha = 0,0096992$; $\beta = 0,020391$.

$$\sigma_x = \frac{\sigma_f}{2} = \frac{1,266}{2} = 0,633$$

$$\Delta t_r = \frac{1}{(2 \dots 3) * \alpha} = \frac{1}{(2 \dots 3) * 0,0096992} = 51 \dots 34 \text{ c}$$

Виберемо крок генерації, рівним 35 с.

$$S_x(\omega) = G_x^2 \frac{2 * \Delta t_\Gamma}{3} = 0,633^2 \frac{2 * 35}{3} = 9,35$$

$$k = \frac{2}{S_x(\omega)} * \sqrt{\frac{D_f \alpha}{\alpha^2 + \beta^2}} = \frac{2}{9,35} * \sqrt{\frac{1,603 * 0,0096992}{0,0096992^2 + 0,020391^2}} = 1,18$$

$$T = \frac{1}{\sqrt{\alpha^2 + \beta^2}} = \frac{1}{\sqrt{0,0096992^2 + 0,020391^2}} = 44$$

$$\varepsilon = \frac{\alpha}{\sqrt{\alpha^2 + \beta^2}} = \frac{0,0096992}{\sqrt{0,0096992^2 + 0,020391^2}} = 0,43$$

Вихідна передатна функція формуючого фільтра.

$$W_{\phi\phi}(p) = \frac{1,18}{44^2 p^2 + 2 * 0,43 * 44 p + 1}$$

Сигнал неконтрольованих збурень повинен відповідати таким статистичним параметрам: $M_f = 65,13$ $\sigma_f = 1,266$ $\alpha = 0,0096992$ $\beta = 0,020391$

Схема моделювання буде мати вигляд, наведений на рис. 2.27.

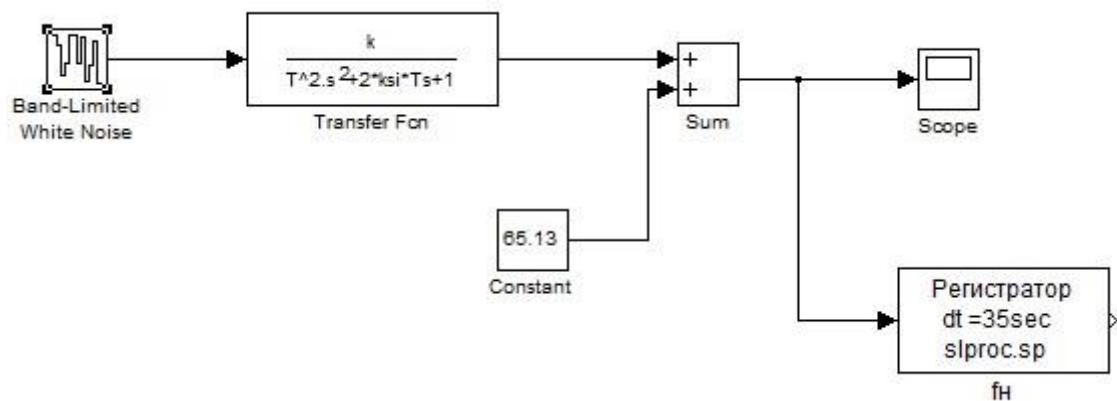


Рис. 2.27 – Схема моделювання неконтрольованих збурень із формуючим фільтром, що має розрахункові параметри

У параметрах блоку БВП необхідно встановити такі параметри:

Noise power = $S_x(\omega) = 9,35$;

Sample time = $\Delta t_\Gamma = 35$; Seed = 1.

Результати моделювання наведені на рис. 2.28.

Оцінимо точність відтворення параметрів у моделі.

Точність відтворення математичного очікування:

$$\Delta M_f = \frac{|M_f - \widehat{M}_f|}{M_f} \cdot 100\% = \frac{|65,11 - 65,13|}{65,11} \cdot 100\% = 0,03\%$$

Точність відтворення середньоквадратичного відхилення:

$$\Delta \sigma_f = \frac{|\sigma_f - \widehat{\sigma}_f|}{\sigma_f} \cdot 100\% = \frac{|0,3441 - 1,266|}{0,3441} \cdot 100\% = 267,9\%$$

Точність відтворення коефіцієнту спаду:

$$\Delta \alpha_f = \frac{|\alpha_f - \widehat{\alpha}_f|}{\alpha_f} \cdot 100\% = \frac{|0,006437 - 0,0096992|}{0,006437} \cdot 100\% = 50,6\%$$

Точність відтворення коефіцієнту коливальності:

$$\Delta \beta_f = \frac{|\beta_f - \widehat{\beta}_f|}{\beta_f} \cdot 100\% = \frac{|0,01617 - 0,020391|}{0,01617} \cdot 100\% = 26,1\%$$

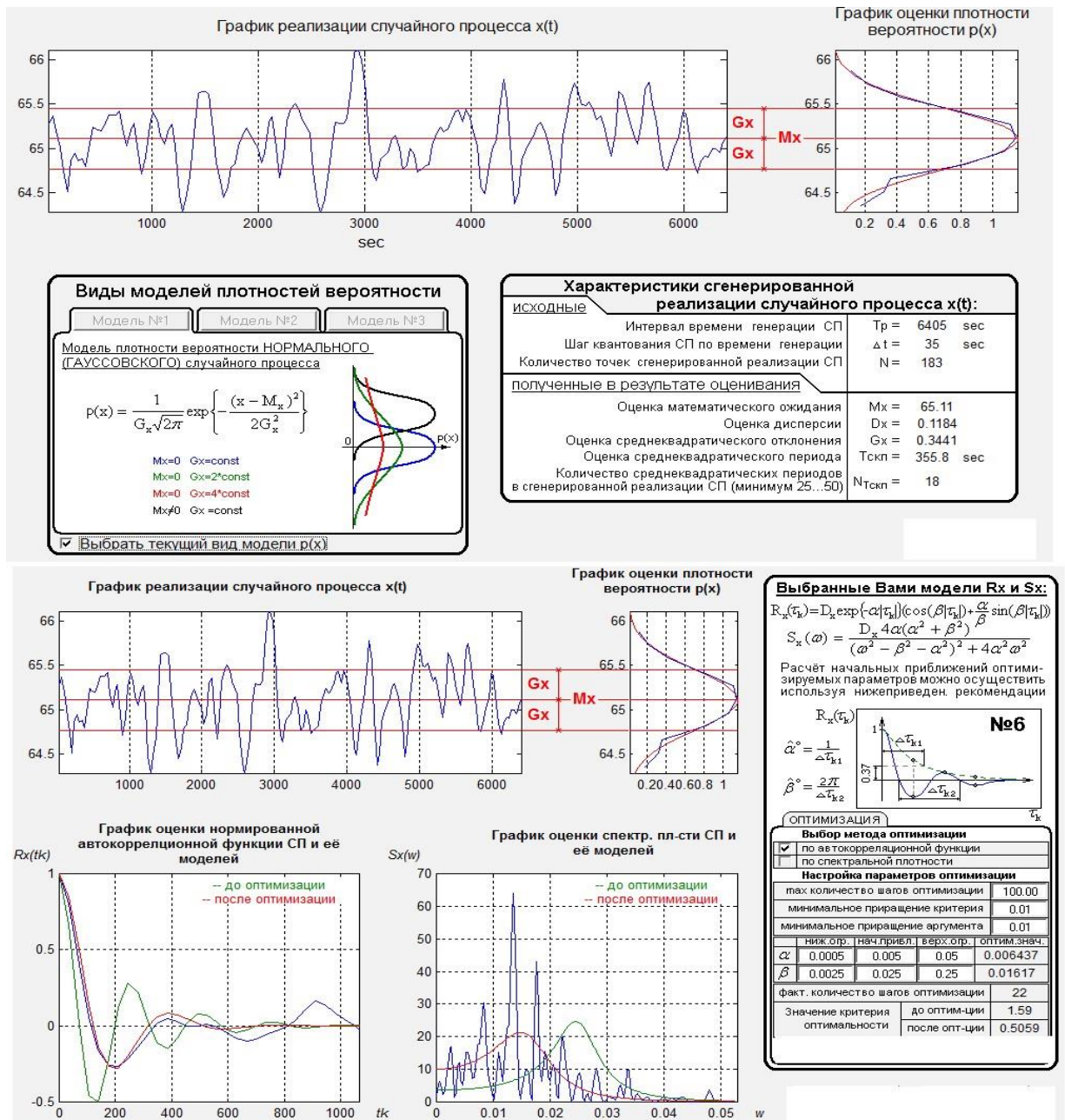


Рис. 2.28 – Результати моделювання неконтрольованих збурень із розрахунковими параметрами формуючого фільтра

Похибка відтворення σ_f , α і β більша від 5%, а значить необхідно провести коректування параметрів формуючого фільтра. Після коректування були отримані наступні параметри формуючого фільтра: $k = 4,34$; $T = 38$ с. Схема моделювання остаточного формуючого фільтра наведена на рис. 2.29, а результати моделювання наведені на рис. 2.30.

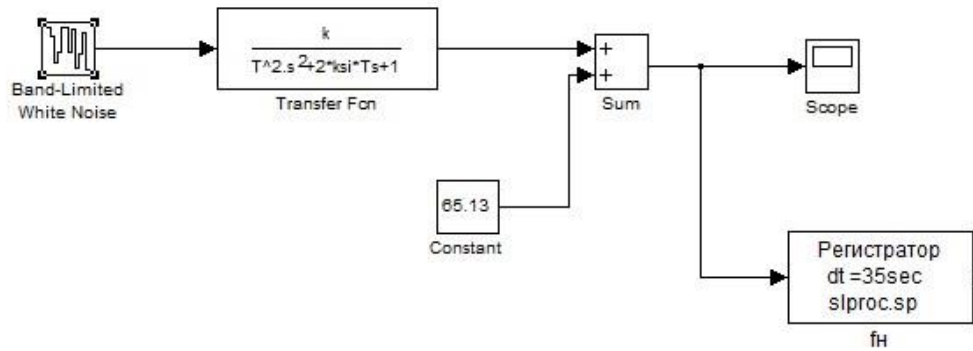


Рис. 2.29 – Схема моделювання неконтрольованих збурень із формуючим фільтром, що має скоректовані параметри

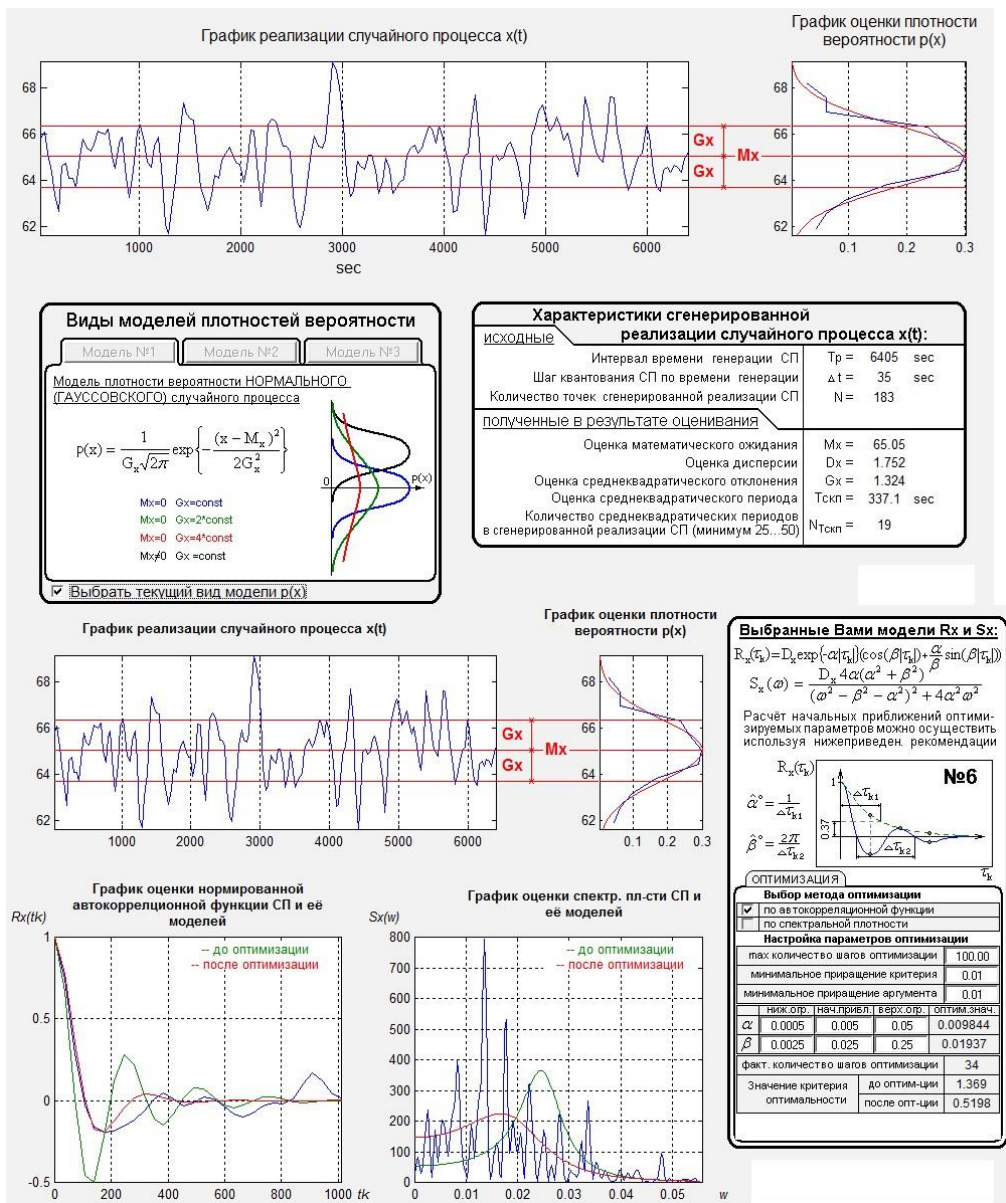


Рис. 2.30 – Результаты моделювання неконтрольованих збурювань із розрахунковими параметрами формуючого фільтра

Оцінимо точність відтворення параметрів у моделі.

Точність відтворення математичного очікування:

$$\Delta M_f = \frac{|M_f - \widehat{M}_f|}{M_f} \cdot 100\% = \frac{|65,05 - 65,13|}{65,05} \cdot 100\% = 0,12\%$$

Точність відтворення середньоквадратичного відхилення:

$$\Delta \sigma_f = \frac{|\sigma_f - \widehat{\sigma}_f|}{\sigma_f} \cdot 100\% = \frac{|1,324 - 1,266|}{1,324} \cdot 100\% = 4,38\%$$

Точність відтворення коефіцієнту спаду:

$$\Delta \alpha_f = \frac{|\alpha_f - \widehat{\alpha}_f|}{\alpha_f} \cdot 100\% = \frac{|0,009844 - 0,0096992|}{0,009844} \cdot 100\% = 1,47\%$$

Точність відтворення коефіцієнту коливальності:

$$\Delta \beta_f = \frac{|\beta_f - \widehat{\beta}_f|}{\beta_f} \cdot 100\% = \frac{|0,01937 - 0,020391|}{0,01937} \cdot 100\% = 4,6\%$$

Похибка відтворення σ_f , α і β менша від 5%, а значить точність моделі неконтрольованих збурювань є достатньою.

Повна модель ОК містить у собі повну модель каналів і модель вхідних дій. Схема моделювання повної моделі ОК наведена на рис. 2.31.

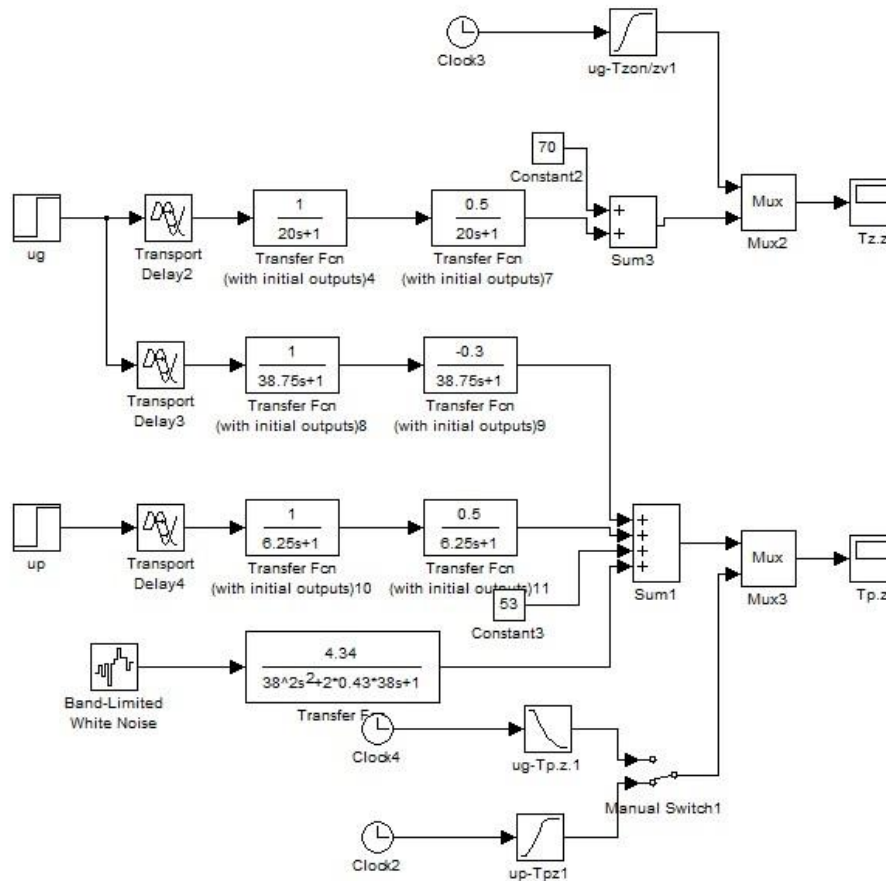


Рис. 2.31 – Схема моделювання повної моделі ОК

Проведемо експерименти з повною моделлю ОК. Результати експерименту в результаті дії збурень тільки детермінованого характеру наведені на рис. 2.32, в умовах дії стохастичних неконтрольованих збурень – на рис. 2.33.

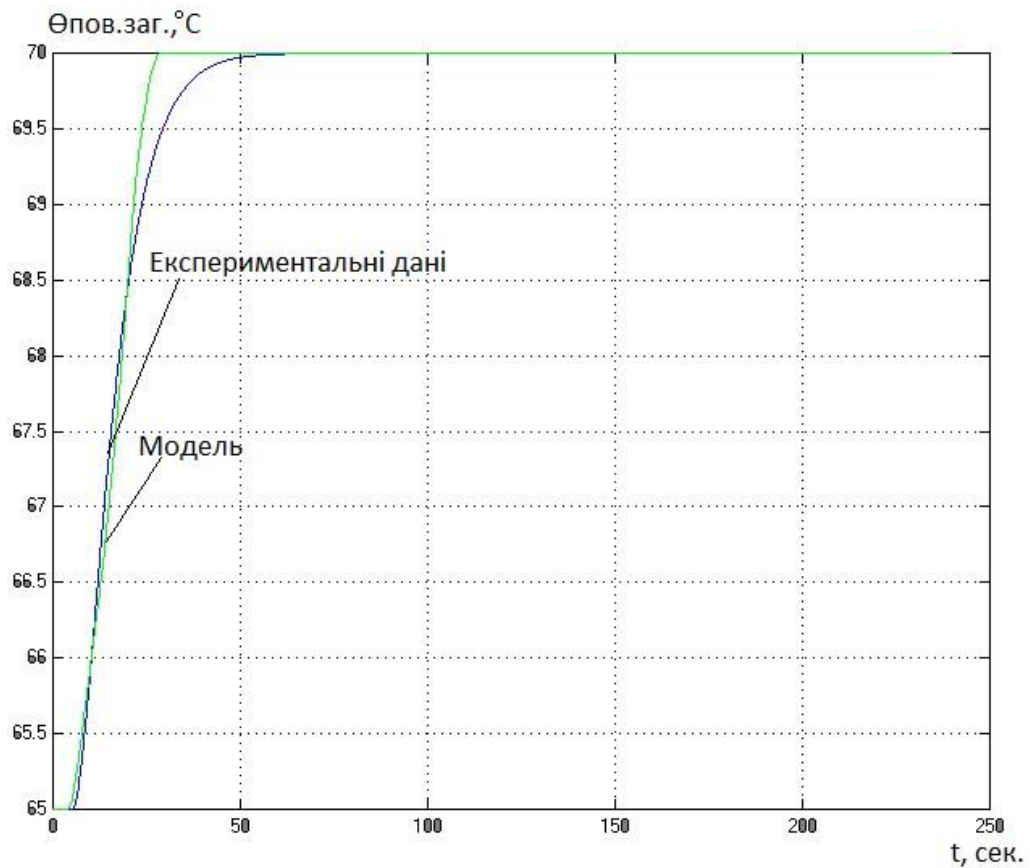


Рис 2.32 – Результати експерименту в результаті дії збурень тільки детермінованого характеру

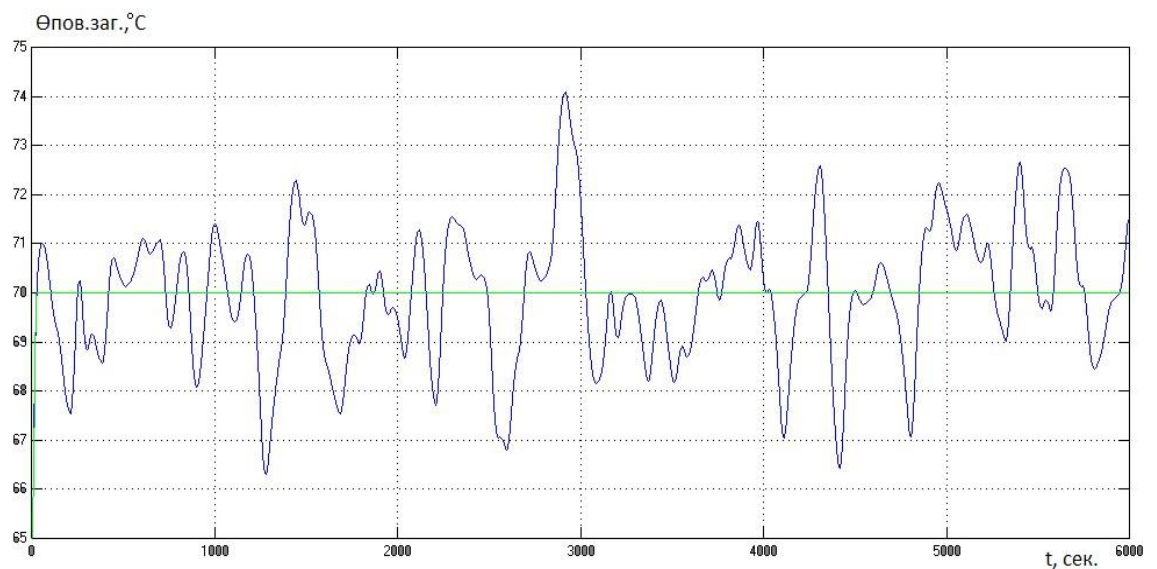


Рис. 2.33 – Результати експерименту в умовах дії стохастичних неконтрольованих збурень

Як показують результати експериментів, модель ОК достатньою мірою відтворює результати експериментальних досліджень

2.5 Висновки за розділами

В результаті виконання даного розділу тунельна циклічна піч визначена як об'єкт управління. Виявлено приводні канали та поперечні канали, в результаті чого встановлено, що канали «уг – Озон.звол», «вверх – Охов.заг», «уг – Охов.заг» мають статичні властивості та найбільш точні. можна описати моделями другого порядку. Ідентифікацію доступних для цілеспрямованої дії моделей каналів ОК проводили методом активного експерименту із застосуванням 10% кроку дії на вхідний канал, для параметричної ідентифікації управління каналом методами двох спільних точок моделей для першої та другої використовувався порядок.

Ідентифікацію керованого каналу горіння проводили за допомогою пасивного експерименту, для якого використовували додаток rgen середовища Matlab.

Відтворення отриманих моделей у середовищі моделювання відбувалося в середовищі моделювання MATLAB.

В подальшому отримані в курсовій роботі моделі будуть використані для синтезу та аналізу САК, підвищення динамічної точності керування технологічним процесом випічки хліба.

РОЗДІЛ 3 РОЗРОБКА ТА ПАРАМЕТРИЧНА ОПТИМІЗАЦІЯ АЛГОРИТМИ РЕГУЛЮВАННЯ, ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ SAR

3.1 Конкретизація завдань регулювання процесу випікання хліба

Загальна плата - це транспортування матеріально-енергетичних потоків для отримання властивостей продукту необхідного виду і якості.

Із загальної мети водіння можна виділити окремі завдання:

- підтримка вихідних змінних об'єктів керування ($\Theta_{\text{zone.left}}$, $\Theta_{\text{height.general}}$) на заданому значенні ($\Theta_{\text{zone.left ZDN}}$, $\Theta_{\text{zone.left ZDN}}$) - завдання налаштування.
- пристосування в процесі експлуатації об'єкта керування до його змінних властивостей - завдання адаптації;
- забезпечення ефективних режимів роботи об'єкта управління - завдання оптимізації;
- забезпечення вмикання та вимикання при пусках, зупинках, аварійних ситуаціях - завдання логічного контролю.

Для якісного та економічно доцільного здійснення технологічного процесу випікання хліба необхідно регулювати температуру в зоні зволоження $\Theta_{\text{зон.звол}}$, а також температуру поверхні заготовки $\Theta_{\text{зон.звол}}$.

відповідно до норм ведення технологічних процесів (див. табл. 1.1) температура в зоні зволоження $\Theta_{\text{зона.звол}}$ повинна підтримуватися на рівні 1000°C з точністю $\pm 20^{\circ}\text{C}$. За цим параметром допускаються короточасні відхилення до $\pm 50^{\circ}\text{C}$ на час не більше 120 секунд. Зона регулювання цього параметра показана на рис. 3.1.

відповідно до стандартів ведення технологічних процесів (див. табл.

1.1) температура поверхні заготовки Θ_{agall} повинна підтримуватися на рівні 650°C з точністю $\pm 10^{\circ}\text{C}$. За цим параметром допускаються короточасні відхилення до $\pm 30^{\circ}\text{C}$ на час не більше 40 секунд. Зона регулювання цього

параметра показана на рис. 3.2.

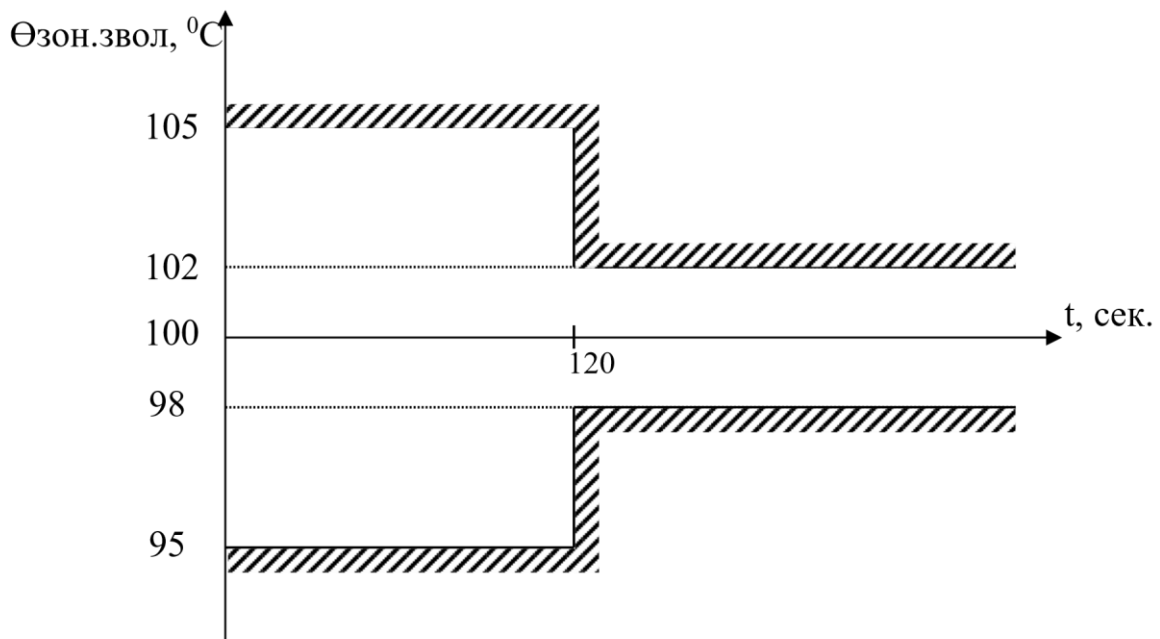


Рис. 3.1 – Регламентна зона для температури в зоні зволоження

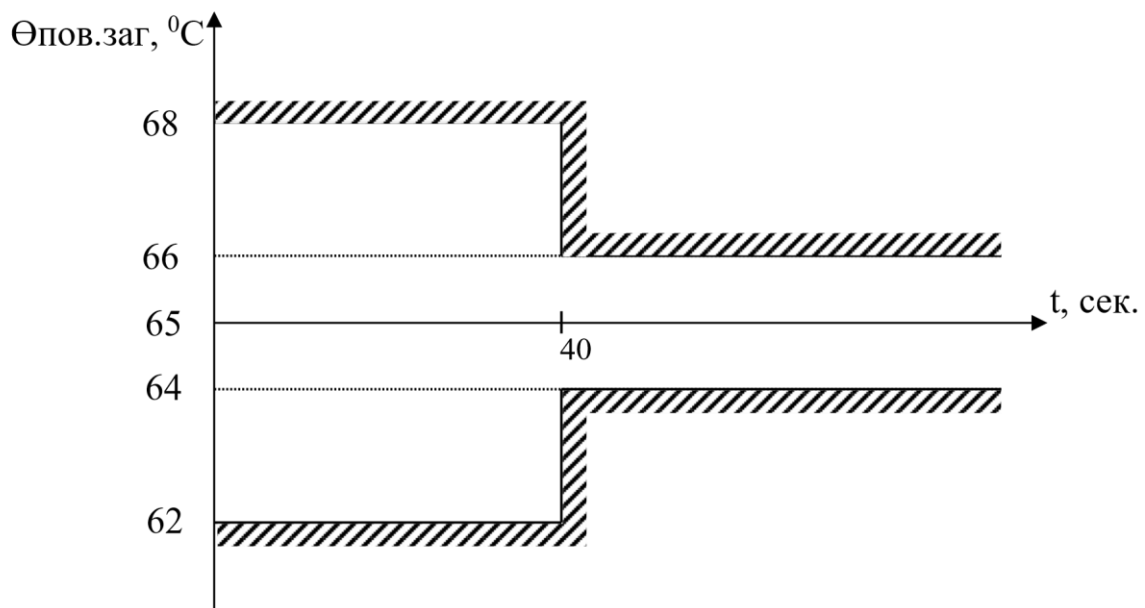


Рис. 3.2 – Регламентна зона для температури поверхні заготовки

Як видно з регламентів на САР для процесу випічки хлібу особливо жорсткі вимоги пред'являються до тривалих відхилень, так як саме недотримання цих регламентів може призвести до браку готової продукції і суттєвих економічних збитків. При цьому малі відхилення регламентуються дуже жорстко. Тому в якості інтегрального критерію доцільно обирати інтегральний модульний критерій, що сильно штрафує незначні відхилення і

мало штрафувє короточасні відхилення. Рівняння для такого критерію матиме вигляд:

$$J = \int_0^{t_M} [|\Delta\theta_{\text{зон.звол}}(t)| + |\theta_{\text{пов.заг}}(t)|] \cdot dt$$

де t_M – час моделювання;

$\theta_{\text{зон.звол}}(t)$ – відхилення температури в зоні зволоження від заданого значення.

$\theta_{\text{пов.заг}}(t)$ – відхилення температури поверхні заготовки від заданого значення.

3.2 Параметричний синтез і аналіз САР базової структури

Координатна схема процесу випічки хліба наведена на рис. 2.1. Відповідно до неї та до структурної схеми, що відповідає замкненому принципу керування, структурна схема САР матиме вигляд, наведений на рис.

3.3.

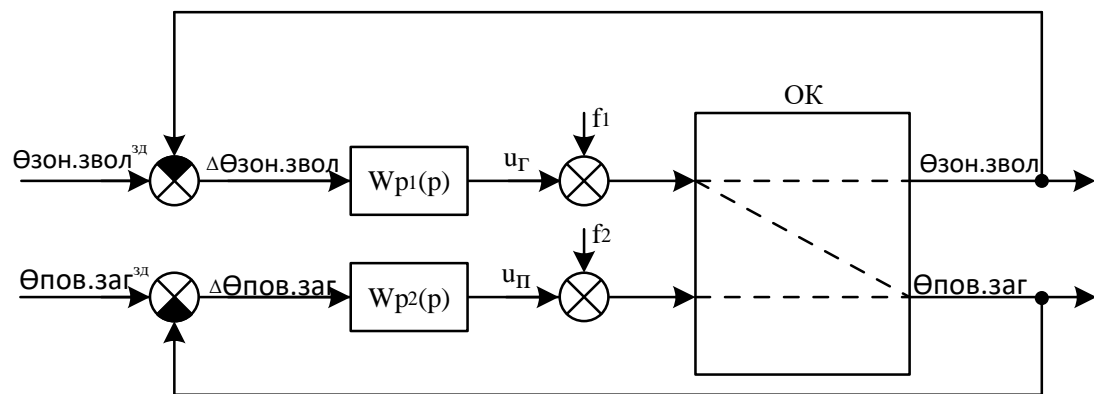


Рис. 3.3 – Структурна схема САР випічки хліба базової структури

На рисунку:

$\theta_{\text{зон.зв.}}$ – температура в зоні зволоження, °C;

$\theta_{\text{пов.заг.}}$ – температура поверхні заготовки, °C;

$U_{\text{Г}}$, – положення РО для зміни витрати повітря та газу, %х.р.о.; $U_{\text{П}}$ – положення РО для зміни витрати пари, %х.р.о.; f_1 , f_2 – вектор неконтрольованих збурень;

$W_{P1}(p)$ – передаточна функція регулятора в зоні зволоження;

$W_{P2}(p)$ – передаточна функція регулятора температури поверхні заготівки;

$\Theta_{\text{зон.зв.}}^{\text{ЗД}}$ – задане значення температури в зоні зволоження, °C;

$\Delta\Theta_{\text{зон.зв.}}$ – помилка регулювання значення температури в зоні зволоження, °C;

$\Theta_{\text{пов.заг.}}^{\text{ЗД}}$ – задане значення температури поверхні заготівки, °C;

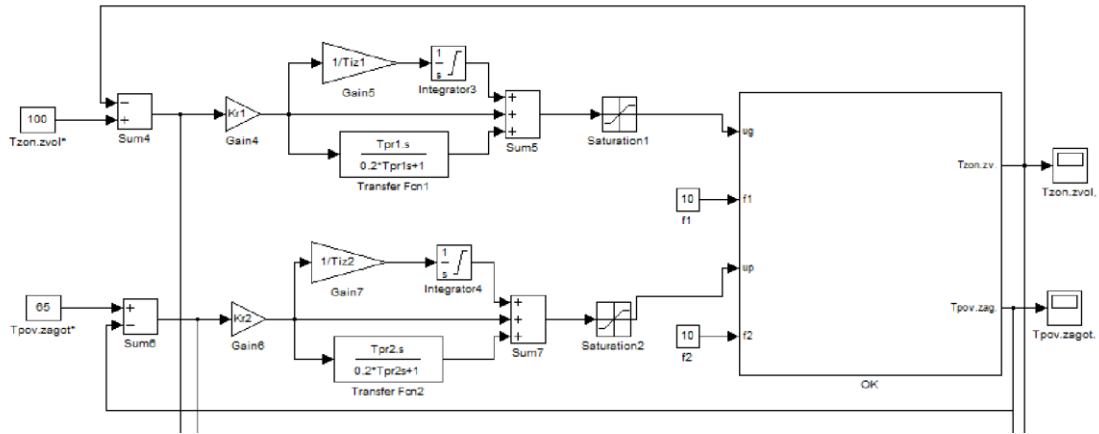
$\Delta\Theta_{\text{пов.заг.}}$ – помилка регулювання температури поверхні заготівки, °C.

Процес пічки хліба за каналом «иг – $\Theta_{\text{зон.звол}}$ », «ип – $\Theta_{\text{пов.заг}}$ » має статичні властивості, тому в якості альтернативних варіантів алгоритмів регулювання обираємо пропорційно-інтегральний (ПІ) і пропорційноінтегрально-диференціальний (ПІД) алгоритми регулювання.

В результаті виконання 2 розділу кваліфікаційної роботи була проведена ідентифікація моделей каналів перетворення координатних дій технологічного процесу випічки хліба. Результати ідентифікації зведені в таблицю 3.1.

Таблиця 3.1 – Результати ідентифікації каналів перетворення координатних дій ОК

Канал ОК	Модель динаміки	
	1-го порядку	2-го порядку
«иг – $\Theta_{\text{зон.звол}}$ »	$W_o(p) = \frac{0,5 * e^{-42,5p}}{28,75p + 1}$	$W_o(p) = \frac{0,5 * e^{-26p}}{(20p + 1)^2}$
«ип – $\Theta_{\text{пов.заг}}$ »	$W_o(p) = \frac{0,5 * e^{-10,25p}}{8,125p + 1}$	$W_o(p) = \frac{0,5 * e^{-5p}}{(6,25p + 1)^2}$

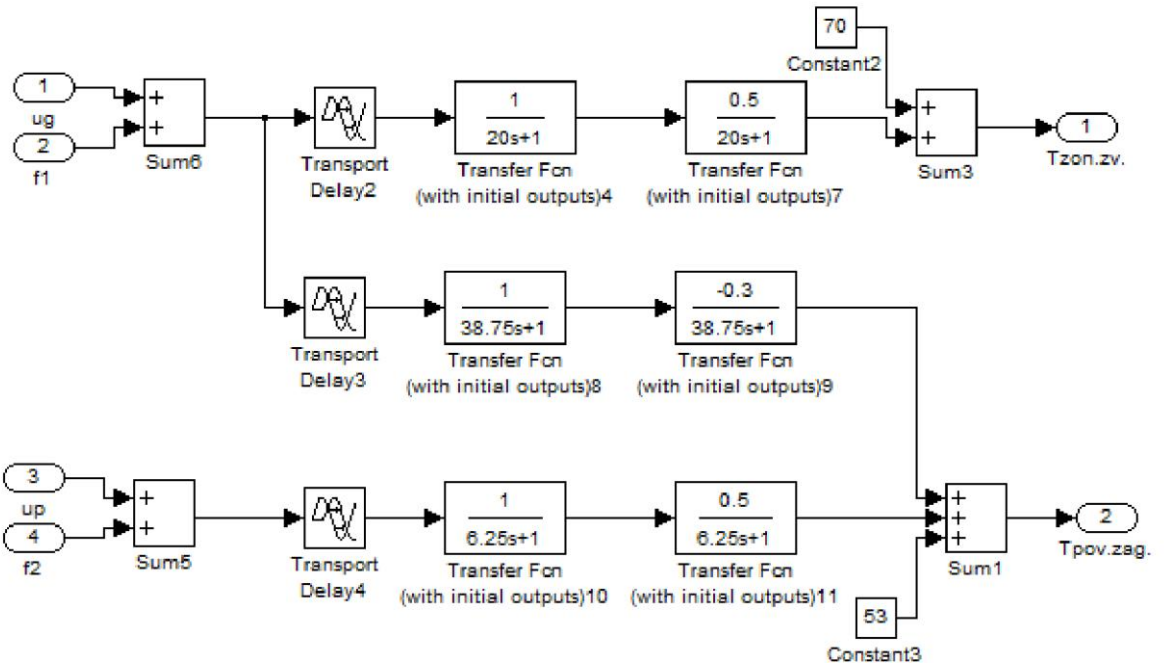
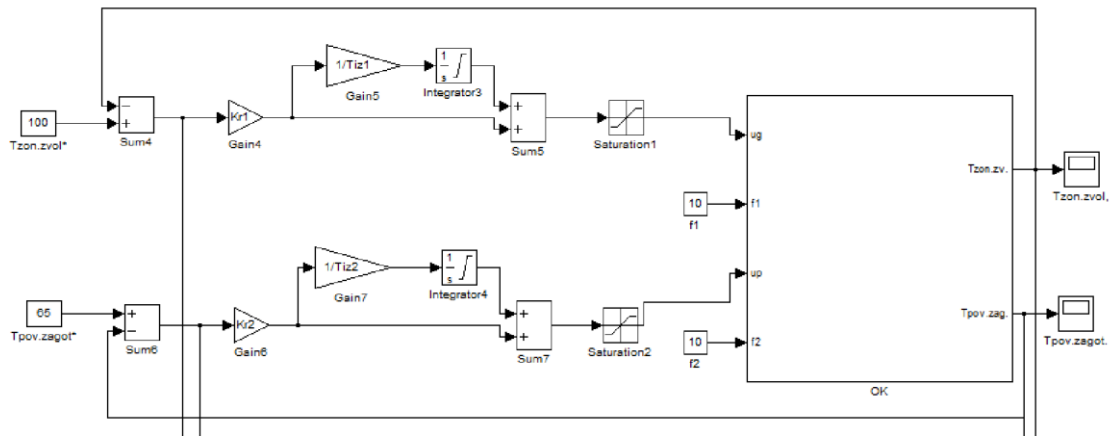


Структурна схема моделювання САР з ПІ-регулятором наведена на рис. 3.4 а з ПД-регулятором - на рис. 3.5. Структурна схема моделювання ОК наведена на рис. 3.6.

Рис. 3.4 – Структурна схема моделювання САР з ПІ-регулятором

Рис. 3.5 – Структурна схема моделювання САР з ПД-регулятором

Рис. 3.6 – Структурна схема моделювання ОК



Проведемо вибір початкових наближень настроювальних параметрів алгоритмів регулювання на основі інженерних методик параметричного (неоптимального) синтезу САР.

Розрахунок параметрів ПІ- регулятора за каналом «уг - Θзон.звол»:

$$k_p = 0,8 \cdot T_0 / (k_0 \cdot \tau_0) = 0,8 \cdot 28,75 / ((0,5) \cdot 42,5) = 1,09 \% \text{х.р.о.} / ^\circ \text{C}$$

$$T_{из} = 2,5 \cdot \tau_0 = 2,5 \cdot 42,5 = 105,375 \text{ с}$$

Розрахунок параметрів ПД- регулятора за каналом «уг - Θзон.звол»:

$$k_p = T_0 / (k_0 \cdot \tau_0) = 28,75 / ((0,5) \cdot 42,5) = 1,36 \% \text{х.р.о.} / ^\circ \text{C}$$

$$T_{из} = 2 \cdot \tau_0 = 2 \cdot 42,5 = 85 \text{ с}$$

$$T_{пр} = \tau_0 = 21,075 \text{ с}$$

Розрахунок параметрів ПІ- регулятора за каналом «уп - Θпов.заг»:

$$k_p = 0,8 \cdot T_0 / (k_0 \cdot \tau_0) = 0,8 \cdot 8,125 / (0,5 \cdot 10,25) = 1,26 \% \text{х.р.о.} / \%$$

$$T_{из} = 2,5 \cdot \tau_0 = 2,5 \cdot 10,25 = 26,65 \text{ с}$$

Розрахунок параметрів ПД- регулятора за каналом «уп - Θпов.заг»: $k_p = T_0 / (k_0 \cdot \tau_0) = 8,125 / (0,5 \cdot 10,25) = 1,58 \% \text{х.р.о.} / \%$

$$T_{из} = 2 \cdot \tau_0 = 2 \cdot 10,25 = 20,5 \text{ с}$$

$$T_{пр} = \tau_0 = 5,125 \text{ с}$$

Для оптимального параметричного синтезу САР з ПІ-регулятором будемо використовувати структурну схему моделювання, наведену на рис. 3.7.

