

Міністерство освіти і науки України
Одеський національний технологічний університет
Кафедра Автоматизації технологічних, електромеханічних і робототехнічних
систем



КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА

на тему: «Автоматизація процесу керування пресуванням винограду на винзаводі»

Здобувач: І.В. Мельниченко
4 курс, група АТ-32

Керівник: доцент І.М. Світій

Консультанти:
доцент М.Т. Степанов
доцент В.М. Левінський

Кваліфікаційна робота допускається до захисту.

Рішення кафедри від _____ .2026 р., протокол № ____.

Завідувач кафедри АТЕіРС _____ О.М. Жигайло
(підпис)

Одеса – 2026 рік

ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інститут	<u>Навчально-науковий інститут комп'ютерної інженерії, автоматизації, робототехніки та програмування</u>
Кафедра	<u>ім. П.М. Платонова</u> <u>Автоматизації технологічних процесів і робототехнічних систем</u>
Ступінь вищої освіти	<u>Бакалавр</u>
Спеціальність	<u>174 Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка</u>
Освітня програма	<u>технології та робототехніка</u>
Освітньо-професійна програма	<u>Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка</u>

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри АТПіРС

_____ І.М.Світій

«5» січня 2026 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА

Здобувач Мельниченко Іван Володимирович

1. Тема роботи «Автоматизація процесу керування пресуванням винограду на винзаводі»
2. Керівники кваліфікаційної роботи: Світій Іван Миколайович, к.т.н., доцент
Пункти 1 і 2 затверджені наказом ОНТУ № 743-03 від 31.12.2025 р.
3. Строк подання здобувачем випускної кваліфікаційної роботи на кафедру «12» червня 2026 р.
4. Вихідні дані до кваліфікаційної роботи: матеріали індивідуальних завдань виробничої і переддипломної практик, курсових і самостійних робіт, комплексне кваліфікаційне завдання (для заочників).
5. Зміст кваліфікаційної роботи (розділи, які потрібно розробити):
Розділ 1. Опис ділянки технологічного процесу, його агрегатів та існуючого рівня автоматизації керування ними. Виявлення потенційних джерел економічної ефективності і конкретизація задачі модернізації САК.
Розділ 2. Розробка концептуальної моделі об'єкта управління, структурна та параметрична ідентифікація математичних моделей його компонентів, їх реалізація у середовищі імітаційного моделювання.
Розділ 3. Розробка і параметрична оптимізація алгоритмів автоматичного регулювання, порівняльний аналіз САР.
Розділ 4. Конкретизація задачі і розробка алгоритмів автоматичного логічного керування технологічною ділянкою.
Розділ 5. Вибір технічних засобів отримання інформації про змінні процесу та реалізації керуючих впливів, розробка технічної структури контролерно-комп'ютерної мережі.
Розділ 6. Параметризація технічних засобів, контролера і мереж, програмування алгоритмів логічного керування та регулювання САК.
Розділ 7. Розробка SCADA для автоматизованого робочого місця технолога і наладчика САК.
Розділ 8. Розробка фрагментів документації технічного забезпечення САК та заходів з охорони праці.
Розділ 9. Попереднє обґрунтування економічної доцільності впровадження модернізованої САК

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

Номер розділу	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розділ 1	Світий І.М., доц.каф.АТПіРС		
Розділи 2, 3	Жигайло О.М., доц.каф.АТПіРС		
Розділ 4	Світий І.М., доц. каф. АТПіРС		
Розділ 5	Левінський В.М., доц. каф. АТПіРС		
Розділ 6	Левінський В.М., доц. каф. АТПіРС		
Розділ 7	Степанов М.Т., доц. каф. АТПіРС		
Розділ 8	Левінський В.М., доц. каф. АТПіРС		
Розділ 9	Світий І.М., доц.каф.АТПіРС		

7. Дата видачі завдання «09» січня 2026 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Номер розділу	Строк виконання етапів роботи	Примітка
Розділ 1	«24» березня 2026 р.	
Розділ 2	«31» березня 2026 р.	
Розділ 3	«10» квітня 2026 р.	
Розділ 4	«15» квітня 2026 р.	
Розділ 5	«23» квітня 2026 р.	
Розділ 6	«30» квітня 2026 р.	
Розділ 7	«08» травня 2026 р.	
Розділ 8	«22» травня 2026 р.	
Розділ 9	«27» травня 2026 р.	

Здобувач Мельниченко І.В.

Керівники роботи: Світий І.М.

Несу відповідальність за ідентичність електронного та друкованого варіантів кваліфікаційної роботи, даю згоду на обробку персональних даних та не заперечую проти розміщення кваліфікаційної роботи на офіційних web-ресурсах ОНТУ.