Результати оптимізації налаштувань ПІ-регулятора наведені на рис. 3.8.

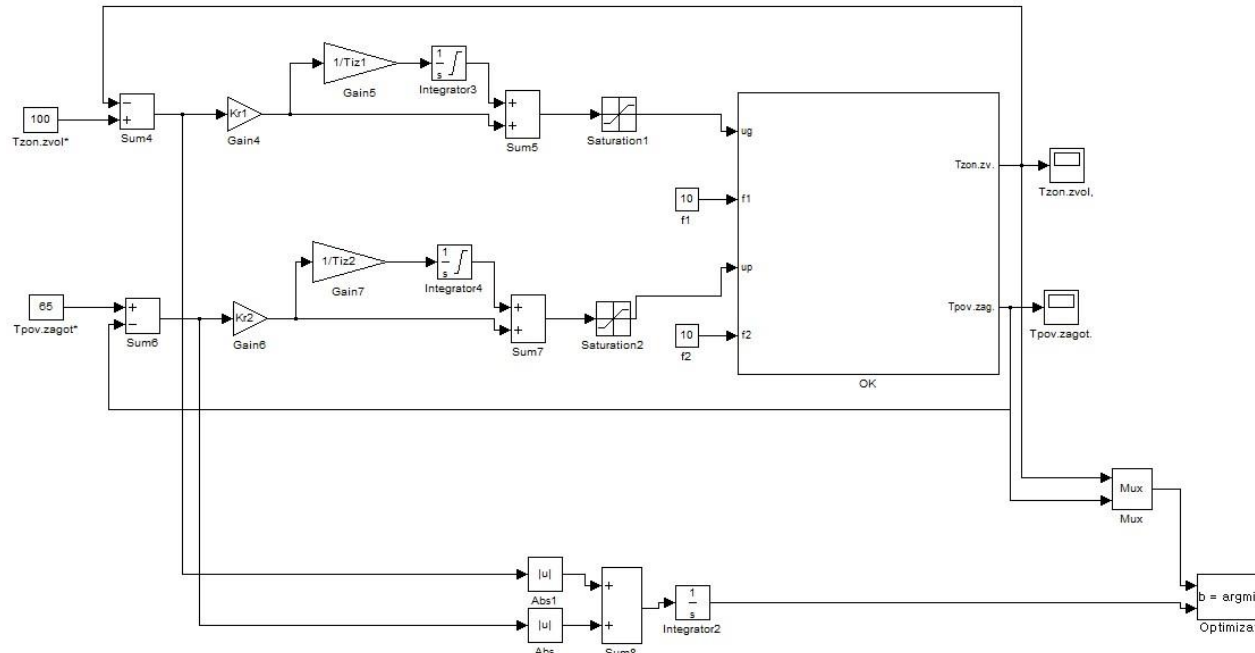
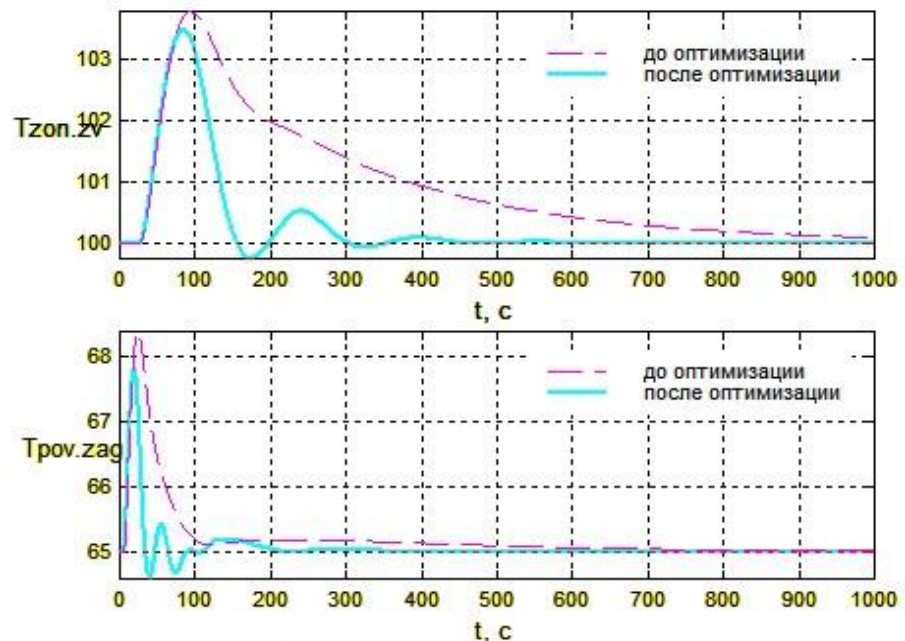


Рис. 3.7 – Структурна схема моделювання для САР з ПІ-регулятором для оптимального параметричного синтезу



Имя переменной	Оптимальное значение	Нижний предел	Начальное приближение	Верхний предел	Значение критерия оптимальности:
Kr1	1.9142	0	1.09	50	до - 1152.7675
Tiz1	52.403	0	105.375	500	после - 368.6164
Kr2	3.0708	0	1.26	50	оптимизации.
Tiz2	17.6562	0	26.65	500	Количество шагов процедуры оптимизации:
					максимальное - 1000
					фактическое - 227

Рис. 3.8 – Результати оптимізації параметрів ПІ-регулятора у складі САР

Для оптимального параметричного синтезу САР з ПД-регулятором будемо використовувати структурну схему моделювання, наведену на рис. 3.9.

Результати оптимізації налаштувань ПД-регулятора наведені на рис. 3.10.

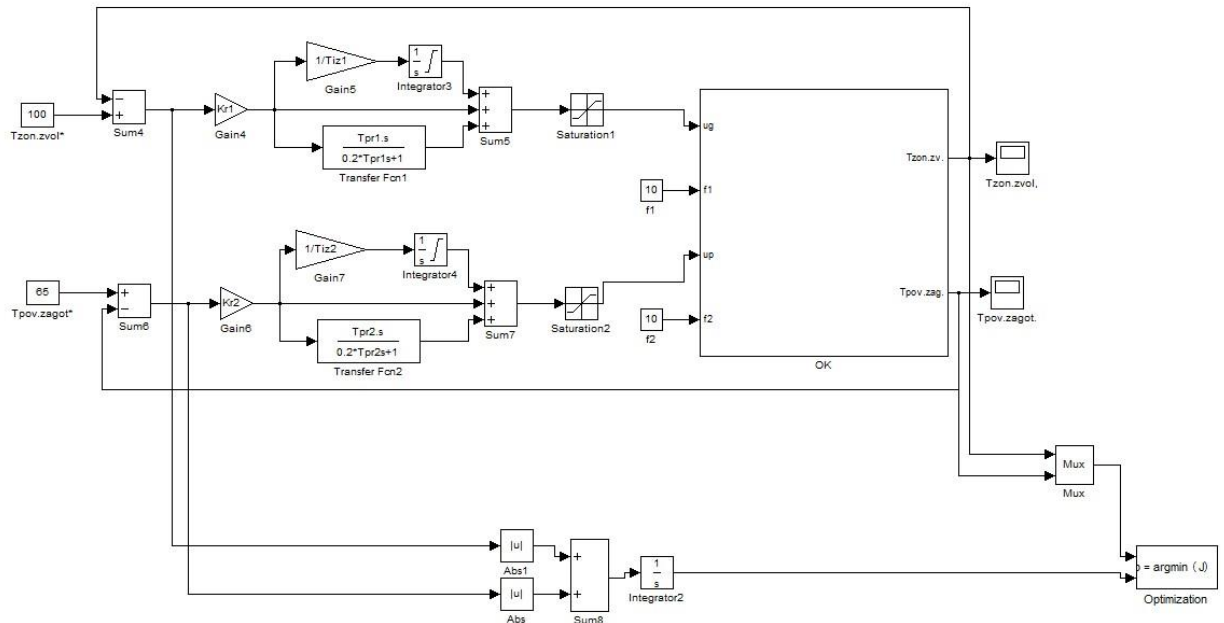


Рис. 3.9 – Структурна схема моделювання САР з ПД-регулятором для оптимального параметричного синтезу

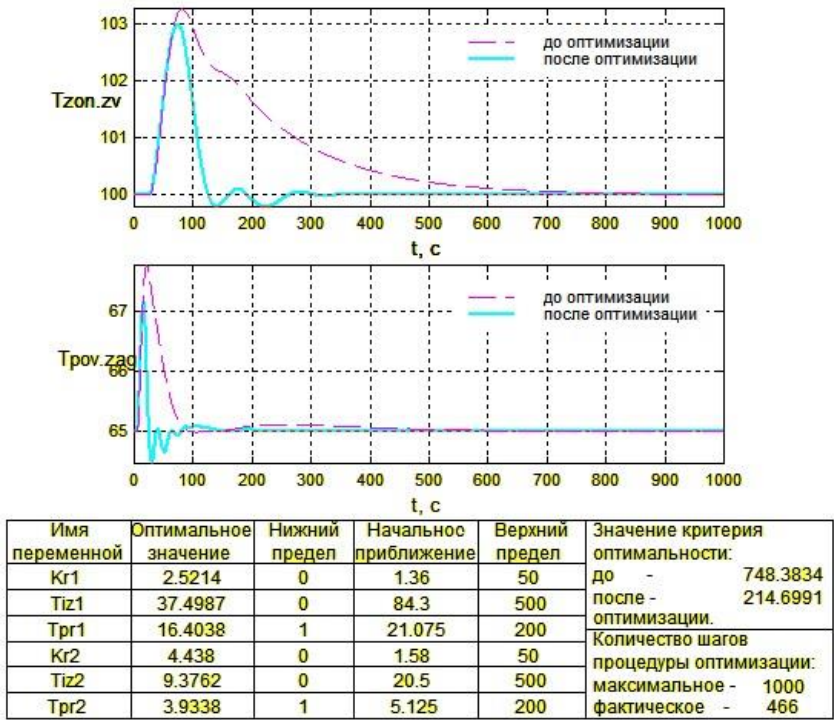


Рис. 3.10 – Результаты оптимізації параметрів ПД-регулятора у складі САР

Проведемо порівняльний аналіз перехідних процесів у параметрично оптимальних системах за значенням критерію оптимальності і показникам, для яких встановлені гранично-припустимі значення. Порівняння САР з ПІ-регулятором та САР з ПІД-регулятором показано на рис. 3.11 та в таблиці 3.2.

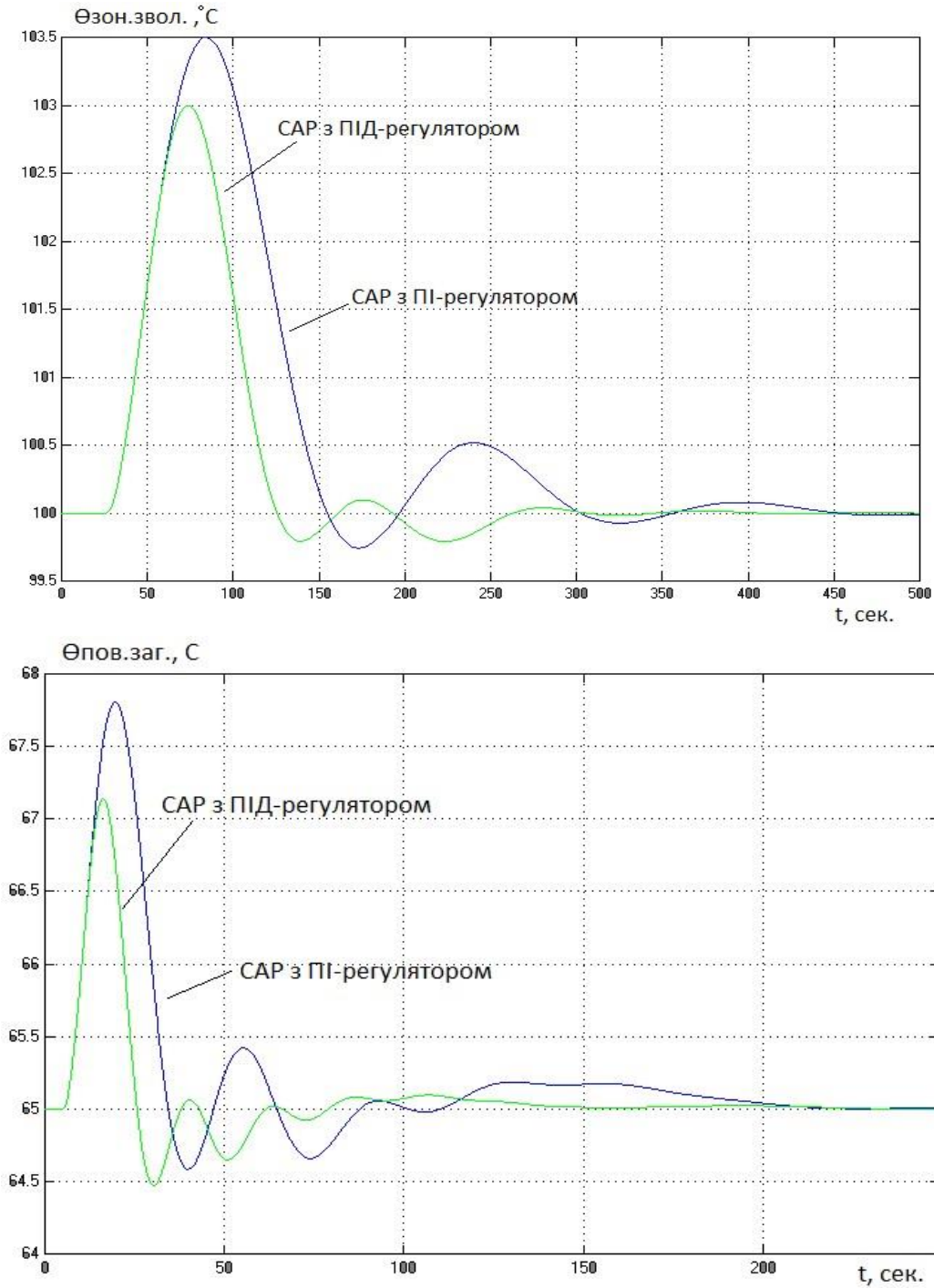


Рис. 3.11 – Результати порівняння САР з ПІ-регулятором та ПІДрегулятором

Таблиця 3.2 – Порівняння САР з ПІ-регулятором та САР з ПІДрегулятором

А Р	$\Delta\theta_{zo}$ н.звол max, °C	$T_{пп}$ Өзон.звол, с	$\Delta\theta_{п}$ ов.заг max, °C	$T_{пп}$ Өпов.заг, с	J
I	103,5	120	2,8	30	368,6
ІД	103	100	2,1	25	214,7

Як видно з результатів порівняння перехідних процесів, SAR з ПІД-регулятором краще за всіма показниками. Тому ми продовжуватимемо використовувати регуляторний закон PID.

Серед параметрів ОК додаткові варіації залежать від коефіцієнта передачі та часу навчання. Слід зазначити, що через нелінійність параметри каналу можуть змінюватися в межах $\pm 20\%$. У даній кваліфікаційній роботі перевірку шорсткості проводили зі зміною часу затримки ОК. При цьому дослідження SAR на шорсткість необхідно проводити в умовах дії визначених ступінчастих неконтрольованих збурень 10% н.г.о. Результати аналізу орієнтовно показані на рис. 3.12, 3.13 для SAR з ПІ-регулятором і SAR з ПІД-

регулятором

відповідно.

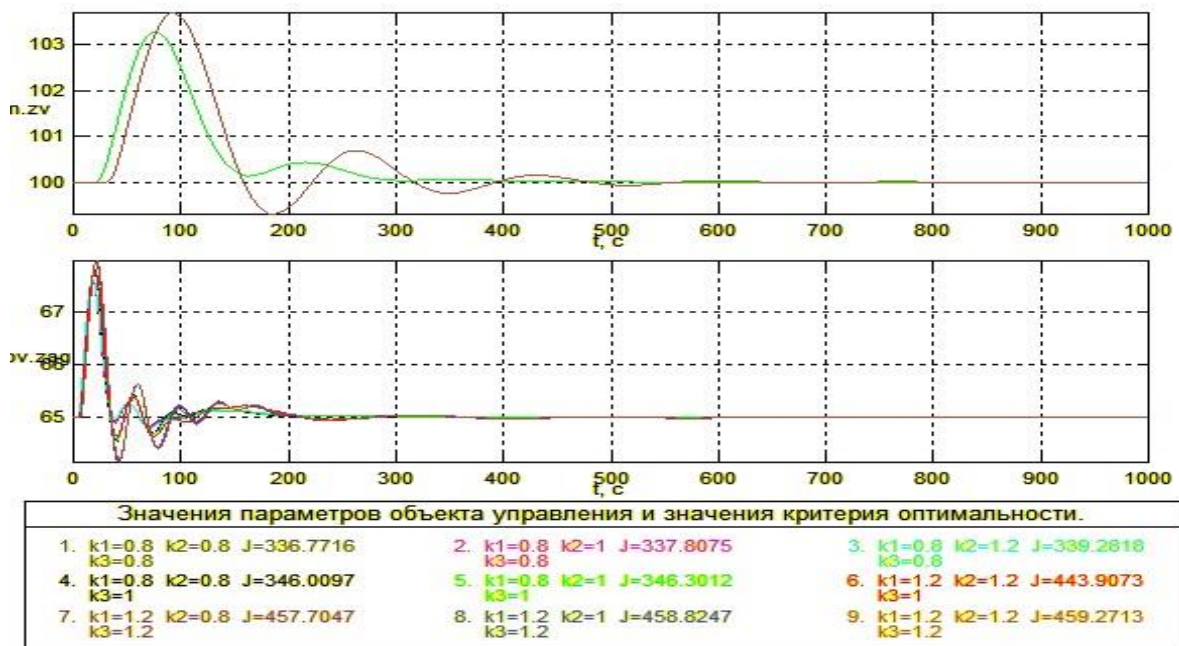


Рис. 3.12 – Результати перевірки САР з ПІ-регулятором на грубість

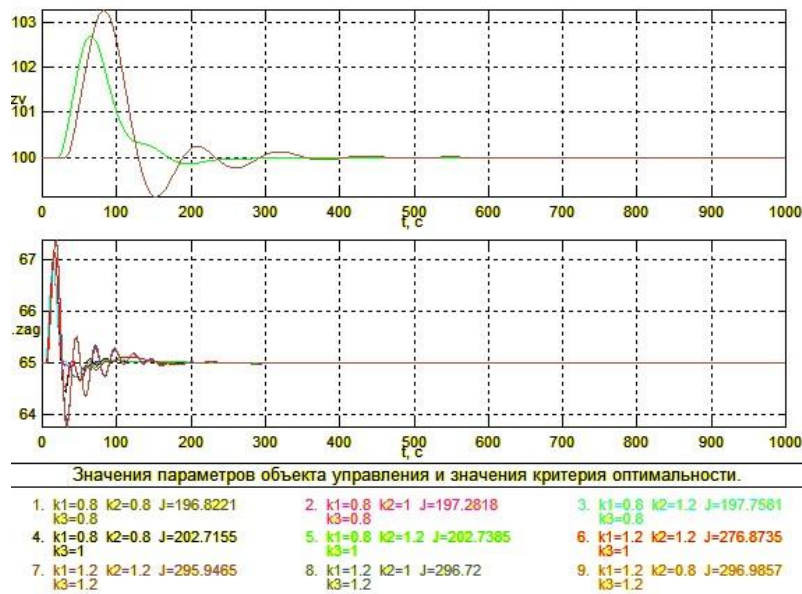


Рис. 3.13 – Результати перевірки САР з ПІД-регулятором на грубість

Як видно з результатів, САР і з ПІ-регулятором, і з ПІД-регулятором є грубою, оскільки в умовах варіації параметрів ОК дає перехідні процеси, що сходяться.

Для оцінки САР на грубість у сталих режимах для каналу «ип –

«Опов.заг» будемо використовувати схеми моделювання, наведені на рис. 3.14 – 3.15. Результати моделювання САР з ПІ-регулятором наведені на рис. 3.16, а з ПД-регулятором – на рис. 3.17.

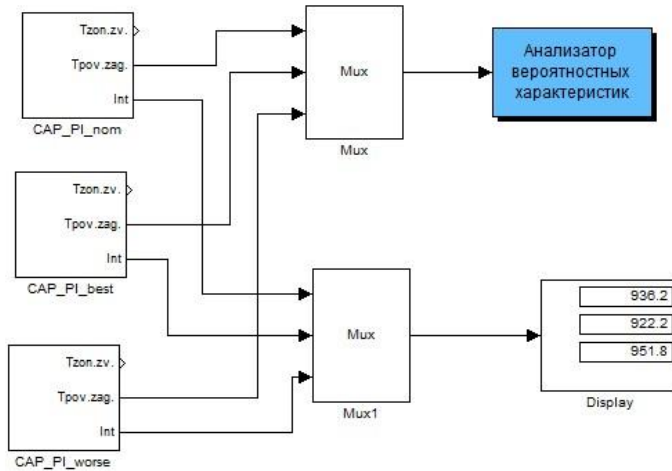


Рис. 3.14 – Структурна схема моделювання САР з ПІ-регулятором для оцінки грубості у сталих режимах

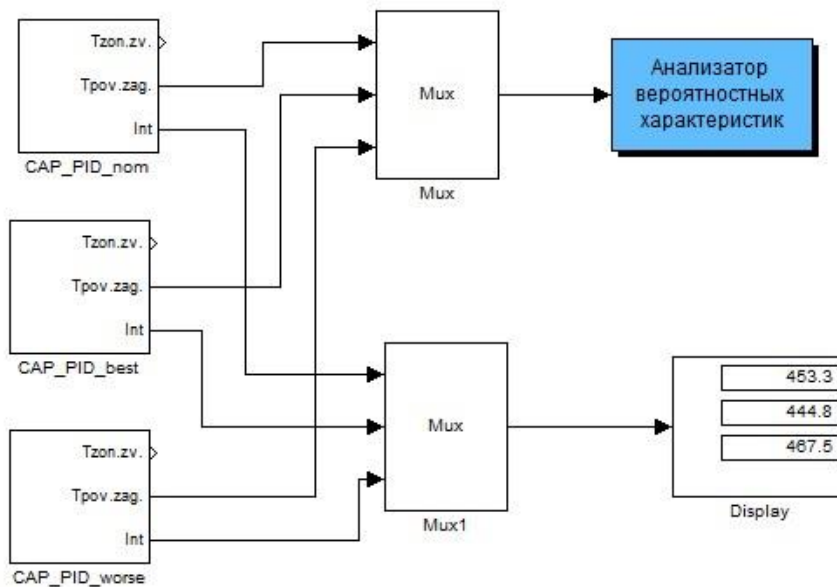


Рис. 3.15 – Структурна схема моделювання САР з ПД-регулятором для оцінки грубості у сталих режимах

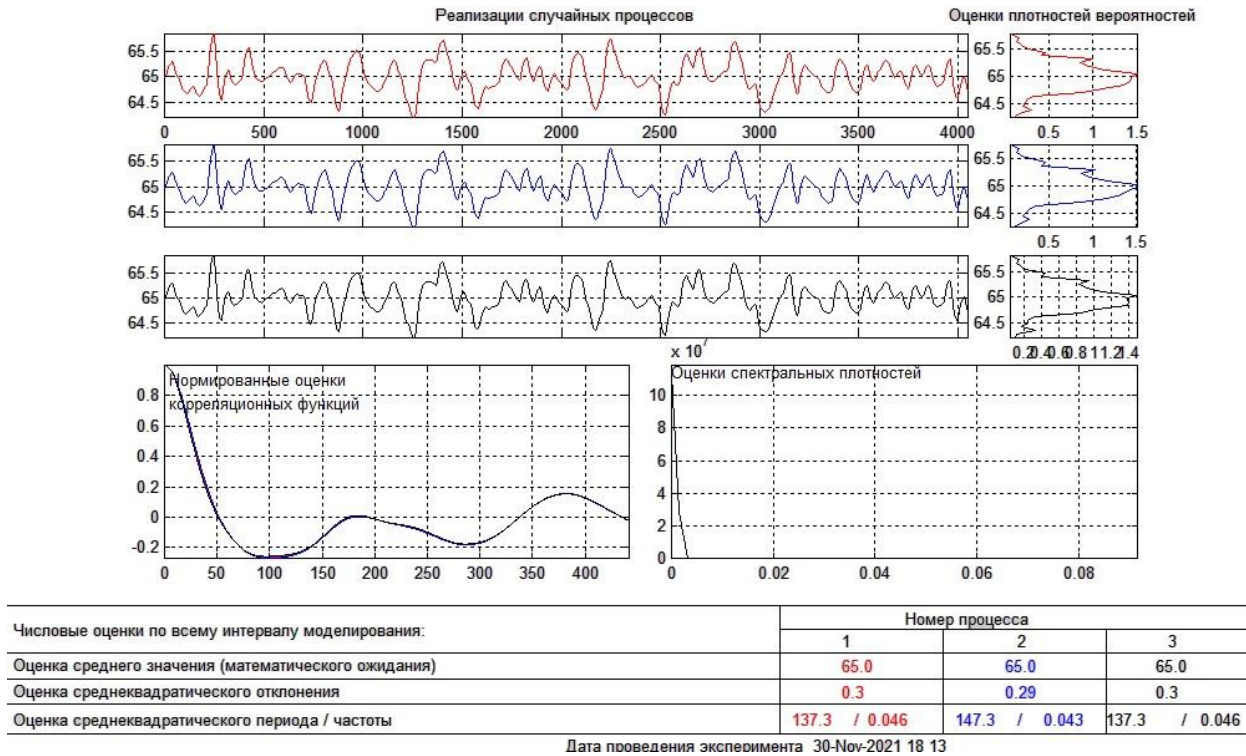


Рис. 3.16 – Результати моделювання САР з ПІ-регулятором

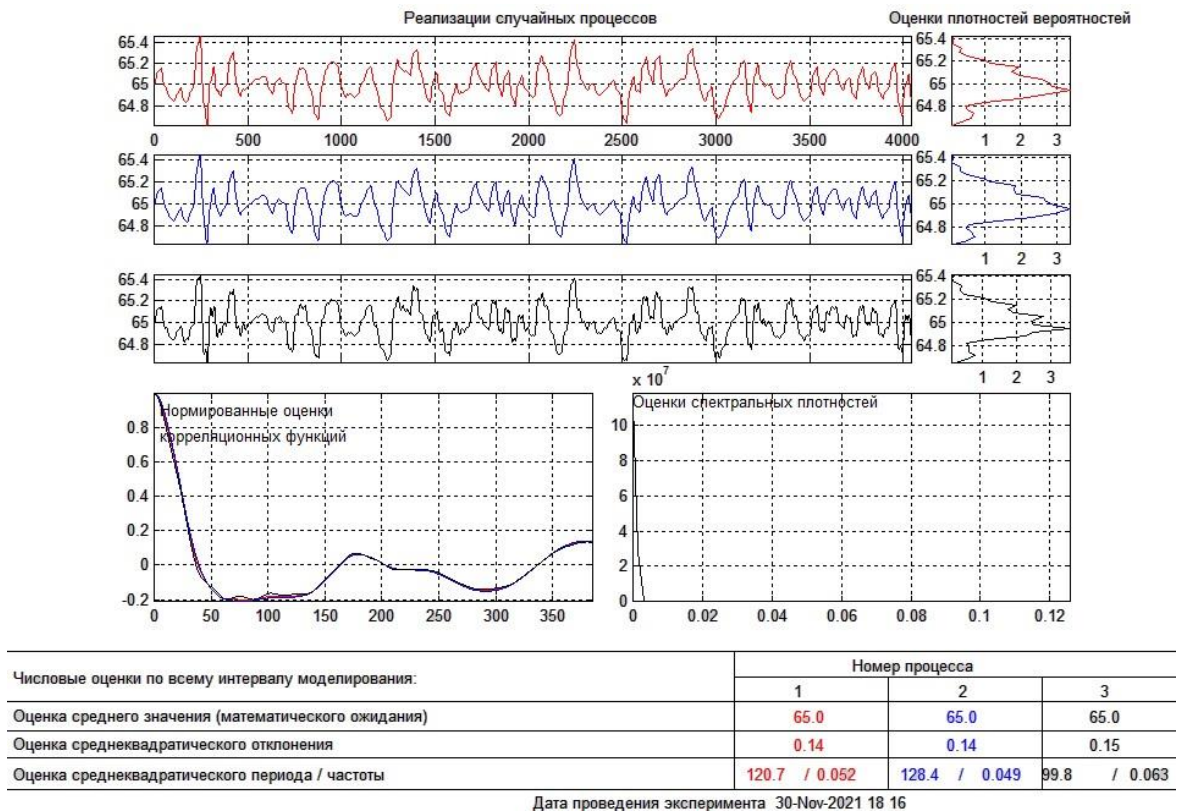


Рис. 3.17 – Результати моделювання САР з ПІД-регулятором

Ми порівнюємо результати моделювання за математичним сподіванням, середнім квадратичним відхиленням, середньоквадратичним періодом та інтегральним критерієм. Порівняльні результати оцінки шорсткості SAR з ПІ-

регулятором зведені в таблицю 3.3, а SAR з ПІД-регулятором зведені в таблицю 3.4.

Таблиця 3.3 – Результати оцінки САР з ПІ-регулятором на грубість у сталих режимах

Показники якості	Значення параметрів ОК		
	номінальні	«найсприятливіші»	«найнесприятливіші»
Математичне очікування	65	65	65
Середньоквадратичне відхилення	0,3	0,29	0,3
Середньоквадратичний період	137,3	147,3	137,3
Інтегральний критерій	936,2	922,2	951,8

Таблиця 3.4 – Результати оцінки САР з ПІД-регулятором на грубість у сталих режимах

Показники якості	Значення параметрів ОК		
	номінальні	«найсприятливіші»	«найнесприятливіші»
Математичне очікування	65	65	65
Середньоквадратичне відхилення	0,14	0,14	0,15

Середньоквадратичний період	120,7	128,4	99,8
Інтегральний критерій	453,3	444,8	467,5

З усього вищесказаного можна зробити висновок, що якість SAR з ПІД регулятором краща, ніж SAR з ПІ регулятором. Тому в подальших дослідженнях ми будемо використовувати ПІД-регулятор як базовий алгоритм керування.

3.3 Структурно-параметричний синтез і аналіз підвищеного SAR динамічна точність

Основним способом підвищення динамічної точності розчинного РАР є побудова автономного РАР. за такою структурною схемою САР матиме вигляд, зображений на рис. 3.18.

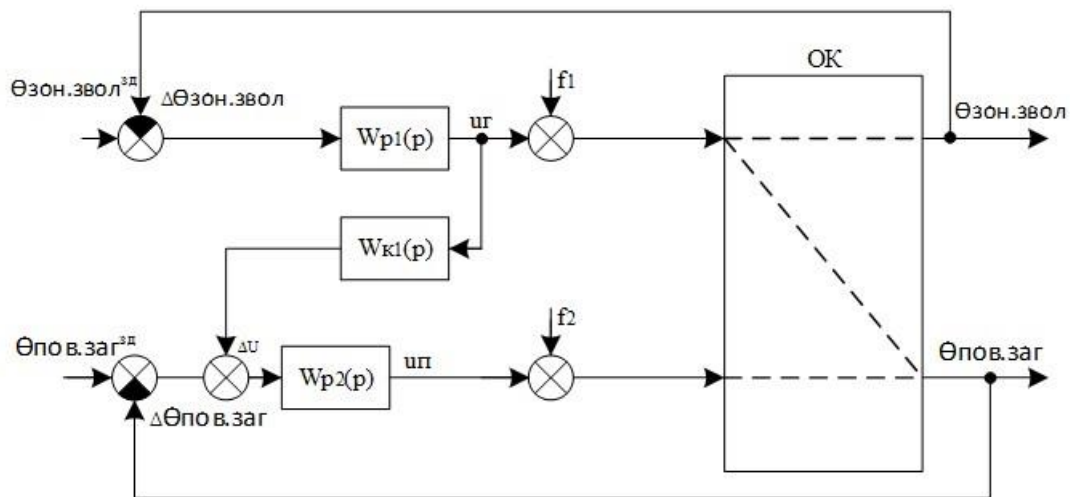


Рис. 3.18 – Структурна схема автономної системи керування

На рисунку: u_k – вплив регулюючої дії, $^{\circ}\text{C}$;

$W_{k1}(p)$ - передаточна функція коригуючого зв'язку.

В результаті виконання 2 розділу кваліфікаційної роботи була проведена ідентифікація моделей каналів перетворення координатних дій технологічного процесу випічки хліба. Результати ідентифікації зведені в таблицю 3.5.

Таблиця 3.5 – Результати ідентифікації каналів перетворення координатних дій ОК

Канал ОК	Модель динаміки	
	1-го порядку	2-го порядку
«уг – Өпов.за Г»	$-0,3 * e^{-40,25p}$ $W_o(p) = \frac{\quad}{60,625p + 1}$	$-0,3 * e^{-20p}$ $W_o(p) = \frac{\quad}{(38,75p + 1)^2}$
«уп – Өпов.за Г»	$W_o(p) = \frac{0,5 * e^{-10,25}}{8,125p + 1}$	$W_o(p) = \frac{0,5 * e^{-5p}}{(6,25p + 1)}$

Оптимальні параметри ПІД-регулятора за каналом «уп - Өпов.заг»:

$$K_p = 4,438 \frac{\% \text{х.р.о.}}{^{\circ}\text{C}}; T_{\text{ИЗ}} = 9,38\text{с}; T_{\text{ПР}} = 3,93\text{с}$$

Розрахунок коригуючої ланки:

$$W^K(p) = - \frac{W_{\text{уг}-\text{Өпов.заг}}^o(p)}{W_{\text{уп}-\text{Өпов.заг}}^o(p) * W_{\text{уп}-\text{Өпов.заг}}^p(p)}$$

Тоді

$$\begin{aligned}
 W^K(p) &= - \frac{\frac{-0,3 * e^{-40,25p}}{60,625p + 1}}{\frac{0,5 * e^{-10,25p}}{8,125p + 1} * 4,438 * \left(1 + \frac{1}{9,38p} + 3,93p\right)} = \\
 &= e^{(-40,25 - (-10,25))p} * \left(-\frac{0,3}{0,5 * 4,438}\right) * \frac{\frac{1}{60,625p + 1}}{\frac{36,86p^2 + 9,38p + 1}{9,38p} * \frac{1}{8,125p + 1}} = \\
 &= 0,13 * e^{-30p} \frac{9,38p * (60,625p + 1)}{(36,86p^2 + 9,38p + 1) * (8,125p + 1)}
 \end{aligned}$$

Отримана передаточна функція коригуючого зв'язку є фізично реалізованою.

Структурна схема моделювання передаточної функції коригуючого зв'язку наведена на рис. 3.19.



Рис. 3.19 – Структурна схема моделювання передаточної функції коригуючого зв'язку

Перед тим як додавати коригуючу ланку до САР її потрібно спростити.

Спрощена коригуюча ланка матиме вигляд:

$$W^K(p) = K_K * \frac{T_{Kp}}{(T_{Kp} + 1)^2} * e^{-Kp}$$

В якості початкових наближень параметрів коригуючої величини зв'язку приймаємо такі параметри: $K_K = 0,13$; $T_{K1} = 30$, $T_{K2} = 8,125$. Для уточнення початкових наближень коригування параметрів комунікаційного моделювання скористаємося схемою, наведеною на рис. 3.20. Результати розрахунку початкових наближень параметрів, що коригують залежність, наведено на рис. 3.21, а результати моделювання – на рис. 3.22.

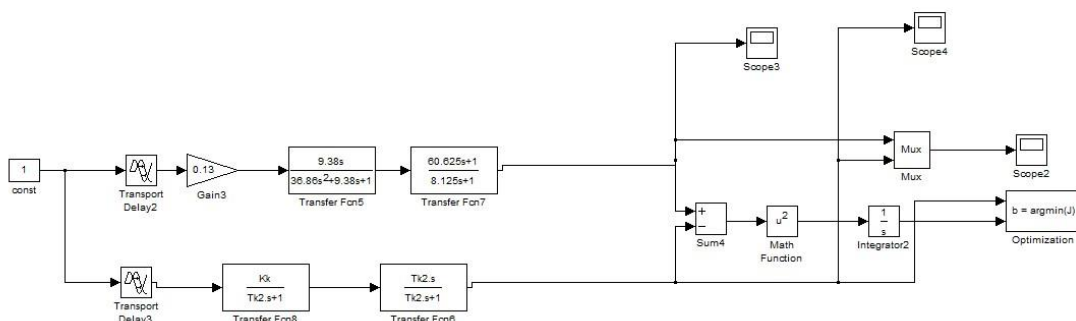


Рис. 3.20 – Схема моделювання СКЛ відносно НФРКЛ

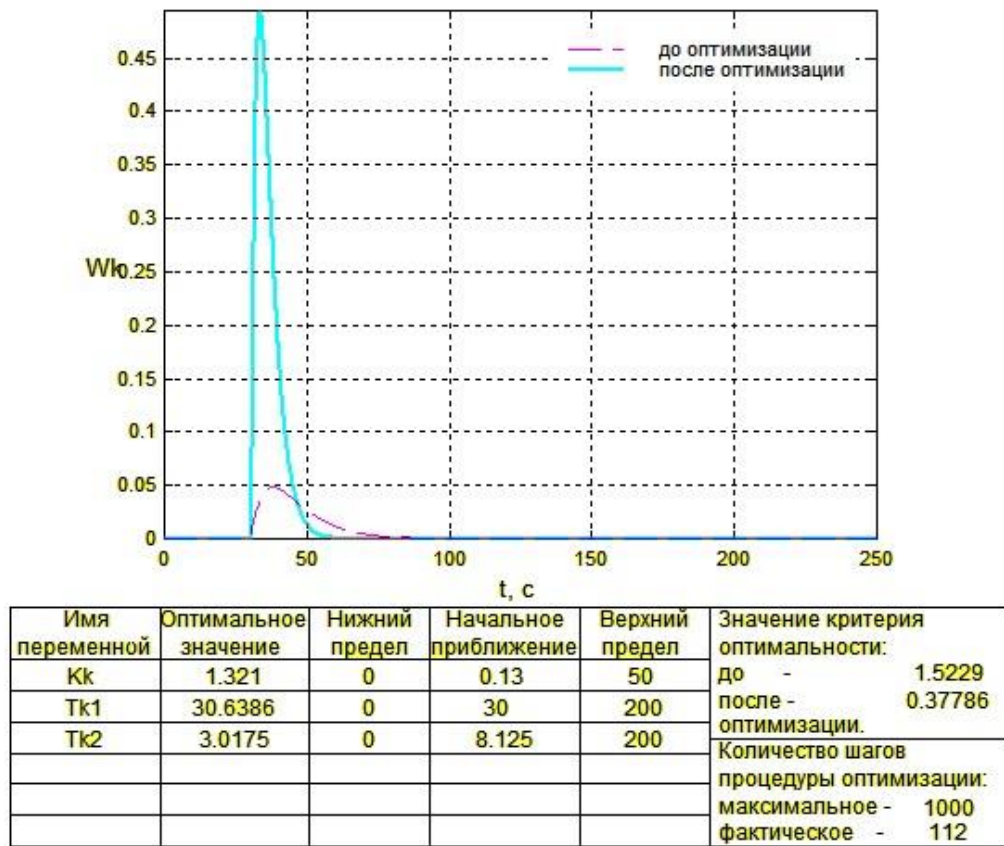


Рис. 3.21 – Результаты моделирования СКЛ відносно НФРКЛ

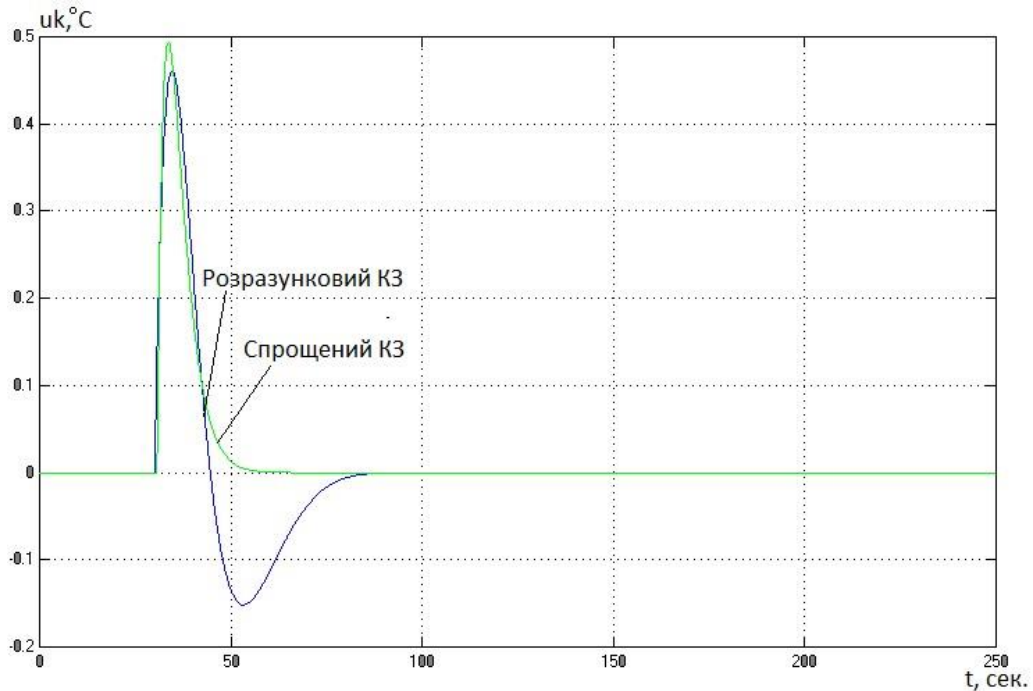


Рис. 3.22 – Перехідні характеристики розрахункового та спрощеного коригуючого зв'язку

Структурна схема моделювання САР ПДТ наведена на рис. 3.23.

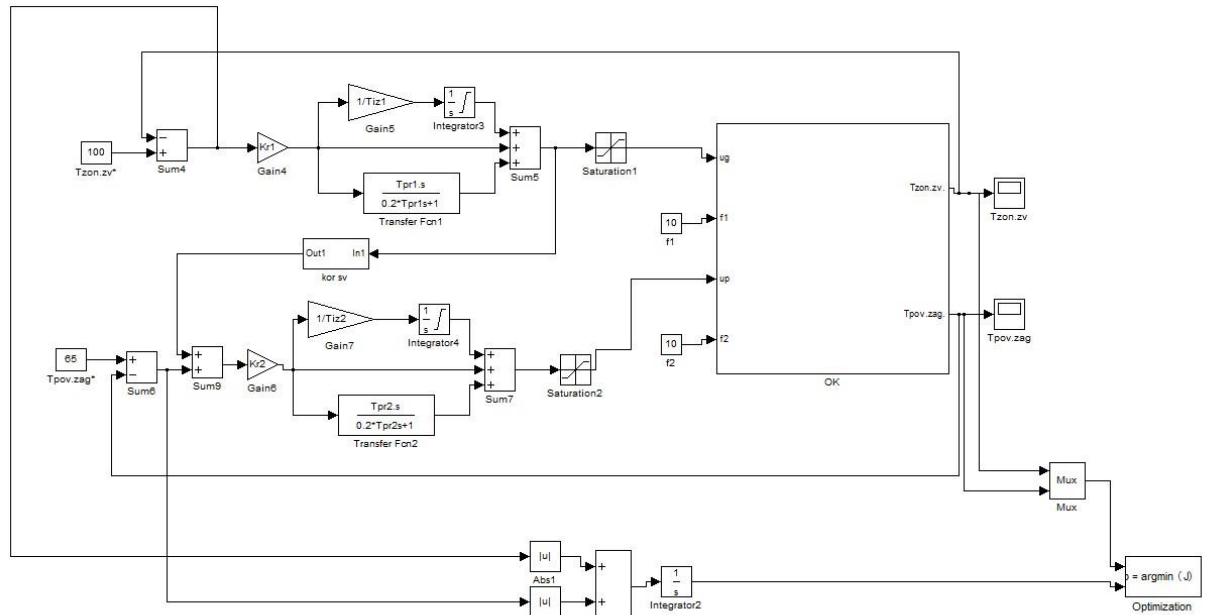


Рис. 3.23– Структурна схема моделювання САР ПДТ

Результати оптимального параметричного синтезу САР ПДТ наведено на рис. 3.24.

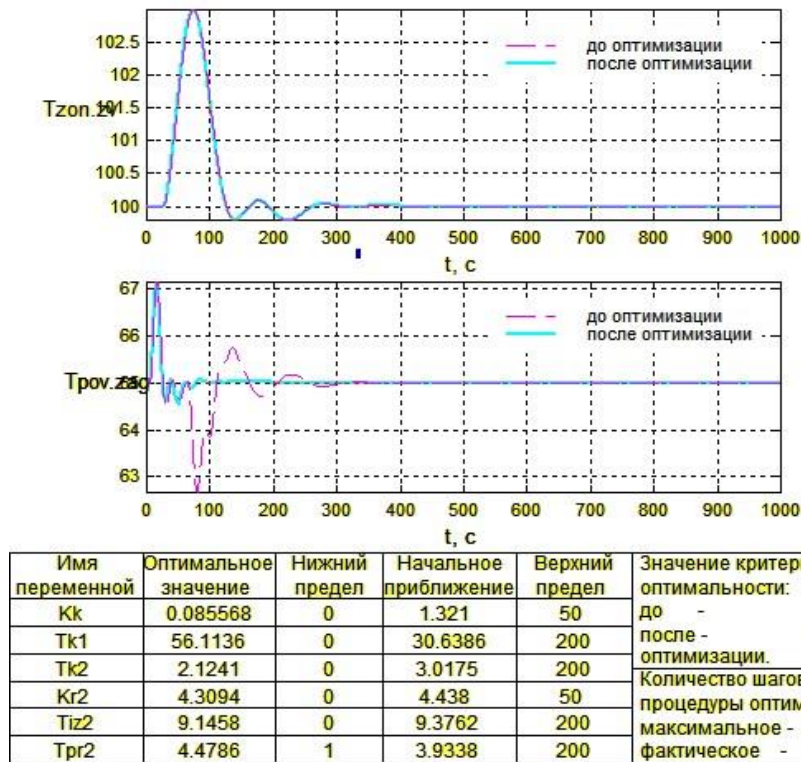


Рис. 3.24 – Результати оптимізації параметрів САР ПДТ

Як і в випадку з САР базової структури, дослідження САР підвищеної динамічної точності на грубість проведемо при варіації $\pm 20\%$ часу запізнення ОК. Результати аналізу на грубість показані на рис. 3.25.

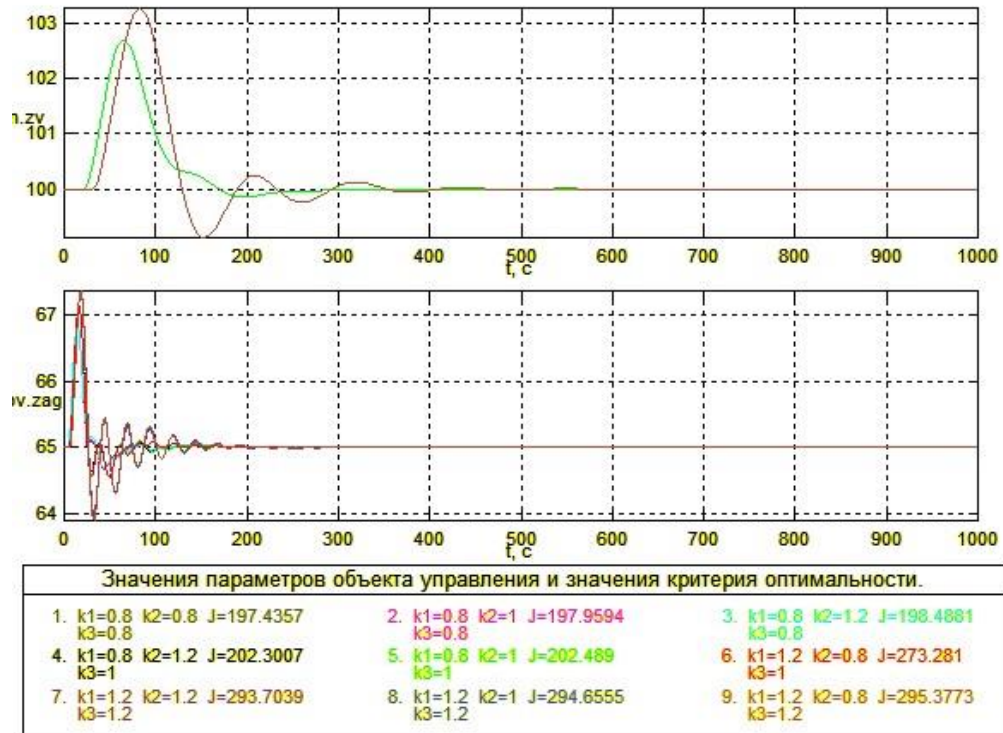


Рис. 3.25 – Результати перевірки САР ПДТ

Як видно з результатів, САР з ПІД-регулятором і ланкою корекції є грубим, оскільки в умовах зміни параметрів ОК дає збіжні перехідні процеси.

Щоб оцінити SAR PDT для шорсткості в стабільних режимах, ми будемо використовувати схему моделювання, наведену на рис. 3.26. Результати

моделювання показані на рис. 3.27.

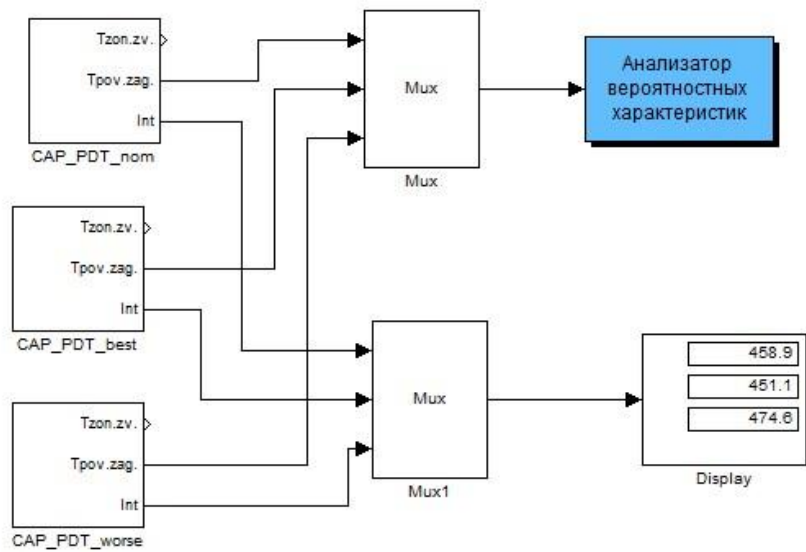


Рис. 3.26 - Структурна схема моделювання САР ПДТ

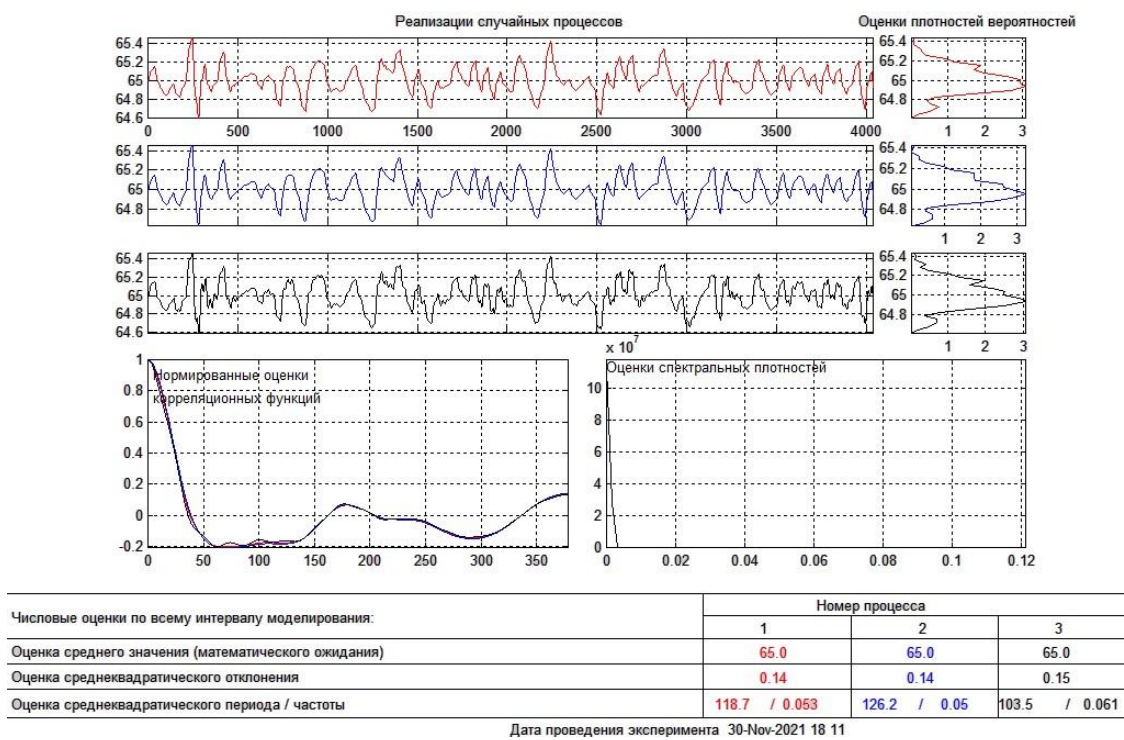


Рис. 3.27 – Результати моделювання САР ПДТ

Ми порівнюємо результати моделювання за математичним сподіванням, середнім квадратичним відхиленням, середньоквадратичним періодом та інтегральним критерієм. У таблиці 3.6 наведено порівняльні результати оцінки PDT SAR для шорсткості.

Таблиця 3.6 – Результати оцінки САР ПДТ на грубість у сталих режимах

Показники якості	Значення параметрів ОК		
	номінальні	«найсприятливіші»	«найкращі»
Математичне очікування	65	65	65
Середньоквадратичне відхилення	0,14	0,14	0,15
Середньоквадратичний період	118,7	126,2	103,5
Інтегральний критерій	458,9	451,1	474,6

Проведемо порівняльний аналіз перехідних процесів у параметрично оптимальних системах за значенням критерію оптимальності та показників, для яких встановлені граничні значення. Порівняння КПД базової конструкції та КПД підвищеної динамічної точності наведено на рис. 3.28 і в таблиці 3.7.

Для порівняння SAR базової конструкції і SAR підвищеної динамічної точності для шорсткості в сталих режимах скористаємося схемою моделювання, наведеною на рис. 3.29. Результати моделювання наведені на рис.

3.30 та в таблиці 3.9.

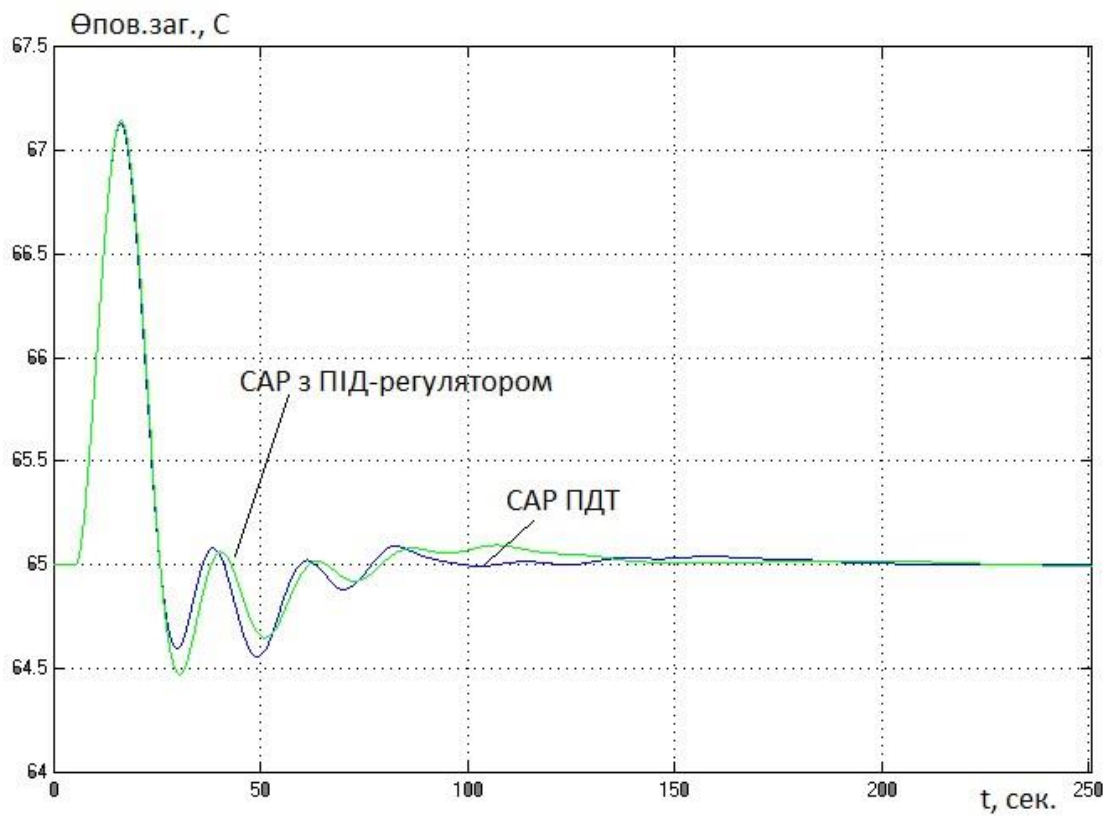
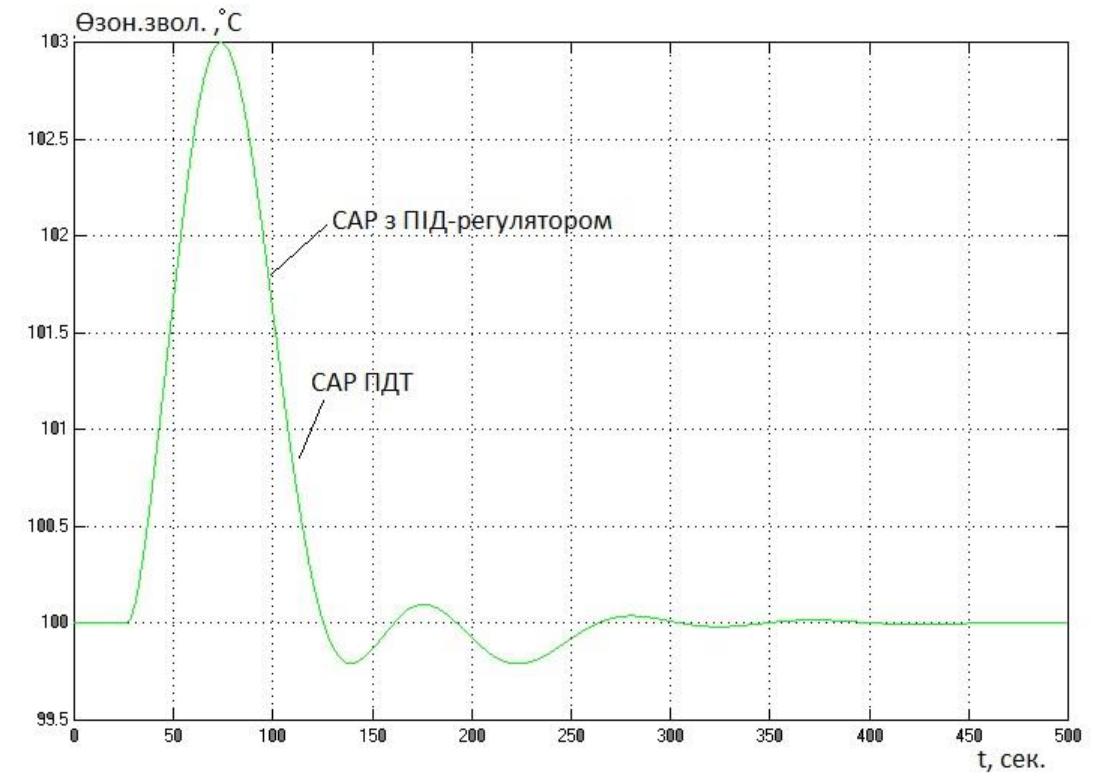


Рис. 3.28 – Результати порівняння САР базової структури та САР підвищеної динамічної точності

Таблиця 3.7 – Порівняння САР базової структури та САР підвищеної динамічної точності

Р	СА	$\Delta\Theta_{\text{зон.зв}}$ ол max, °C	T_{III} Озон.зво л, с	$\Delta\Theta_{\text{пов.з}}$ аг max, °C	T_{II} п Өпов.за г, с	J
Д	ПІ	103	100	2,1	25	214, 7
Т	ПД	103	100	2,1	25	212, 5

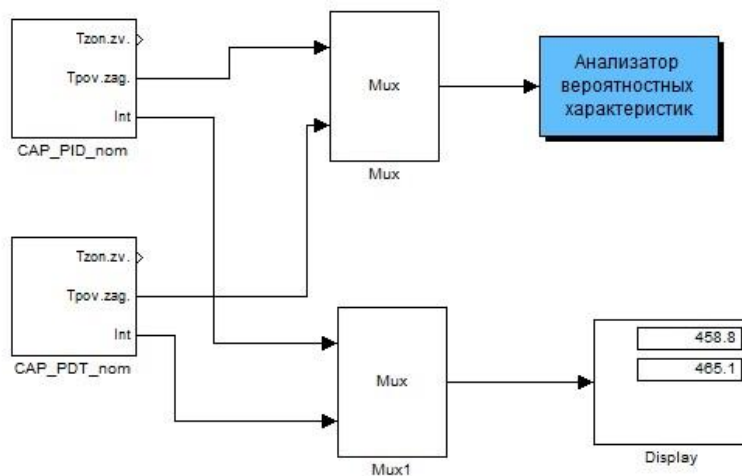


Рис. 3.29 - Структурна схема моделювання САР базової структури та САР підвищеної динамічної точності для порівняння оцінки грубості у сталих режимах

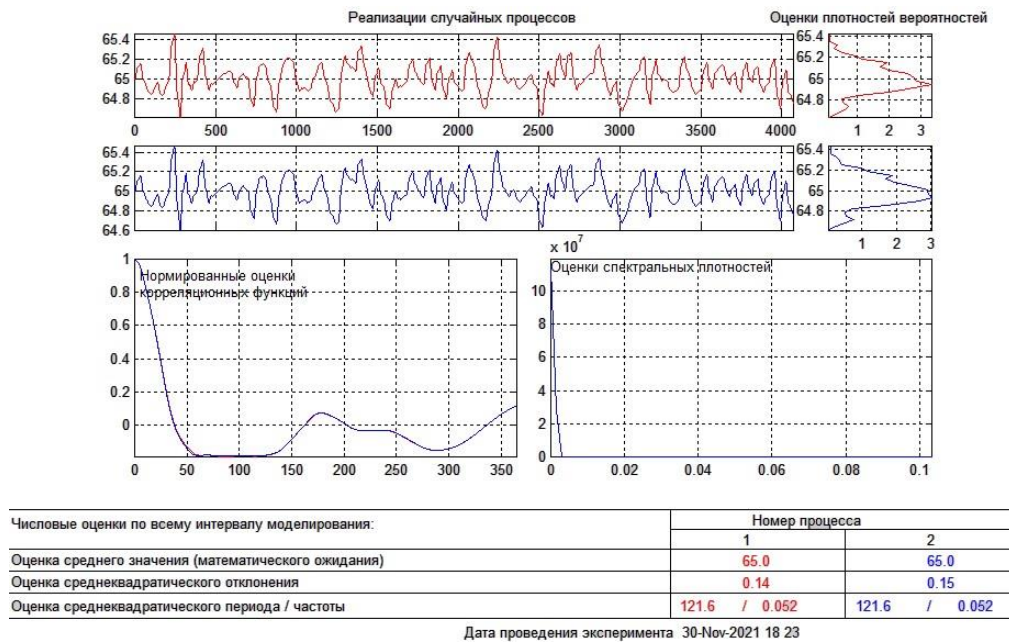


Рис. 3.30 – Результати моделювання САР базової структури та САР підвищеної динамічної точності

Таблиця 3.7 – Результати оцінки САР базової структури та САР підвищеної динамічної точності у сталих режимах

Показники якості	Структура САР	
	Базова	Підвищеної динамічної точності
Математичне очікування	65	65
Середньоквадратичне відхилення	0,14	0,15
Середньоквадратичний період	121,6	121,6
Інтегральний критерій	458,8	465,1

З усього вищевикладеного можна зробити висновок, що за більшістю показників якості базовий SAR і SAR підвищеної динамічної точності

практично не відрізняються. Це означає, що, як і очікувалося, автономний SAR не забезпечує суттєвого поліпшення якісних показників перехідних процесів.

3.4 Висновки за розділами

Сформульовано гранично допустимі вимоги до якості регулювання технологічних параметрів процесу випічки хліба.

Синтез САР здійснювався в два етапи. На першому етапі проводився розрахунок налаштування регулятора за інженерними методами Копеловича, а на другому етапі застосовувався оптимальний параметричний синтез. В якості критерію використовується інтегральний модульний критерій.

Ми будемо використовувати PIDalgorithm як базовий алгоритм керування.

Динамічну точність SAR доцільно підвищити за рахунок забезпечення автономності регулювання каналу.

SAR підвищеної динамічної точності грубий.

Здебільшого якісні показники базового SAR і SAR підвищеної динамічної точності практично однакові. Це означає, що, як і очікувалося, автономний SAR не забезпечує суттєвого поліпшення якісних показників перехідних процесів.

РОЗДІЛ 4 СПЕЦИФІКАЦІЯ ЗАДАЧІ ТА РОЗРОБКА АЛГОРИТМІВ ЛОГІЧНЕ КЕРУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМ ПРОЦЕСОМ

4.1 Конкретизація завдання логічного керування технологічним процесом

В якості об'єкта модернізації системи автоматизації процесу випікання хліба, апаратно-технологічна схема якого наведена на рис. 4.1.

В димову трубу

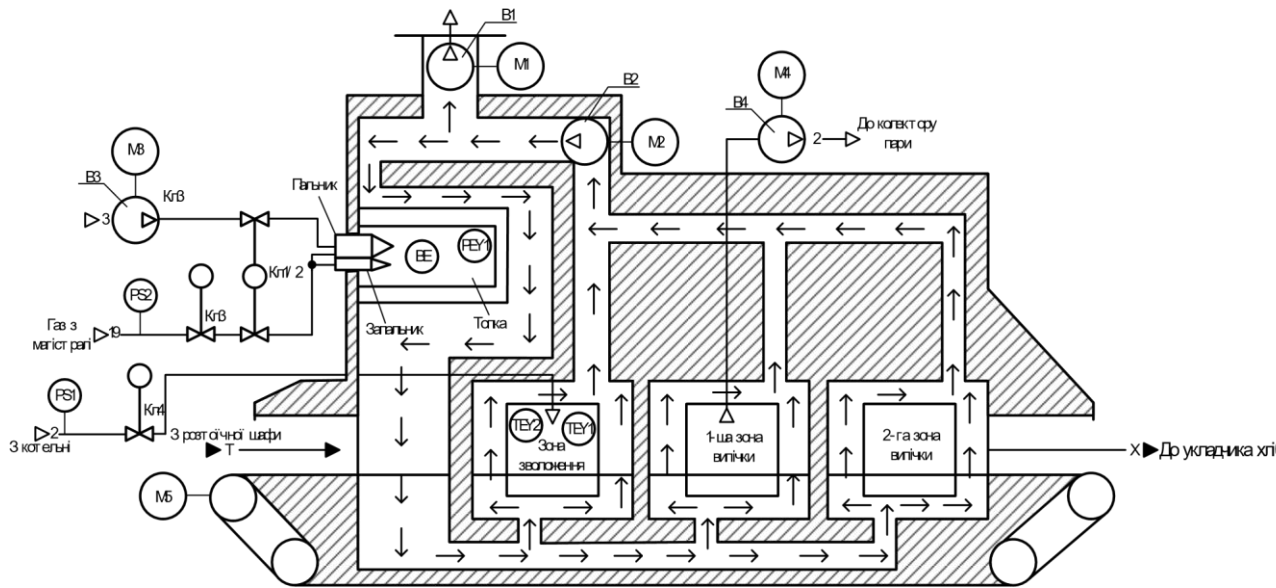


Рис. 4.1 – Апаратно-технологічна схема процесу випічки хліба

Опис процесу управління.

В якості вихідних даних розглянемо такі характеристики обладнання (рис. 4.1): Клапан Кл1/2 – регулюючий клапан подачі газу (аналогової дії), клапан Кл3 – запірний клапан (дискретної дії), клапан Кл4 – регулюючий клапан для паропостачання (аналогової дії), електромотори вентилятора. М1-М4 і конвеєр М5 - дискретної дії. Також використовуємо дані попередніх досліджень щодо ідентифікації РЯ (п. 2.2) та САР (п. 3.2).

Розробимо алгоритми автоматичного логічного керування відповідно до стандартів ведення технологічних процесів (див. табл. 1.1).

Перед початком технологічного процесу необхідно перевірити передпускові умови, до яких відносяться: тиск газу в подаючому газопроводі ($P_g > P_{min}$), тиск пари в подавальному газопроводі ($P_p > P_{min}$). Процес доцільно починати на наявність заготовок у ливарній шафі, який оператор виконує в ручному режимі перевірки.

Потім необхідно повідомити персонал про початок технологічного процесу. Для цього використовується звукова сигналізація.

Спочатку потрібно запустити вентилятори В1 і В3 (М1, М3) і відкрити 100% С11/2 для виробництва печі.

Після виготовлення необхідно подати газ в топку, для цього необхідно відкрити запірний кран палива (K13), а також відкрити кран регулювання подачі газу (K11/2) на 20% і розпалити " маленький" факел. Якщо запалювання пройшло добре, то необхідно переходити на «великий» факел. Після цього запускаємо циркуляційний вентилятор (M2), вимикаємо регулятор температури в зоні зволоження, відкриваємо паровий клапан Кл4 на 60% і запускаємо вентилятор В4 (M4). Після того, як температура в зоні зволоження досягне мінімально необхідного значення, необхідно запустити конвеєр (M5) і вимкнути КР температури поверхні заготовок.

При невдалому розпалюванні необхідно припинити подачу газу в топку, для цього перекрити запірну арматуру (Кл3) і створити максимальну тягу в топці, щоб вона запустила вентилятори В1 і В3 (M1, M3) і відкрийте K11/2 на 100%, щоб роздути піч, а потім повторіть розпалювання. Так само при появі факелу, а потім його осушенні (загасанні) необхідно задуті піч і таким же чином припинити процес, без втручання оператора.

Щоб зупинити процес, необхідно спочатку подати заготовку, для цього вимкнути конвеєр (M5) і В4 (M4), потім закрити Кл4 і Кл3 і виробляти піч. Після провітрювання котла необхідно вимкнути вентилятори (M1, M3) і закрити C11/2.

4.2 Формалізація регламенту, розробка алгоритмів автоматичного логічного контролю запуску та нормального вимкнення сайту

На основі наведеного вище опису процесу роботи оформимо у вигляді блок-схеми регламент роботи установок в режимах пуску та технологічної зупинки та складемо відповідні алгоритми керування.

на рис. 4.2 зображено структурну схему регулювання роботи в режимі пуску, а на рис. 4.3 – блок-схема графіка роботи в режимі нормальної зупинки.



Рис. 4.2 – Блок-схема регламенту функціонування процесу випічки хліба

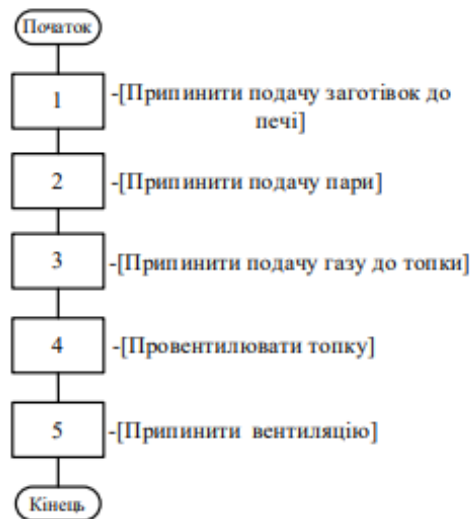


Рис. 4.3 – Блок-схема регламенту функціонування за зупинкою випічки хліба

Розроблені алгоритми керування наведено на рис. 4.4, та 4.5 у вигляді блок-схем алгоритмів керування пуском та зупинкою системи, що розроблені згідно до регламенту функціонування.

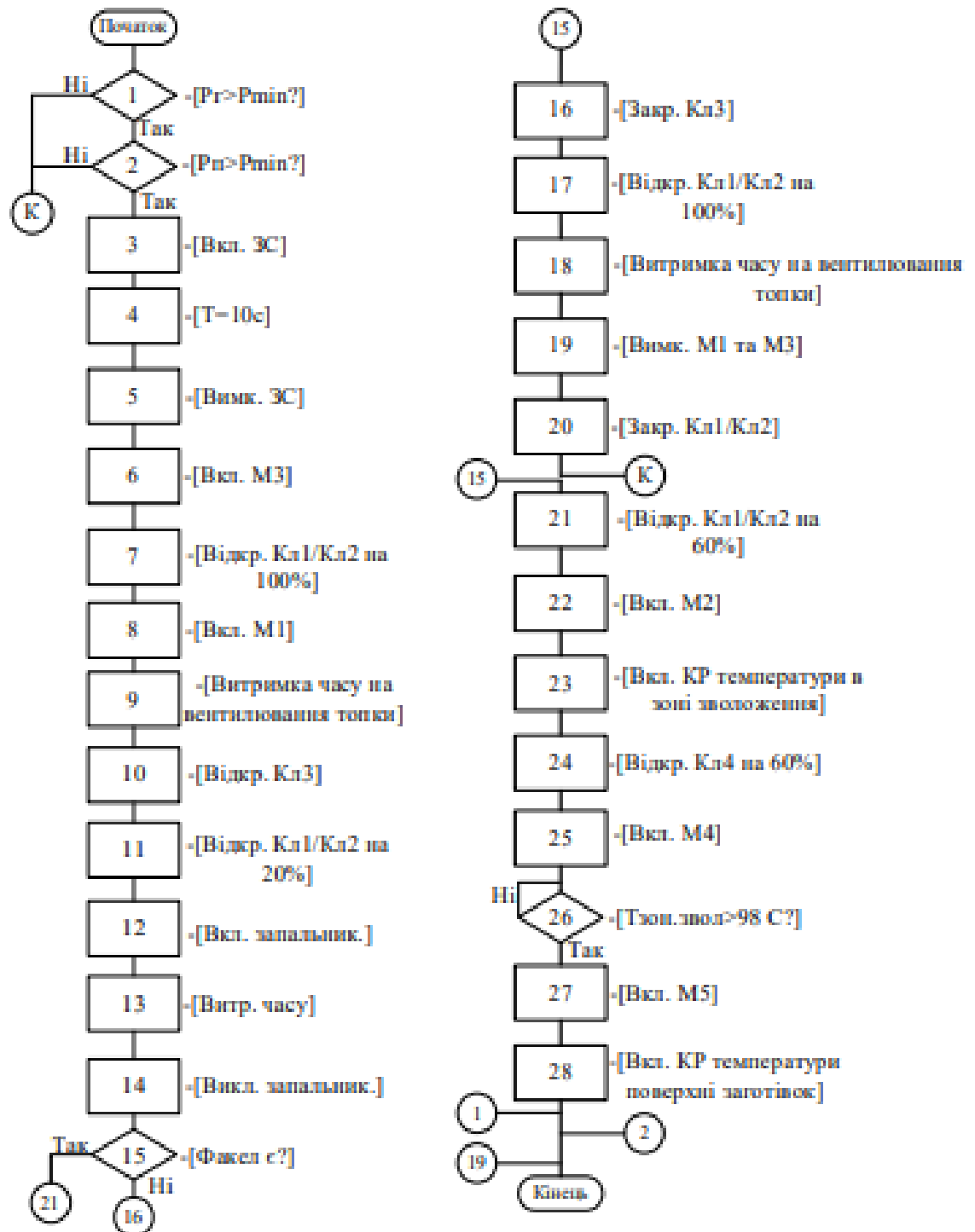


Рис. 4.4 – Блок-схема алгоритму пуску процесу випічки хліба

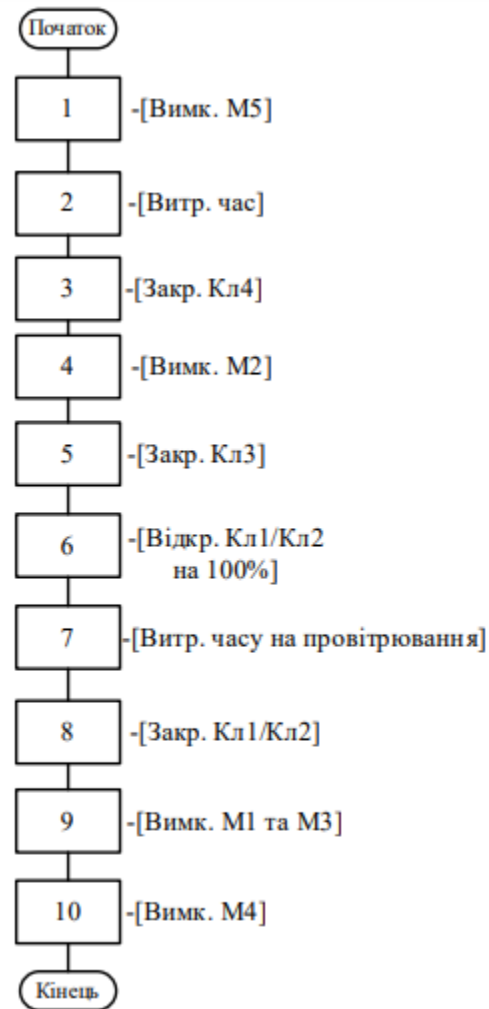


Рис. 4.5 – Блок-схема алгоритму зупинки процесу випічки хліба

4.3 Формалізація регламентів та розробка алгоритмів логічного керування для підсистем зупинки в нештатних ситуаціях

Як нештатну ситуацію було розглянуто зникнення факелу. Регламент аварійної зупинки наведено на рис. 4.6, а на рис. 4.7 – алгоритм.



Рис. 4.6 – Блок-схема регламенту аварійної зупинки процесу випічки хліба

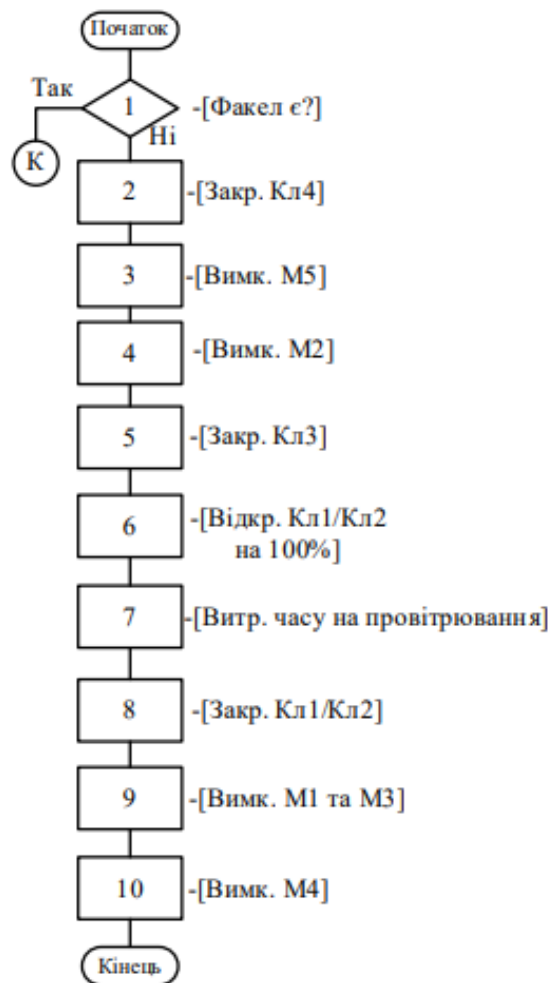


Рис. 4.7 – Блок-схема алгоритму аварійної зупинки процесу випічки хліба

4.4 Реалізація логіко-програмних алгоритмів керування у вигляді функціональної логічної схеми

Формування умов пуску ініціюється елементом 3 за сигналами від датчиків реле низького тиску палива 1, а також від кнопок ПУСК 4, які включені в ланцюг через ДЦП 2-5. Зняття сигналу пуску відключення RS-тригера 6. Після появи логічної «1» на виході RS-тригера включається передпускова сигналізація (ППЗС). Таймер 7 (10 с) забезпечує час витримки. Формує сигнал на елемент ППСС 8 «» через ТДП 9. Після завершення дії

ППСС від таймера 7 розробляє свою роботу програми керування процесом сушіння качанів кукурудзи в камерній сушарці.

Сигнал «1» надходить на вхід «S» RS-тригера (елемент 10) і через ЦРП 11 запускає роботу насоса осушувача МЗ.

Також сигнал «1» надходить на елемент «1» 14, який надходить на вхід на вхід «S» RS-тригера (елемент 15) і через шифратор 16 з перемикачем 17 сигнал (100%) через DAC 18 подається на М4 від аварійної зупинки, що включає 100% продуктивність вентилятора високого тиску.

Також сигнал «1» надходить на таймер (елемент 20), а за рахунок витримки часу передається на вхід «S» RS-тригера (елемент 21) і через ТСП 22, який відкриває Кл1, газовий запірний кран.

Також сигнал «1» надходить на вхід «S» RS-тригера (елемент 23) і через шифратор з перемикачем 24 сигнал (20%) і через перемикач 26 і ЦАП 32 сигнал надходить на газовий регулюючий клапан. (С12). Такий же сигнал з 33 надходить на таймер 33 і «» 34, з якого сигнал включення (тривалістю 10 с) подається через УГП 35 на пристрій запалювання (ЗП). При наявності сигналу на ЗП і наявності факела (при цьому виріб 1 на вихідному елементі «» 45) перемикач з'єднує сеттер з перемикачем 25 (60%), що імітує перехід від малого факела до великий, при цьому підключається КР.

«повітряно-газове співвідношення» (елемент 19).

При наявності факела (про цей процес 1 на виході елемента « » 45) 1 надходить на вхід «S» RS-тригера (елемент 36) і через УГП 37 починає роботу двигун конвеєра збирання М4.

Також сигнал «1» з виходу RS-тригера (елемент 36) надходить на таймер (елемент 38), а після витримки часу надходить на вхід «S» RS-тригера (елемент 39) і через ЦРД 44, який вмикає двигун живильного конвеєра. МЗ.

Також є наявність пальника (це виріб 1 на вихідних елементах «» 45), включається КР Өк.

KR Θ_k (температура качанів кукурудзи), уставка 25 (60%), що включає C1. 2 посилає сигнал на комутатор 31. KR Θ_3 спочатку формує керуючий сигнал 60% через ЦАП 32 на C1. 2, а після досягнення сигналом від датчика Θ_k і АЦП 27 нижньої межі режиму регулювання температури, про що свідчить сигнал 1 від порогового елемента 29, сигнал 1 від «» 30 підключає вихід КР Θ_k до вихід регулятора 28, а це . тим же сигналом вмикаються двигуни М2 і М1 конвеєрів.

Для здійснення стандартної зупинки технологічного процесу необхідно подати СИГНАЛ 1 від кнопки 41 «Стоп» через ДКП 42 і елемент «1» 48 на вхід «R» RS-тригера 6, після який 0 з'явиться на його виході, а через 10 с (через таймер - елемент 7) 0 з'явиться на всіх елементах, які підключені до 6, в той же час всі тригери RS будуть готові скинути 1 своїми виходами після введення сигналу 1 на їх «R» входи (вимкнення М1 на живильний конвеєр, замикання). Кл1 і регулюючий газовий клапан Кл2). Також цей сигнал вмикає вентилятор високого тиску М4 на 100% продуктивності на 2 хвилини, а потім вимикає їх.

Подібним чином аварійна зупинка працює в ситуації, коли маленький факел не може запалитися, або коли факел зникає під час роботи котла.

Функціонально логічна схема управління процесом складається, як описано вище, показано на рис. 4.8.

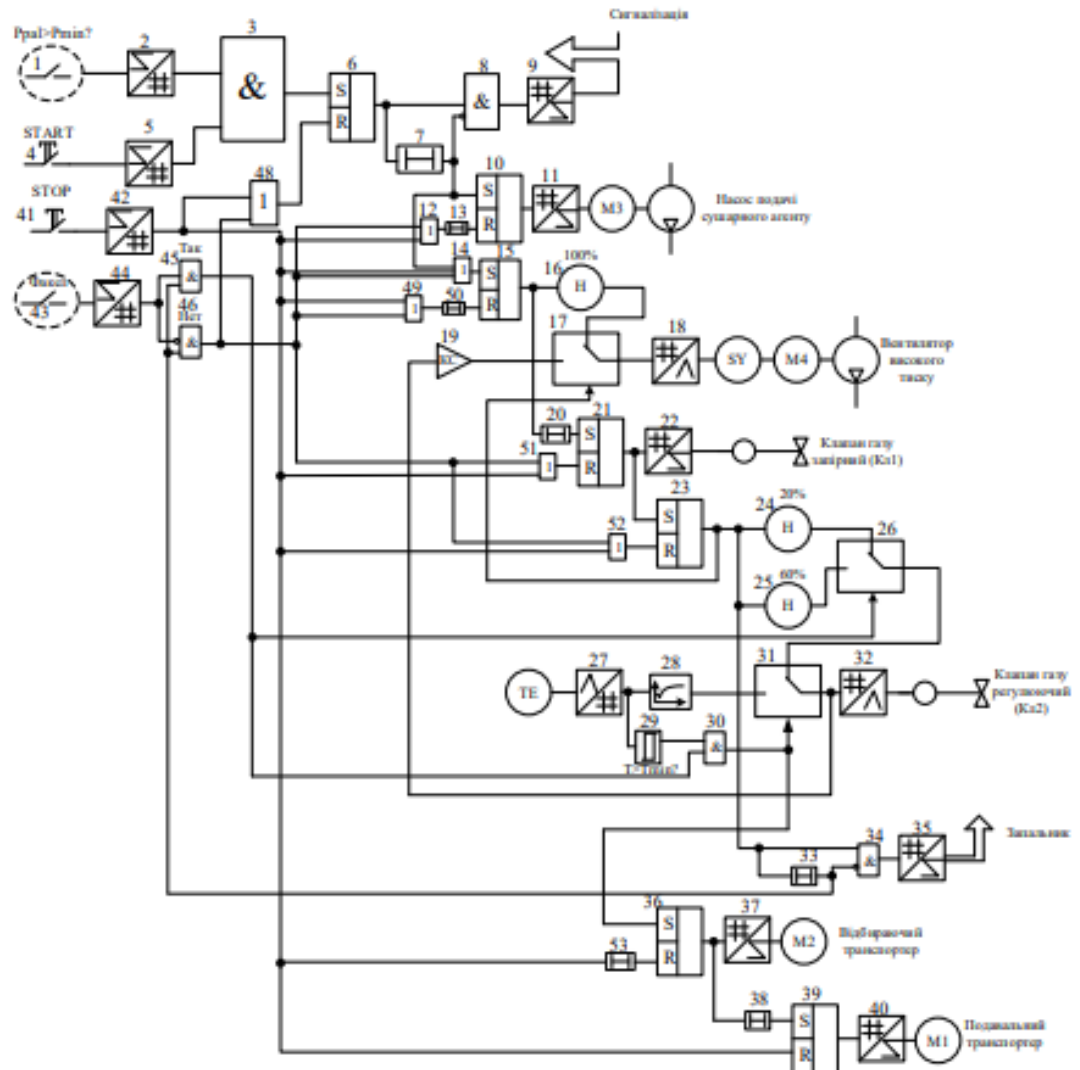


Рис. 4.8 – Функціонально логічна схема керування процесу випічки хліба

4.5 Імітаційне моделювання алгоритмів логічного керування.