Підтверджую, що в кваліфікаційній роботі відсутні порушення норм академічної доброчесності.

Здобувач _____ Мельниченко І.В.

Прізвище, ініціали

Підпис

АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота бакалавра Мельниченка Івана Володимировича «Автоматизація процесу керування пресуванням винограду на винзаводі» викладена на 174 сторінках, число таблиць - 23 , рисунків – 110, додатків - 8, джерел з переліку посилань – 8 .

Об'єкт розробки – система автоматичного керування процесом пресування винограду на вин заводі».

Мета роботи – підвищення техніко-економічних та екологічних показників функціонування керування пресуванням винограду на вин заводі», які досягаються за рахунок підвищення динамічної точності контурів САР,.

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.

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

ЗМІСТ

РОЗДІЛ 1. Характеристика керування технологічним процесом пресування винограду на винзаводі, обґрунтування доцільності та шляхів підвищення ефективності керування процесом.....	11
1.1 Короткий опис підприємства, характеристика виробничої і господарської діяльності.....	11
1.2 Узагальнена характеристика технологічних процесів підприємства та рівня його автоматизації.....	12
1.3 Вибір об'єкту для модернізації системи автоматизації, опис та аналіз реалізованого ним технологічного процесу та відповідного обладнання.....	14
1.4 Аналіз впливу ефективності керування технологічним агрегатом на показники якості продукції, її собівартість. Виявлення потенційних джерел економічної ефективності при впровадженні модернізованої системи.....	20
1.5 Конкретизація мети модернізації системи.....	20
1.6 Висновок за розділом.....	21
РОЗДІЛ 2. Конкретизація задачі дотримання регламентів керування технологічним процесом пресування винограду на винзаводі, розробка і реалізація комплексу його моделей як об'єкта регулювання.....	22
2.1 Розробка концептуальної моделі об'єкта регулювання.....	22
2.2 Ідентифікація моделей каналів перетворення об'єкта регулювання.....	24
2.3 Ідентифікація моделей детермінованих і випадкових складових неконтрольованих збурень.....	35

2.4 Реалізація моделей у середовищі імітаційного моделювання і підтвердження їх відповідності експериментальним даним.....	38
2.5 Висновок за розділом.....	42
РОЗДІЛ 3. Розробка та параметрична оптимізація алгоритмів регулювання, порівняльний аналіз САР.....	44
3.1 Конкретизація завдань регулювання процесу пресування винограду на винзаводі.....	44
3.2 Параметричний синтез і аналіз САР базової структури.....	48
3.3 Висновок за розділом.....	54
РОЗДІЛ 4. Специфікація задачі та розробка алгоритмів логічного керування технологічним процесом.....	55
4.1 Конкретизація завдання логічного керування технологічним процесом...	55
4.2 Формалізація регламенту, розробка алгоритмів автоматичного логічного контролю запуску та нормального вимкнення.....	57
4.3 Формалізація регламентів та розробка алгоритмів логічного керування для підсистем зупинки в нештатних ситуаціях.....	62
4.4 Висновок за розділом.....	63
РОЗДІЛ 5. Вибір технічних засобів отримання інформації про змінні процесу та реалізації керуючого впливу.....	64
5.1 Характеристики середовищ, з якими взаємодіють засоби автоматизації та обслуговуючий персонал.....	64
5.2 Вибір технічних засобів збору інформації про хід технологічного процесу і стан обладнання.....	69
5.3 Вибір технічних засобів для реалізації керуючих впливів технологічного процесу.....	79

5.4 Вибір альтернативних варіантів технічної структури і технічних засобів для реалізації контролерно-комп'ютерної мережі.....	87
5.5 Розробка технічної структури мікропроцесорного ядра системи керування.....	90
5.6 Висновок за розділом.....	99
РОЗДІЛ 6. Розробка контролерно-комп'ютерної мережі та програмного забезпечення САК.....	100
6.1 Параметризація технічних засобів, контролера і мереж.....	100
6.2 Розробка програм для реалізації алгоритмів логічного керування.....	103
6.3 Розробка програм для реалізації алгоритмів регулювання.....	111
6.4 Висновки за розділом.....	116
РОЗДІЛ 7. Розробка SCADA для автоматизованого робочого місця технолога і наладчика САК.....	117
7.1 Встановлення зв'язку між контролером та панеллю оператора, її конфігурування.....	117
7.2 Розробка головного технологічного екрану.....	119
7.3 Розробка екранів АРМ оператора-технолога.....	119
7.4 Тестування системи керування.....	128
7.5 Висновок за розділом.....	133
РОЗДІЛ 8. Розробка фрагментів документації технічного забезпечення САК, включаючи питання охорони праці.....	134
8.1 Характеристики технологічного об'єкта керування та опис основних технічних рішень.....	134
8.2 Розробка схеми автоматизації.....	136