Моделювання роботи САК здійснюється в середовищі MATLAB, використовувані характеристики ОК і налаштування регуляторів ідентичні отриманим в попередніх розділах 2 і 3. На рис. 4.9 наведена схема САК. моделювання роботи, реалізоване в середовищі MATLAB, згідно з функціональною логічною схемою, описаною вище.

Усі сигнали керованих змінних, а також ті, що керують клапанами, двигунами та сигнали «ПУСК», «СТОП», наявності пальника надходять на Scope через MUX_dr_scope 1, схему якого показано на рис. 4.10. .

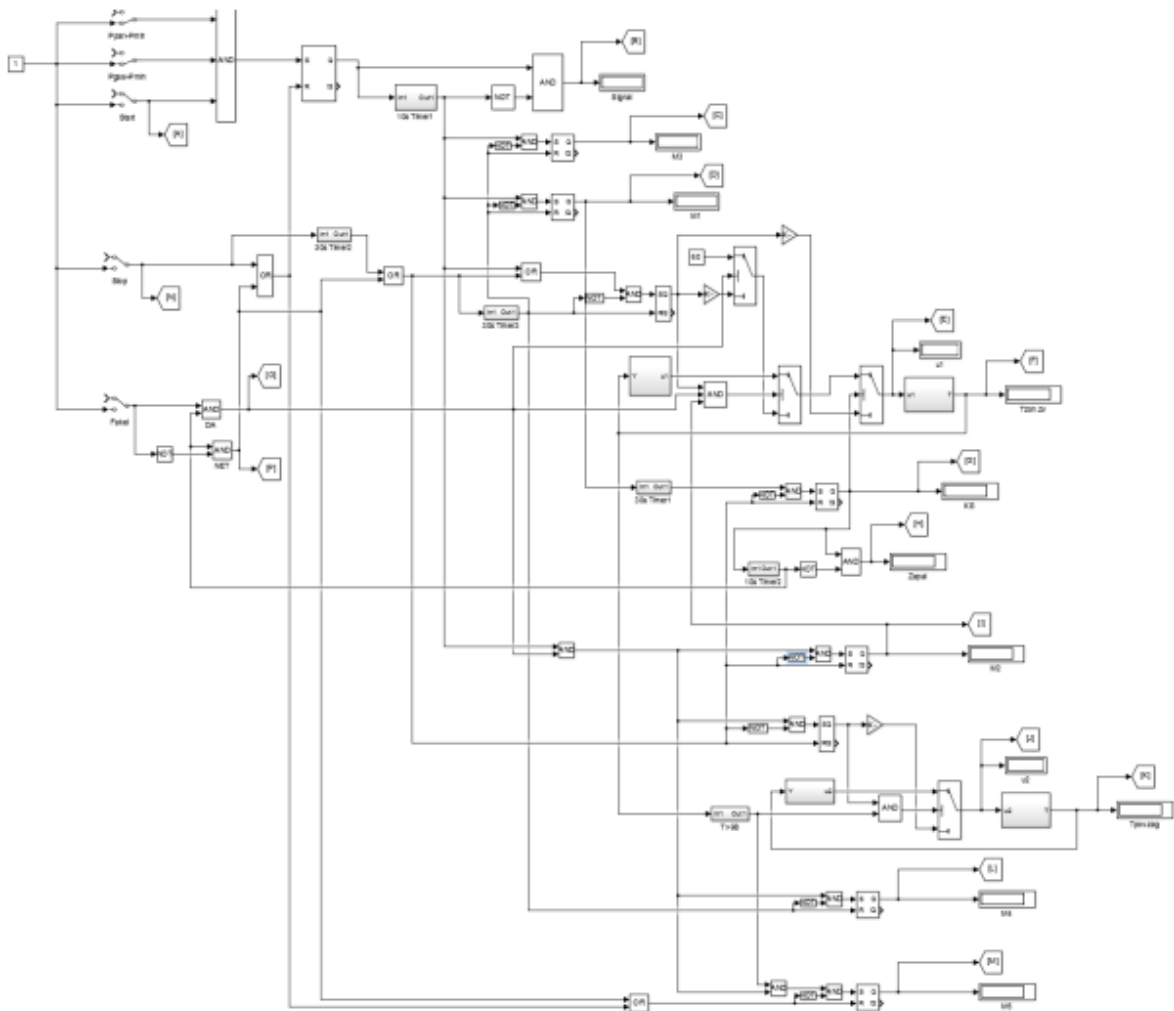


Рис. 4.9 – Схема моделювання роботи алгоритму запуску, технологічної та аварійної зупинки процесу випічки хліба, яка реалізована в MATLAB

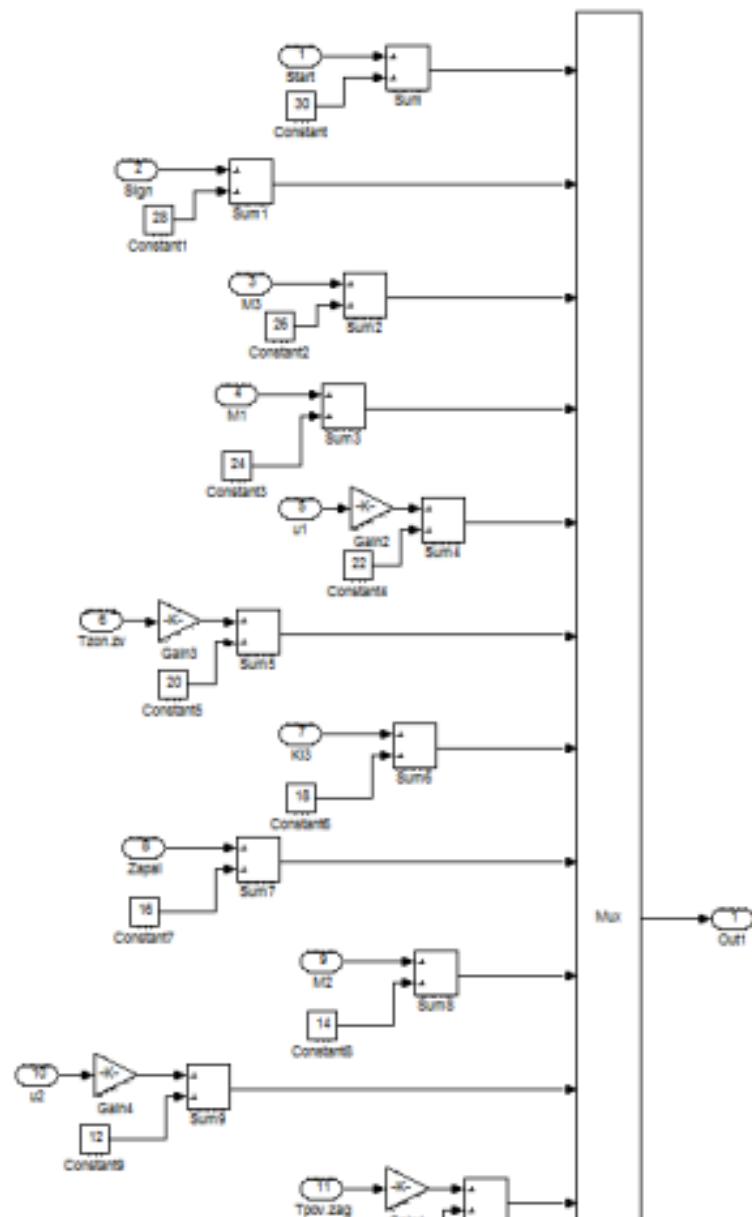


Рис. 4.10 – Схема моделювання роботи блоку MUX_dr_scope 1, що реалізована в MATLAB

На рис. 4.11 наведені часові графіки змінних (діаграма роботи системи керування), що відображають реальну послідовність керування пристроями.

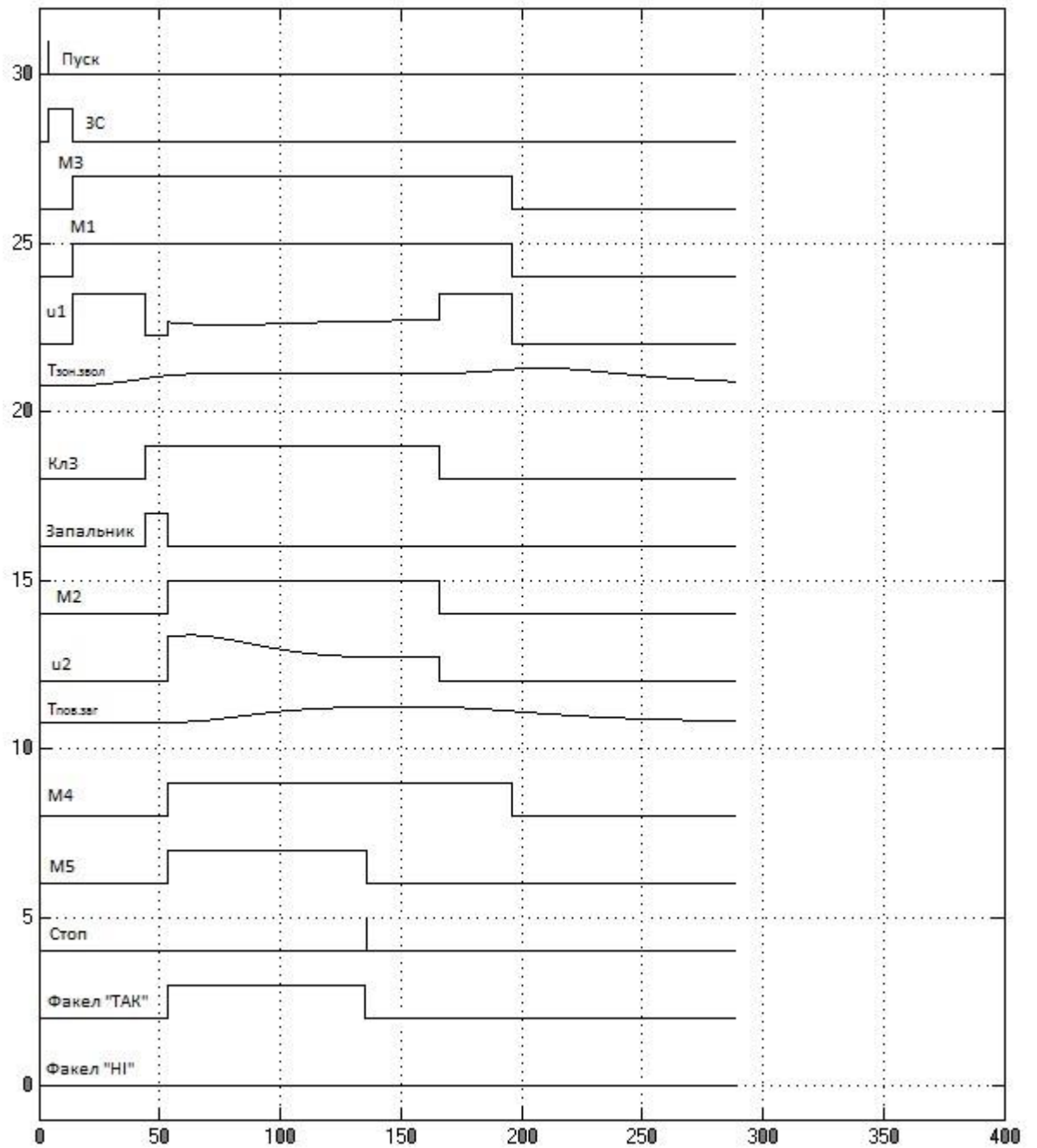


Рис. 4.11 – Діаграма роботи системи керування в штатному режимі

На рис. 4.12 наведено діаграму роботи системи керування в аварійному режимі, що відповідає зникнення факелу.

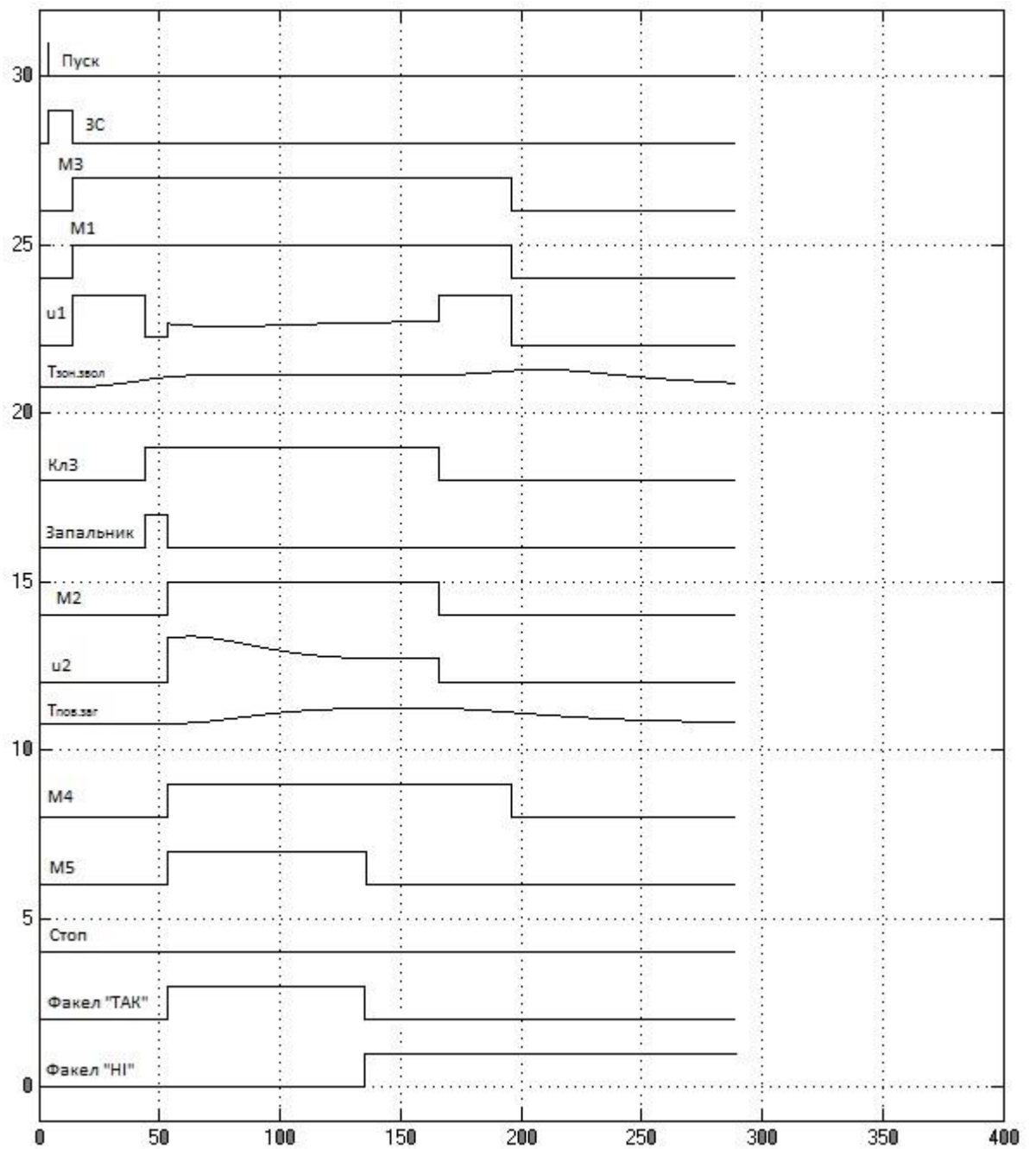


Рис. 4.12 – Діаграма роботи системи керування в аварійному режимі

4.6 Висновки за розділами

В результаті реалізації розділу для даного технологічного процесу складено регламент роботи та алгоритми пуск-стоп процесу випічки хліба в нормальному та аварійному режимах, розроблено функціональну логічну схему та побудовано її реалізацію в середовищі MATLAB. .

Можна сказати, що розроблені алгоритми керування, а також характеристики, отримані під час моделювання роботи САК, достатньо точно відповідають реальним технологічним процесам.

В результаті моделювання ми покращили правильність виконання складних алгоритмів автоматичного логічного керування та функціонально-логічної схеми керування процесом випічки хліба.

ГЛАВА 5 ВИБІР ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ ОТРИМАННЯ ІНФОРМАЦІЇ ПРО ЗМІННИ ПРОЦЕСУ ТА РЕАЛІЗАЦІЮ КЕРУЮЧОГО ВПЛИВУ

5.1 Характеристики середовищ, з якими взаємодіють засоби автоматизації та обслуговуючий персонал, які необхідно враховувати при виборі технічних засобів та їх розміщення

Стрічкова циклотермічна піч ППК-1 розташована в закритому від дощу і снігу середовищі. Враховуючи можливість витоку природного газу, приміщення слід віднести до категорії пожежо- та вибухонебезпечних.

Датчики і виконавчі механізми розміщуються одночасно на трубопроводах. Інше технічне обладнання приводної системи та АПМ технолога розміщується в окремому не пожежо- та вибухобезпечному приміщенні з температурою 20 - 25 оС і вологістю 50 - 60%.

Початок «Правил влаштування електроустановок»:

відкрита або зовнішня електроустановка

Електроустановка не захищена будівлею від атмосферних впливів. Електроустановки, захищені лише навісами, сітчастими огорожами тощо, вважаються зовнішніми приміщеннями, або внутрішніми, електроустановками.

Електроустановка, розташована в центрі міста, що захищає його від атмосферних впливів

За безпекою ураження людей електричним струмом виділяють:

а) приміщення без підвищеної небезпеки, в яких відсутні умови, які створюють підвищену або особливу небезпеку;

б) приміщення підвищеної небезпеки, які характеризуються

за наявності в них однієї із умов, що погіршує підвищену небезпеку:

1) вологість або електропровідний пил;

2) струмопровідна підлога (металева, земляна, залізобетонна, цегляна та

ін.);

3) висока температура;

4) можливість одночасного дотику людини до металевих конструкцій будівель, технологічних пристроїв, механізмів тощо, які мають зв'язок із землею, з одного боку, і до металевих корпусів електрообладнання – з іншого;

в) особливо небезпечні приміщення, які характеризуються наявністю перша з умов, що створює особливу небезпеку:

1) особлива вологість;

2) хімічно активне або органічне середовище;

3) одночасно два або більше станів підвищеної небезпеки

відповідно до введеної класифікації електрообладнання стрічкову циклічну піч слід віднести до закритої електроустановки, приміщення з підвищеним ризиком ураження електричним струмом.

Відповідно до «Правил будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок ДНАОП 0.00-1.32-01» клас вибухонебезпечних зон типових виробництв та категорія і група вибухонебезпечної суміші повинні бути відображені в нормах технологічного проектування або в галузеві переліки продукції з вибухобезпеки.

Газові, парові та повітряні вибухонебезпечні середовища — світові вибухонебезпечні зони класів 0, 1, 2, а пилоповітряні — вибухонебезпечні зони класів 20, 21, 22.

Вибухонебезпечна зона класу 0 - це простір, в якому вибухонебезпечне середовище знаходиться або протягом тривалого постійного часу.

Вибухонебезпечна зона класу 0 згідно з вимогами цього розділу може розташовуватися тільки в межах корпусів технологічного обладнання.

Вибухонебезпечна зона класу 1 - це простір, в якому при нормальній експлуатації може утворюватися вибухонебезпечна атмосфера (надалі нормальна робота - це ситуація, коли установка працює за своїми розрахунковими параметрами). Вибухонебезпечна зона класу 2 — простір, у якому вибухонебезпечне середовище за нормальних умов експлуатації відсутнє, а якщо воно виникає, то рідко і триває недовго. У цих випадках можливі аварії катастрофічних розмірів (розрив трубопроводів високого тиску або резервуарів значної місткості) не повинні розглядатися під час проектування електроустановок.

Частота виникнення та тривалість вибухонебезпечного газового, пароповітряного середовища визначається згідно з правилами (нормами) відповідних галузей промисловості.

Вибухонебезпечна зона класу 20 - це приміщення, в якому при нормальній експлуатації постійно або часто присутній вибухонебезпечний пил у вигляді хмари в кількості, достатній для утворення небезпечної концентрації суміші з повітрям, та (або) приміщення, де можуть утворюватися шари пилу неочікуваної або надмірної товщини. Зазвичай це відбувається всередині обладнання, де пил може часто і надовго утворювати вибухонебезпечні суміші.

Вибухонебезпечна зона класу 21 - це приміщення, в якому при нормальній експлуатації можливе виникнення пилу у вигляді хмари в кількості, достатній для утворення суміші з повітрям вибухонебезпечної концентрації.

Ця зона може включати простір поблизу місця засипки або осадження порошку, а також простір, де при нормальній роботі можливе виникнення шарів пилу, які можуть утворювати небезпечну концентрацію вибухонебезпечної пило-повітряної суміші.

Вибухонебезпечна зона класу 22 - простір, у якому зважений вибухонебезпечний пил може з'являтися нечасто і зберігатися протягом

короткого часу, або в якому можуть існувати шари вибухонебезпечного пилу, які утворюють вибухонебезпечні суміші у разі аварії.

Ця зона може включати простір поблизу обладнання, що містить пил, який може виділятися внаслідок витoku та утворювати утворення пилу.

Відповідно до введеної класифікації приміщення, в якому розташована стрічкова циклотермічна піч, слід віднести до вибухонебезпечної зони 2 класу - приміщення, в якому за нормальних умов експлуатації вибухонебезпечне середовище відсутнє, а якщо і виникає, то рідко і не тривати довго.

«Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок ДНАОП 0.00-1.32-01» встановити:

Допустимий рівень вибухозахисту і ступінь захисту оболонки електричних машин (стаціонарних і пересувних) залежно від класу вибухонебезпечної зони:

Клас вибухонебезпечної зони	Рівень вибухозахисту і ступінь захисту
0	Особливо вибухобезпечне електрообладнання
1	Вибухобезпечне електрообладнання
2	Підвищеної надійності проти вибуху
20	Особливо вибухобезпечне і вибухобезпечне електрообладнання (за умови дотримання вимог п. 4.6.9)
21	Вибухобезпечне електрообладнання (за умови дотримання вимог п. 4.6.9)
22	Без засобів вибухозахисту (за умови дотримання вимог п. 4.6.9). Ступінь захисту IP54 Частини машин, що дають іскріння (наприклад, контактні кільця), повинні бути замкнені в оболонку зі ступенем захисту IP54

Допустимий рівень вибухозахисту і ступінь захисту оболонки електричних апаратів і приладів (стаціонарних, пересувних і переносних) у залежності від класу вибухонебезпечної зони:

Клас вибухонебезпечної зони	Рівень вибухозахисту і ступінь захисту
0	Особливо вибухобезпечне електрообладнання
1	Вибухобезпечне електрообладнання
2	Підвищеної надійності проти вибуху. Допускається застосовувати електрообладнання без засобів вибухозахисту для апаратів і приладів, що не іскрять і не нагріваються вище +80° С в оболонці зі ступенем захисту не менше IP54
20	Особливо вибухобезпечне і вибухобезпечне електрообладнання (за умови дотримання вимог п. 4.6.9)
21	Вибухобезпечне електрообладнання (за умови дотримання вимог п. 4.6.9)
22	Без засобів вибухозахисту (за умови дотримання вимог п. 4.6.9) оболонки зі ступенем захисту не менше IP54

Для стрічкової циклотермічної печі слід вибрати ступінь захисту оболонки електричних машин і ступінь захисту оболонки електричних приладів і пристроїв - «Підвищена вибухобезпечність».

«Правилами будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок ДНАОП 0.00-1.32-01» визначають:

Зона пожежної небезпеки П-I - це приміщення в приміщенні, в якому знаходиться легкозаймиста рідина з температурою спалаху понад $+61^{\circ}\text{C}$.

Зона пожежної небезпеки класу П-II — простір у приміщенні, в якому можливе накопичення та виділення горючого пилу або волокон.

Зона пожежної небезпеки П-IIa — простір у приміщенні, в якому знаходяться тверді горючі речовини і матеріали.

Зона пожежної небезпеки П-III - це простір поза приміщенням, в якому знаходяться легкозаймисті рідини з температурою спалаху вище $+61^{\circ}\text{C}$ або тверді горючі речовини.

Відповідно до введеної класифікації приміщення, в якому розташована стрічкова циклотермічна піч, його слід віднести до пожежонебезпечної зони класу РIII — простір поза приміщенням, в якому знаходяться легкозаймисті рідини з температурою спалаху вище $+61^{\circ}\text{C}$. або тверді горючі речовини.

«Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок ДНАОП 0.00-1.32-01» встановити:

Мінімальний ступінь захисту корпусів електричних машин залежно від класу зони пожежної небезпеки:

Вид установки та умови роботи	Ступінь захисту оболонок для пожежонебезпечних зон класу			
	П-I	П-II	П-IIa	П-III
Установки стаціонарні, які іскрять або мають частини, що іскрять за умовами роботи	IP44	IP54	IP44	IP44
Установки стаціонарні, які не іскрять і не мають частин, що іскрять за умовами роботи	IP44	IP44	IP44	IP44
Установки на пересувних механізмах (крани, тельфери тощо), які іскрять або не іскрять за умовами роботи	IP44	IP54	IP44	IP44

Мінімальний ступінь захисту оболонок електричних апаратів, приладів, шаф та наборів затискачів у залежності від класу пожежонебезпечної зони:

Вид установки та умови роботи	Ступінь захисту оболонок для пожежонебезпечних зон класів			
	П-I	П-II	П-Па	П-ПШ
Установки стаціонарні або на пересувних механізмах (крани, тельфери тощо), які іскрять за умовами роботи	IP44	IP54	IP44	IP44
Установки стаціонарні або на пересувних механізмах, які не іскрять за умовами роботи	IP44	IP44	IP44	IP44
Шафи для розміщення апаратів і приладів	IP44	IP54 IP44*	IP44	IP44
Коробки наборів затискачів силових і вторинних кіл	IP44	IP44	IP44	IP44

Для печі стрічкової циклотермічної слід вибирати мінімальний ступінь захисту оболонок електричних машин, електричних апаратів, приладів, шаф та наборів затискачів не менше IP44.

5.2 Вибір технічних засобів збору інформації про хід технологічного процесу і стан обладнання

Для виміру температури в зоні зволоження застосовано датчик температури Omnigrad S TR88 фірми Endress+Hauser (ТОП гр.100pt), діапазон: 0-150 °С, кл. т. А, ступінь захисту IP 65, вибухозахист Ex ia, зовнішній вигляд показано на рис. 5.1 , технічні характеристики на рис. 5.2.



Рис. 5.1 – Зовнішній вигляд датчика температури Omnigrad S TR88

Принцип измерения	Терморезистор
Характеристики / Применение	Модульный датчик температуры Универсальное применение
Контактный разъем	TA20A - алюминий - крышка на винтах TA20B - пластики - резьбовая крышка
Термогильза / защитная трубка	Приварная защитная термогильза
Вставка/чувствительный элемент	Минеральная изолированная (MI), универсальная
Внешний диаметр защитной трубки	9,0 мм 11,0 мм 12,0 мм 15,0 мм
Макс. длина по запросу	до 10.000,00 мм
Материал защитной трубки/термогильзы	1.4404 (316L) 1.4571 (316Ti) Hastelloy C276 (2.4819)
Дополнительное покрытие	Titan Gr2 (3.7035) Tantal PTFE Teflon PVDF
Присоединение к процессу	flange: DN15 PN40 B1 (EN1092) DN15 PN40 C (EN1092) DN25 PN20 B1 (EN1092) DN25 PN40 C (EN1092)
Форма наконечника датчика	Прямая Усеченная Зауженная
Шероховатость поверхности Ra	1,6 мкм
рабочий диапазон	PT100 TF StrongSens: -50 °C ...500 °C (58 °F ...932 °F) PT100 WW: -200 °C ...600 °C
Макс. рабочее давление (статическое)	при 20 °C: 50бар
Погрешность	Класс А по IEC 60751 1/3 DIN класс В по IEC 60751
Время отклика	В зависимости от конфигурации
Встраиваемый нормирующий преобразователь	Да (4 ... 20 mA; HART; PROFIBUS PA; FOUNDATION FIELDBUS
Сертификаты на взрывозащиту	ATEX EEx n ATEX EEx ia
Взрывозащита	ГОСТ Метрология SIL (только преобразователь)

степень защиты корпуса: IP65...68

Рис. 5.2 – Технічні характеристики датчика температури Omnigrad S TR88

Схема підключення датчика температури показана на рис. 5.3.

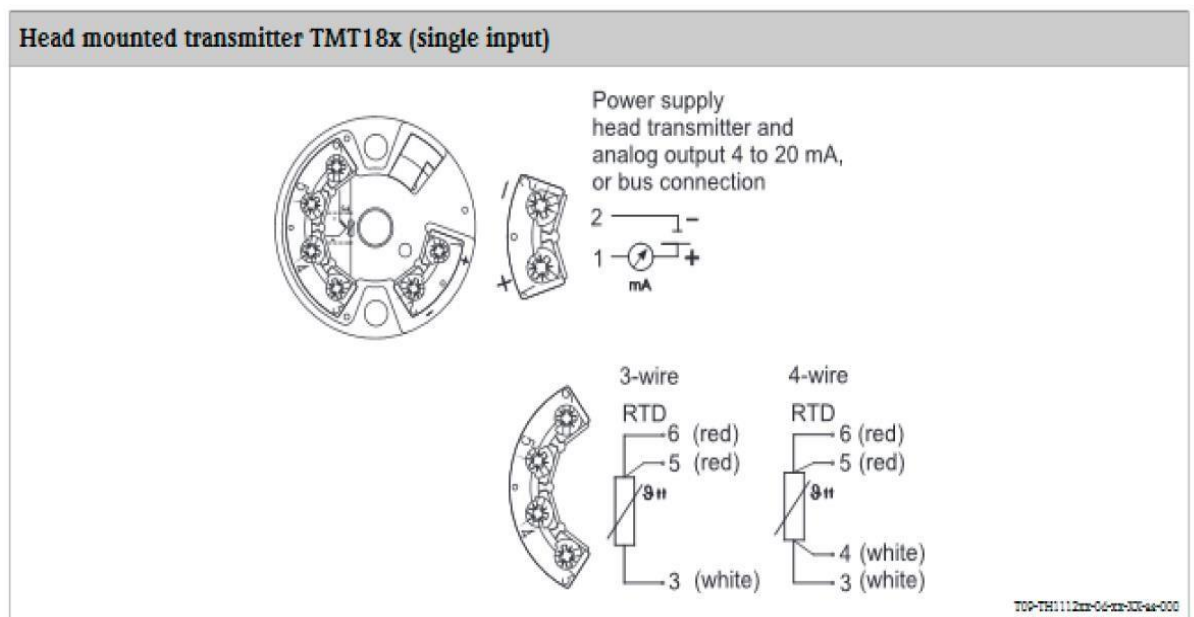


Рис. 5.3 – Схема підключення датчика температури Omnigrad S TR88

Для вимірювання розрідження у топці застосовано датчик розрідження

НМР 331, вих. 4-20 мА, живл. 24В, потуж. 1 Вт, ступінь захисту IP 65, діапазон: -45-0 Па, основна похибка 0,1% ДВ, вибухозахист Ex ia, зовнішній вигляд показано на рис. 5.4 , технічні характеристики на рис. 5.5.



Рис. 5.4 – Зовнішній вигляд датчика розрідження НМР 331

Технические характеристики

Параметр	Значение
Диапазоны давления	от 0...0,017 до 0...600 бар; -1...0 бар, абсолютное, избыточное, разрежение
Основная погрешность	0,1 % ДИ
Выходной сигнал	4...20 мА, HART-протокол
Сенсор	кремниевый пьезорезистивный
Диапазон температур измеряемой среды	-40...+125°C
Класс защиты	IP 65-68
Механическое присоединение	M10x1, M12x1, M12x1.5, M20x1.5, G1/4", G1/2", G3/4", G1", G1 1/2", 1/2" NPT, фланец (DN25, DN50, DN80), PASVE 1"
Электрическое присоединение	кабельный ввод, M20x1.5

Рис. 5.5 – Технічні характеристики датчика температури датчику розрідження НМР 331

Схема підключення датчика розрідження показана на рис. 5.6.

Схема подключения

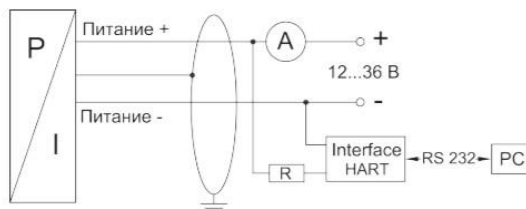


Рис. 5.6 – Схема підключення датчика розрідження НМР 331

Для вимірювання температури поверхні заготовки застосовано інфрачервоний датчик температури Thermalert TX, вих. 4-20 мА. живл. 24В,

потуж. 1,2 Вт, ступінь захисту IP 65, діапазон: 0-120 °C, основна похибка 1% ДВ, вибухозахист Ex ib, зовнішній вигляд показано на рис. 5.7 , технічні характеристики на рис. 5.8.



Рис. 5.7 – Зовнішній вигляд датчика температури Thermalert TX

Электрические характеристики		Метрологические характеристики	
Выходы		Температурный/спектральный диапазоны	
Аналоговый	4-20 мА, макс. сопрот. петли 700 Ом	LT/LTP (низкие темп.)	от -18 до 500°C от 8 до 14 μm
Цифровой (интеллектуальная модель)	HART® RS-232 (с дополнительным переходником)	MT (средние темп.)	от 200 до 1000°C 3,9 μm
Сигнальный (интеллектуальные модели)	24 В / 150 мА; регулируемые уставки, установка мертвой зоны, нормально открытое/закрытое	HT (высокие темп.)	от 500 до 2000°C 2,2 μm
		G5 (стекло)	от 250 до 1650°C 5,0 μm
		P7 (пластмасса)	от 10 до 360°C 7,9 μm
Источник питания		Оптическое разрешение¹	
	12 - 24 В DC ±20% (стандартные модели) 24 В DC ±10% (интеллектуальные модели)	LT, MT, G5, P7	33 : 1
Общие характеристики		LTP	15 : 1 (линзы Френеля)
Рейтинг устойчивости к внешним воздействиям		HT	60 : 1
Температура окружающей среды		Погрешность системы	
без охлаждения	от 0 до 70°C		±1% или ±1,4°C ^{2,3}
с воздушным охлаждением	до 120°C	Воспроизводимость	
с водяным охлаждением	до 175°C		±0,5% или ±0,7°C ³
с Терможакетом™	до 315°C	Разрешение по температурам	
Температура хранения		модель LT	0,1°C
	от -18 до 85°C	все другие модели	1°C
Относительная влажность		Время реакции системы⁴	
	от 10 до 95%, без конденсации	модели G5	65 мс
Удар		модели HT	100 мс
	IEC 68-2-27, 50 G, 11 мс, любая ось	все другие модели	165 мс
Вибрация		Излучательная способность	
	IEC 68-2-27, 3 G, любая ось, 11 – 200 Гц		регулируемая: от 0,10 до 1,00
Размеры		Обработка сигнала	
с кожухом охлаждения	187 мм Д x 42 мм диаметр	Стандартная модель	излучательная способность
	187 мм Д x 60 мм диаметр	Интеллектуальная модель	излучательная способность, °C/°F, удержание максимального / минимального значения, усреднение, компенсация фонового излучения
Вес			
с кожухом охлаждения	330 г		
	595 г		

¹ 90% энергии, стандартный фокус оптической системы

² при температуре окружающей среды 23°C ± 5°C

³ выбирается большее значение

⁴ 95% конечного значения

Рис. 5.8 – Технічні характеристики датчика температури Thermalert TX

Схема підключення датчика температури Thermalert TX показана на рис. 5.9.

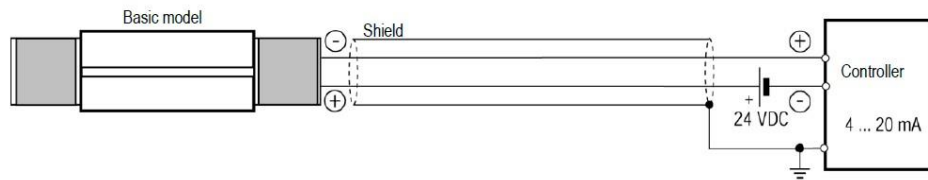


Рис. 5.9 – Схема підключення датчику температури Thermalert TX

Для контролю граничного тиску застосовано реле тиску типу RT фірми Danfoss, діапазон: 0-1 кПа, ступінь захисту IP 66 , зовнішній вигляд показано на рис. 5.10 , технічні характеристики на рис. 5.11.



Рис. 5.10 – Зовнішній вигляд реле тиску Danfoss

Наружная температура воздуха	От -50 до +70 °C	
Контактная система	Однополюсной перекидной контакт	
Допустимая электрическая нагрузка на контактную систему из AgCdO (сплав серебра)	Переменный ток	
	AC-1 омич. нагрузка	10A,400B ⁰
	AC-3 индукт. нагрузка	4A,400B
	AC-15 индукт. нагрузка	3A,400B ⁰
	Постоянный ток	
	DC - 13 нагрузка	12Вт,220В
Кабельные вводы	2 PG 13,5 для кабелей Ø 6 – 14 мм	
Класс защиты	IP 66 (для версий с ручным сбросом IP 54)	

Рис. 5.11 – Технічні характеристики реле тиску Danfoss

Схема підключення реле тиску Danfoss показана на рис. 5.12.

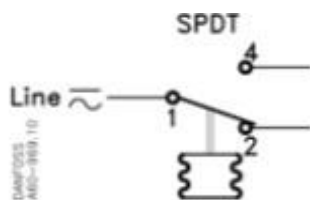


Рис. 5.12 – Схема підключення реле тиску типу RT фірми Danfoss

Для контролю полум'я у топці використовується фотодатчик ФД-02, ступінь захисту IP 54, робочий діапазон, інфрачервоний спектр λ , <1500 нм, ступінь захисту IP 66, зовнішній вигляд показано на рис. 5.13, технічні характеристики на рис. 5.14, та сигналізатор горіння ЛУЧ-1АМ, жив. 220 В, 5Вт, ступінь захисту IP 65, зовнішній вигляд показано на рис. 5.16, технічні характеристики на рис. 5.17.



Рис. 5.13 – Зовнішній вигляд фотодатчика ФД-02

Основные технические характеристики	
Чувствительность, В/Вт	>240
Рабочий диапазон, инфракрасный спектр λ , нм	<1500
Тип фотоприемника	фотодиод InGaAs
Длина линии связи с сигнализатором типа ЛУЧ-1АМ, м	<200
Температура окружающей среды, °С	от -60 до +70
Степень защиты, (код IP)	IP54
Габаритные размеры, мм	Ø35x95

Рис. 5.14 – Технічні характеристики фотодатчика ФД-02

Схема підключення фотодатчика ФД-02 показана на рис. 5.15.

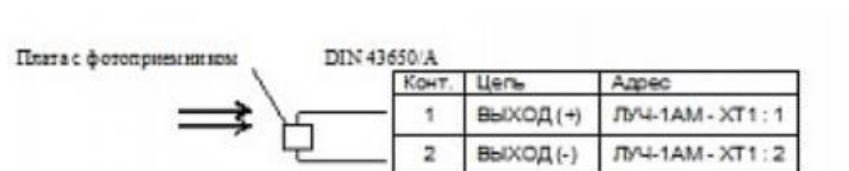


Рис. 5.15 – Схема підключення фотодатчика ФД-02



Рис. 5.16 – Зовнішній вигляд сигналізатора горіння ЛУЧ-1А

Основные технические характеристики		
Чувствительность на частоте F, не хуже: F = 10 Гц F = 15 Гц		1,5 мВ 2,0 мВ
Длина линии датчик - сигнализатор		< 200 м
Быстродействие на наличие / отсутствие пламени запальника или горелки		< 2 с
Подавление помех сетевой частоты 50 Гц		> 200 мВ
Напряжение питания:		~ 220 ± 22 В 50 Гц =24 В
Резервное питание:		
Допустимые нагрузки на выходные цепи сигнализации: - Переменный ток 220В, 50Гц - Постоянный ток = 30В		0,01 - 2,0 А 0,01 - 2,0А
Номинальная потребляемая мощность		5 ВА
Резервное питание		3 Вт
Масса прибора, не более		0,6 кг
Режим работы		продолжительный
Степень защиты сигнализатора по ГОСТ 14254		IP50

Рис. 5.17 – Технічні характеристики сигналізатора горіння ЛУЧ-1А

Схема підключення сигналізатора горіння ЛУЧ-1А показана на рис. 5.18.

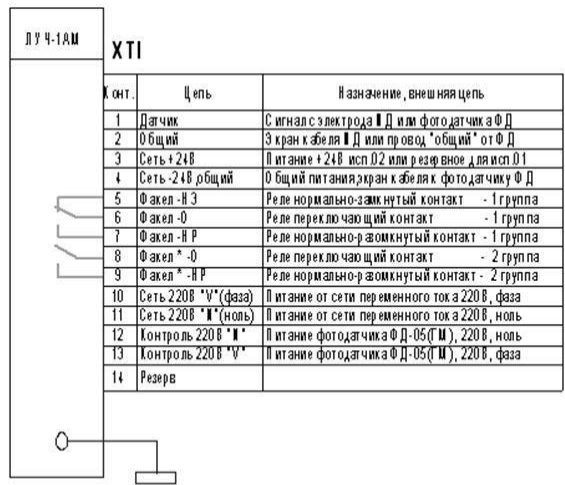


Рис. 5.18 – Схема підключення сигналізатора горіння ЛУЧ-1А

5.3 Вибір технічних засобів для реалізації керуючих впливів технологічного процесу

Для регулювання подачі газу і пари в системі використовується кран Belimo H679N (рис. 5.19) в комплекті з електроприводом Belimo SV24ATPC VM (рис. 5.23).

Для регулювання подачі повітря використовується клапан Belimo H679N (рис. 5.19) з повітряною заслінкою D6300W (рис. 5.21) з електроприводом Belimo SV24A-TPC (рис. 5.23).

Залежно від підключення електроприводу клапан буде регулюватися або працювати в 2 положеннях (відкрито - закрито).