8.3 Розробка принципової електричної схеми керування електроприводом преса.....	137
8.4 Охорона праці.....	138
8.5 Висновок за розділом.....	148
РОЗДІЛ 9. Розрахунок економічної ефективності заходу кваліфікаційної роботи за темою керування пресуванням винограду на винзаводі.....	149
9.1 Розрахунок капітальних вкладень (інвестицій) на модернізацію обладнання.....	149
9.2 Розрахунок поточних витрат при роботі базового та нового зразка системи управління та контролю.....	156
9.3 Розрахунок показників виробничої діяльності підприємства.....	161
9.4 Висновок за розділом.....	163
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	164
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....	165

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

ТП – технологічний процес;

ПП – перехідний процес;

ПХ – перехідна характеристика;

АК – алгоритм керування;

ОК – об'єкт керування;

ОР – об'єкт регулювання;

САР – система автоматичного регулювання;

САК – система автоматичного керування;

ПДТ – підвищена динамічна точність;

ВСТУП

Якісне пресування винограду безпосередньо пов'язане з роботою технологічного обладнання та засобів автоматизації пресового відділення винзаводу. Одним із найбільш ефективних шляхів підвищення продуктивності та якості процесу пресування винограду, підтверджених практикою, є підвищення рівня автоматизації технологічного процесу шляхом удосконалення систем автоматичного керування та регулювання.

У роботі має бути проведено дослідження процесу пресування винограду як об'єкта керування, у результаті якого необхідно отримати математичні моделі основних каналів керування та неконтрольованих збурень. Отримані моделі слід перевірити на відповідність експериментальним даним. На основі розроблених моделей необхідно створити алгоритми регулювання процесом, які забезпечуватимуть високу якість керування та стабільність технологічних параметрів.

Метою дипломної роботи є підвищення конкурентоспроможності виноробного підприємства за рахунок підвищення ефективності процесу пресування винограду.

Для досягнення поставленої мети визначено такі завдання:

- 1 проаналізувати процес пресування винограду як об'єкт керування;
- 2 створити комплекс його математичних моделей як об'єкта регулювання та провести моделювання для підтвердження відповідності отриманих моделей експериментальним даним;
- 3 створити варіанти алгоритмів регулювання, провести їх параметричну оптимізацію та порівняльний аналіз систем автоматичного регулювання, що забезпечують підвищену динамічну точність підтримання регламентованих технологічних параметрів процесу пресування винограду на винзаводі.

Розв'язанню зазначених завдань і присвячена дана кваліфікаційна робота.

РОЗДІЛ 1 ХАРАКТЕРИСТИКА КЕРУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМ ПРОЦЕСОМ ПРЕСУВАННЯ ВІНОГРАДУ НА ВИНЗАВОДІ, ОБГРУНТУВАННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ ТА ШЛЯХІВ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ КЕРУВАННЯ ПРОЦЕСОМ

1.1 Короткий опис підприємства, характеристика виробничої і господарської діяльності

Концентрований виноградний сік — це корисний продукт, отриманий шляхом видалення частини вологи з натурального виноградного соку фізичними методами. Така технологія дозволяє зберегти основні поживні речовини та природні властивості напою.

Цей продукт забезпечує відчуття свіжості та насичує організм вітамінами безпосередньо від виробника. Завдяки особливостям виготовлення він залишається свіжим протягом тривалого часу, оскільки концентрат фасується у харчову тару безпосередньо перед відвантаженням споживачеві.

Підприємство, на якому проводилось вивчення технологічного процесу віджиму соку у шнековому пресі, є представником переробної промисловості агропромислового комплексу України. Воно спеціалізується на переробці плодоовочевої сировини, зокрема винограду, з метою отримання натурального соку, виноматеріалів та побічної продукції, придатної для подальшого використання або утилізації.

Виробничі потужності розташовані на території, де забезпечено доступ до необхідних енергоносіїв — електроенергії, пари, холодоносіїв та стисненого повітря.

Основними напрямками діяльності є:

- переробка винограду на натуральні соки та виноматеріали;
- виготовлення концентрованих соків;
- виробництво побічних продуктів (вичавки, мезга) для подальшого використання у кормовій або харчовій промисловості;
- зберігання та первинна обробка сировини;
- фасування та пакування готової продукції.

Виробництво має замкнутий цикл — від приймання сировини до випуску готової продукції, що дозволяє гнучко адаптувати технологічні процеси до особливостей конкретного виду сировини. У структурі підприємства функціонують такі основні виробничі ділянки: приймально-сортувальна, мийно-дробильна, пресувальна, бродильно-накопичувальна, фільтраційна, розливна та пакувальна.

Завдяки впровадженню сучасних технологій, підприємство здійснює постійний моніторинг ключових параметрів технологічних процесів і поступово впроваджує системи автоматизованого керування, спрямовані на підвищення якості продукції, енергоефективності та зниження втрат.

1.2 Узагальнена характеристика технологічних процесів підприємства та рівня його автоматизації

Суть технологічного процесу – це цілеспрямоване перетворення продуктових і енергетичних потоків у спеціальному технологічному устаткуванні (ТУ) (машинах, апаратах, агрегатах). Суть технологічного процесу пресування винограду полягає в перетворенні подрібненого винограду, після виділення з нього першого соку, шляхом механічного впливу на них у сік та вичавки. Технологічний процес реалізується в шнековому пресі. Технологічна схема процесу наведена на рис. 1.1.

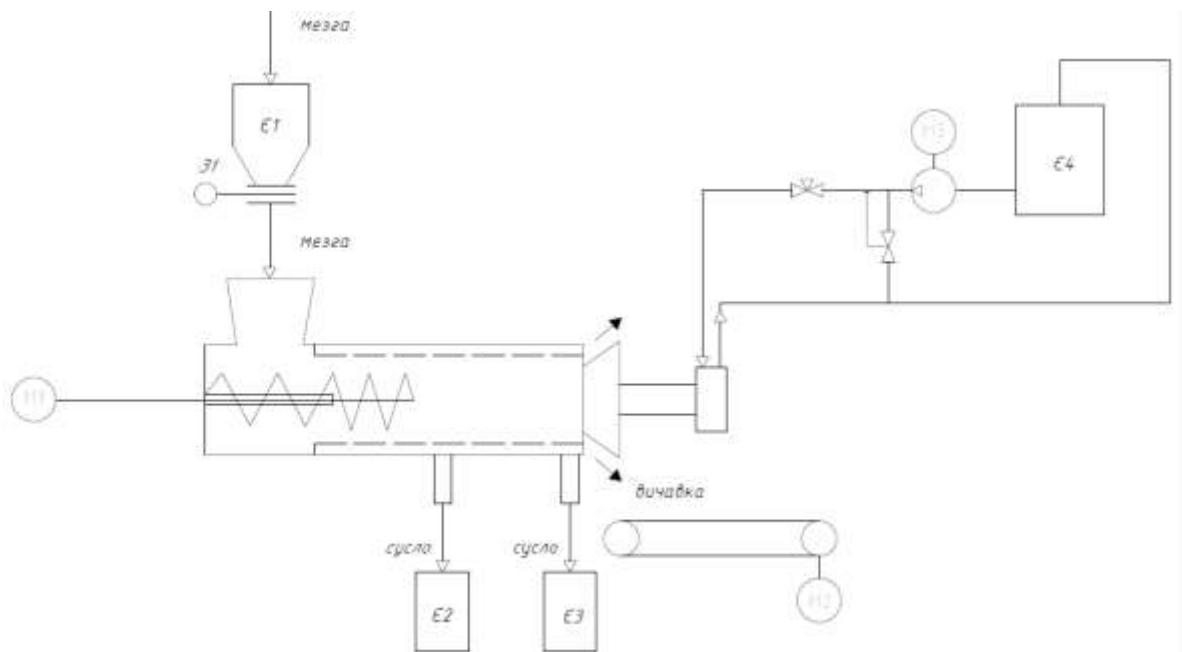


Рис. 1.1 – Технологічна схема процесу пресування виноградного соку у шнековому пресі

Шнековий прес безперервної дії призначений для видобування соку з подрібненого винограду (мезги). Основними регульованими параметрами системи є якість першої фракції соку, вологість віджатої мезги.