Рис. 5.19 – Зовнішній вигляд клапана Belimo H679N

Технические данные	
Диаметр	DN 80
Количество подключений	2-х ходовой
Номинальное давление	16 бар
Пропускная способность	90 м3/ч Kvs
Среда	пар, вода, этиленгликоль до 50%
Температура жидкости	-10... +150°C
Тип клапана	седельный
Тип присоединения	фланцевое

Рис. 5.20 – Технічні характеристики клапана Belimo H679N



Рис. 5.21 – Зовнішній вигляд повітряної заслінки D6300W

Технические данные	
Диаметр	DN 300
Количество подключений	2-х ходовой
Номинальное давление	16 бар
Пропускная способность	7300 м ³ /ч
Рабочая температура	-20 °C...+ 120 °C
Среда	вода, гликоль (до 50%)
Тип клапана	дисковый
Тип присоединения	межфланцевое

Рис. 5.22 – Технічні характеристики повітряної заслінки D6300W



Рис. 5.23 – Зовнішній вигляд електропривода BM Belimo SV24A-TPC

Технические характеристики

Напряжение питания	24 В ~, 50/60 Гц ; 24 В=
Диапазон напряжения питания	19,2...28,8 В~ / 21,6...28,8 В=
Расчетная мощность	3 ВА
Рабочий диапазон	0,5...10 В=
Сигнал обратной связи U	0,5...10 В= при макс 0,5 мА
Управляющий сигнал Y	0...10 В= (при вход. сопротивлении 100 кОм)
Электрическое подключение	Клеммная колодка (контакты 4 мм ²) и кабель: 1 м , 4 х 0,75 мм ²
Потребляемая мощность:	
- при движении	1,5 Вт
- при удержании	0,5 Вт
Функциональные данные	
Усилие	1000 Н

Рис. 5.24 – Технічні характеристики електропривода BM Belimo SV24A-TPC

Схема підключення електроприводу показана на рис. 5.25.



Рис. 5.25 – Схема підключення електропривода Belimo SV24A-TPC

Для прямого пуску електроприводів насосів використані наступні пристрої: контактор «Schneider Electric» LC1K0901M7 (рис. 5.13) та автоматичний вимикач Schneider GV2ME143 (рис. 5.15). Для захисту двигунів від перевантаження застосовуються реле перевантаження «Schneider Electric» LR3D146 (рис. 5.30). Усі двигуни технологічного процесу випічки хліба мають напругу живлення 380В, 50 Гц та потужність 4 кВт.



а)

Категорія застосування	AC-4 AC-1 AC-3
Опис полюсів	3P
power pole contact composition	3 NO
номинальный рабочий ток [Ie]	20 A 50 °C) на <= 440 V AC AC-1 для Ланцюг живлення 9 A на <= 440 V AC AC-3 для Ланцюг живлення 16 A 70 °C) на 690 V AC AC-1 для Ланцюг живлення
control circuit type	AC на 50/60 Гц
[Uc] control circuit voltage	220...230 V AC 50/60 Гц
мощность двигателя кВт	2,2 кВт на 220...230 V AC 50/60 Гц AC-3 4 кВт на 380...415 V AC 50/60 Гц AC-3 4 кВт на 440 В AC 50/60 Гц AC-3 4 кВт на 480 V AC 50/60 Гц AC-3 4 кВт на 500...600 V AC 50/60 Гц AC-3 4 кВт на 660...690 V AC 50/60 Гц AC-3 2,2 кВт на 400 В AC 50/60 Гц AC-4

б)

Рис. 5.26 – Контактор «Schneider Electric» LC1K0901M7:а) зовнішній вигляд; б) технічні характеристики

Схема підключення контактора показана на рис. 5.27.

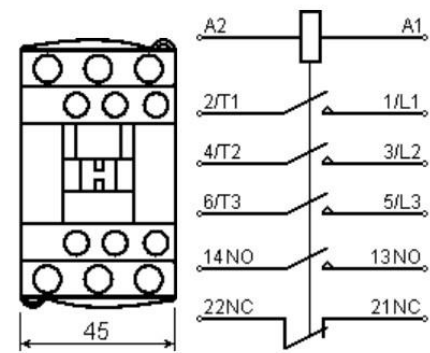


Рис. 5.27 – схема підключення контактора «Schneider Electric» LC1K0901M7



а) б)

Опис полюсів	3P
Тип мережі	АС
Категорія використання	АС-3 в соответствии с IEC 60947-4-1 Категорія А в соответствии с IEC 60947-2
частота мережі	50/60 Гц в соответствии с IEC 60947-4-1
спосіб монтажу	35мм симетрична DIN-рейка clipped Panel screwed (with adaptor plate)
operating position	Любая позиция
мощность двигателя кВт	3 кВт на 400/415 V AC 50/60 Гц 4 кВт на 400/415 V AC 50/60 Гц 4 кВт на 500 V AC 50/60 Гц 5,5 кВт на 500 V AC 50/60 Гц
Здатність відключення	100 kA Icu на 230/240 V AC 50/60 Гц у відповідності до IEC 60947-2 100 kA Icu на 400/415 V AC 50/60 Гц у відповідності до IEC 60947-2 3 kA Icu на 690 V AC 50/60 Гц у відповідності до IEC 60947-2 10 kA Icu на 500 V AC 50/60 Гц у відповідності до IEC 60947-2

Рис. 5.28 —

автоматичний вимикач Schneider GV2ME143: а) зовнішній вигляд; б) технічні характеристики

Схема підключення автоматичного вимикача показана на рис. 5.29

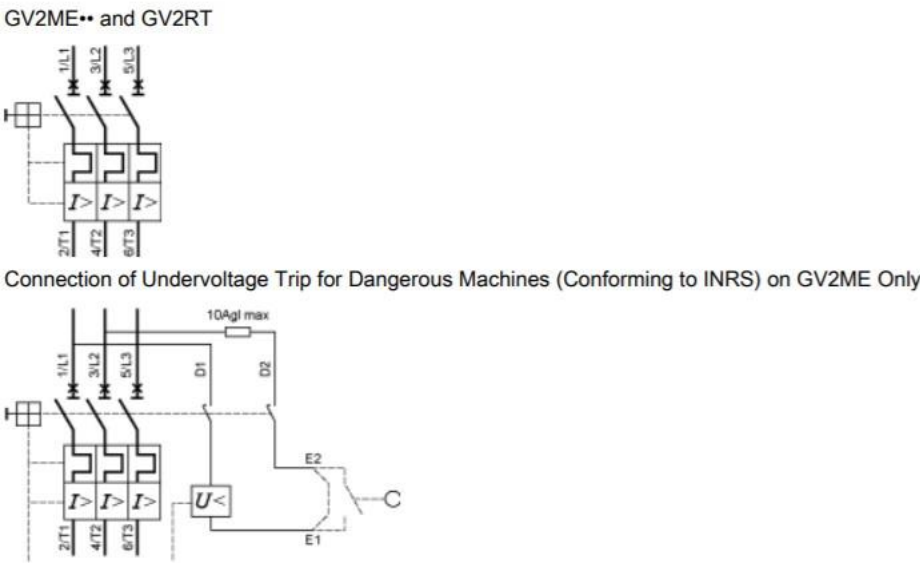


Рис. 5.29 – Схема підключення автоматичного вимикача Schneider GV2ME143



Частота мережі	0...400 Hz
монтажна основа	Plate, with specific accessories
	Рейка, with specific accessories
	Under contactor
tripping threshold	1.14 +/- 0.06 Ir в соответствии с IEC 60947-4-1
допоміжний контакт	1 NO + 1 NC
[Ith]условный тепловой поток воздуха	5 A для signalling circuit
permissible current	3 A на 120 V AC-15 для signalling circuit
	0,22 A на 125 V DC-13 для signalling circuit
номинальное напряжение [Ue]	690 V AC 0...400 Hz для Ланцюг живлення в соответствии с IEC 60947-4-1
номинал защитного устройства	4 A gG для signalling circuit
	4 A BS для signalling circuit
[Uimp]номинальное импульсное выдерживаемое напряжение	6 кВ
phase failure sensitivity	Tripping current 130 % of Ir on two phase, the last one at 0
тип контролю	Червоний Кнопковий вимикач stop
	Блакитний Кнопковий вимикач reset

а) б)

Рис. 5.30 – Реле перевантаження «Schneider Electric» LR3D146:
а) зовнішній вигляд; б) технічні характеристики

Схема підключення реле перевантаження показана на рис. 5.31

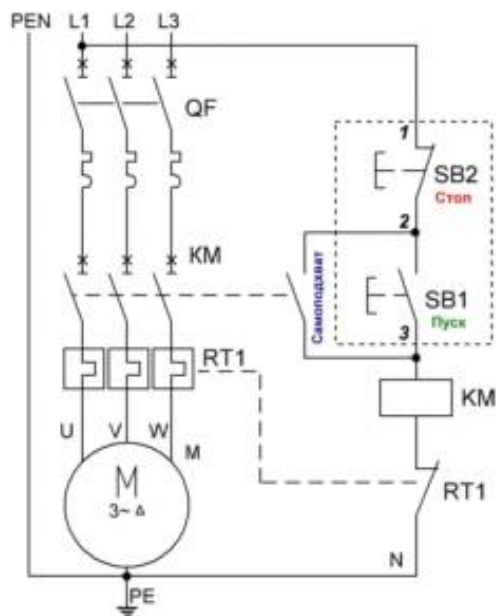


Рис. 5.31 – Схема підключення реле перевантаження Schneider LR3D146

Місьцеве керування виконавчими механізмами здійснює блок ручного керування БРУ-7 (рис. 5.32).

Він призначений для використання в системах промислової автоматизації виробничих процесів в якості:

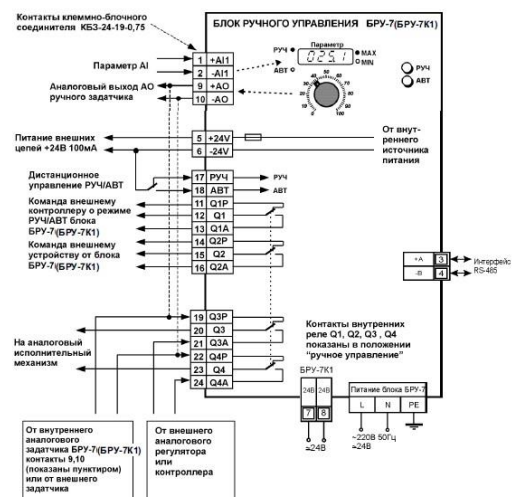
- Блоку ручного задатчика аналогового сигналу;
- Блоку ручного управління аналоговим виконавчим механізмом (ІМ).

Технічні характеристики:

- Вхідний аналоговий сигнал: 0-5мА ($R_{вх} = 400 \text{ Ом}$), 0 (4) -20 мА ($R_{вх} = 100 \text{ Ом}$), 0-10В ($R_{вх} = 25\text{кОм}$);
- Вихідний аналоговий сигнал: 0-5 мА ($R_{н} < 2\text{кОм}$), 0 (4) -20 мА ($R_{н2} \text{ кОм}$);
- Максимальна похибка установки сигналу завдання: по цифровому індикатору $\pm 0,1\%$ (вихід задатчика підключений та вхід індикатора) по лімбу потенціометра $\pm 2,0\%$;
- Температура навколишнього середовища: від -40°C до $+70^\circ \text{C}$;
- Напряга живлення БРУ-7: $\sim 220 (+22, -33) \text{ В}$, $(50 \pm 1) \text{ Гц}$ змінного струму або $24 (\pm 4) \text{ В}$ постійного струму;
- Напряга живлення БРУ-7К1: $24 (\pm 4) \text{ В}$ постійного струму; - Споживана потужність: не більше 7 Вт ($\sim 220\text{В}$) - для БРУ-7; - Струм споживання: не більше 150 мА - для БРУ-7К1.



а)



б)

Рис. 5.32 – Блок ручного управління БРУ-7: а) зовнішній вигляд; б) схема підключення

5.4 Висновки за розділом

В даному розділі був проведений вибір технічних засобів, які зможуть забезпечити належне та якісне керування процесом випічки хліба у печі стрічковій циклотермічній ППЦ-. Класи точності, ступінь захисту та ступінь вибухозахисту пристроїв відповідають виробничим умовам технологічного процесу.

**РОЗДІЛ 6. РОЗРОБКА КОНТРОЛЕРНО-КОМП'ЮТЕРНОЇ
МЕРЕЖІ,
ПРОГРАМУВАННЯ АЛГОРИТМІВ РЕГУЛЮВАННЯ ТА
ЛОГІЧНОГО
КЕРУВАННЯ САК**

**6.1 Формування списку параметрів які повинні вводитись і
виводитись з контролера.**

Провівши аналіз технологічної схеми та функцій, які повинна реалізовувати система керування, складемо таблицю (табл. 6.1) з переліком параметрів, які необхідно вводити та виводити з контролера.

Таблиця № 6.1 Перелік параметрів, що вводяться та виводяться з контролера.

	Найменування параметру	Умовне позначення	Вид сигналу	Тип сигналу	Діапазон сигналу на вході/виході контролера	Позначення на схемі
1	Температура топкових газів	Θ т.газ	A	I	(4-20 мА)	1A
2	Температура зони зволоження	Θ зон.зв.	A	I	(4-20 мА)	2A
3	Температура	Θ пов.заг	A	I	(4-20 мА)	3A

	поверхні заготовки					
4	Розрід ження в топці	Ртоп	A	I	(4-20 мА)	4A I
5	Сигнал з додаткового контакта пускача КМ1	КМ1	D	I	24 V DC	1D I
6	Сигнал з додаткового контакта пускача КМ2	КМ2	D	I	24 V DC	2D I
7	Сигнал з додаткового контакта пускача КМ3	КМ3	D	I	24 V DC	3D I
8	Сигнал з додаткового контакта пускача КМ4	КМ4	D	I	24 V DC	4D I
9	Сигнал з додаткового контакта пускача КМ5	КМ5	D	I	24 V DC	5D I
10	Пуск Вентилятора В1(М1)	1K	D	O	«Відкри тий колектор»	1D O

1	1	Пуск Вентилятора В2(М2)	2К	D	O	«Відкри тий колектор»	2D O
2	1	Пуск Вентилятора В3(М3)	3К	D	O	«Відкри тий колектор»	3D O
3	1	Пуск Вентилятора В4(М4)	4К	D	O	«Відкри тий колектор»	4D O
4	1	Пуск Транспортер а (М5)	5К	D	O	«Відкри тий колектор»	5D O
5	1	Тиск пари в паропроводі	P_par	D	I	24 V DC	6D I
6	1	Тиск газа в газопроводі	P_gaz	D	I	24 V DC	7D I
7	1	Керую ча дія на ступінь відкриття клапан у подачі пари в зону зволоження	U_par	A	O	(4-20 мА)	1A O
8	1	Керую ча дія на	U_gaza	A	O	(4-20 мА)	2A O

	ступінь відкриття клапан у подачі газу в топку					
9	1 Автоматичний пуск лінії	Pusk	D	I	24 V DC	8D I
0	2 Автоматичний стоп лінії	Stop	D	I	24 V DC	9D I
1	2 Звукова сигналізація	HA	D	O	«Відкритий колектор»	6D O
2	2 Керування клапаном газу	K1	D	O	«Відкритий колектор»	7D O
3	2 Керування запальним пристроєм	Zp	D	O	«Відкритий колектор»	8D O

Кількість каналів вводу\виводу: AI – 4 , AO – 2, DI – 9, DO – 8

6.2 Розробка технічної структури мікропроцесорного ядра системи керування.

Розробимо технічну структуру системи управління на базі контролер CPM713 серії Fastwel I/O. Для реалізації алгоритмів керування модулі ПЗО контролера повинні мати 4 аналогових входи, 2 аналогових виходи, 9 дискретних входів і 8 дискретних виходів.

Виходячи зі сформованої таблиці, для реалізації алгоритмів керування використовуємо контролер CPM713 з модулями ПЗО DIM717 (2 шт.), DIM718 (1 шт.), AIM721 (1 шт.), AIM730 (1 шт.), вхід живлення 24 В. модуль.

З'єднання між контролером і комп'ютером здійснюється за допомогою інтерфейсу Ethernet. Схема технічної будови наведена на рис. 6.1. Опис технічних характеристик модулів ПЗО наведено в додатку. У додатку також наведено технічні характеристики контролера та модулів ПЗО для варіанту реалізації системи на контролерах серії Simatic S7 300.

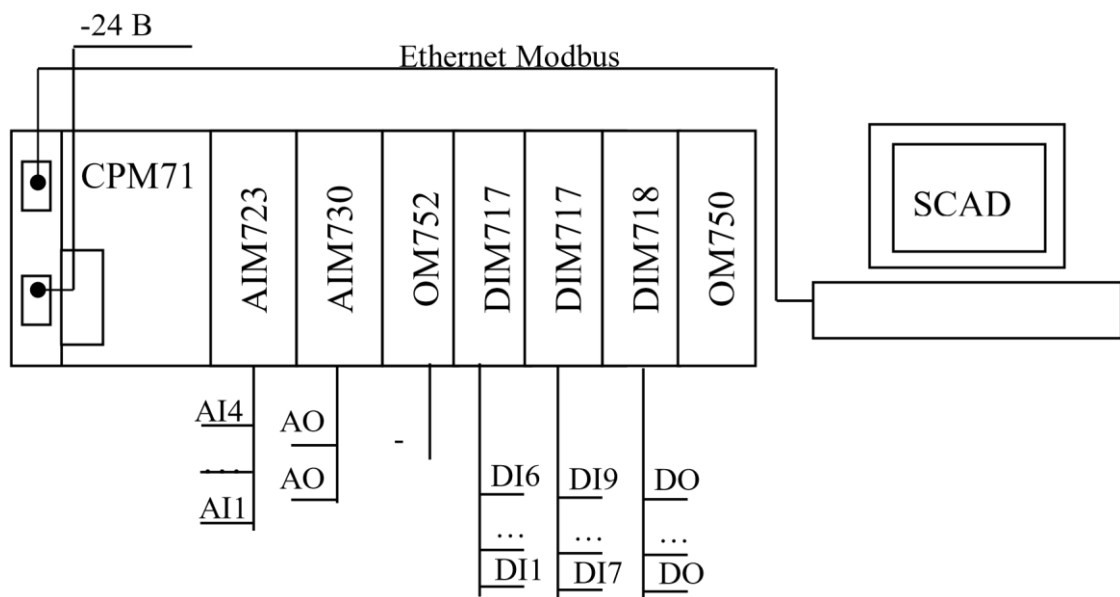


Рис. 6.1– Схема технічної структури мікропроцесорного ядра системи керування процесом випічки хліба.

6.3. Програмне конфігурування контролера

Розробку програмного забезпечення для контролера будемо проводити у середовищі CodeSys 2.3. Першим етапом проведемо програмне конфігурування контролера та його модулів ПЗО у середовищі CodeSys 2.3.

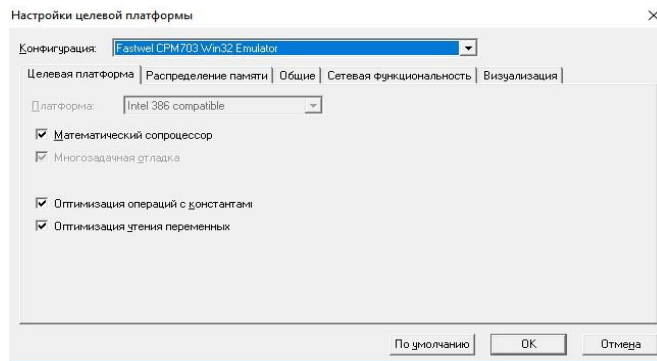


Рис.6.2 – Вікно вибору контролера і конфігурації його параметрів.

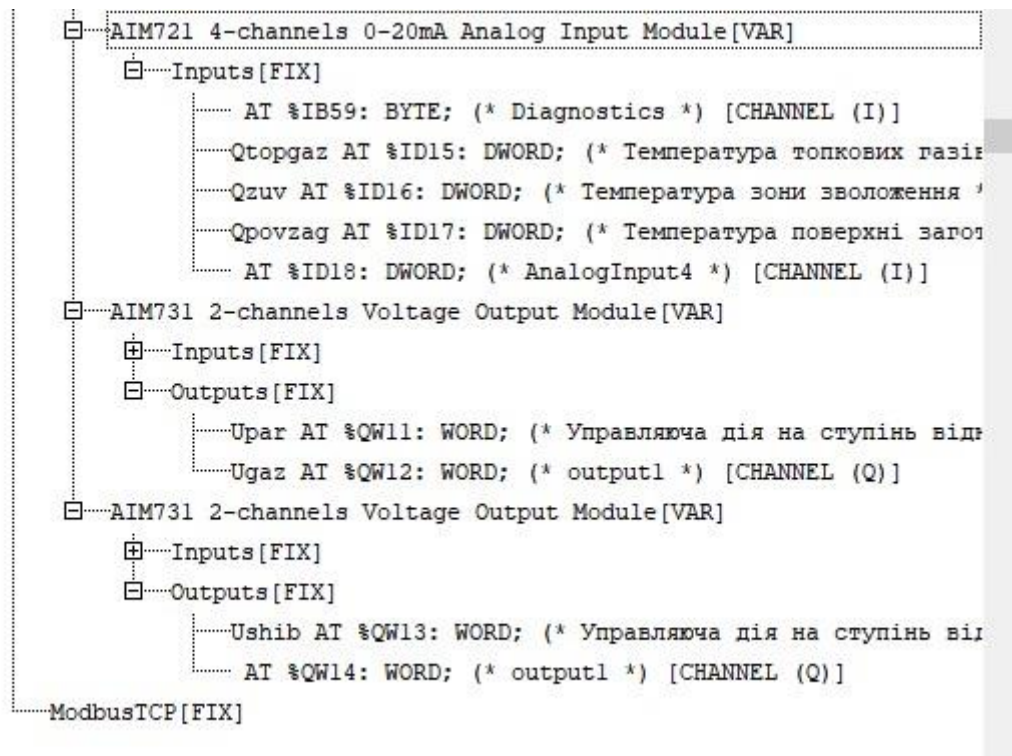


Рис. 6.3 – Фрагмент вікна конфігурування модулів ПЗО AIM721, AIM731.

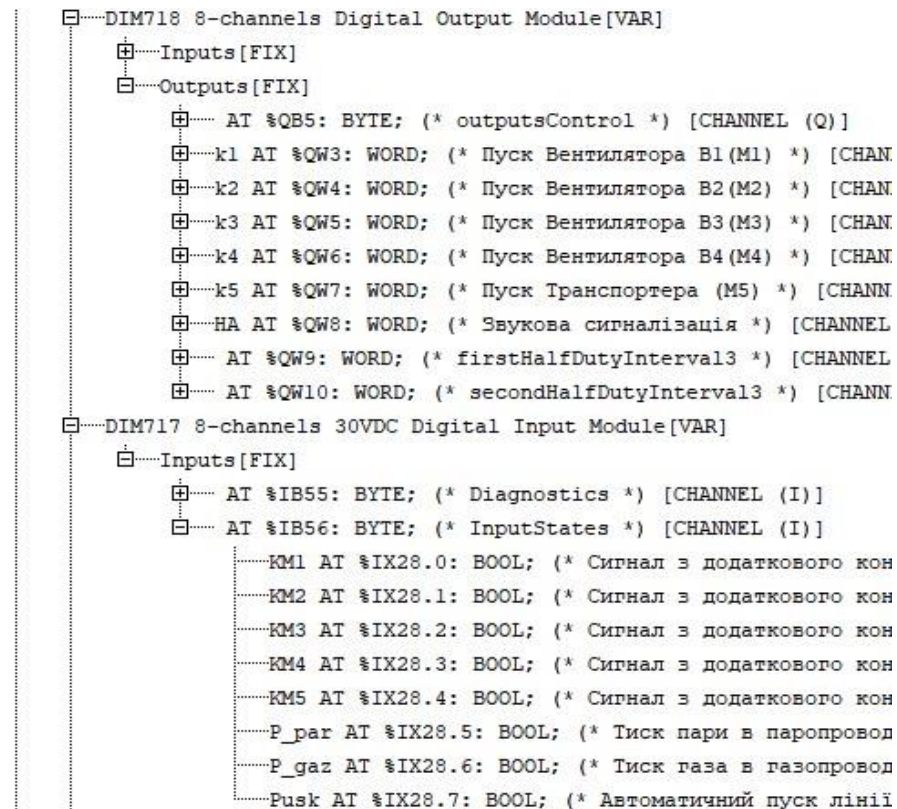


Рис. 6.4 – Фрагмент вікна конфігурування модулів ПЗО DIM717 та DIM718.

Завершив конфігурацію переходимо до програмної реалізації алгоритмів керування.

6.4. Програмна реалізація алгоритмів регулювання та їх тестування на моделі ОК.

Модель САР розраховується у програмному модулі POU_100ms, який обчислюється кожну 0.1 секунди. Час обчислення задається при конфігуруванні контролера у розділі «Конфігурація задач»(рис. 6.5).

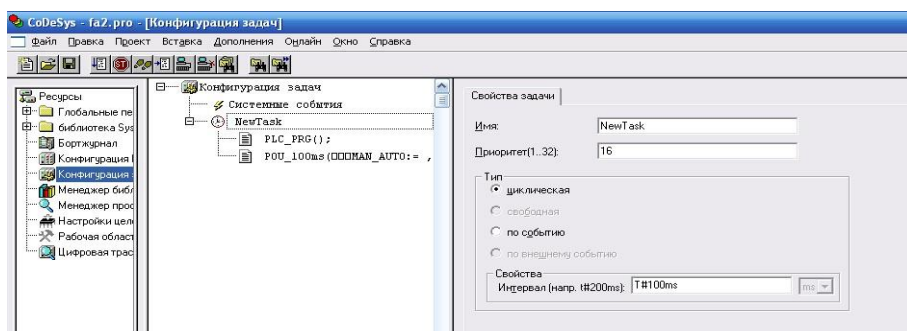


Рис.6.5 – Загальний вигляд вікна проекту при конфігуруванні задач.

На рис. 6.6 представлені фрагмент програми, яка реалізує модель об'єкта

керування та алгоритми регулювання температурою топкових газів та температурою у зоні зволоження.

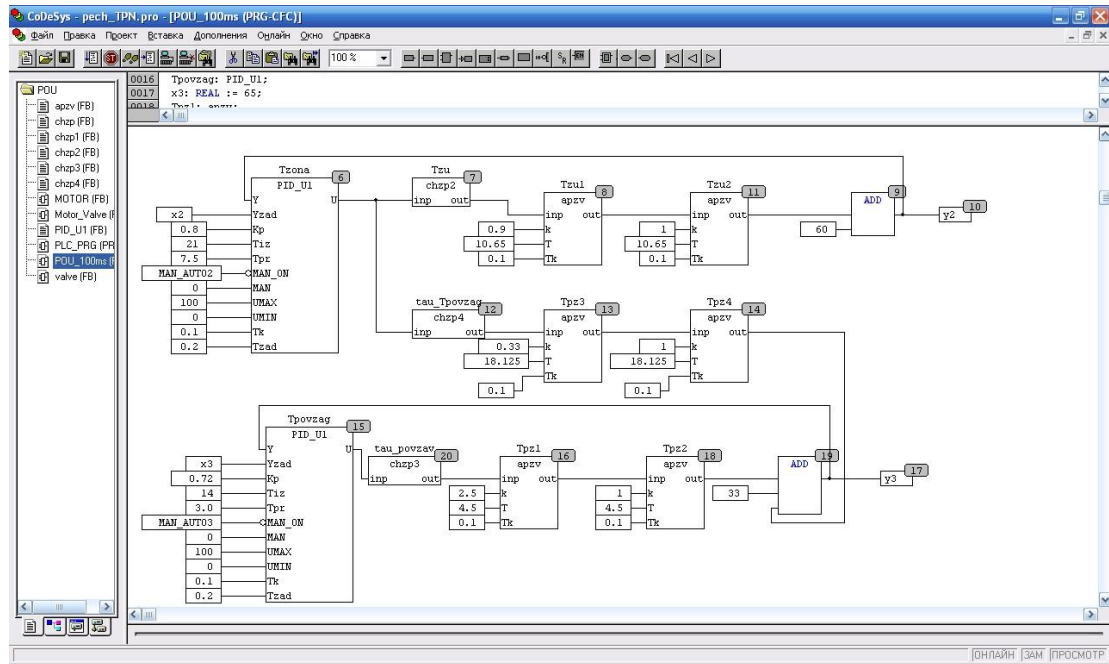


Рис. 6.6 – Фрагмент програми, яка реалізує модель САР.

Для реалізації моделі об'єкта керування використовувались спеціально розроблені функціональні блоки динамічних ланок: ланки запізнення та статичної аперіодичної інерційної ланки першого порядку. На рис. 6.7 представлені фрагменти програм реалізації цих ланок мовою ST.

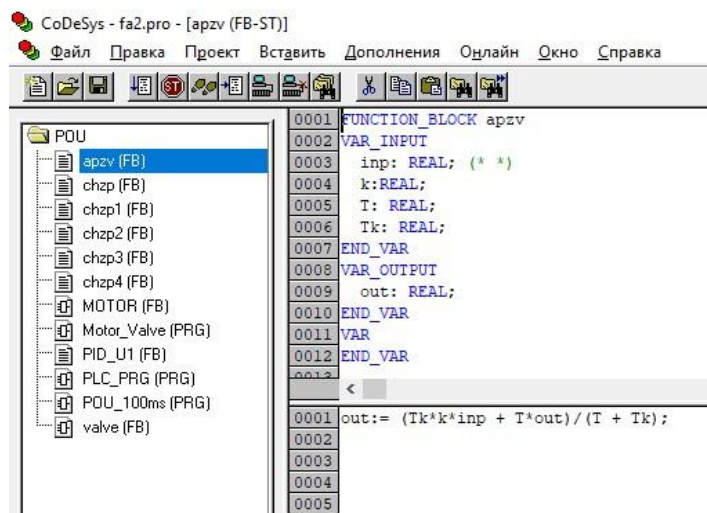


Рис.6.7– Фрагмент програми, яка реалізує статичну аперіодичну інерційну ланку першого порядку

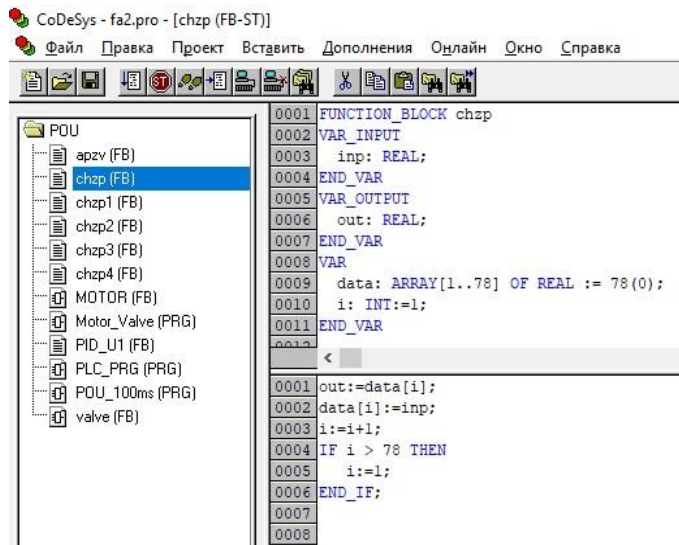


Рис.6.8 – Фрагмент програми, яка реалізує ланку запізнення.

Для реалізації алгоритмів регулювання використовувались спеціально розроблений функціональний блок ПІД – регулятору з інерційним задатчиком та переключенням режиму РУЧ/АВТ. Цей блок розроблений мовою ST. На рис. 6.9 представлена внутрішня структура регулятора. А на рис. 6.10 наведено результати тестування моделі САР.

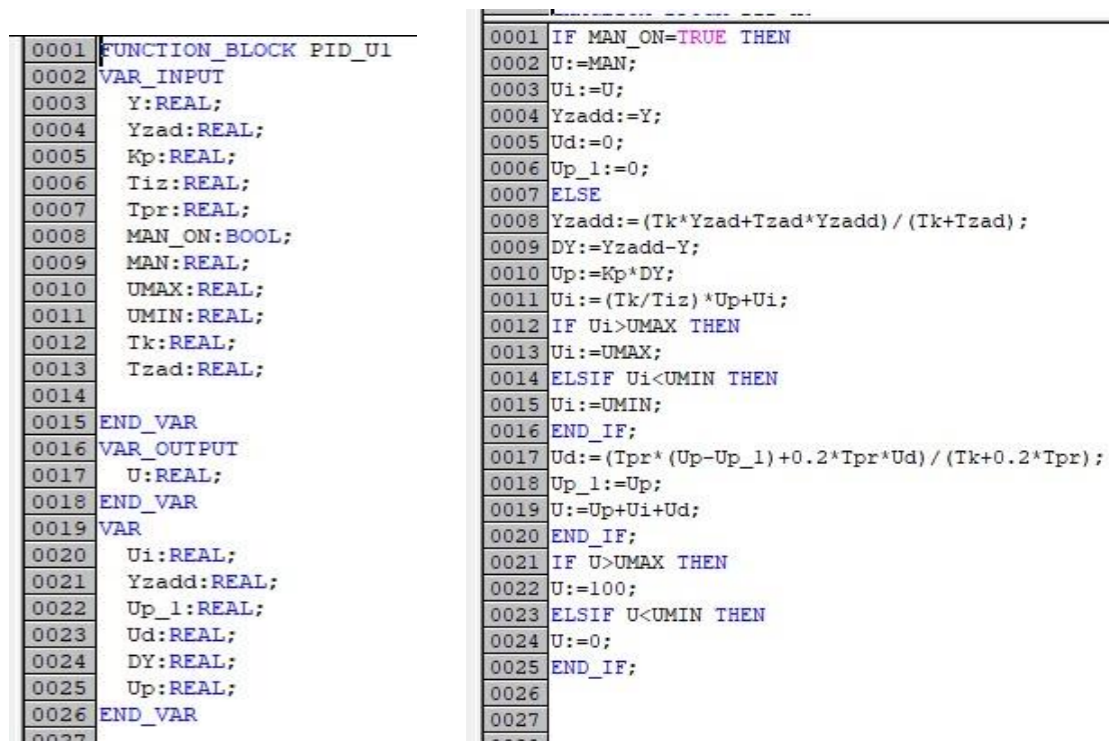


Рис. 6.9 – Код програми ПІД - регулятора.

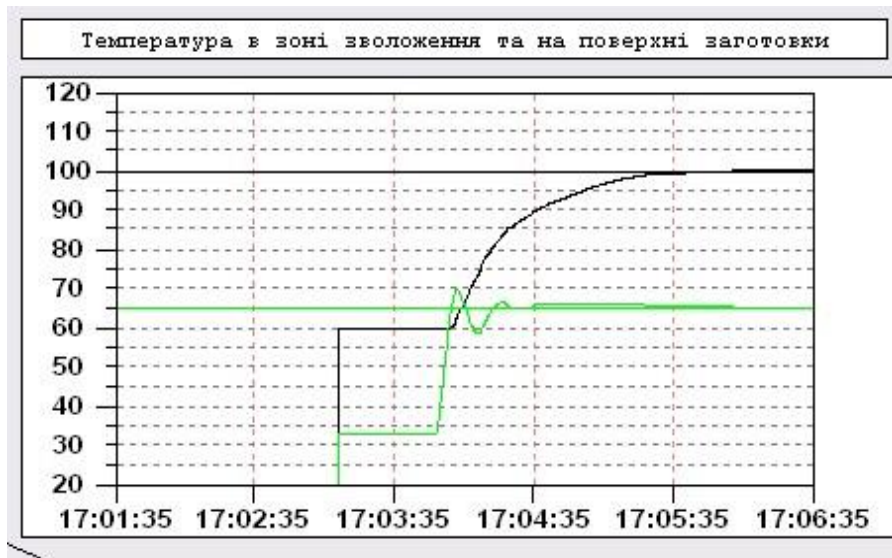


Рис. 6.10 – Перехідні характеристики, отримані при тестуванні і налаштуванні алгоритмів регулювання на моделі ОК.

6.5. Програмна реалізація алгоритмів логічного керування

Використовуючи блок-схеми алгоритмів запуску, зупинки, логічного керування, які були розроблені при реалізації четвертого, розробимо програму керування процесом випічки хліба.

Програмна реалізація алгоритмів логічного керування виконується в програмному модулі PLC_PRG, який розраховується з кроком 0,05с. Фрагмент програми, що реалізує алгоритми автоматичного запуску та зупинки, наведено

на

рис.

6.11.

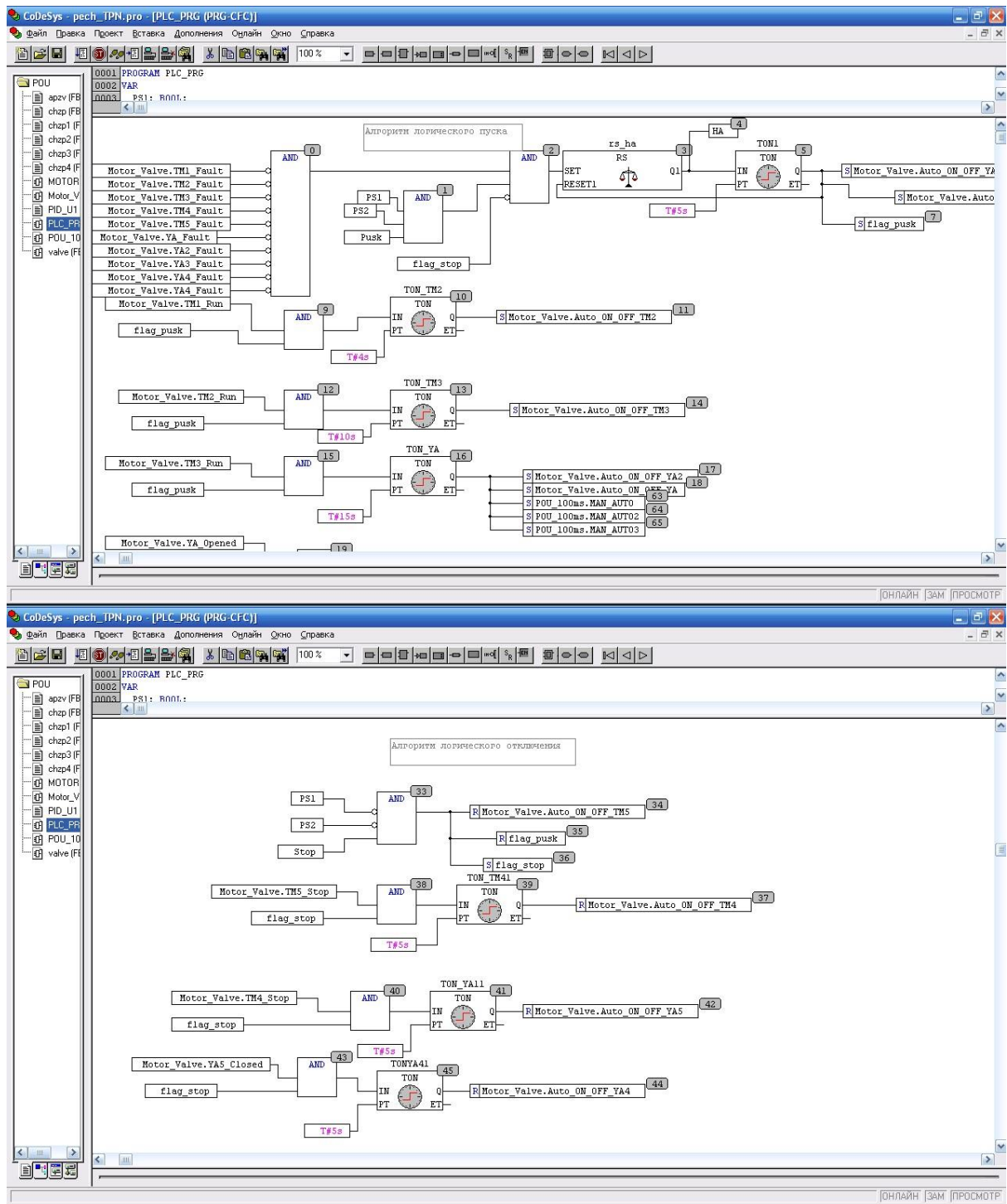


Рис. 6.11– Фрагменты програми що реалізує алгоритми автоматичного пуску та зупинки.

Програма логічного керування формує сигнали для підпрограм керування двигунами, клапанами та контурами регулювання. Розрахунок підпрограм керування двигунами та клапанами виконується у програмному модулі Motor_Valve. (рис. 6.12)

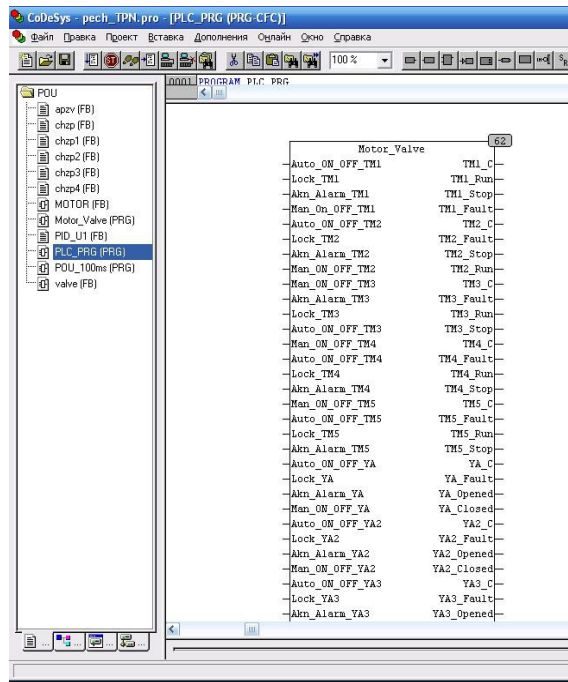


Рис. 6.12 – Фрагмент програми PLC_PRG з викликом модуля Motor_Valve.

Внутрішня структура програмного модуля Motor_Valve

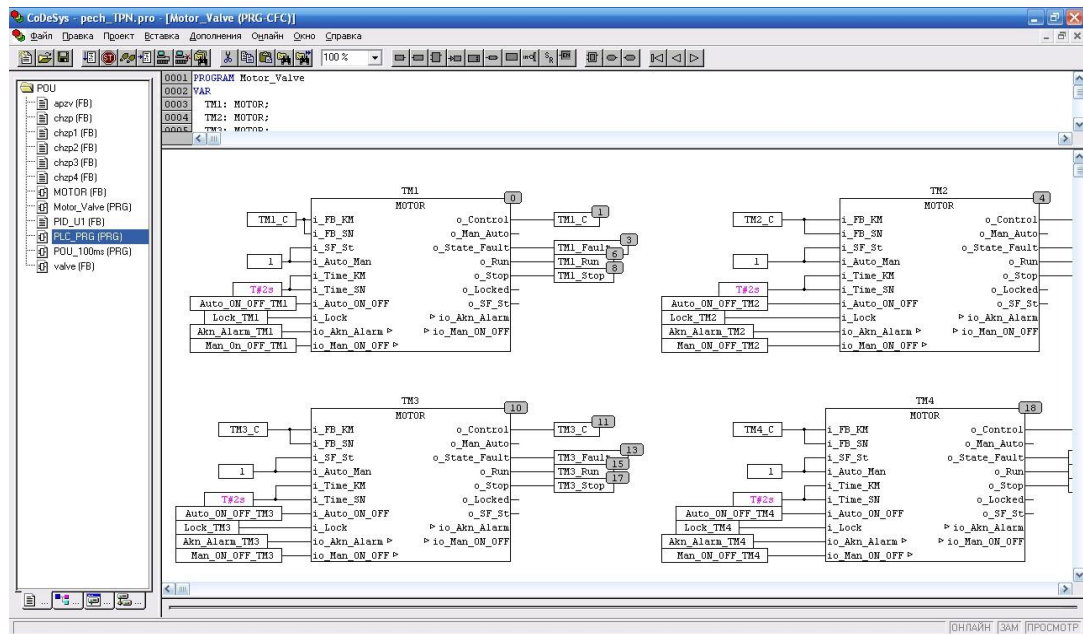


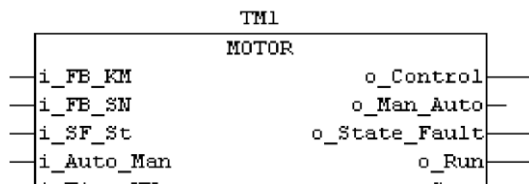
Рис. 6.13 – Внутрішня структура програмного модуля Motor_Valve.