Мезга подається в завантажувальний бункер через регульовану заслінку, після чого надходить у пресувальну камеру. Основний робочий орган – шнек, який приводиться в обертання електродвигуном. Обертання шнека забезпечує переміщення мезги вздовж перфорованого циліндра у напрямку до вихідного отвору, де вона піддається пресуванню. Через перфоровані стінки камери відводиться сік, який далі розділяється на дві фракції: F_1, Q_1 – витрата та якість першої фракції соку; F_2, Q_2 – витрата та якість другої фракції соку. Залишковий твердий продукт – відпресована мезга – виводиться через регульований зазор між корпусом і рухомим конусом. Вологість вичавок позначається параметром M . Розмір зазору, а відповідно й створюваний у пресувальній зоні тиск P ,

визначається положенням рухомого конуса, який керується гідроциліндром. Тиск масла в гідросистемі позначено як $P_{гид}$, воно регулюється за допомогою керуючого сигналу u_2 , що впливає на виконавчий механізм системи регулювання тиску. При фіксованій швидкості обертання шнека стабільність якості першої фракції соку забезпечується регулюванням тиску в зоні пресування шляхом задання тиску P через керуючу дію u_2 . Тиск створюється гідронасосом, що подає масло в гідроциліндр. Тиск визначає зусилля, з яким конус перешкоджає виходу мезги, тим самим забезпечуючи необхідну ступінь її стиснення та віджиму. При досягненні рівноваги між зусиллям від шнека і протидією з боку рухомого конуса система переходить у встановлений режим. Будь-яке збільшення подачі мезги викликає додаткове ущільнення, за рахунок чого конус частково відходить назад, автоматично підтримуючи задане зусилля пресування. Таким чином, навіть при максимальній швидкості шнека забезпечується необхідна якість соку завдяки регульованому тиску.

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

Мета ведення процесу пресування винограду – отримання готового продукту із заданими показниками якості. При промисловому виробництві досягнення мети може бути виправдано тільки тоді, коли технологічний процес має сенс реалізувати, коли виконується цілий ряд вимог до технологічного процесу.

Технологічний процес пресування винограду доцільно реалізовувати, якщо:

є достатній запас винограду на 1 годину роботи, тобто, якщо буде запас не менший чим 35-50т, повинно бути місце у збірниках соку, повинен бути достатній рівень масла в збірнику; слід мати місце для відвантаження вичавок.

Технологічний процес пресування винограду є механічним процесом, пов'язаним з механічним впливом на подрібнений виноград з метою розділення

Процес відбувається у шнековому пресі безперервної дії, який призначений для вилучення соку з подрібненої виноградної сировини. Це цілеспрямоване перетворення: Матеріальних потоків: подача сировини $\rightarrow$ поділ на фракції $\rightarrow$ відведення соку (Q_1 , Q_2) $\rightarrow$ вивід вичавки (мезги); Енергетичних потоків: споживання електроенергії приводом двигуна $\rightarrow$ передача механічної енергії обертання на шнеки $\rightarrow$ створення тиску для пресування. Ці перетворення реалізуються технологічним агрегатом (ТА), що забезпечує віджим соку та регулювання його якості.

[illegible]

15

Позначення на схемі:

u_1 – положення заслінки перед бункером подачі сировини;

u_2 – положення задатчика регулятора тиску після себе;

M – масова вологість вичавок ;

Q_1 – якість суслу першої фракції;

Q_2 – якість суслу другої фракції;

$P_{гід}$ – тиск масла в гідроциліндрі;

F_1 – витрати першої фракції соку;

F_2 – витрати другої фракції соку;

U_m – напруга мережі;

$q_{мез}$ – властивості сировини;

$I_{дв}$ – струм електродвигуна;

$F_{вич}$ – витрата вичавки;

Основу нормативів складають три основних регламенти.

Технологічний регламент – визначає умови, при яких у результаті технологічного процесу буде отримано продукт із заданими властивостями. Він являє собою набір номінальних значень і допусків на відхилення від номіналу технологічних параметрів. Для технологічного процесу пресування виноградного соку такими параметрами є вологість вичавок M та якість соку Q_1 , Q_2 якість суслу, F_1 , F_2 витрата соку.

Експлуатаційний регламент – визначає умови нормальної безаварійної роботи технологічного обладнання. Він являє собою набір номінальних значень і допусків на відхилення експлуатаційних параметрів технологічного обладнання. Для шнекового преса такими параметрами є тиск в гідросистемі $P_{гід}$, U_m напруга живлення приводу та струм головного електродвигуна $I_{дв}$.

Техніко-економічний і екологічний регламент визначає умови ефективності ведення процесу і його екологічності. Він являє собою набір номінальних та гранично-припустимих значень техніко-економічних і екологічних параметрів. Для процесу пресування винограду до цієї групи параметрів можна віднести витрати вичавок $F_{\text{вич}}$, вихід соку на 1 т сировини, споживання енергії, мінімізація втрат, вплив залишкових відходів на навколишнє середовище.

Відхилення параметрів технологічного процесу від регламентних значень, що викликані зміною параметрів, характеризують умови ведення процесу навіть при досить ефективному керуванні процесом, можуть перевищувати встановлені допуски.

Відхилення вологості вичавок нижче гранично припустимих значень може призвести до ризик “перепресування” → збільшення екстракції небажаних компонентів, потенційне погіршення $Q1/Q2$, зростання навантаження на привід шнека і пресувальний вузол, підвищений знос механіки, ризик аварійного спрацювання захистів, а прямі втрати суслу, погіршення техніко-економічних показників, можливий перевантажений режим по гідрорегулятору (не забезпечується потрібний тиск/зусилля), або недостатній час ущільнення, підвищення навантаження на систему відведення (мокрі вичавки можуть гірше транспортуватися).

Порушення регламенту веде до погіршення якості готового продукту і навіть до збільшення виходу браку та до економічно недоцільного протікання процесу.

Відхилення прозорості соку від регламентних допусків у меншу сторону може привести до погіршення якості суслу і можливе переведення частини продукту у нижчу категорію, збільшення навантаження на подальше освітлення/фільтрацію, опосередковано може зрости вміст зважених частинок → ризик забивання/ускладнення відведення.

Перевищення прозорості соку може викликати падіння $F1$ і зниження загального виходу, перехід в режим недовантаження преса.

Допуски на відхилення поточних (режимних) значень регламентованих параметрів від номінальних прийнято розділяти і задавати у вигляді допусків на тривалі та короточасні відхилення. Аналіз нормативів ведення технологічного процесу та експлуатації обладнання оформимо у вигляді таблиці регламентів 1.1.

Таблиця 1.1 – Таблиця регламентів

№ п/п	Найменування	Позначення	Одиниця виміру	Номінальні значення	<u>Допустимими відхилення від номінала</u>		
					Довготривалі	Короточасні	
					Величина	Величина	Час
1	Вологість вичавків	M	%	40	$\pm 0,5$	± 2	120с
2	Прозорість соку	Q1	%	90.5	± 3	± 6	60с

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 мезги, а саме властивості мезги - q .

Енергетичні параметри характеризують енергію, що підводить до технологічного обладнання ззовні й витрачається на зміну властивостей продуктів. До цієї групи параметрів віднесемо $N_{дв}$ – потужність електродвигуна шнека.

Механічні (або інші специфічні) параметри технологічного обладнання характеризують стан її робочих органів. До цієї групи параметрів віднесемо зміну положення регулюючих органів, що забезпечують u_1 – положення вхідної заслінки, u_2 – положення задатчика тиску.

Параметризована схема ТП має змістовний характер. Формалізація опису взаємозв'язків між параметрами ТП досягається за рахунок переходу до формалізованої параметричної схеми ТП. При цьому ті параметри, які відображають мету функціонування об'єкту моделювання будуть вихідними, а параметри, що відображають умови функціонування об'єкту - вхідними.

Зв'язок між вхідними і вихідними параметрами – причинно-наслідковий. Параметрична схема процесу пресування виноградного соку наведена на рис. 1.3.

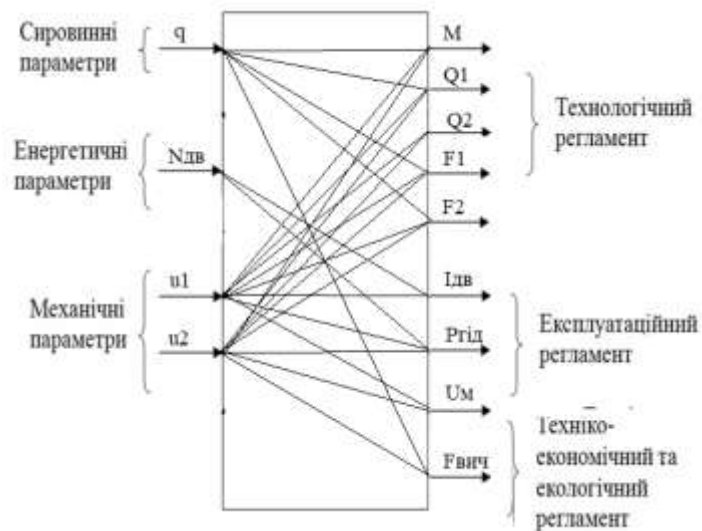


Рис. 1.3 – Параметрична схема процесу пресування винограду

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

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

Потенційними джерелами економічної ефективності при впровадженні модернізованої системи є:

Зменшення витрат масла у гідросистемі Умовно змінна норма витрати масла: до автоматизації – 0.25 т/т після автоматизації – 0.18 т/т

1.5 Конкретизація мети модернізації системи

Для даної кваліфікаційної роботи, економічною метою є підвищення якості виробляємої продукції.