Декілька входів та виходів функціональних блоків управління двигунами та клапанами з'єднуються з входами та виходами контролера для управління та аналізу стану двигуна.

```

0001 FUNCTION_BLOCK MOTOR
0002 VAR_INPUT
0003   i_FB_KM: BOOL;
0004   i_FB_SN: BOOL;
0005   i_SF_St: BOOL;
0006   i_Auto_Man: BOOL;
0007   i_Time_KM: TIME;
0008   i_Time_SN: TIME;
0009   i_Auto_ON_OFF: BOOL;
0010   i_Lock: BOOL;
0011 END_VAR

```



137

Рис. 6.14 – Загальний вигляд блоку керування двигуном та список змінних підпрограми що його реалізує.

Зовнішній вигляд, змінні та внутрішня структура функціональних блоків керування двигуном наведено на рис. 6.14 і 6.15.

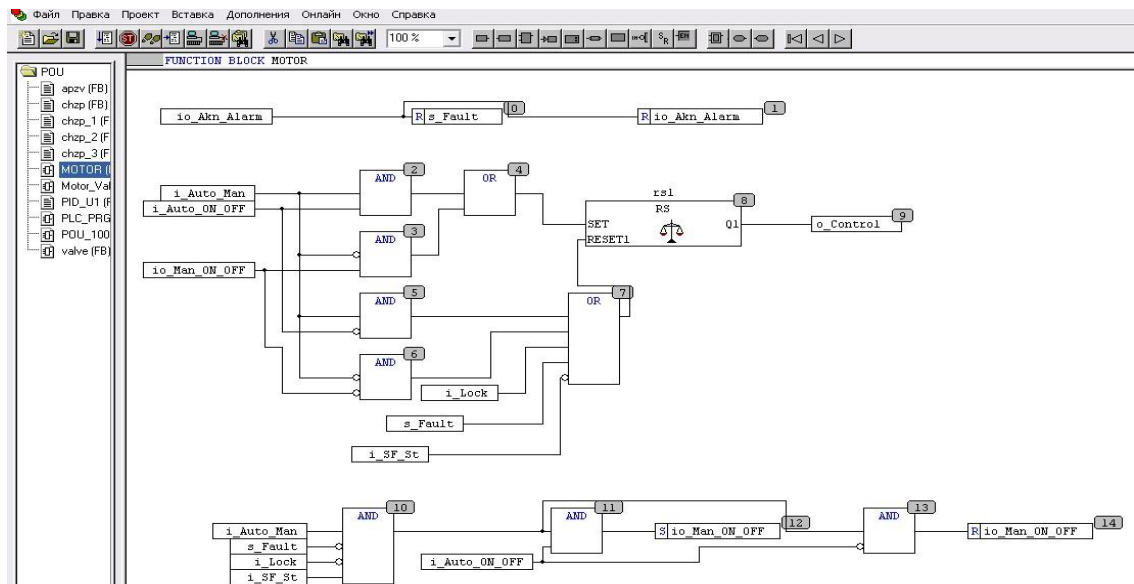


Рис. 6.15 – Фрагмент підпрограми що реалізує блок керування двигуном (початок).

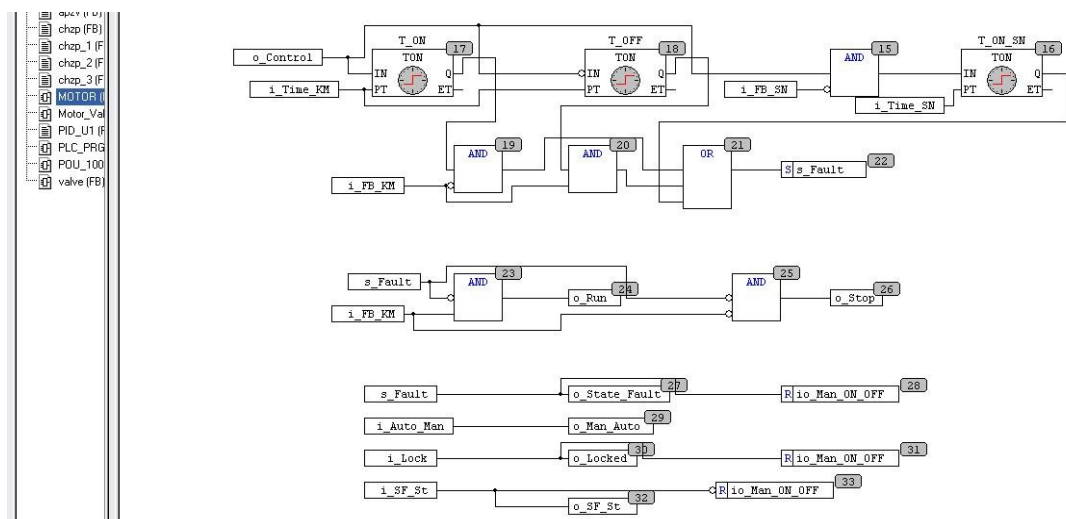


Рис. 6.15 – Фрагмент підпрограми що реалізує блок керування двигуном (кінець).

Результати тестування програми при виконанні алгоритмів пуску наведені на рис. 6.16.

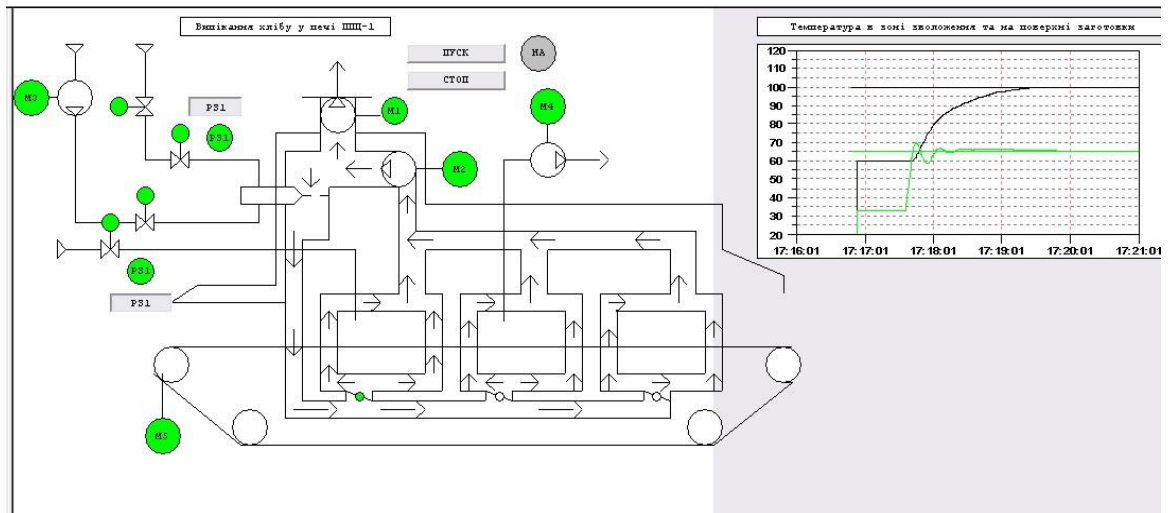


Рис. 6.16 – Приклад реалізації проекту та результати тестування програми випічки хліба.

6.6. Розробка підсистеми взаємодії автоматизованого робочого місця та мережі контролерів за допомогою OPC-сервера.

Взаємодія автоматизованого робочого місця (АРМ) та мережевих контролерів за допомогою OPC - сервера розгорнуто на прикладі реалізації зв'язку за допомогою пакету CoDeSys 2.3, в якому розроблено програмне забезпечення контролера. Як приклад розглянемо реалізацію зв'язку тільки для коригування контурів. Немає контролера CPM713, тому ми використовуємо 3SCoDeSysSPPLCWinNTV2.4 як цільову платформу для тестування. і зверніть увагу на необхідність завантаження символного файлу (рис. 6.27).

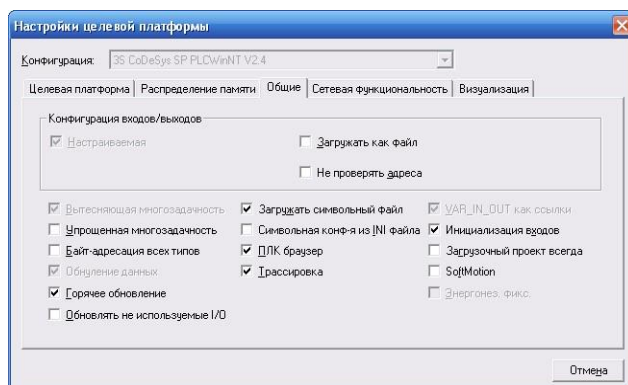


Рис. 6.17 – Загальний вигляд вікна вибору цільової платформи.

Проводимо конфігурацію OPC – серверу у пакеті CoDeSys 2.3, для обміну даними зі SCADAсистемою. Для цього вказуємо які змінні потрібно включити в мережевий обмін даними (рис.6.28) та налаштовуємо параметри

мережевого зв'язку (рис 6.29). В мережевий обмін включаємо регульовані змінні та їхні задані значення.

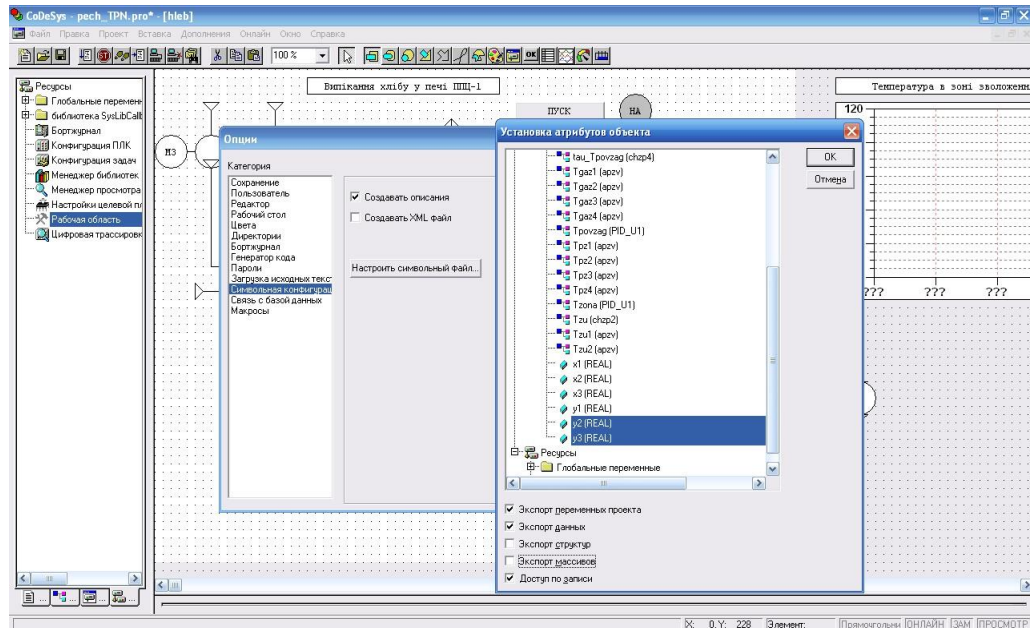


Рис. 6.18 – Фрагмент налаштування символічного файлу для обміну даними з використанням OPC - сервера.

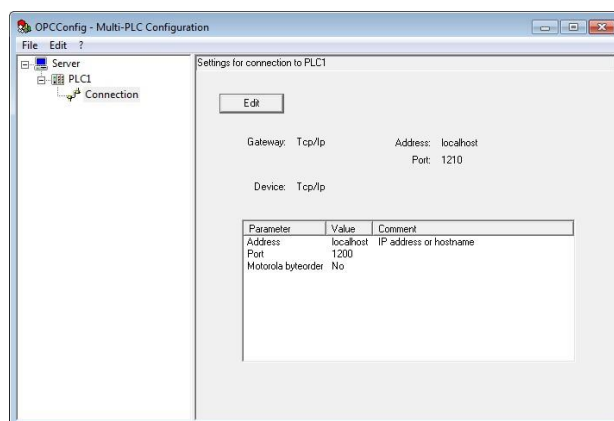


Рис. 6.19 – Вікно налаштування параметрів мережевого зв'язку для OPC сервера.

Після налаштування вибрані змінні будуть доступні ORS - клієнтам.

Зокрема, системи SCADA.

В середовищі системи WinCCFlexible SCADA реалізовано вікно трендів для відображення змін поточних і заданих значень регульованих змінних.

Підключаємося до OPS сервера CoDeSys 2.3 в середовищі WinCCFlexible і створюємо нові теги.

На рис. 6.30 і 6.31 представляють вікна для налаштування мережевого підключення до OPS-сервера CoDeSys і створення тегів, пов'язаних із OPS-сервером у системі WinCCFlexible SCADA.

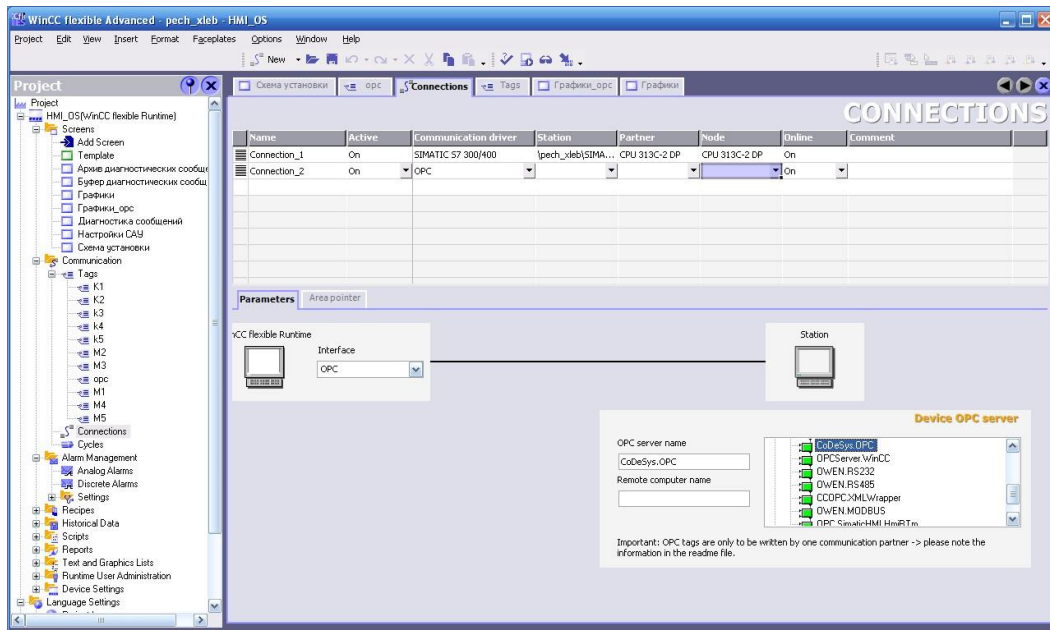


Рис. 6.20 – Вікно створення мережевого підключення до OPC сервера CoDeSys в SCADA системі WinCCFlexible.

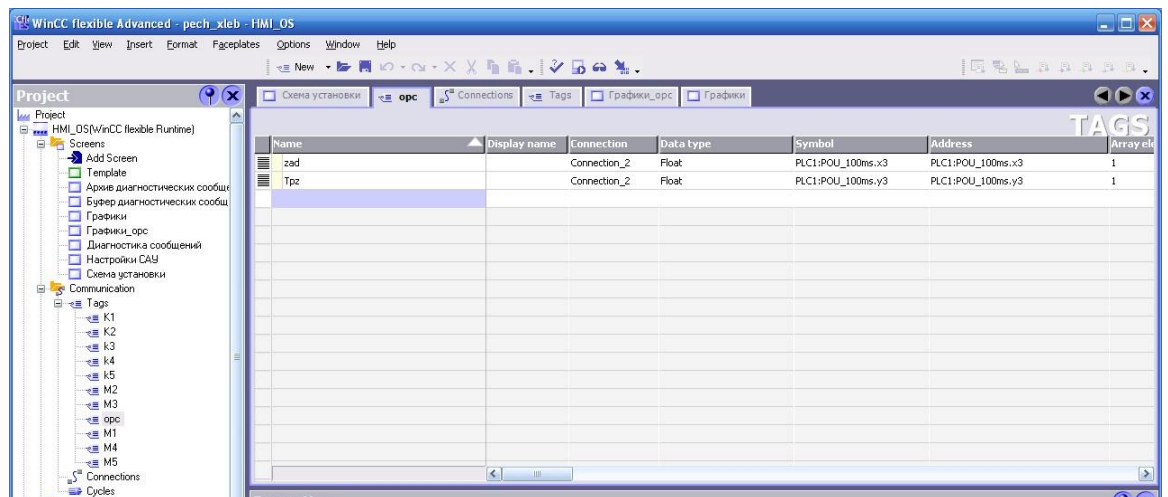


Рис. 6.21 – Вікно створення тегів пов'язаних з OPC сервером CoDeSys в SCADA системі WinCCFlexible.

Результати тестування мережевого обміну даними між SCADA системою WinCCFlexible і програмою контролера створеної в пакеті CoDeSys з допомогою OPC сервера CoDeSys наведені на рис. 6.32. Результати наведено

у формі перехідних характеристик які отримані під час моделювання роботи САР.

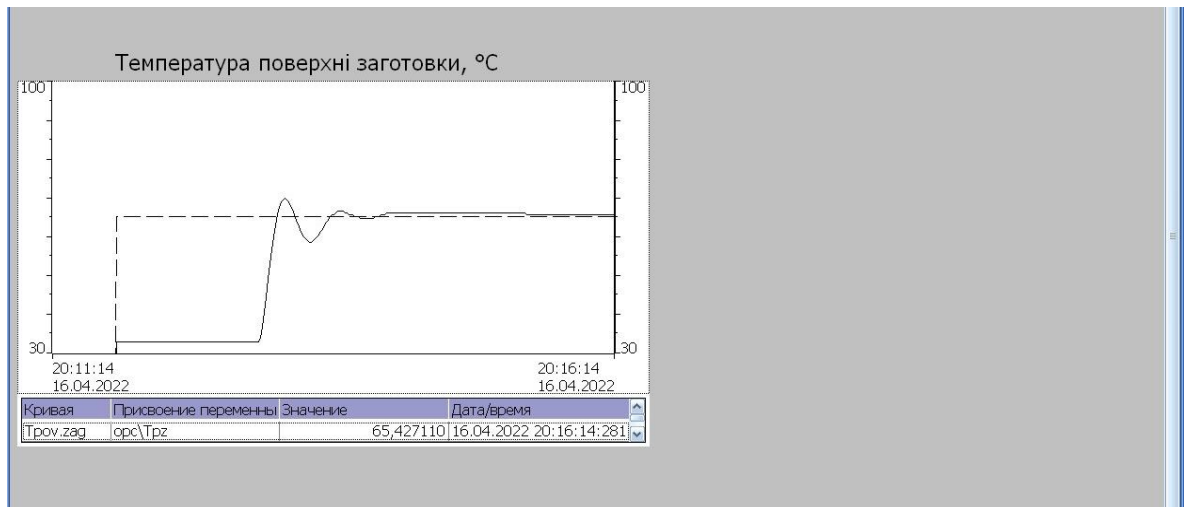


Рис. 6.22 – Результати тестування мережевого обміну даними між SCADA-система WinCCFlexible і програма-контролер, створена в пакеті CoDeSys з використанням OPS сервера CoDeSys.

6.7. Висновок

Висновки: У розділі 6 розроблено технічну структуру мікропроцесорного ядра системи керування та програмне забезпечення системи автоматичного керування процесом випікання хліба в печі ТНП на основі контролера введення/виведення Fastwel та середовища CodeSys.

Впроваджена система контролю температури в печі. Під час реалізації цього розділу також було вдосконалено блок ПІД регулятора.

У розділі розроблено програму, що реалізує алгоритм логічного керування пічним обладнанням, реалізовано алгоритм автоматичного запуску та зупинки печі. Тестування цього алгоритму показало, що програма працює коректно.

Також наведено приклад взаємодії АПМ на основі системи SCADA WinCCFlexible і мережа контролерів за допомогою OPS - сервера CoDeSys 2.3.

РОЗДІЛ 7. РОЗРОБКА SCADA ДЛЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ РОБОТИ

ПОСАДИ ТЕХНОЛОГА ТА НАСЕЛЮВАЧА

7.1 Уточнення функцій і структури екранів АРМ оператора-технолога.

Робоче місце оператора-технолога хлібопекарського процесу повинно передбачати наявність комплексу функцій, які максимально охоплюють і забезпечують виконання його професійних обов'язків. Враховуючи це, АПМ оператора-технолога повинна передбачати можливість виконання оператором таких функцій:

1. Контролювати значення технологічних параметрів процесу випічки хліба та встановлювати режими роботи обладнання.

2. Стежити за станом обладнання майданчика (ввімкнено, вимкнено, в аварії тощо) та значенням робочих параметрів обладнання.
3. Керувати запуском і зупинкою обладнання майданчика в ручному та автоматичному режимах керування.

4. Керувати окремим обладнанням майданчика в ручному режимі.

5. Стежити за появою несправностей у роботі обладнання та своєчасно на них реагувати. Виходячи з вищевикладеного, в проекті передбачені такі екрани для реалізації АПМ оператора-технолога:

- 1) Сюжет мнемосхеми. Головний екран із зображенням мнемосхеми ділянки випікання хліба дозволяє контролювати хід процесу, контролювати обладнання ділянки, змінювати режими роботи обладнання та контролювати виникнення порушень у роботі.

- 2) Графіки. Екран, призначений для відображення графіка зміни температури в зонах змочування і поверхні заготовки.

- 3) Технічні повідомлення, Буфер повідомлень. Архів повідомлень. Екрани, призначені для відображення діагностичних повідомлень різного класу.

- 4) Умовні позначення. Екран довідки для нових недосвідчених користувачів.

7.2. Розробка екранів для АРМ оператора-технолога

Шаблон екрану створюється в окремому розділі редактора графічного екрана системи WinCCFlexible SCADA. Графічні елементи, розташовані у вікні шаблону (рис. 7.1), будуть присутні на всіх екранах, що входять до проекту.



Рис. 7.1 – Загальний вигляд шаблону вікон

Меню переключення екранів складається з набору кнопок, що дозволяють виконувати перемикання між різними графічними вікнами. Для перемикання вікон використовуються спеціальні системні функції (рис. 7.2).

1	ActivateScreen
	Screen name
	Object number
2	<No function>

Рис. 7.2 – Приклад використання системної функції «ActivateScreen» для перемикання екранів графічного інтерфейсу

Головне вікно «Мнемосхема установки» (рис. 7.3) містить схематичне зображення піктограм, нанесених на його елементи відображення та

керування. Образ агрегатів розділів створюється в графічному редакторі системи SCADA - WinCCFlexible з використанням стандартних елементів графічної бібліотеки цього редактора. Встановлені на мнемосхемі графічні елементи індикації та керування оператора дають можливість контролювати стан обладнання та значення технологічних параметрів, а також контролювати обладнання.

Відображення поточних значень і введення заданих значень технологічні параметри виконуються за допомогою елементів «IO Field», які прив'язані до відповідних тегів. Дискретні сигнали від датчиків відображаються за допомогою елементів «Круг» для врахування зміни їх кольору. Також елементи мнемосхеми секцій печі або вигляд стрілки вказують на напрямок потоку компонентів, гарячої води та готової продукції зі зміненим кольором і відображаються при включених двигунах і закритих клапанах. відкрито.

Контроль стану двигунів і клапанів реалізується за допомогою екранних форм, спеціально розроблених у редакторі «Faceplate» (рис. 7.4).

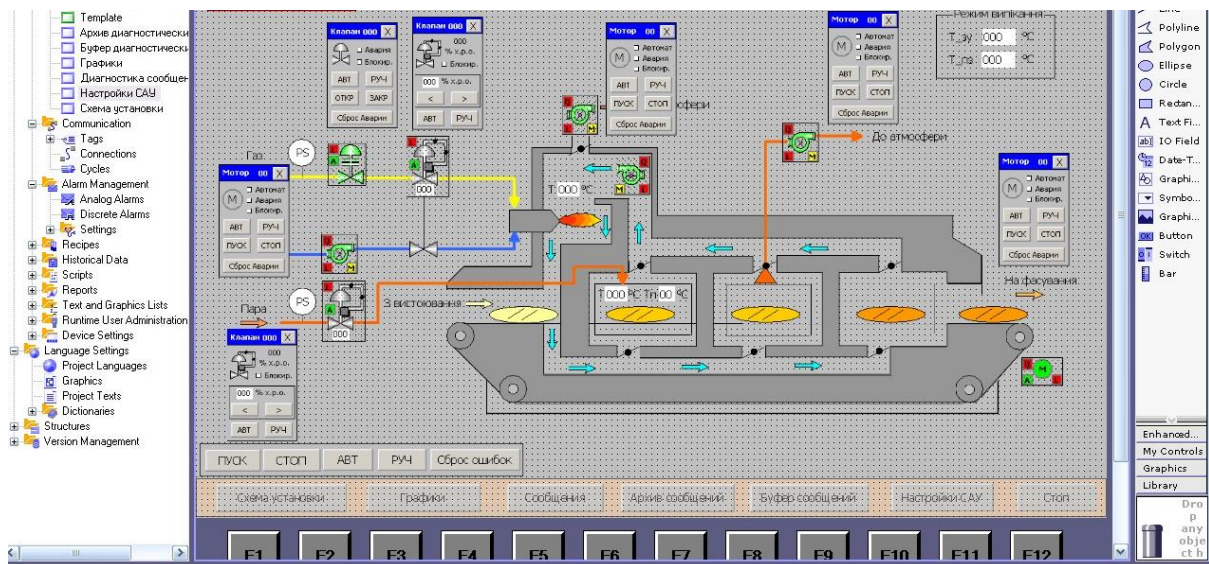


Рис. 7.3 – Загальний вигляд вікна «Мнемосхема установки»



Рис. 7.4 – Екранні форми для контролю стану двигунів та виконавчих пристроїв.

Екранні форми підключаються до відповідних тегів у контролері і відображають стан і режим роботи обладнання. Керувати двигунами і клапанами оператор може з використанням спеціальних екранних форм керування (рис. 7.5).

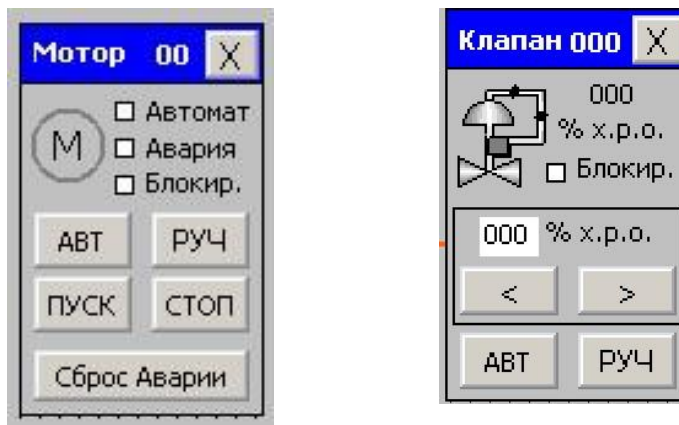


Рис. 7.5 – Екранні форми для керування двигунами і клапанами

Екранні форми керування також прикріплені до тегів контролера та дозволяють оператору змінювати режим роботи (АВТОМАТИЧНИЙ / РУЧНИЙ) клапана чи двигуна, керувати їхнім станом і підтверджувати помилки, коли вони виникають. на рис. 7.6 представлено приклад приєднання тегів до екранної форми керування механізмом. Створені екранні форми групуються в спеціальну бібліотеку і можуть використовуватися при створенні інших проектів

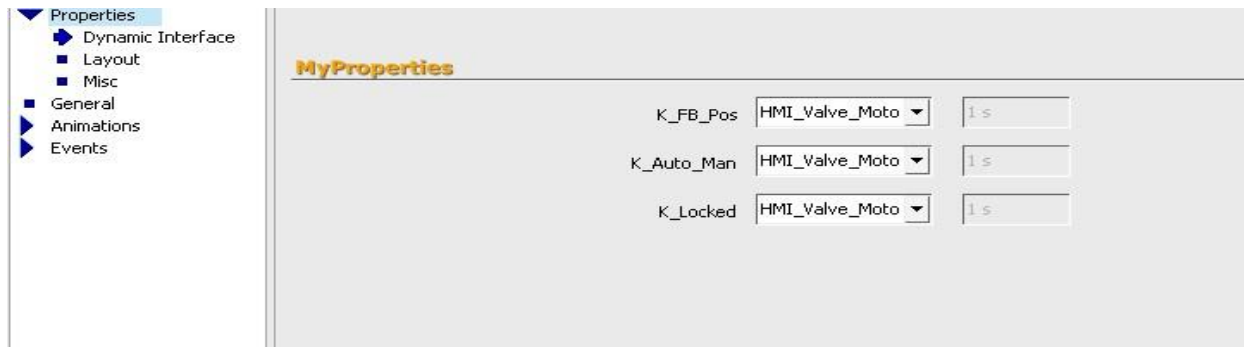


Рис. 7.6 – Фрагмент вікна прив'язки тегів до екранної форми управління регулюючим клапаном

На рис. 7.7 зображено екран «Мнемосхема установки» з розділом, що працює в автоматичному режимі, без порушень режиму роботи та з робочим обладнанням. А на рис. 7.8 представлений той самий екран, але з відкритими екранними формами керування клапанами та двигунами. Екранні форми керування викликаються натисканням лівої кнопки миші на відповідній екранній формі керування станом двигуна чи клапана. Детальну інформацію про екранні форми моніторингу стану двигунів або клапанів з розшифровкою їх станів оператор може отримати в екранній формі «Довідка» (рис. 7.9).

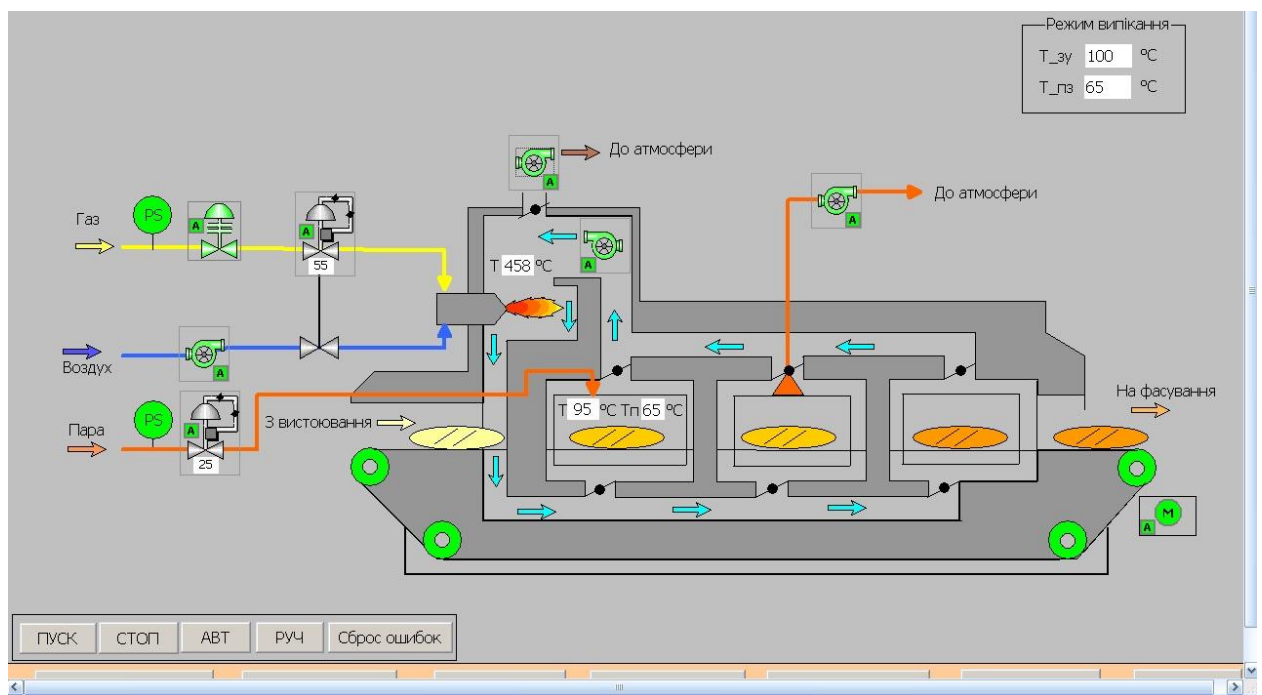


Рис. 7.7. – Загальний вигляд екрану «Мнемосхема установки» при нормальній роботі

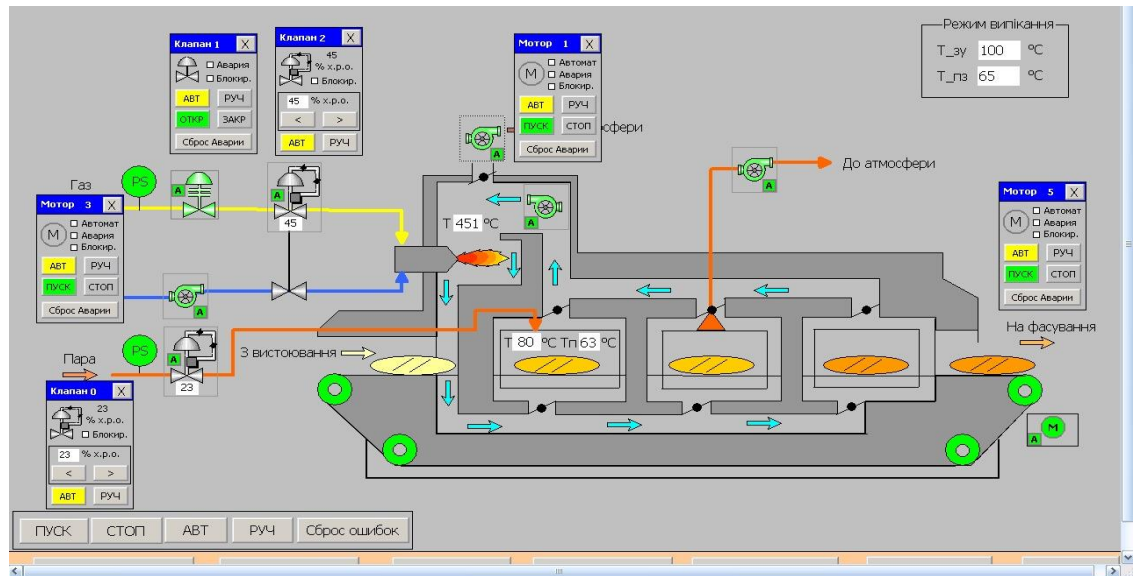


Рис. 7.8 – Загальний вигляд екрану «Мнемосхема установки» при відкритих екранних формах управління двигунами і клапанами

Для реєстрації змін основних технологічних параметрів у проекті передбачено вікно для побудови графіка зміни температури. Для побудови графіків використовується елемент «Trend View» зі стандартної бібліотеки SCADA – системи WinCCFlexible. на рис. 7.9 показано вікно реєстрації температури, а на рис. 7.10 приклад налаштування елемента «Перегляд трендів» та

його прив'язки до тегів контролера.

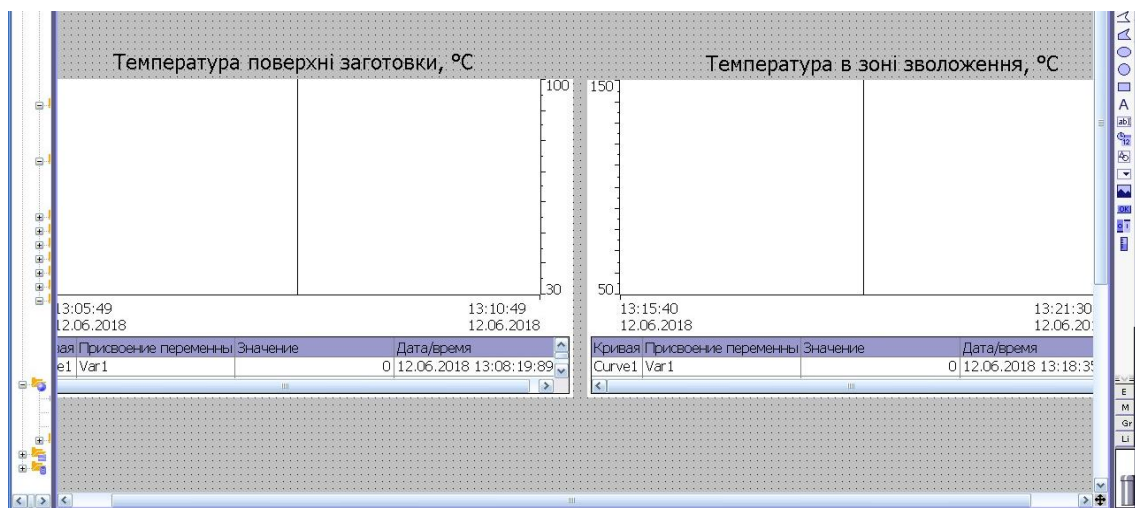


Рис.7.9 – Екран реєстрації температури.

	Name	Display	Line type	Bar wid...	Samples	Display limi...	Trend type	Source settings
	Ttopgaz	Lines	Solid	50	500	No	Realtime cyclic ...	[DB_SAR.PID_Temp_Topoch_Gazov.PV]
	Trend_2	Lines	Dash	50	500	No	Realtime cy...	[DB_SAR.PID_Temp_Topoch_Gazov.SP_INT]

Рис.7.10 – Приклад налаштування елемента «Trend View».

На рис. 7.11 представлені графіки зміни температури під час пуску ділянки у роботу.

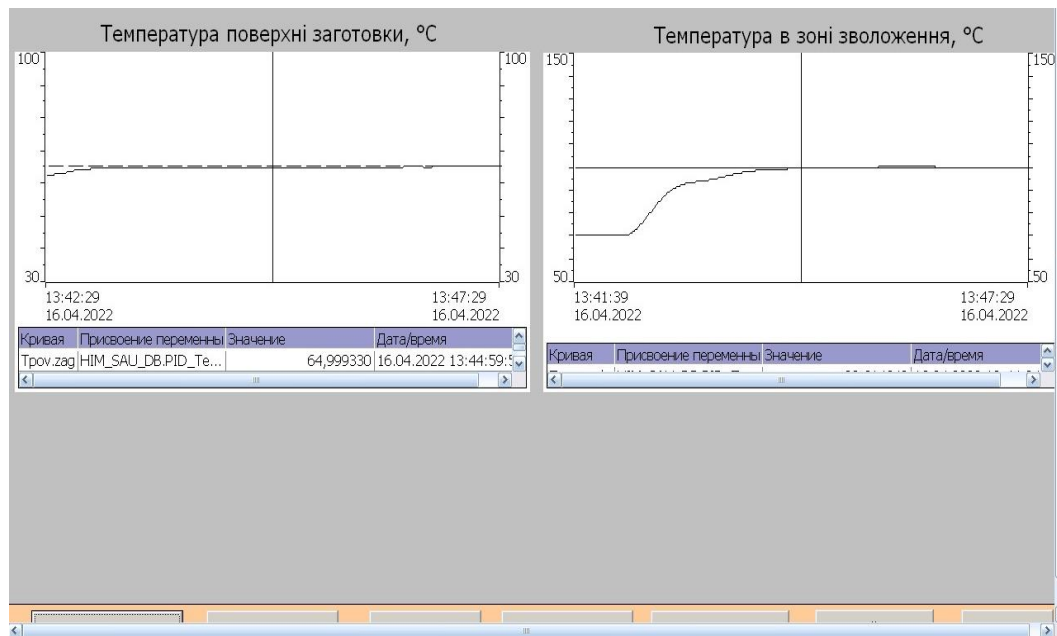


Рис.7.11 – Графіки зміни температури при виводі печі на температурний режим.

Для інформування оператора про стан технологічного процесу та події, що відбуваються з обладнанням хлібопекарських ділянок, проектом створено систему повідомлень з використанням відповідного редактора SCADA – системи WinCCFlexible. Система повідомлень включає повідомлення, визначені користувачем, і системні повідомлення. Користувальницькі повідомлення поділяються на дискретні та аналогові і належать до класу «Warnings» (попередження) і «Errors» (помилки). Повідомлення класу

«Помилки» інформують про критичні або небезпечні умови роботи та записуються в архів. Фрагменти списків дискретних і аналогових повідомлень, класи повідомлень представлені на рис. 7.12 - 7.13

WinCC flexible Advanced - pech_xleb - HMI_OS

Project Edit View Insert Format Faceplates Options Window Help

Project HMI_OS(WinCC) Screens Add Sc Template Ариєв д Буфер Графік Диагно Настрс Communic Tags Connec Cycles Alarm Man Analog Discret Settings Recip Historical D Scripts Reports Text and G Runtime Us Device Set Language Set Project Lan Graphics Project Tex Dictionaries Structures Version Manage

DISCRETE ALARMS

Text	Number	Class	Trigger Tag	Trigger bit	Trigger address
Деюгун вентилатора B2 вимкнено	1	Warnings	Alarm_M1	1	DB 1 DBX 91.1
Деюгун вентилатора B2 вимкнено	2	Warnings	Alarm_M1	0	DB 1 DBX 91.0
Помилка деюгуна вентилатора B2	3	Errors	Alarm_M1	15	DB 1 DBX 90.7
Блокування деюгуна деюгуна вентилатора B2	4	Errors	Alarm_M1	14	DB 1 DBX 90.6
Деюгун вентилатора B3 вимкнено	5	Warnings	Alarm_M2	1	DB 1 DBX 101.1
Деюгун вентилатора B3 вимкнено	6	Warnings	Alarm_M2	0	DB 1 DBX 101.0
Помилка деюгуна вентилатора B3	7	Errors	Alarm_M2	15	DB 1 DBX 100.7
Блокування деюгуна деюгуна вентилатора B3	8	Errors	Alarm_M2	14	DB 1 DBX 100.6
Деюгун вентилатора B1 вимкнено	9	Warnings	Alarm_M3	1	DB 1 DBX 111.1
Деюгун вентилатора B1 вимкнено	10	Warnings	Alarm_M3	0	DB 1 DBX 111.0
Помилка деюгуна вентилатора B1	11	Errors	Alarm_M3	15	DB 1 DBX 110.7
Блокування деюгуна деюгуна вентилатора B1	12	Errors	Alarm_M3	14	DB 1 DBX 110.6
Деюгун вентилатора B4 вимкнено	13	Warnings	Alarm_M4	1	DB 1 DBX 121.1
Деюгун вентилатора B4 вимкнено	14	Warnings	Alarm_M4	0	DB 1 DBX 121.0
Помилка деюгуна вентилатора B4	15	Errors	Alarm_M4	15	DB 1 DBX 120.7
Блокування деюгуна деюгуна вентилатора B4	16	Errors	Alarm_M4	14	DB 1 DBX 120.6
Деюгун транспортера M5 вимкнено	17	Warnings	Alarm_M5	1	DB 1 DBX 131.1
Деюгун транспортера M5 вимкнено	18	Warnings	Alarm_M5	0	DB 1 DBX 131.0
Помилка деюгуна транспортера M5	19	Errors	Alarm_M5	15	DB 1 DBX 130.7
Блокування деюгуна деюгуна транспортера M5	20	Errors	Alarm_M5	14	DB 1 DBX 130.6
Клапан подачі газу K1 відкрит	21	Warnings	Alarm_K1	1	DB 1 DBX 1.1
Клапан подачі газу K1 закрит	22	Warnings	Alarm_K1	0	DB 1 DBX 1.0
Помилка клапана K1	23	Errors	Alarm_K1	15	DB 1 DBX 0.7
Блокування клапана K1	24	Errors	Alarm_K1	14	DB 1 DBX 0.6
Клапан подачі повітря K3 відкрит	25	Warnings	Alarm_K3	1	DB 1 DBX 33.1
Клапан подачі повітря K3 закрит	26	Warnings	Alarm_K3	0	DB 1 DBX 33.0
Помилка клапана K3	27	Errors	Alarm_K3	15	DB 1 DBX 32.7
Блокування клапана K3	28	Errors	Alarm_K3	14	DB 1 DBX 32.6

Рис. 7.12 – Фрагмент вікна редактора дискретних повідомлень.