Економічною метою роботи є підвищення конкурентоспроможності підприємства і прибутковості підприємства за рахунок підвищення якості регулювання регламентованих змінних та зменшення питомих витрат енерго-ресурсів при впровадженні модернізованої САК.

Як результат, після модернізації САК шнекового преса, очікується зниження розходу масла у гідроциліндрі у процесі виробництва. Нове значення використання ресурсу (масла), становить: 0.18 т/л (розхід масла до розробки нового технічного забезпечення становила – 0.25 т/л). Система керування процесом реалізується на базі технічних та програмних засобів з отриманням інформації про змінні процесу та реалізації керуючих впливів, за допомогою ПК та МПК. Система повинна реалізовувати наступні функції:

інформаційні:

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

- керуючі;
- стабілізація технологічних параметрів;
- вибір режимів керування;
- автоматичне логічне керування агрегатом в штатних та нештатних ситуаціях.

1.6 Висновок за розділом

Об'єктом дослідження системи автоматизації обрано шнековий прес, призначений для віджимання виноградного соку. Проведено опис і аналіз технологічного процесу пресування винограду, а також розглянуто необхідне для цього обладнання.

Економічний ефект полягає у зростанні конкурентоспроможності та прибутковості підприємства завдяки покращенню якості регулювання технологічних параметрів і зменшенню питомих витрат енергоресурсів після впровадження модернізованої системи автоматичного керування. Витрати гідравлічного масла оптимізуються завдяки ефективному контролю подачі продукції.

З урахуванням зазначеного виникає потреба у вдосконаленні контролю якості, оптимізації алгоритмів керування, розвитку контролерно-комп'ютерних мереж, а також у створенні SCADA-системи для автоматизованого робочого місця оператора.

РОЗДІЛ 2 КОНКРЕТИЗАЦІЯ ЗАДАЧІ ДОТРИМАННЯ РЕГЛАМЕНТІВ КЕРУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМ ПРОЦЕСОМ ПРЕСУВАННЯ ВІНОГРАДУ НА ВИНЗАВОДІ, РОЗРОБКА І РЕАЛІЗАЦІЯ КОМПЛЕКСУ ЙОГО МОДЕЛЕЙ ЯК ОБ'ЄКТА РЕГУЛЮВАННЯ

2.1 Розробка концептуальної моделі об'єкту регулювання

Загальною метою функціонування підприємства в цілому є виконання планових завдань або договірних зобов'язань щодо номенклатури та обсягу продукції, а також отримання при цьому певного економічного ефекту.

Декомпозиція загальної мети функціонування підприємства для більш низьких рівнів виробничої ієрархії приводить до наступних цілей:

- а) на рівні окремого технологічного процесу – координація роботи технологічного обладнання, на якому реалізується процес;
- б) на рівні окремих одиниць технологічного обладнання – виконання технологічних, експлуатаційних і техніко-економічних регламентів, зокрема – оптимізація роботи окремих одиниць обладнання.

Звідси задачу керування можна розділити на:

- а) задачу регулювання, коли необхідно забезпечити виконання вимог регламенту;
- б) завдання умовної оптимізації, коли при дотриманні вимог регламенту додатково відповідно до наперед сформульованим критерієм, вирішуються задачі оптимізації процесу.

Для процесу пресування винограду в якості регульованих координат доцільно обрати вологість вичавок M та прозорість суслу Q_1 .

Необхідною умовою вирішення задач керування є наявність управляючих дій, що повинні бути вхідними змінними (координатами) ОК. Для задач регулювання, такими управляючими діями, насамперед, є дії, що цілеспрямовано можуть

змінювати витрати матеріальних і енергетичних потоків, а саме – положення регулювальних органів. Кількість управляючих дій повинно бути рівним кількості регульованих змінних.

Для процесу пресування винограду до управляючих дій доцільно віднести положення регулювального органу, що положення задатчика регулятора тиску “після себе” (уставка тиску в гідросистемі) u_2 та положення заслінки перед бункером подачі сировини (керування подачею мезги) u_1 .

Після того, як визначені управляючі дії, всі інші вхідні змінні відносять у розряд збурень, тобто таких дій середовища, зміна яких порушує хід технологічного процесу і режими роботи технологічного агрегату.

Для процесу пресування винограду не було виявлено параметрів, які б доцільно було віднести до контрольованих збурень. Отже, всі вхідні дії, крім управляючих дії, віднесемо до неконтрольованих збурень. Детерміновану складову цих збурень адитивно прикладемо до управляючих дій, а стохастичну складову – до регульованих координат.