WinCC flexible Advanced - pech_xleb - HMI_OS

Project Edit View Insert Format Faceplates Options Window Help

Project HMI_OS(WinCC) Screens Add Sc Template Ариєв д Буфер Графік Диагно Настрс Communic Tags Connec Cycles Alarm Man Analog Discret Settings Recip Historical D Scripts Reports Text and G Runtime Us Device Set Language Set Project Lan Graphics Project Tex Dictionaries Structures Version Manage

ANALOG ALARMS

Text	Number	Class	Trigger tag	Limit	Trigger mode
температура топкових газів вище заданого значення	1	Warnings	HIM_SAU_DB.PID_Temp_Topoch_Gazov.PV	480	On rising edge
температура топкових газів нижче заданого значення	2	Warnings	HIM_SAU_DB.PID_Temp_Topoch_Gazov.PV	380	On falling edge
температура зони зволоження вище заданого значення	3	Warnings	HIM_SAU_DB.PID_Temp_ZONA_UVLO.PV	105	On rising edge
температура зони зволоження нижче заданого значення	4	Warnings	HIM_SAU_DB.PID_Temp_ZONA_UVLO.PV	95	On falling edge
Температура поверх. заготов. вище заданого значення	5	Warnings	HIM_SAU_DB.PID_Temp_Pover_Zagotovk...	70	On rising edge
Температура поверх. заготов. нижче заданого значення	6	Warnings	HIM_SAU_DB.PID_Temp_Pover_Zagotovk...	60	On falling edge

Рис. 7.13. – Фрагмент вікна редактора аналогових повідомлень.

WinCC flexible Advanced - pech_xleb - HMI_OS

Project Edit View Insert Format Faceplates Options Window Help

Project HMI_OS(WinCC) Screens Add Sc Template Ариєв д Буфер Графік Диагно Настрс Communic Tags Connec Cycles Alarm Man Analog Discret Settings Recip Historical D Scripts Reports Text and G Runtime Us Device Set Language Set Project Lan Graphics Project Tex Dictionaries Structures Version Manage

Name	Display name	Acknowledgm...	Log	E-mail address	C color	CD color
Diagnosis Events	S7	Off	<No log>			
Errors	!	On "activated"	Alarm_log_1		Red	Red
System	\$	Off	<No log>			
Warnings		Off	<No log>			

Рис. 7.14. Загальний вигляд вікна класів повідомлень.

Відображення повідомлень на екрані виконується за допомогою елемента «Alarm View», який може бути налаштований на виведення поточних активних повідомлень, вмісту буфера повідомлень, вмісту архіву повідомлень.

При цьому можуть виводитися на екран повідомлення різних класів. На рис.

7.15 представлений приклад екрану з елементами «Alarm View», налаштованими на виведення поточних активних робочих повідомлень і повідомлень про несправності, а на рис. 7.15 представлено вікно властивостей елемента «Alarm View», налаштованого на виведення

поточних активних повідомлень про несправності, що відносяться до класу «Errors».

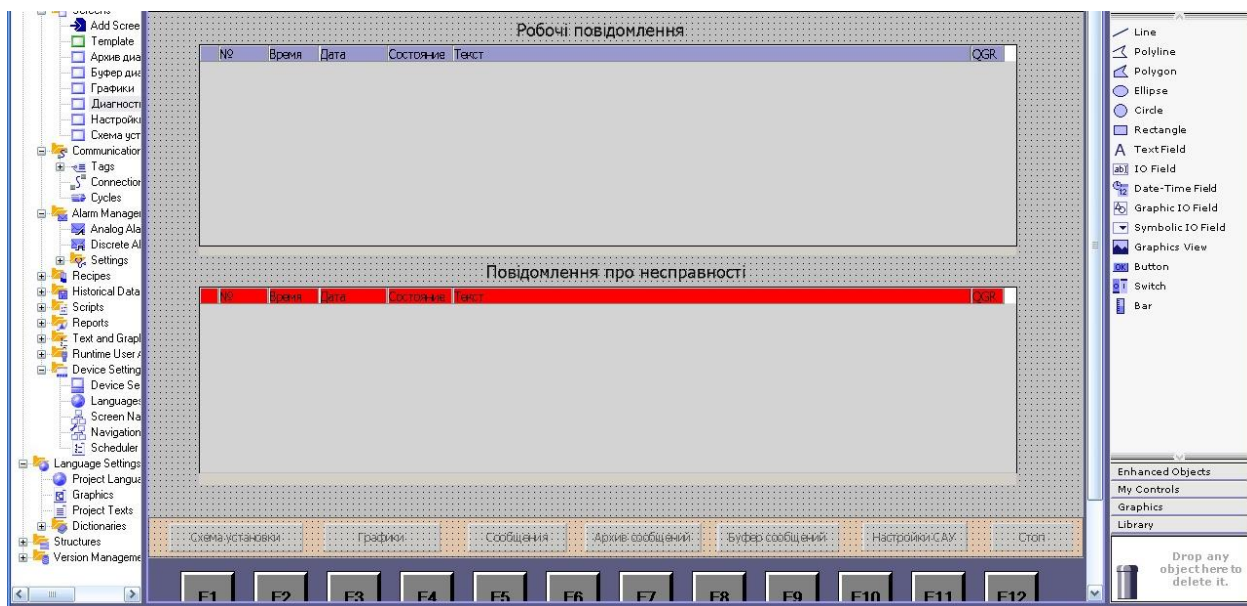


Рис. 7.15 – Загальний вигляд екрану виведення поточних активних діагностичних повідомлень.

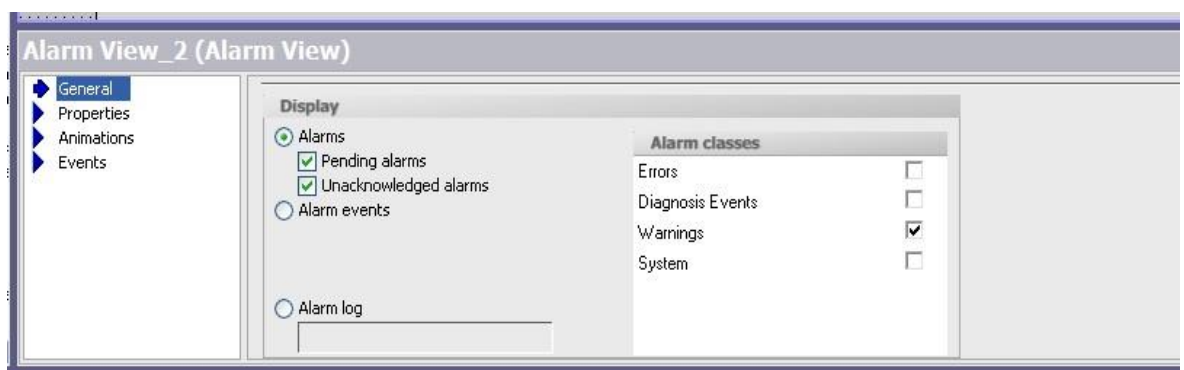


Рис. 7.16. – Загальний вигляд вікна налаштування властивостей елемента виведення повідомлень «Alarm View»

Приклади екранів, призначених для виведення буфера повідомлень і вмісту архіву повідомлень, представлені на рис. 7.17, 7.18.

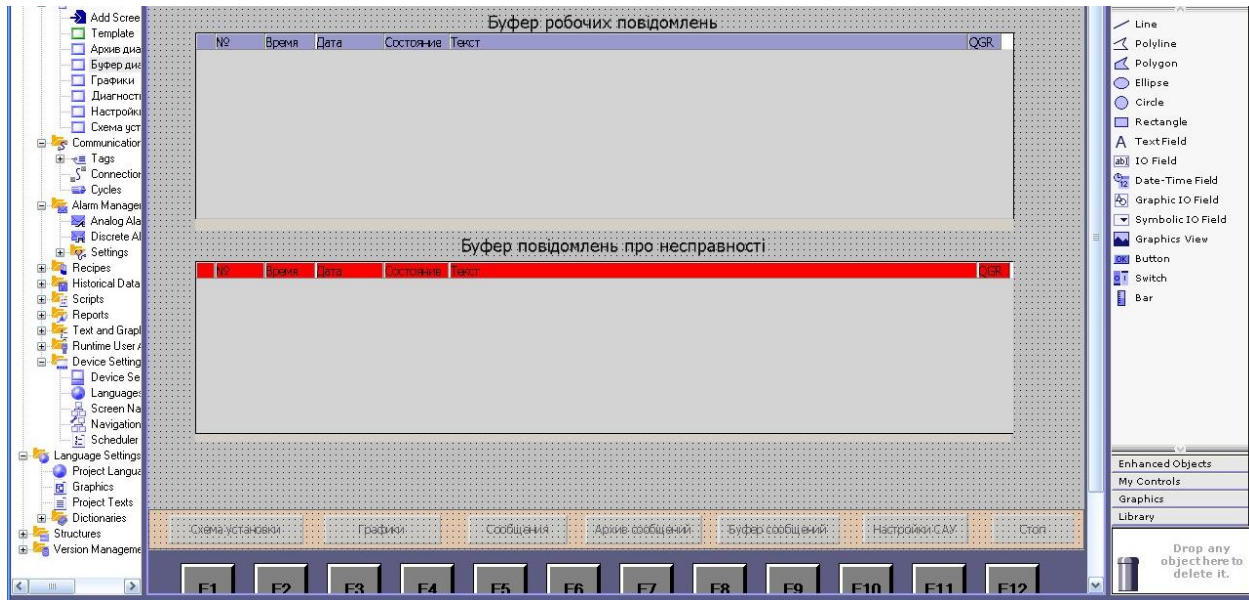


Рис. 7.17 – Загальний вигляд вікна відображення вмісту буфера діагностичних повідомлень

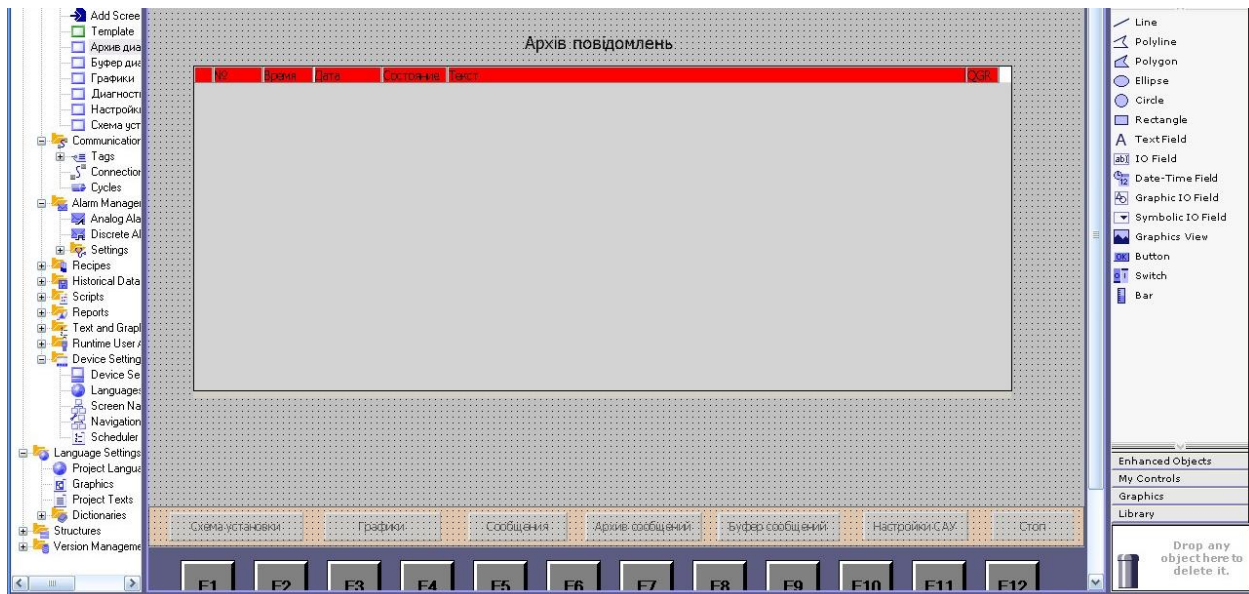


Рис. 7.18 – Приклад налаштування елемента відображення вмісту архіву з повідомленнями про несправності.

На рис. 7.19 – 7.23 представлено екрани, що демонструють роботу системи повідомлень для повідомлень, що визначаються користувачем.

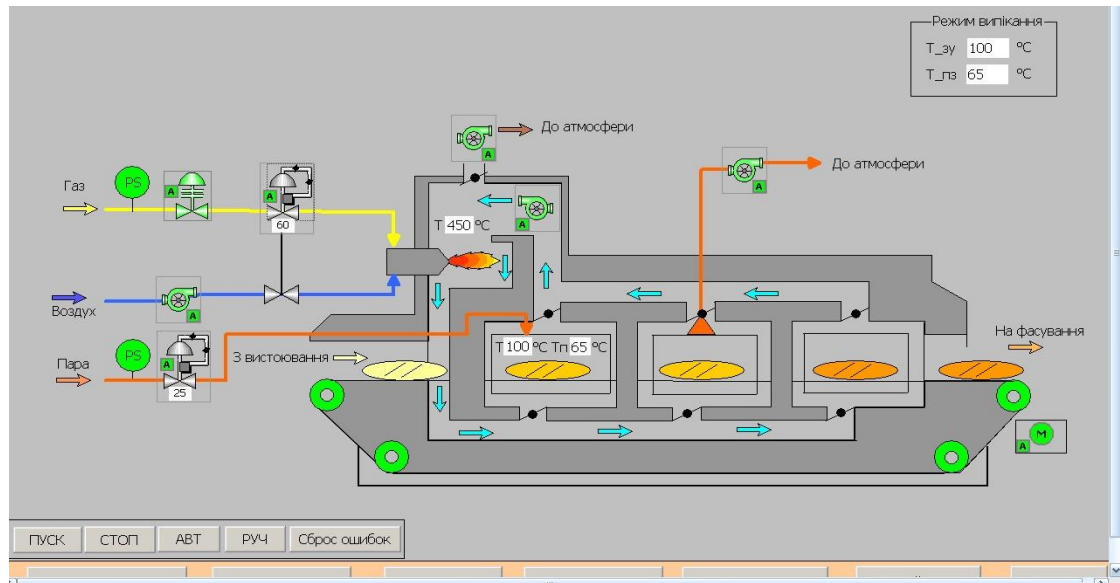


Рис.7.19. – Загальний вигляд екрану «Мнемосхема установки» при виникненні помилки.

№	Время	Дата	Состояние	Текст	QGR
13	13:42:05	16.04.2022	C	Двигун вентилятора В4 вимкнено	0
17	13:42:00	16.04.2022	C	Двигун транспортера М5 вимкнено	0
21	13:41:55	16.04.2022	C	Клапан подачі газа К1 відкрит	0
9	13:41:50	16.04.2022	C	Двигун вентилятора В1 вимкнено	0
5	13:41:45	16.04.2022	C	Двигун вентилятора В3 вимкнено	0
1	13:41:38	16.04.2022	C	Двигун вентилятора В2 вимкнено	0
25	13:41:30	16.04.2022	C	Клапан подачі повітря К3 відкрит	0

№	Время	Дата	Состояние	Текст	QGR
---	-------	------	-----------	-------	-----

Рис. 7.20 – Загальний вигляд екрану з поточними повідомленнями

№	Время	Дата	Состояние	Текст	QGR
4	13:43:27	16.04.2022	(C)D	температура зоны зрволожения ниже заданого значения	0
2	13:42:24	16.04.2022	(C)D	температура топковых газів ниже заданого значения	0
6	13:42:22	16.04.2022	(C)D	Температура поверх, заготов, ниже заданого значения	0
13	13:42:05	16.04.2022	C	Двигун вентилятора В4 вимкнено	0
14	13:42:05	16.04.2022	(C)D	Двигун вентилятора В4 вимкнено	0
17	13:42:00	16.04.2022	C	Двигун транспортера М5 вимкнено	0
18	13:42:00	16.04.2022	(C)D	Двигун транспортера М5 вимкнено	0
21	13:41:55	16.04.2022	C	Клапан подачі газа К1 відкрит	0
22	13:41:55	16.04.2022	(C)D	Клапан подачі газа К1 відкрит	0
9	13:41:50	16.04.2022	C	Двигун вентилятора В1 вимкнено	0
10	13:41:50	16.04.2022	(C)D	Двигун вентилятора В1 вимкнено	0
5	13:41:45	16.04.2022	C	Двигун вентилятора В3 вимкнено	0

№	Время	Дата	Состояние	Текст	QGR
---	-------	------	-----------	-------	-----

Рис. 7.21 – Загальний вигляд екрану з відображенням буфера повідомлень

Архів повідомлень						
№	Время	Дата	Состояние	Текст	QGR	
15	11:18:56	06.06.2019	CD	Помилка двигуна вентилятора В4	0	
16	11:18:55	06.06.2019	CD	Блокування двигуна двигуна вентилятора В4	0	
16	11:18:53	06.06.2019	C	Блокування двигуна двигуна вентилятора В4	0	
16	11:18:52	06.06.2019	CD	Блокування двигуна двигуна вентилятора В4	0	
16	11:18:51	06.06.2019	C	Блокування двигуна двигуна вентилятора В4	0	
15	11:12:31	06.06.2019	C	Помилка двигуна вентилятора В4	0	

Рис. 7.22 – Загальний вигляд екрану з відображенням архіву звітів про несправності

7.3 Розробка АРМ наладчика САК

Робоче місце налагоджувальника АСУ повинно передбачати наявність комплексу функцій, які максимально охоплюють і забезпечують здатність виконувати його професійні обов'язки.

Виходячи з цього, екрани АРМ наладчика повинні забезпечувати можливість виконання наступних завдань:

1. Керуйте схемами керування:
 - відображення поточних і заданих значень регламентованих змін;
 - Відображати поточні значення керуючих дій;
 - Зміна значень параметрів регуляторів;
 - Зміна встановлених значень регульованих змінних;
 - Перемикає режими роботи регуляторів AUTO / MANUAL і формувати керуючі дії в ручному режимі.
2. Встановіть значення часу затримки для таймерів, які використовуються в алгоритмах запуску та зупинки.
3. Встановіть значення часу затримки для спрацьовування датчиків положення клапанів.

4. Встановить значения času задержки срабатывания датчиков
звратного зв'язку стану двигуна.

5. Установить граничные значения технологических параметров.

6. Выполните системное администрирование пользователей.

7. Проанализуйте системные уведомления.

У зв'язку з цим в проекті передбачені наступні екрани для реалізації АПМ пристрою:

1. Настройка SAC.

2. Реестрация.

Програмная реализация этих экранов в SCADA - системе WinCCFlexible представлена в следующем подразделі.

7.4. Разработка экранов АРМ для наладчика САК.

Для выполнения заданий настройки контуров управления, тайм-аутов срабатывания датчиков положения, часовых задержек алгоритмов управления пуском і зупинкою, граничных значений технологических параметров проектом передбачено экранное изменение параметров SAC (рис. 7.23).

Автоматизация циклотермической печи TPN фирмы GOSTOL

Выполнен: С. гр.

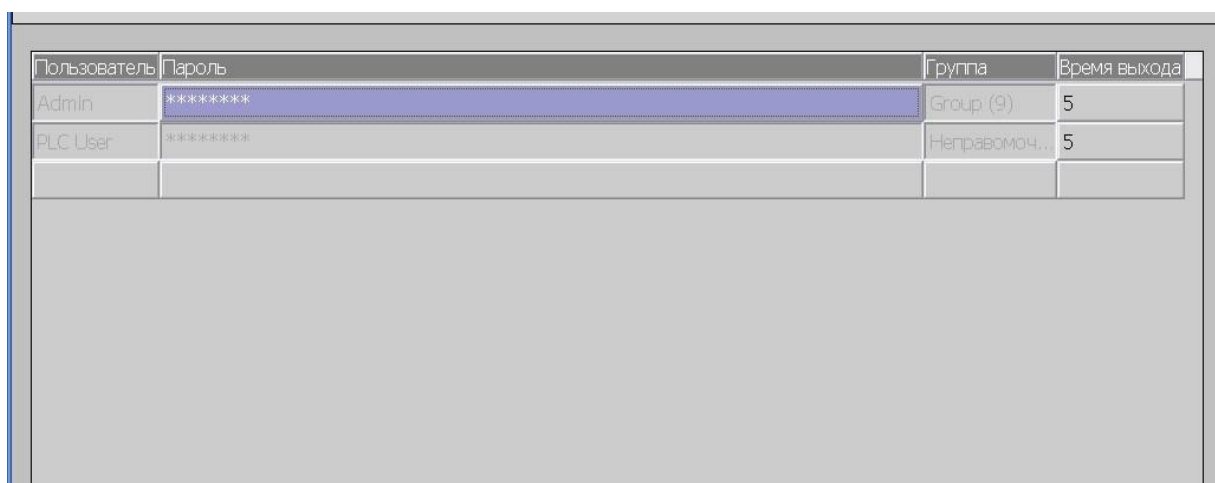
ПИД-регулятор Т зоны увлажнения		ПИД-регулятор Т поверхн. заготовки		Задержка времени при включении/отключении двигателя	
Т зоны увлаж.	100,0 °C	Т поверх. заг.	65,0 °C	Вентилят В1:	- пускатель 0 с.
Т_зд. зоны увлаж.	100,0 °C	Т_зд. поверх. заг.	65,0 °C	Вентилят В2:	- пускатель 0 с.
Управл.возд.	0,0 %х.р.о.	Управл.возд.	0,0 %х.р.о.	Транспортер:	- пускатель 0 с.
Выбор режима руч АВТ		Выбор режима руч АВТ		- датчик вращения	0 с.
Упр.возд. ручной режим 0 %х.р.о. > >		Упр.возд. ручной режим 0 %х.р.о. > >		- датчик вращения	0 с.
GAIN	0,0 %х.р.о./°C	GAIN	0,0 %х.р.о./°C	- датчик вращения	0 с.
TI	0 с.	TI	0 с.	- датчик вращения	0 с.
TD	0 с.	TD	0 с.	Задержка времени на срабатывание датчика положения клапана	
TM_LAG	0 мс.	TM_LAG	0 мс.	Клапан К1	0 с.

Рис. 7.23 – Загальний вигляд екрану «Настройка САК».

Екранізація за допомогою елементів «IO Field», «Button», «Text Field» стандартної бібліотеки SCADA - системи WinCCFlexible. Усі кнопки та поля введення/виведення прив'язані лише до тегів у контролері та потребують змін.

На екрані «Реєстрація» (рис. 7.24) передбачено налаштування можливості відмови від роботи зі списком користувачів. Зміна імен, паролів, груп існуючих користувачів. Додавання та видалення систем користувачів.

Реалізовано екран на основі елемента «Перегляд користувача».



Пользователь	Пароль	Группа	Время выхода
Admin	*****	Group (9)	5
PLC User	*****	Неправомоч...	5

Рис. 7.24 – Загальний вигляд екрана «Реєстрація» з елементом «Перегляд користувача» під час роботи програми.

7.5 Висновки за розділами

При виконанні даного розділу роботи в середовищі SCADA - розроблено систему WinCCFlexible, операторське програмне забезпечення АРМ та аксесуари САК процесу випікання хліба. АРМ дозволяє керувати виходом технологічного процесу, встановлювати режими роботи, перемикає режими керування обладнанням (АВТО/РУЧНИЙ) та керувати окремим обладнанням у ручному режимі, виконувати регулювання та налаштування САК. Відображення динаміки змін технологічних параметрів, ведення журналів подій, адміністрування програм користувача.

РОЗДІЛ 8 РОЗРОБКА ФРАГМЕНТІВ ТЕХНІЧНОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ БЕЗПЕКА САК, ВКЛЮЧАЮЧИ ПИТАННЯ ОХОРОНИ ПРАЦІ

8.1 Характеристика технологічного об'єкта керування та опис основних технічних рішень

Основною характеристикою процесу випікання хліба є температура в зоні зволоження і температура поверхні заготовок. Підтримання температури в зоні зволоження забезпечується подачею в піч природного газу, а підтримання температури поверхні заготовок - подачею пари в зону зволоження. У таблиці 8.1 представлено перелік основних регульованих змінних процесу.

Таблиця 8.1 – Перелік основних регламентованих модифікованих процесів випікання хліба

Назва регламентованої змінної	Умовне позначення	Діапазон вимірювання	Припустима похибка	Роль регламентованої змінної
Температура в зоні зволоження	Тзон.з вол	105 °C	±2 °C	Забезпечує процес випічки хліба
Температура поверхні заготовок	Тпов.з аг	65 °C	±1 °C	Забезпечує процес випічки хліба

За результатами вибору КТС й відповідно до складеної технічної структури, розроблено фрагмент комплексу проектної документації на систему управління. У комплект входять такі документи:

Графіка:

1 – схема автоматики;

- 2 – принципова електрична схема контролю та керування;
- 3 – принципова електрична схема джерела живлення;
- 4 – загальний вигляд щита оператора;
- 5 – монтажна схема щита оператора;
- 6 – схема зовнішніх проводів; Текст:

– попередній перелік обладнання для всіх графічних документів; - пояснювальна записка до проекту.

Особливістю принципу дії електричної схеми керування та управління є те, що вона будується як суміщена схема управління, управління, сигналізації та підключення вхідних і вихідних сигналів до контролера. Щит оператора встановлюється в спеціальному місці оператора (ОП). На внутрішній площі щита оператора встановлюються електротехнічні прилади, обладнання, трансформатори, блоки живлення, а на внутрішній панелі - прилади, що відображають фасади, кнопочві станції, клавіші вибору режимів і зошити.

Контролер, який реалізує основні функції та налаштування лінійки CPU-313C-2DP фірми «Siemens», вибирається із запрограмованих моделей, оснащених інтерфейсами керування MPI та PROFIBUS.

Усі модулі вводу/виводу серії SIEMENS SIMATIC S7-300 і CPU змонтовані на шині профілю Siemens 122 мм як окрема структура в панелі оператора. Вони використовуються для підтримки нормативних значень, передачі даних на АРМ на базі сумісного комп'ютера IBM PC, також встановленого в ОП. Контролери серії SIMATIC S7-300 цієї компанії призначені для організації взаємодії між комп'ютерною системою (ПК), що реалізує функції відображення та архівації інформації, і датчиками безперервних і дискретних сигналів, а також для видачі керуючих сигналів виконавчим механізмам. Комутаційні пристрої та модулі забезпечують такі основні функції:

- прийом і декодування команд по каналах MPT, PROFIBUS;
- введення та нормалізація аналогових вхідних і вихідних сигналів;

- огляд стану дискретних вхідних і вихідних сигналів; - фільтрація аналогових і дискретних вхідних сигналів.

Взаємодія між контролером і комп'ютером (ПК) здійснюється за допомогою комунікаційного модуля інтерфейсу MPI-USB (PC ADAPTER USB A2).

Для управління установкою використовуйте IBM PC сумісний комп'ютер, на якому встановлена система SCADA, яка призначена для оперативного контролю, сигналізації та реєстрації параметрів. Також можлива передача даних на комп'ютери, встановлені поза ОП, за допомогою локальної мережі.

8.2 Розробка схеми автоматизації

Схема автоматизації технологічного процесу є основним документом, який розкриває функціональну структуру, обсяг автоматизації та пояснює певні процеси, що протікають у функціональних ланцюгах. Складено згідно з ДСТУ Б.А. 2.4-16:2008 (на заміну ГОСТ 21.404 – 85) «Система конструкторської документації для будівництва. Автоматизація технологічних процесів. Зображення умовних пристроїв і засобів автоматизації на схемах». Особливістю розрахункової схеми є те, що всі функції системи розподілені між контролером і комп'ютером (ПК). Функції автоматичного налаштування та логіко-програмного керування виконує комплект сумісних з ПК контролерів, розташованих на робочому місці оператора. Усі використовувані датчики вибираються з уніфікованим струмовим вихідним сигналом (4...20мА), вихідні аналогові сигнали також 4...20мА. Розглянемо перелік контурів керування та регулювання, поданий на схемах автоматики позиційними номерами контурів:

1-5 – керування та контроль стану електроприводів М1-М5;

6 – керування (адреса лінії зв'язку – 6), стабілізація (адреса лінії зв'язку

7) температура в зоні зволоження, положення ВМ (адреса лінії зв'язку – 8); 7 – контроль (адреса лінії зв'язку – 9), стабілізація (адреса лінії зв'язку – 10) температури в зоні зволоження, положення ВМ (адреса лінії зв'язку – 11);

8 – контроль (адреса лінії зв'язку – 12) розрідження в печі;

9 – контроль (адреса лінії зв'язку – 13) наявності напівпалива, контроль (адреса лінії зв'язку – 14) запалювання та контроль (адреса лінії зв'язку – 15) запірної арматури газопостачання;

10 – контроль (адреса лінії зв'язку – 18) наявності пари в паропроводі;

11 - контроль (адреса лінії зв'язку - 19) наявності газу в газопроводі.

У схемі 12 реалізована функція передпускової сигналізації, а в схемі 13 реалізована функція автоматичного пуску та зупинки лінії. Схема 14 реалізує функцію перетворення інтерфейсних з'єднань між ПК і ПК.

У схемі керування приводом (1-5) для кожної схеми керування на панелі розташовані клавіші вибору режиму керування (автоматичний – дистанційний), кнопки «ПУСК», «СТОП», як w і поточне значення регульованої величини та сигналізація її граничних відхилень.

Розглянемо схему 7. Від датчика температури з уніфікованим перетворювачем (7а) сигнал струму (4-20мА) надходить на БРУ-7 (7б), через який сигнал надходить на вхід ШІ (СМ 331) МРК. Вихідний сигнал (аналогове регулювання) АТ (СМ 332) з ІПК надходить на БРУ-7 (7б), звідки в автоматичному режимі сигнал БРУ (аналоговий) подається на вентиль ВМ (7в) для подачі пари в зону зволоження.

У ручному (дистанційному) режимі сигнали на ВМ клапана (7б) подаються оператором за допомогою БРУ-7 (7б).

Контур 6 працює подібним чином завдяки тому, що клапан подачі газу (6с) і повітряна заслінка (6g) механічно з'єднані один з одним за допомогою важеля для створення газоповітряного вузла.

На схемі показана схема (9) контролю наявності напівшроту, яка працює наступним чином. Сигнал з фотодатчика (9а) надходить на сигналізатор (9б), а звідти на вхід DI (SM 323) ІПК дискретних сигналів. У цій схемі також

реалізовано управління запальником і запірною арматурою, для цього на панелі встановлені клавіші вибору режиму управління (автоматичний режим - закрито/вимкнено - відкрито/вимкнено).

Схема регулювання розрідження в печі (8) працює наступним чином. Сигнал струму (4-20 мА) подається від датчика розрідження уніфікованим перетворювачем (8а) на вхід ШІ (СМ 331) МПК.

На схемі показані контури (10, 11) контролю граничного тиску пари і газу. Для цього використовується реле тиску (10а, 11а), сигнал від якого надходить на DI вхід (SM 323) ІПК дискретних сигналів.

У додатку А наведено перелік пристроїв і засобів (табл. А), які використовуються в схемах автоматизації, там же наведена сама схема (рис. А).

8.3 Розробка принципової електричної схеми

На принциповій електричній схемі (2 аркуші в додатку Б) показані елементи, які забезпечують строго певну функцію і які не можна розділити на частини. Ця схема забезпечує виявлення за допомогою графічних зображень і маркування послідовності роботи електричних пристроїв і елементів для досягнення поставлених функціональних завдань. Схема складена відповідно до вимог державних стандартів (ДСТУ):

ДЕРЖСТАНДАРТ 2.701. Схеми ESCD. Види і види. Загальні вимоги до продуктивності

ДЕРЖСТАНДАРТ 2.702. Правила ЕСКД виконання електричних схем;
ДЕРЖСТАНДАРТ 2.709. ESCD Система маркування ланцюгів в електричних колах.

ДЕРЖСТАНДАРТ 2.710. Символи ESCD є умовними, буквено-цифровими, які включаються в електричні схеми.

Особливістю принципу дії електричної схеми керування та управління є те, що вона будується як суміщена схема управління, управління, сигналізації та підключення вхідних і вихідних сигналів до контролера.

Далі розглянемо принцип керування ЕД М1. Подібним чином проводиться управління ЕД М2-М5. При необхідності запуску електродвигуна в дистанційному режимі з увімкненим 1QF ключ 1SA повертається в положення 1, після чого натисканням кнопки «Пуск» (закривається) 1SB3 забезпечується подача напруги живлення (фаза 220 В - нейтральний провід) до котушки контактора 1KM, який замикає основні контакти. 1 км і двигун обертається. Додатковий контакт 1KM1 (замикання), який шунтує кнопку 1SB3, також замикається в момент подачі напруги на котушку, що забезпечує так званий «самозахват» електродвигуна і дозволяє оператору відпустити кнопку пуску. 1-3 секунди після натискання. Факт роботи електродвигуна перевіряється за наявності світлової сигналізації зміною глобального індикатора.

Таке рішення є захистом від виходу з ладу та повторної подачі напруги (захист від мінімальної напруги), оскільки виключає можливість живлення електродвигуна, який не керується оператором.

При необхідності зупинки електродвигуна натисніть кнопку «Стоп» (відкриття) 1SB2, розташовану на панелі оператора, або аналогічну кнопку 1SB1, розташовану по місту (біля електроприводу). При знеструмленні контактора 1KM його головні контакти розмикаються і двигун зупиняється.

При роботі в автоматичному режимі клавіша вибору 1SA переміщується в положення 3, при цьому при спрацьовуванні контакту 1К автомата (реле) котушка 1KM магнітного пускача підтримує живлення (220 В), внаслідок чого головні контакти стартера спрацьовують і двигун обертається. Зупинка двигуна відбувається при розмиканні контакту 1К, і при необхідності оператор має можливість самостійно зупинити його кнопкою «Стоп», як описано вище.

Для полегшення читання таких схем на них наведено схему роботи клавіші вибору режиму.

Для захисту від перевантаження електроприводів М1-М5 використовуються автоматичний вимикач QF і термореле КК.

У схемах (6-7) керування виконавчим механізмом аналогової дії на панелі встановлено мультиф. Розглянемо дію схеми 6. На кл. 1 датчик температури (6а) живиться проводом 909 +24 В від джерела живлення. Від датчика температури (6а) з уніфікованим перетворювачем сигналу струму (4-20мА) провід 6-21 подається на клему 1 БРУ-7 (6б), через яку від кл. 2 провід 6-22 подається на вхід АІ кл. 2 (SM 331) МПК. Кл. 3, як і всі термінали, до яких необхідно підключити

«-24» В, комбінований з «-» проводом живлення 902. Вихідний сигнал (4-20мА) (регулювання) від МПК (АО SM 332) кл. 3 провід 6-25 подається на БРУ-7 (6б) кл. 21, звідки в автоматичному режимі БРУ надходить сигнал з п.п. 20 подається проводом 6-24 на клапан VM (6в) кл. 3.

У ручному (дистанційному) режимі сигналізація завдань БРУ-7 (6б) кл. 9 провід 6-23 подається на його кл. 15, а з п.п. 14 провід 6-24 подається на VM клапана (4с) кл. 3.

Також схема забезпечує задній сигнал про стан положення клапана. Сигнал від кл. 5 VM вентиля (6в) подається на вхід АІ кл. 4 проводом 6-26.

4 (SM 331) МПК.

Для перетворення поточного керуючого сигналу в сигнали напруги, керовані Belimo VM, використовується високоточний резистор 6R (500 Ом), який зазвичай встановлюється на VM, це рішення дозволяє виключити можливість помилки, пов'язаної з довгою лінією. .

Живлення +24 В по проводу 907 подається на кл. 1 клапан VM (6в) і кл. 2 VM вентиля (6в) підключений до «-» проводом 902.

Контур 7 працює подібним чином.

Контур 8 показаний на схемі ПЕС (л.2). Контур 8 працює наступним чином. На датчик вакууму 1 класу (8а) живиться проводом 909 +24 В від джерела живлення. Від датчика тиску (8а) з уніфікованим перетворювачем

сигналу струму (4-20мА) провід 8-1 подається на вхід III кл. 12 (SM 331) МПК. Кл. 13 підключається до «-» проводу 902 живлення.

Також на схемах ПЕС (л.2) показані контури 10 і 11, які забезпечують регулювання граничного (нижнього) тиску пари і газу за рахунок використання реле тиску (10а, 11а), сигнал від яких надходить на вхід 7 і 8 DI універсального дискретного модуля D.I. /DO (SM 323).

Ця схема виконана сумісною зі схемою світлової сигналізації стану ЕД М1-М5 на пульті оператора за допомогою світлодіодів 1ВД-5ВД. Струм в колах 1-402-5-402 обмежений опором 1R-5R.

Крім того, на схемі показано організацію вихідних дискретних сигналів від універсального дискретного модуля DI/DO (SM 323), який забезпечує керування ЕД М1-М5. За допомогою цього модуля реалізуються схеми управління в автоматичному режимі через проміжні реле (1К-5К).

Ланцюг звукової передпускової сигналізації (дзвінок НА) містить ключ 12SA та проміжне реле 12К. Поворотом ключа в положення 1 оператор подає звуковий сигнал в дистанційному режимі, в положення 2 - вимикає, а в положення 3 ключ підключення включає автоматичний режим, який реалізується за допомогою реле 12К.

Схема 9 реалізована аналогічно - управління запалюванням і запірною арматурою ключами 9SA1, 9SA2 з реле 9К1 і 9К2. Положення клавіші 1 – автоматичний режим, 2 – закрито/вимкнено, 3 – відкрито/вимкнено. Окремо показана схема управління клапаном (двопозиційний) 9g. Також схема передбачає сигналізацію про наявність півмилі. Сигнал від фотодатчика (9а) подається проводами 9-11 і 9-12 на клеми 2 і 1 сигналізації (9б) відповідно. На 8 класі сигналізації (9б) провід 903 йде на «+», а від кл. Провід 9 9-401 йде на клему 9 DI універсального дискретного модуля DI/DO (SM 323).

За допомогою кнопок 13SB1, 13SB2, підключених проводами 13-1, 13-2 до клем 12, 13 DI універсального дискретного модуля DI/DO (SM 323), здійснюється дія алгоритмів автоматичного запуску та зупинки система ініціюється.

На схемі PES (1.1) також показано підключення MPC до ПК через перетворювач інтерфейсу (14) (MPI на USB).

Всі датчики та прилади панелі живляться від джерел, зазначених на схемах живлення.

Всі клеми «—» 24В на джерелах живлення, модулях IPC і пристроях об'єднані (провід 902).

У додатку міститься специфікація електричних пристроїв та інструментів, які використовуються в схемах принципової електричної схеми та самої схеми.

У додатку Б міститься перелік пристроїв (табл. Б), які використовуються в базовій електричній схемі, а самі схеми показані там же (рис. Б1, рис. Б2).

8.4 Розробка принципів схем електропостачання

Схема електричного принципу електропостачання розроблена з урахуванням необхідності безперебійного живлення найбільш відповідальних споживачів системи енергоавтоматики, зокрема контролера ІПК та ПК. Крім того, доцільно використовувати індивідуальну лінію заземлення для живлення ПК, МПК, через джерело безперебійного живлення. Це надзвичайно важлива група, адже від неї залежатиме надійна робота програмного забезпечення реалізованої на них системи контролю та управління. На схемі показано живлення приладів, перетворювачів, ПК і контролера. Впровадження виробництва електроенергії з d Освітлювальні лампи EL та розетки для електроінструменту (36В). В колах світильника, трансформатора ТВ1 (220/36В) встановлені перемикачі SA1, SA2, запобіжники з запобіжниками FU1, FU2, FU4.

Контролер SIMATIC S7-300, CPU313C-2DP живиться від блоку живлення PC 307 (220/24V) від джерела безперебійного живлення (UPS) G2. Живлення датчиків і віртуальних машин на місці забезпечує джерело живлення G1 («ARIES»), яке працює від джерела безперебійного живлення

(UPS) G2. Щитовий прилад типу БРУ-7 і сповіщувач полум'я ЛУЧ-1АМ живляться напругою 220 В від джерела безперебійного живлення (ДБЖ) G2. Силова лінія останнього захищена вимикачем SA3 і запобіжником з плавкою вставкою FU3.

Щоб запобігти з'єднанню індивідуальної лінії заземлення із заземленням корпусів електрообладнання, необхідно забезпечити ізоляцію корпусу джерела живлення Г1 і Г2.

Комп'ютер живиться від ДБЖ 220В. Всі ланцюги живлення (220В) захищені автоматичними вимикачами, встановленими в панелі оператора SF2-SF4, а ланцюги живлення (24В) пристроїв захищені автоматичними вимикачами SA4, SA5 і запобіжниками з запобіжниками FU6, FU7, FU8, крім того, запобіжники з запобіжниками FU5 використовуються для захисту G1 і позаплатових пристроїв.

У схемі передбачено принцип маркування проводів (згідно з рекомендаціями «ВНДПКІ» «Харчопромавтоматика»), який передбачає: проводи змінною напругою 220В, 36В маркувати цифрами 8XX, а проводи постійної напруги 24В. мають бути позначені цифрами 9XX.

У додатку Б наведено перелік приладів (таблиця Б), які використовуються в принциповій схемі електропостачання, там же наведена і сама схема.

(Рис. В).

8.5 Розробка документації панелі оператора

Загальний вигляд панелі контролю та управління наведено в додатку Д (2 аркуші). Для реалізації функцій дистанційного моніторингу та управління було обрано щит Schneider S3D 600x600x400 мм, IP66. На лицьовій панелі пульта встановлюються контрольна апаратура, сигналізація, органи управління. Принцип сигналізації («темна схема»), закладений у проєктований щит, обумовлений тим, що в штатному режимі

світлосигнальний якір не загоряється, а у випадках ненавантажених режимів (зупинка двигунів) сигнальний якір з світиться червоний світлофільтр.

Панель щита покрита плівкою (технологія "Оракул"), з написами, виконаними методом комп'ютерної поліграфії.

Панелі розрізаються для встановлення відповідних пристроїв. Призначення пристроїв (перемикачів, кнопок, елементів світлової сигналізації, вимикачів) відповідно до технічних умов на схеми автоматики, ПЕС та схеми електропостачання.

Кожен вид обладнання нумерується для складання переліку складових частин, який наведено в додатку. На листі зображені написи всередині щита.

Виконавчий план згідно з вимогами Європейського економічного та соціального комітету із зазначенням розмірів згідно з правилами зображення. На першому аркуші креслення, виконаного в масштабі 1:4, зображено вигляд передньої площини щита оператора. На другому аркуші креслення, виконаному в масштабі 1:5, показано вигляд внутрішньої площі щита: передньої, лівої, правої та задньої стінок. До креслень додаються примітки до виконання виробу.

Контролер SIMATIC S7-300 встановлюється на профільну шину (122 мм) на монтажну панель (задня стінка).

Варіант з розташуванням пристроїв на бічних стінках щита реалізований тому, що щит встановлюється в робочому місці оператора, де проводиться кондиціонування або вентиляція, і, відповідно, немає вимог до герметизації щита.

Схема монтажу пульта оператора, наведена в додатку Д (2 арк.), виконана адресним методом. Схема монтажу безмасштабна. На першому аркуші схеми показані внутрішні з'єднання пристроїв, розташованих на лівій, задній і правій бічних стінках. На другому аркуші схеми показані внутрішні з'єднання пристроїв, розташованих на передній панелі. Контролер (МПК) розташований на задній стінці (на монтажній панелі) всередині щитка. Його монтажна схема сумісна зі схемою щита. Поруч з контролером знаходиться

перетворювач інтерфейсу (MRI - USB), встановлений на DIN-рейку (закріплений монтажними кронштейнами), як і всі пристрої. Також в навчальних цілях схема підключення зовнішніх проводів також виконана сумісною зі схемою монтажу щитка.

Таке рішення, сумісне із зовнішньою схемою підключення, дозволяє більш наочно показати організацію апаратних зв'язків між датчиками, ВМ, магнітними пускачами двигунів, ПК і пультом оператора.

На цю схему переноситься нумерація кабелів за додатковою схемою зовнішніх проводів.

У Додатку D наведено перелік компонентів для щитка оператора (Таблиця D), а також там показані самі схеми (Рис. D1, Рис. D2, Рис. D3, Рис. D4).

Частини 1 підключення до пульта оператора та прокладка кабелю від пульта оператора до комп'ютера, розташованого на станції оператора. Кабелі маркуються серійними номерами (1, 2, 3, ...).

Прокладка вимірювальних ланцюгів 4..20 мА від датчиків і ланцюгів сигналізації 24В оповіщення контрольного середнього кабелю КВВГ перерізом 1,0 і 1,5 мм², а також з'єднувального проводу ПВСн перерізом 1 мм². Ланцюги живлення двигуна (380/220В) і кабель живлення пульта оператора прокладені негорючим кабелем КВВХнг перерізом 2,5 мм². Такий перетин дозволяє пропускати струм до 21А, що цілком достатньо для потужності двигуна. На схемі показані підключення пристроїв операторської станції (ОП), а також індивідуальна лінія заземлення. Для захисту кабелів при прокладанні через стелю і на висоті до 2,5 метрів передбачена водогазопровідна труба МП-20*2,5. Монтаж пристроїв і засобів автоматизації, прокладання проводів до них призначається з дотриманням вимог інструкцій з монтажу та експлуатації заводів-виробників, будівельних норм і правил.

У Додатку D перераховані монтажні матеріали та вироби (Таблиця D), які використовуються в схемі зовнішньої електропроводки, і сама схема наведена там же.

(Рис. D).

8.7 Охорона праці

Оскільки розробляється установка, метою якої є забезпечення систем випікання хліба, щоб можна було виявити небезпечні та шкідливі виробничі фактори, які можуть виникнути при використанні цього ідентифікатора. Наведемо їх гранично допустимі концентрації з посиланнями на нормативні акти, в яких вони встановлені, та зазначимо наслідки їх впливу. Наведемо дані в таблиці 8.2.

Таблиця 8.2 – Характеристика показаних небезпечних і шкідливих виробничих факторів

№ з/п	Найменування небезпечних та шкідливих виробничих факторів	Нормоване значення	Можливі наслідки від дії
1.	Підвищена або знижена температура повітря робочої зони	21-24 °C	Стан втоми, перегрів або переохолодження організму
2.	Підвищена або знижена рухливість повітря	0,2-0,4 м/с	Простудні захворювання, перегрів організму
3.	Підвищена або знижена вологість повітря	65-75%	Ревматичні, алергічні, захворювання

4.	Недостатня освітленість робочої зони	КПО -1,2%,Е – 200 лк.	Стан втоми, перенапруження зорових аналізаторів
5.	Підвищений рівень шуму на робочому місті	80 дБА	Захворювання органів слуху
6.	Підвищений рівень вібрації на робочому місці	0,028 м/с х 10 ⁻² /75дБ (загальна вібрація); 2 м/с х 10 ⁻² /112 дБ (локальна вібрація)	Захворювання нервової системи
7.	Статичні перевантаження	-	Стан втоми
8.	Прямий і відбитий відблиск монітора	-	Стан втоми, перенапруження зорових аналізаторів
9.	Знижена контрастність	-	Стан втоми, перенапруження зорових аналізаторів
10.	Підвищений рівень електромагнітного випромінювання	10 Вт/м ²	Біохімічні зміни в організмі

Таблиця 8.2 (продовження) – Характеристика потенційно небезпечних та шкідливих виробничих факторів

№ з/п	Найменування небезпечних та шкідливих виробничих факторів	Нормоване значення	Можливі наслідки від дії
11.	Підвищений рівень іонізації повітря	n+: 1500- 3000 одиниць/ см ³ ; n-: 3000-5000 одиниць/ см ³	Захворювання верхніх дихальних шляхів, алергічні захворювання
12.	Канцерогенні, токсичні, мутагенні речовини (озон, оксид азоту, оксид вуглецю, толуол, ксилол, бензол, ізооктан тощо.)	Озон - 0,1 мг/м ³ ; оксид азоту – 5 мг/м ³ ; бензол – 15/5 мг/м ³ ; ксилол – 50 мг/м ³ ; толуол – 50 мг/м ³ ; оксид вуглецю – 20 мг/м ³ .	Біохімічні зміни в організмі
13.	Мікроорганізми	-	Захворювання верхніх дихальних шляхів, алергічні захворювання
14.	Локальні перенавантаження м'язів кистей рук	-	Тунельний синдром

15.	Монотонність праці	-	Стан втоми, головний біль
-----	-----------------------	---	------------------------------

Визначимося з категоріями приміщень. Об'єкт автоматизації – тунельна піч та адміністративна будівля, в якій вона розташована.

Автоматизоване робоче місце (АРМ) оператора розташоване в окремому місці.

Будівля, в якій знаходиться операторська, з пожежної та грозової безпеки відноситься виключно до приміщень категорії В. За класом пожежі індивідуальна до А і Е. За небезпекою ураження електричним струмом особливо класифікується, як приміщення без підвищеної небезпеки.

Оператор АПМ забезпечує роботу з комп'ютерною станцією, за допомогою якої оператор спостерігає за роботою установки, а також має можливість контролювати установку в ручному режимі. Всі пристрої установки мають свої умовні позначення і мають можливість змінювати колір при зміні стану пристроїв. У разі аварії або засмічення установки, інженер має можливість побачити місце аварії та усунути помилку.

Оскільки автоматизоване робоче місце розташоване в умовах, то забезпечується відповідність усіх елементів робочого місця:

- площа робочого місця 10,0 м², а об'єм 25,0 м³; Стандарт: площа - 6,0 м², об'єм - 20,0 м³.
- інженер повинен сидіти за стандартним столом на м'якому стільці;
- LCD монітор відображає всю необхідну інформацію;
- трудові операції забезпечуються на робочому місці;
- на робочому місці добре освітлено, вікно з правого боку, на столі стоїть лампа.

Визначимо категорію роботи за ступенем складності. Оператор АРМ виконує роботу в положенні сидячи, що передбачає постійне спостереження (таблиця 8.3).

Таблиця 8.3 - Виробничі приміщення, період року, категорія виконуваних робіт, температура, відносна вологість, швидкість повітря

п.п	Найменування виробничого приміщення	Період року	Категорія роботи, що виконується	Температура	Відносна вологість, %	Швидкість руху повітря, м/с
	Операторський пункт	Теплий	Легка 1а	2 3-25	40-60	0,1
	Операторський пункт	Холодний	Легка 1а	2 3-25	40-60	0,1

Зорова робота, яку виконує оператор на комп'ютері, відповідає наступним оцінкам: В-2 (робота з дисплеєм), А-2 (робота з документами). Оператор досягає надання стандартизованих знань КПО та навчання на АТМ за рахунок:

- бічне одностороннє розташування вікон;
- фарбування стелі та стін приміщення у світлі кольори;
- планове очищення скляних віконних прорізів;
- використання комбінованої системи освітлення.

Характеристика та нормовані показники виробничої освіти наведені в таблиці 8.4.

Таблиця 8.4 – Характеристика та стандартизовані показники виробничої освіти

	Виробнич е приміщення	Вид освітлення	Найменший розмір об'єкта	Розряд та підрозряд зорової роботи	К ПО, %	
	Оператор ський пункт	Бічне, одностороннє	0,30-0,5	Б-2	1 00	4

Для забезпечення нормального використання засобів автоматизації на кожному технологічному об'єкті повинні бути затверджені інструкції з експлуатації та виконавчі схеми електричних і трубних з'єднань обладнання. Перелік інструкцій і схема затверджується головним інженером підприємства.

Забороняється пуск і експлуатація технологічного та енергетичного обладнання з несправними та відключеними КВПіА, системою технологічного захисту та пристроями, необхідними для роботи обладнання в режимі ручного керування. У процесі пуску та зупинки установки в режимі ручного керування необхідно стежити за проходженням відповідних операцій за показаннями контрольно-вимірювальних приладів. У разі порушення встановленого положення, тривалості операцій і відхилення параметрів від заданих обладнання слід зупинити і повернути у вихідний стан.

Пристрої реле і захисту, пристрої технологічної автоматики, а також пристрої, що використовуються для керування роботою обладнання, повинні бути опломбовані. При необхідності проведення будь-яких робіт на щитах, щитах і схемах захисту та електроавтоматики умов встановленого основного устаткування слід вжити заходів для запобігання помилковим діям внаслідок помилок персоналу. Виконання цих робіт без виконавчих схем (по пам'яті), а також без зазначених обсягів і комп'ютерних операцій забороняється. Після

виконання робіт у вторинних ланцюгах слід перевірити справність цих ланцюгів і правильність їх підключення шляхом випробування пристрою (ланцюга) у дії або опосередковано.

Безпека обслуговуючого персоналу та третіх осіб має бути забезпечена належною ізоляцією, дотриманням відповідних відстаней до струмоведучих частин або їх закриттям, захистом від використання блокувальних пристроїв, заземленням або зануленням корпусів електроустановок та елементів електроустановок, які можуть перебувати під напругою. через пошкодження ізоляції.

Монтажні та ремонтні роботи в електричних мережах і пристроях або поблизу них, а також роботи з приєднання і відключення проводів слід проводити тільки при знятій напрузі.

Пристрої автоматизації з джерелами живлення, які знаходяться під напругою або до яких у будь-який час може бути подана напруга, вважаються активними електроустановками та підпадають під більш широкі правила технічної безпеки. Слюсарно-монтажний інструмент з ізолюючими ручками, викрутки, плоскогубці, плоскогубці і т. д. Широко використовується при роботі без зняття напруги в електроустановках напругою $\sim 220\text{В}$ / $\sim 380\text{В}$. Як додаткові засоби захисту використовують діелектричні рукавички, діелектричні калоші та діелектричні килими.

Очищення і змащування рухомих частин, ремонт і заміна окремих частин під час руху, без зупинки машин і механізмів, забороняється.

Усі датчики повинні бути в хорошому робочому стані, мати чітку маркування з датою перевірки та опломбовані. Забороняється проводити ремонтні роботи на апаратах і комунікаціях, які знаходяться під тиском, під час роботи і холостого ходу, заповнені робочими газами, парою, рідинами тощо.

Перед ремонтом обладнання, механізмів, пов'язаних з електродвигунами, необхідно розробити електричну схему і підняти

переджувальний плакат "Не вмикати, працюють люди!" повинні бути складені.

Перед ремонтом необхідно переконатися в наявності заглушок на вході і виході газу або рідини з обладнанням і комунікаціями. Заглушки встановлюються хвостиками, щоб їх було видно. Запобіжники в пристроях автоматики знімати тільки при вимкненій напрузі. Кожен працівник повинен пам'ятати, що електричний струм небезпечний для життя: сила струму 0,1 А смертельна для людини.

Захисному заземленню підлягають неструмопровідні металеві частини електрообладнання, які через несправність можуть опинитися під напругою і до них можуть торкатися люди. При цьому в приміщеннях підвищеної небезпеки і особливо небезпечних, а також у зовнішніх пристроях заземлення повинно виконуватися на номінальну напругу вище 36 В змінного струму і 110 В постійного струму. При напрузі змінного і постійного струму 500 В і вище заземлення обов'язкове у всіх випадках, а у вибухонебезпечних приміщеннях захисне заземлення здійснюється при будь-яких напругах змінного і постійного струму.

Як правило, до стандартних правил пожежної безпеки організація пожежної безпеки покладається на керівників об'єктів, які зобов'язані:

- організувати вивчення та виконання типових правил усіма працівниками підприємства на підвідомчих об'єктах;
- організовувати виконання протипожежних інструкцій та поняття пожежно-технічного мінімуму;
- встановити в усіх приміщеннях підприємства суворий протипожежний режим і контролювати його дотримання;
- перевірено стан пожежної безпеки об'єкта, наявність та справність технічних засобів гасіння пожежі.

Пожежна безпека окремих підрозділів підприємства (цехів, л за встановленим протипожежним режимом;

- стежити за справністю виробничого обладнання та негайно вживати заходів щодо усунення несправностей, що призводять до пожежі;
- забезпечити після закінчення роботи видалення згорілих відходів, відключення електроприймачів;
- забезпечити постійну готовність до дії засобів пожежогасіння, зв'язку та сигналізації.

Всі робітники і службовці промислових підприємств проходять спеціальну протипожежну підготовку, яка складається з протипожежних інструктажів (первинного і повторного) і приймається з пожежно-технічного мінімуму, який проводиться за спеціальною програмою.

Для кожного цеху, майстерні та інших об'єктів повинні бути розроблені протипожежні інструкції, погоджені з пожежною охороною підприємства або з місцевими органами державної пожежної охорони. У цих інструкціях оформляються місця та порядок технічного обслуговування засобів пожежогасіння, пожежної сигналізації та зв'язку; обов'язки працівників у разі виникнення пожежі, правила виклику пожежної охорони, зупинки та відключення обладнання.

У приміщеннях і на території підприємства, як правило, дозволяється палити тільки в спеціально відведених для цього місцях. Забороняється використовувати відкритий вогонь (паяльні лампи, факели тощо) для нагрівання трубопроводів із замерзлими або затверділими рідинами. Забороняється захаращувати підходи до технологічного обладнання, засобів зв'язку та пожежогасіння, а також проходи і виходи з приміщень.

На кожному об'єкті повинні бути схеми протипожежного водопостачання із зазначенням місць розташування пожежних гідрантів і кранів, місця їх розташування повинні бути позначені спеціальними значками і написами «ПК» і «ПГ».

На підприємствах встановлюються електропожежні сигналізатори, які служать для швидкого сповіщення пожежної охорони про те, що в будь-якому місці або будівлі підприємства виникла пожежа. Особливо небезпечні

виробництва повинні бути обладнані засобами автоматичного пожежогасіння: пінним, водним, порошковим.

8.8 Висновки за розділами

В ході реалізації розділу була розроблена версія фрагмента комплекту технічної документації САК на базі контролера фірми Siemens SIMATIC S7-300.

Розроблений фрагмент комплекту включає основні документи технічного забезпечення системи автоматизації процесу випікання хліба. В результаті були набуті навички розробки технічної документації на системи автоматизації з використанням ІПК, ПК та сучасних засобів автоматизації.

Також в рамках даного розділу роботи опрацьовуються основні питання, пов'язані з охороною праці при використанні АСУ.

РОЗДІЛ 9 ПОПЕРЕДНЄ ОБГРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ДОЦІЛЬНОСТІ РЕАЛІЗАЦІЇ РОБОТИ

9.1 Розрахунок інвестиційних витрат на модернізацію системи автоматизації процесу випічки хліба

1. Підрахуємо оптову вартість вибраних нами засобів автоматизації, на основі цін заявлених виробником, на момент розрахування.

Таблиця 9.1 – Таблиця вартості засобів автоматизації

Засоби автоматизації				
Назва	Тип, марка	іл ьк іс ть	Ціна без ПДВ, грн	
			За одиницю, грн	Сума , грн
Датчик температури	Omnigrad TR88	S	4 160	4 160
Датчик температури	Thermalert TX		7 120	7 120
Датчик тиску	HMP 331		3 650	3 650
Реле тиску	RT Danfoss		3 120	6 240
Двоходовий клапан	Belimo H679N		23 669	71 007
Повітряна заслінка	Belimo D6300W		25 450	25 450
Електроприві д до ВМ	Belimo SVC24A- SZTPC (35c)		14 000	28 000

Електропривід до ВМ	Belimo SV24A-TPC		12 000	12 000
Блок ручного керування	БРУ-7		3 920	7 840
Контролер програмований SIMATIC S7-300	CPU313C-2DP, 6ES73136CG04-0AB0		38 140	38 140
Модуль аналогового вводу	SM 331, 6ES7 331-7HF01-0AB0		25 479	25 479

Таблиця 9.1 (продовження) – Таблиця вартості засобів автоматизації

Засоби автоматизації				
Назва	Тип, марка	Кількість	Ціна без ПДВ, грн	
			За одиницю, грн	Сума, грн
Модуль аналогового виводу	SM 332, 6ES7 332-5HD01-0AB0	1	24 436	24 436
Модуль дискретного вводу/виводу	SM 323, 6ES7323-1BL000AA0	1	13 896	13 896
Блок живлення до контролеру	PS 307, 6ES73071EA01-0AA0	1	4 686	4 686

SIMATIC S7-300				
PC Adapter USB A2 (USB to MCI)	PC Adapter, 6GK15710B A00-0AA0	1	10 648	10 648
Контактор	Schneider LC1K0901M 7	5	415	2 075
Автоматичн ий вимикач	Schneider GV2ME143	5	1 192	5 960
Реле перенавантаження	Schneider LR3D146	5	1 350	6 750
Кнопка, червоний штовхач	Schneider XB7NA42	11	75	825
Кнопка, зелений штовхач	Schneider XB7NA31	6	75	450
Джерело безперебійного живлення	Luxeon UPS1000LE	1	4 400	4 400
Перемикач на 3 положення	Schneider XB7ND33	8	115	920
Світлосигна льна арматура	Schneider XB7EV04BP	5	67	335
Сирена	Schneider XVS10BMW	1	3 000	3 000
Реле проміжне	Weidmuller PS 35836971	8	232	1 856
Щит	Schneider	1	4 150	4 150

	NSYS3D664			
	OP			

Таблиця 9.1 (закінчення) – Таблиця вартості засобів автоматизації

Засоби автоматизації				
Назва	Тип, марка	Кі лькість	Ціна без ПДВ, грн	
			За одиницю, грн	Сума, грн
Патрон карболітовий E27 настінний косий	ФПП-03	1	16	16
Трансфор матор на DIN- рейку	EI-19293	1	400	400
Вимикач кнопковий на DINрейку	SVN413 Hager	5	288	1 440
Розетка на DINрейку	Hager SN016	2	160	320
Розетка	Legrand Quteo 2K+3	2	96	192
Автоматич ний вимикач	Schneider iC60N	4	140	560

К	Запобіжники з плавкою вставкою, ВП	8	5	40
Клемна колодка	Клемна колодка на 50 клем, conta-connect SRK 2,5/2A	2	345	690
Блок живлення	«ОВЕН» БП60БД4-24	1	1 200	1 200
Персональний комп'ютер	Dell 9020-4507	1	20 000	20 000
Вартість:				338 331

Таблиця 9.2 – Таблиця вартості монтажних матеріалів та кабельної продукції

Кабельна продукція			
Тип кабелю	Довжина, м	Ціна без ПДВ, грн	
		Ціна 1м, грн	Сума, грн
Кабель КВВГнг5х2,5	175	22,4	3 920
Кабель КВВГ5х1,5	100	20,8	2 080
Кабель КВВГ4х2,5	20	17,2	344
Кабель КВВГ4х1	80	12,5	1 000
Дрот з'єднувальний ПВСн2*1+1*1	7	8,8	61,6
Дрот з'єднувальний ПВСн2*1	125	5,6	700
Дрот монтажний ПВ3*0,5	80	1,6	128

Гофрована труба DISPIPE 15GF	540	72	38 880
Короб монтажний 30 мм, пластик	9	9,6	86,4
DIN-рейка 35мм	3	20	60
Профільна шина 122мм (480 мм)	0,48	928	928
Вартість:			48 188

Вартість всього технічного рішення ($C_{\text{ОПТ}}$):

$$C_{\text{ОПТ}} = 338\,331 + 48\,188 = 386\,519 \text{ грн.} \quad (9.1)$$

2. Визначаємо первинні капітальні інвестиції ($IC_{\text{ПЕР}}$), необхідні для впровадження засобів автоматизації за формулою:

$$IC_{\text{ПЕР}} = [(C_{\text{ПР}} + C_{\text{ПР}} \cdot C_{\text{М}} + C_{\text{ПР}} \cdot C_{\text{Т}}/100 + C_{\text{ПР}} \cdot C_{\text{ТР}}/100) + (C_{\text{ПР}} + C_{\text{ПР}} \cdot C_{\text{Т}}/100 + C_{\text{ПР}} \cdot C_{\text{ТР}}/100) \cdot C_{\text{ЗС}}/100] \quad (9.2)$$

де: $C_{\text{ПР}}$ – продажна вартість засобів автоматизації, яка визначається за формулою:

$$C_{\text{ПР}} = C_{\text{ОПТ}} + C_{\text{ОПТ}} \cdot \text{ПДВ} = C_{\text{ОПТ}} (1 + \text{ПДВ}) = C_{\text{ОПТ}} (1 + 0,2) = C_{\text{ОПТ}} 1,2. \quad (9.3)$$

де: $C_{\text{ОПТ}}$ – оптова ціна засобів автоматизації;

ПДВ – податок на додану вартість (20%).

$$C_{\text{ПР}} = 386\,519 \cdot (1 + 0,2) = 386\,519 \cdot 1,2 = 463\,822,8 \text{ грн.}$$

$C_{\text{М}}$ – коефіцієнт відрахування на монтажні роботи ($C_{\text{М}} = 0,1$); $C_{\text{Т}}$ – коефіцієнт відрахування на тару і упаковку ($C_{\text{Т}} = 0,25\%$);

$C_{\text{ТР}}$ – коефіцієнт відрахування на транспортні витрати ($C_{\text{ТР}} = 5\%$);

$C_{\text{ЗС}}$ – коефіцієнт відрахування на заготовчо-складські витрати ($C_{\text{ЗС}} = 1,2\%$).

Сумарні капітальні інвестиції, які підприємство повинне буде вкласти для впровадження засобів автоматизації, дорівнює сумі витрат на придбання,

монтаж і налагодження засобів автоматизації. Знайдемо суму первинних інвестицій для альтернативних варіантів реалізації системи регулювання:

$$IC_{\text{ПЕР}} = 463\,822,8 \cdot [(1+0,1+0,0025+0,05) + (1+0,0025+0,05) \cdot 0,012] = = 463\,822,8 \cdot 1,165 = 540\,353,56 \text{ грн.}$$

9.2 Річна економія за рахунок модернізації системи автоматизації процесу випічки хліба

Технічні характеристики процесу випічки хліба до модернізації зведено в таблицю 9.3, а після модернізації – в таблицю 9.4.

Таблиця 9.3 – Технічні характеристики системи автоматизації процесу випічки хліба до модернізації

Параметри	Позначення	Значення	Одиниця Виміру
Витрати газу на 1т продукції	НВ _{Г1}	0,5	т/т
Норма витрати енергії пари на 1т продукції	НВ _{П1}	0,15	Гкал/т
Середньодобова продуктивність печі	П	30	т/доба
Час роботи печі в році (сезон)	ЧР	300	діб/рік
Вартість газу за 1 т	Ц _Г	500	грн/т
Вартість пару за 1 Гкал	Ц _П	1 319	грн/Гкал

Таблиця 9.4 – Технічні характеристики системи автоматизації процесу одержання спирту-сирця з бражки після модернізації

Параметри	Позначення	Значення	Одиниця Виміру
Витрати газу на 1т продукції	НВ _{Г2}	0,4	т/т
Норма витрати енергії пари на 1т продукції	НВ _{П2}	0,135	Гкал/т
Середньодобова продуктивність печі	П	30	т/доба
Час роботи печі в році (сезон)	ЧР	300	діб/рік
Вартість газу за 1 т	Ц _Г	500	грн/т
Вартість пару за 1 Гкал	Ц _П	1 319	грн/Гкал

1. Визначимо обсяг виробленої продукції у печі за рік роботи (ОВ_Р), за формулою:

$$ОВ_R = ЧР \cdot П. \quad (9.4)$$

де: ЧР – час роботи системи автоматизації;

П – продуктивність системи автоматизації.

$$ОВ_R = 300 \cdot 30 = 9\,000 \text{ т/рік.}$$

2. Визначимо витрати на газ до модернізації системи автоматизації за рік

($З_{Г1}$), за формулою:

$$З_{Г1} = ОВ_p \cdot НВ_{Г1} \cdot Ц_{Г}. \quad (9.5)$$

де: $ОВ_p$ – обсяг виробленої продукції за рік роботи;

$НВ_{Г1}$ – норма витрати газу до модернізації;

$Ц_{Г}$ – вартість газу.

$$З_{Г1} = 9\,000 \cdot 0,5 \cdot 500 = 2\,250\,000 \text{ грн.}$$

3. Визначимо витрати на газ після модернізації системи автоматизації за рік ($З_{Г2}$), за формулою:

$$З_{Г2} = ОВ_p \cdot НВ_{Г2} \cdot Ц_{Г}. \quad (9.6)$$

де: $ОВ_p$ – обсяг виробленої продукції за рік роботи;

$НВ_{Г2}$ – норма витрати газу після модернізації;

$Ц_{Г}$ – вартість газу.

$$З_{Г2} = 9\,000 \cdot 0,4 \cdot 500 = 1\,800\,000 \text{ грн.}$$

4. Визначимо витрати на пар до модернізації системи автоматизації рік ($З_{П1}$), за формулою:

$$З_{П1} = ОВ_p \cdot НВ_{П1} \cdot Ц_{П}. \quad (9.7)$$

де: $ОВ_p$ – обсяг виробленої продукції за рік роботи;

$НВ_{П1}$ – норма витрати пари до модернізації;

$Ц_{П}$ – вартість пари.

$$З_{П1} = 9\,000 \cdot 0,15 \cdot 1\,319 = 1\,780\,650 \text{ грн.}$$

5. Визначимо витрати на пар після модернізації системи автоматизації за

рік ($З_{П2}$), за формулою:

$$З_{П2} = ОВ_p \cdot НВ_{П2} \cdot Ц_{П}. \quad (9.8)$$

де: $ОВ_p$ – обсяг виробленої продукції за рік роботи;

$НВ_{П2}$ – норма витрати пари після модернізації;

$Ц_{П}$ – вартість пари.

$$З_{П2} = 9\,000 \cdot 0,135 \cdot 1\,319 = 1\,602\,585 \text{ грн.}$$

4. Визначимо зменшення витрат на газ після модернізації системи автоматизації за рік ($\Delta З_{Г}$), за формулою:

$$\Delta Z_{\Gamma} = Z_{\Gamma 2} - Z_{\Gamma 1}. \quad (9.9)$$

де: $Z_{\Gamma 2}$ – витрати на газ після модернізації системи автоматизації за рік;

$Z_{\Gamma 1}$ – витрати на газ до модернізації системи автоматизації за рік. $\Delta Z_{\Gamma} = 1\,800\,000 - 2\,250\,000 = -450\,000$ грн.

4. Визначимо зменшення витрат на пар після модернізації системи автоматизації за рік (ΔZ_{Π}), за формулою:

$$\Delta Z_{\Pi} = Z_{\Pi 2} - Z_{\Pi 1}. \quad (9.10)$$

де: $Z_{\Pi 2}$ – витрати на пар після модернізації системи автоматизації за рік;

$Z_{\Pi 1}$ – витрати на пар до модернізації системи автоматизації за рік.

$$\Delta Z_{\Pi} = 1\,602\,585 - 1\,780\,650 = -178\,065 \text{ грн.}$$

9.3 Приріст чистого прибутку та чистого грошового потоку за рік після модернізації системи автоматизації процесу випічки хліба

1. Встановимо зміну амортизаційних відрахувань (ΔZ_A):

$$\Delta Z_A = IC_{\text{ПЕР}} \cdot N_A. \quad (9.11)$$

де: $IC_{\text{ПЕР}}$ – первинні капітальні інвестиції;

N_A – норматив амортизаційних відрахувань.

Засоби автоматизації відносяться до 4 групи основних фондів підприємства, для яких норматив амортизаційних обчислень дорівнює 15% в квартал, та річний норматив дорівнює 50%.

$$\Delta Z_A = 540\,353,56 \cdot 0,5 = 270\,176,78 \text{ грн.}$$

2. Визначимо зміну повної собівартості за рахунок модернізації системи автоматизації (ΔC_{Π}):

$$\Delta C_{\Pi} = \Delta Z_A + \Delta Z_{\Gamma} + \Delta Z_{\Pi}. \quad (9.12)$$

де: ΔZ_A – зміна амортизаційних відрахувань;

ΔZ_{Γ} – зменшення витрат на газ після модернізації системи автоматизації за рік;

ΔZ_{Π} – зменшення витрат на пар після модернізації системи автоматизації за рік.

$$\Delta C_{\Pi} = 270\,176,78 + (-450\,000) + (-178\,065) = -357\,888,22 \text{ грн.}$$

3. Визначимо приріст прибутку ($\Delta\P$):

$$\Delta\P = -\Delta C_{\Pi}. \quad (9.13)$$

де: ΔC_{Π} – зміна повної собівартості продукції. $\Delta\P = -(-357\,888,22) = 357\,888,22$ грн.

4. Встановимо приріст чистого прибутку ($\Delta\text{ЧП}$):

$$\Delta\text{ЧП} = (\Delta\P - \Delta Z_A) \cdot (1 - H_{\Pi}). \quad (9.14)$$

де: $\Delta\P$ – приріст прибутку;

ΔZ_A – зміна амортизаційних відрахувань;

H_{Π} – податок на прибуток (18%).

$\Delta\text{ЧП} = (357\,888,22 - 270\,176,78) \cdot (1 - 0,18) = 87\,711,44 \cdot 0,82 = 71\,923,38$ грн.

5. Розрахуємо чистий грошовий потік за формулою (ЧГП):

$$\text{ЧГП} = \Delta\text{ЧП} + \Delta Z_A. \quad (9.15)$$

де: $\Delta\text{ЧП}$ – приріст чистого прибутку;

ΔZ_A – зміна амортизаційних відрахувань.

$\text{ЧГП} = 71\,923,38 + 270\,176,78 = 342\,100,16$ грн.

9.4 Висновки за розділом

Виходячи з вищезазначених розрахунків, проект є інвестиційно привабливим, адже приріст чистого прибутку та чистий грошовий потік більше нуля та дорівнюють, відповідно, 71 923,38 грн. та 342 100,16 грн.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Було зроблено опис та аналіз технологічного процесу випічки хліба та необхідного обладнання. Була проведена ідентифікація тунельної циклотермічної печі як об'єкта керування. Були ідентифіковані канали керування та перехресні канали, в результаті чого було з'ясовано, що каналами «уг - Озон.звол», «уп - Опов.заг», «уг - Опов.заг» об'єкт має статичні властивості і найбільш точно може бути описаний моделями другого порядку. Підвищення динамічної точності САР доцільно проводити шляхом забезпечення автономності каналів регулювання. Алгоритми керування, а також характеристики, отримані при моделюванні роботи САК, достатньо точно співпадають з реальними технологічними процесами. Була розроблена технічна структура мікропроцесорного ядра системи керування та програмне забезпечення системи автоматичного керування процесом випікання хліба у печі TNP на базі контролера Fastwel I/O і середовища CodeSys. було розроблено варіант фрагменту комплексу технічної документації САК на базі контролера фірми Siemens SIMATIC S7-300.

Був розроблений фрагмент комплексу, який включає основні документи технічного забезпечення системи автоматизації керування процесу випічки хліба. В результаті виконання отримані навички з розробки технічної документації на системи автоматизації з використанням МПК, ПК та сучасних пристроїв автоматизації.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Хобин В.А. – Методические указания к выполнению курсовой работы по дисциплине «Идентификация и моделирование технологических объектов» – Одесса: ГАПТ, 2000. – 16 с.
2. Хобин В.А. – Конспект курса лекций по Идентификации и моделированию технологических объектов - Одесса 1999. – 78 с.
3. Хобин В.А. – Методические указания к выполнению курсовой работы по дисциплине «Теория автоматического управления» – Одесса: ОГАПТ, 2000. – 16 с.
4. Хобин В.А. – Конспект курса лекций по курсу «Теория автоматического управления. Часть 1. - Одесса 20013. – 110 с.
5. Хобин В.А. – Конспект курса лекций по курсу «Теория автоматического управления. Часть 2. - Одесса 20012. – 59 с.
6. <http://belimo.com.ua/products/> – офіційний сайт компанії Belimo-Україна.
7. Методические указания к выполнению курсовой работы по курсу «Микропроцессорные и программные средства автоматизации» для бакалавров 6.050202 дневной и заочной формы обучения / Составители: В.М.Левинский, А.И.Павлов, М.Т.Степанов. – Одесса: ОНАПТ, 2011, – 13 с.
8. Методичні зазначення до виконання курсового проекту з курсу „Проектування систем автоматизації” для студентів фаху 7.092501 денної ти заочної форм навчання/Склали Скаковський Ю.М., Старичків В.І.– Одеса: ОНАХТ, 2003р. –35с.
9. Конспект лекцій з курсу “Основи проектування систем автоматизації” для бакалаврів 6.050202 всіх форм навчання/ Укладач Ю. М. Скаковський. – Одеса: ОНАХТ, 2010. – 82 с.
10. ДСТУ Б А.2.4-16:2008 Системи проектної документації для будівництва. Автоматизація технологічних процесів. Зображення умовні приладів і засобів автоматизації в схемах.

**ДОДАТОК А Документація до схеми автоматизації Таблиця А –
Попередній перелік обладнання до схеми автоматизації**

Поз. познач.	Найменування	К- ть	Прим.
	<u>Прилади за місцем</u>		
6а	Датчик температури Omnigrad S TR88 термоперетворювач опору (Pt100), вих. 4-20 мА. живл. 24В, потуж. 0,7 Вт, ступінь захисту IP 65, діапазон: 0-150 °С, кл. т. А, вибухозахист Ex ia	1	
8а	Датчик розрідження НМР 331, вих. 4-20 мА, живл. 24В, потуж. 1 Вт, ступінь захисту IP 65, діапазон: -45-0 Па, основна похибка 0,1% ДВ, вибухозахист Ex ia	1	
9а	Фотодатчик ФД-02, ступінь захисту IP 54, робочий діапазон, інфрачервоний спектр λ , <1500 нм	1	
10а, 11а	Реле тиску типу RT Danfoss, діапазон: 0-1 кПа, ступінь захисту IP 66	2	
7а	Інфрачервоний датчик температури Thermalert TX, вих. 4-20 мА. живл. 24В, потуж. 1,2 Вт, ступінь захисту IP 65, діапазон: 0-120 °С, основна похибка 1% ДВ, вибухозахист Ex ib	1	
9г	Клапан Belimo H679N з ВМ Belimo SV24A-TPC, жив. 24В, потуж. 10 Вт	1	
6в, 6г	Клапан Belimo H679N / повітряна заслінка D6300W з ВМ Belimo SVC24A-SZ-TPC (35с), вх. сигнал 0-10 В, жив. 24В, потуж. 10 Вт	1	

7в	Клапан Belimo H679N з ВМ Belimo SVC24A-SZ-TPC (35с), вх. сигнал 0-10 В, жив. 24В, потуж. 10 Вт	1	
	<u>Прилади на щиті управління</u>		
6б, 7б	Блок ручного керування БРУ-7, жив. 220 В, 8Вт, вх. сигн. 4-20 мА, з КБЗ -24-19	2	
14	PC USB-адаптер A2 (USB V2.0) для підключення PG / PC або ноутбук SIMATIC S7 до PROFIBUS або MPI В комплекті (USB-кабель 5М)	1	з каб. 5м
МПК	Контролер програмований SIMATIC S7-300, CPU313C-2DP, 6ES7313-6CG04-0AB0	1	
	Модуль аналогового вводу SM 331, 6ES7 331-7HF010AB0	1	8AI
	Модуль аналогового виводу SM 332, 6ES7 3325HD01-0AB0	1	4АО
	Модуль дискретного вводу-виводу SM 323, 6ES73231BL00-0AA0	1	16DI/16DO

Таблиця А (закінчення) – Попередній перелік обладнання до схеми автоматизації

Поз. познач.	Найменування	К-ть	Прим.
	<u>Технічні засоби в операторському пункті</u>		
ПК	Персональний комп'ютер в комплекті Dell 9020-4507, з кабелем Ethernet 20м у комплекті	1	з каб. 20м

ДОДАТОК Б Документація до принципової електричної схеми контролю та керування

Таблиця Б – Попередній перелік обладнання до принципової
електричної схеми контролю та керування

Поз. познач.	Найменування	К- ть	Прим.
	<u>Прилади за місцем</u>		
1KM- 5KM	Контактор Schneider TESYS K 3P, 9A, H3, 220В гвинтовий затиск, LC1K0901M7	5	
HA	Schneider Сирена ~12/24В, 2 ТОН. 106 дБ, XVS10BMW	1	
1SB1- 5SB1	Кнопка Schneider XB7NA42, червоний штовхач, (Стоп)	5	
	<u>Прилади в силовому щиті</u>		
1QF-5QF	АВТ.ВИМ. Schneider GV2 3 КОМБ.РОЗЧ. 6-10А ПРУЖИННИЙ ЗАЖИМ, GV2ME143	5	
1KK-5KK	РЕЛЕ ПЕРЕВАНТАЖЕННЯ Schneider 7-10А, LR3D146	5	
1FU-5FU	Запобіжник з плавкою вставкою CH 5x20 F 3,15А 250В ETI	5	
	<u>Прилади на щиті управління</u>		
1SB35SB3, 13SB1	Кнопка Schneider XB7NA31, зелений штовхач, (Пуск)	6	
1SB25SB2, 13SB2	Кнопка Schneider XB7NA42, червоний штовхач, (Стоп)	6	
1SA- 5SA, 9SA1,9S A2, 12SA	Перемикач Schneider XB7ND33 на 3 положення	8	
1VD- 5VD	Світлосигнальна арматура в зборі Schneider XB7EV04BP, 24В, світлодіод червоний	5	
1R-5R	з опорами 1,2 кОм у комплекті	5	

1K-5K, 9K1,9K2, 12K	Реле проміжне, Weidmuller PS 35836971, 24В, (одногрупне)	8	
---------------------------	--	---	--

ДОДАТОК В Документація до принципової електричної схеми живлення

Таблиця В – Попередній перелік обладнання до принципової
електричної схеми живлення

Поз. познач.	Найменування	К- ть	Прим.
SF1, SF4	Автоматичний вимикач Schneider iC60N 1P 6A C	2	
SF2	Те ж, 1А	1	
SF3	Те ж, 0,5А	1	
EL	Патрон карболітовий E27 настінний косий ФПП-03	1	
TV1	Трансформатор на DIN-рейку EI-19293 220/36, 400ВА	1	
XS1	Розетка на DIN-рейку Hager SN016, 16А	2	
XS2, XS3	Розетка Legrand Quteo 2К+3, 16А	2	
G1	Блок живлення стаб., «ОВЕН» БП60Б- Д4-24, 24В, 60Вт	1	
G2	Джерело безперебійного живлення Luxeon UPS1000LE	1	
FU4	Запобіжник з плавкою вставкою СН 5х20 F 12А 250В ETI	1	
FU2	Те ж, 2А	1	
FU8	Те ж, 1А	1	
FU3, FU5, FU6, FU7	Те ж, 0,5А	4	
FU1	Те ж, 0,16А	1	
SA1, SA2, SA3, SA4, SA5	Вимикач кноповий з зеленим індикатором на DINрейку, SVN413 Hager, 16А	5	

ДОДАТОК Г Документація до щита оператора

Таблиця Г – Попередній перелік обладнання для щита оператора

Поз- я	Позначення	Найменування	К- ть	Прим.
		<u>Стандартні вироби</u>		
1		Щит Schneider S3D с платою 600х600х400 мм, NSYS3D6640P, IP66	1	
		<u>Інші вироби</u>		
2	1VD-5VD 1R-5R	Світлосигнальна арматура в зборі Schneider XB7EV04BP, 24В, світлодіод червоний, з опорами 1,2 кОм у комплекті	5 5	
3	66-76 66х-76х	Блок ручного керування БРУ-7 з КБЗ -24-19	2 2	
4		Рамка 20х40	17	
5	1SA-5SA, 9SA1, 9SA2, 12SA	Перемикач Schneider XB7ND33 на 3 положення	8	
6	1SB3-5SB3, 13SB1	Кнопка Schneider XB7NA31, зелений штовхач, (Пуск)	6	
	1SB2-5SB2, 13SB2	Кнопка Schneider XB7NA42, червоний штовхач, (Стоп)	6	
7	EL	Патрон карболітовий E27 настінний косий ФПП-03	1	
8	TV1	Трансформатор на DIN-рейку EI-	1	

		19293 220/36, 400ВА		
9	FU1 - FU8	Запобіжник з плавкою вставкою, ВП	8	
10	XS1	Розетка на DIN- рейку Hager SN016, 16А	2	
11	SA1 - SA5	Вимикач кнопочний з зеленим індикатором на DIN-рейку, SVN413 Hager, 16А	5	
12	SF1 – SF4	Автоматичний вимикач Schneider iC60N	4	
13	14	PC ADAPTER USB A2 (SM USB to MPI)	1	з каб. 5м
14	МПК	Контролер програмований Siemens SIMATIC S7-300, CPU313C- 2DP	1	

Таблиця Г (закінчення) – Попередній перелік обладнання для щита оператора

Поз- я	Позначення	Найменування	К- ть	Прим.
15	XT1, XT2	Клемна колодка на 50 клем, conta- connect SRK 2,5/2А, вінтові на DIN- рейці 35мм	2	
16	G1	Блок живлення стабілізов., «ОВЕН» БП60Б- Д4-24, 24В, 60Вт	1	

17	1K-5K, 9K1, 9K2, 12K	Реле проміжне, Weidmuller PS 35836971, 24В, (одногрупне)	8	
		<u>Монтажні матеріали</u>		
		DIN- рейка 35мм;(проф. шина 122мм)	3 м	Для Siemens S7-300: 0,48м
		Короб монтажний 30 мм, пластик	9 м	
		Дріт монтажний ПВЗ*0,5	80 м	

**ДОДАТОК Д Документація до схеми зовнішніх
проводок Таблиця Д – Попередній перелік
обладнання до схеми зовнішніх проводок**

Поз- я	Позначення	Найменування	К-ть	Прим.
1	КВВГнг5х2,5	Кабель контрольний мідний	175м	
2	КВВГнг4х2,5	Кабель контрольний мідний	20м	
3	КВВГ5х1,5	Кабель контрольний мідний	100м	
4	КВВГ4х1	Кабель контрольний мідний	80м	
5	ПВСн2*1+1*1	Дріт з'єднувальний мідний	7м	
6	ПВСн2*1	Дріт з'єднувальний мідний	125м	

7	ПРТО1*4	Дріт з'єднувальний мідний	40м	
8	DISPIPE 15GF	Гофрована труба стальна	540м	