Структурна схема ОК є черговим і останнім етапом формалізації подання технологічного процесу як ОК.

Структурна схема ОК, по суті, є найбільш загальною (концептуальною) моделлю технологічного процесу як ОК.

Структурна схема процесу пресування винограду наведена на рис. 2.1.

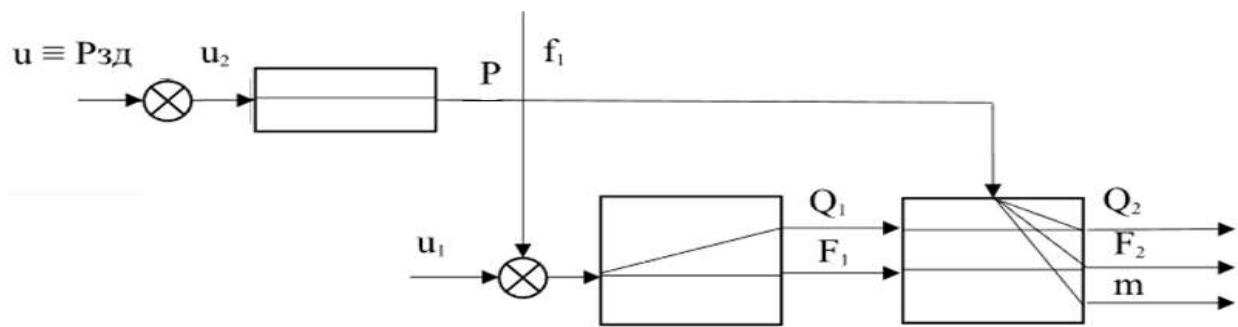


Рис. 2.1 – Структурна схема процесу пресування винограду як об'єкту регулювання

M – вологість вичавків, %;

Q_1 – прозорість чистого суслу, %;

u_1, u_2 – регулюючі впливи (u_1 – положення заслінки перед бункером подачі сировини; u_2 – положення задатчика регулятора тиску “після себе”), % х.р.о.;

f_1, f_2 – неконтрольовані збурення.

2.2 Ідентифікація моделей каналів перетворення об'єкта регулювання

Перед початком експериментів доцільно на основі апріорних даних, виходячи з фізичної суті об'єкту, попередньо оцінити властивості каналів, моделі яких підлягають ідентифікації.

Для технологічного процесу пресування винограду за каналами управління ОК має властивість самовирівнювання. Збільшення управляючої дії u_1 приведе до збільшення подачі мезги, тобто до зростання навантаження, тому змінюється режим відбору суслу. Збільшення управляючої дії u_2 приведе збільшення уставки тиску P , тобто підвищиться $P_{гід}$, що вплине на сильніше пресування, і зробить вичавки m сухішими.

Виходячи з фізичної суті процесів, що протікають в ОК, відомо, що відносно у повній мірі математично ці процеси можуть бути описані нелінійними диференціальними рівняннями. Але також відомо, що номінальний режим функціонування ОК пов'язаний з порівняно вузьким діапазоном зміни температури пастеризації як регульованої координати. А в такому діапазоні

процеси можуть бути описані лінійними диференційними рівняннями, тобто припустимою є лінеаризація моделі ОК.

Активні експерименти можуть проводитися тільки з каналами, вхідні змінні яким доступні для цілеспрямованої зміни. Ними, насамперед, є керуючі дії. При цьому експериментатор може обирати вхідну дію будь-якої форми (ступінчасту, лінійно зростаючу, імпульсну, гармонічну, випадкову). Однак, з розуміння простоти організації цих дій, мінімізації витрат часу на проведення експерименту та обробки його результатів, доцільно використовувати ступінчасті дії.

План активного експерименту

За допомогою зміни управляючих дій u_1 та u_2 домагаємося значень регульованих координат, що перебували б в околицях їх номінальних значень.

Чекаємо закінчення перехідних процесів в каналах та настання сталих режимів, при яких вихідні змінні перестануть змінюватися.

Змінимо управляючу дію u_1 ступінчастим чином на 10%х.р.о., відзначивши при цьому момент початку його зміни.

Реєструємо зміну вихідних змінних до настання нових сталих режимів.

Повертаємо u_1 у вихідний стан, чекаємо закінчення перехідних процесів в каналах та настання сталих режимів.

Змінимо управляючу дію u_2 ступінчастим чином на 10%х.р.о., відзначивши при цьому момент початку його зміни.

Реєструємо зміну вихідних змінних до настання нових сталих режимів.

Результати активного експерименту наведені на рис. 2.2.

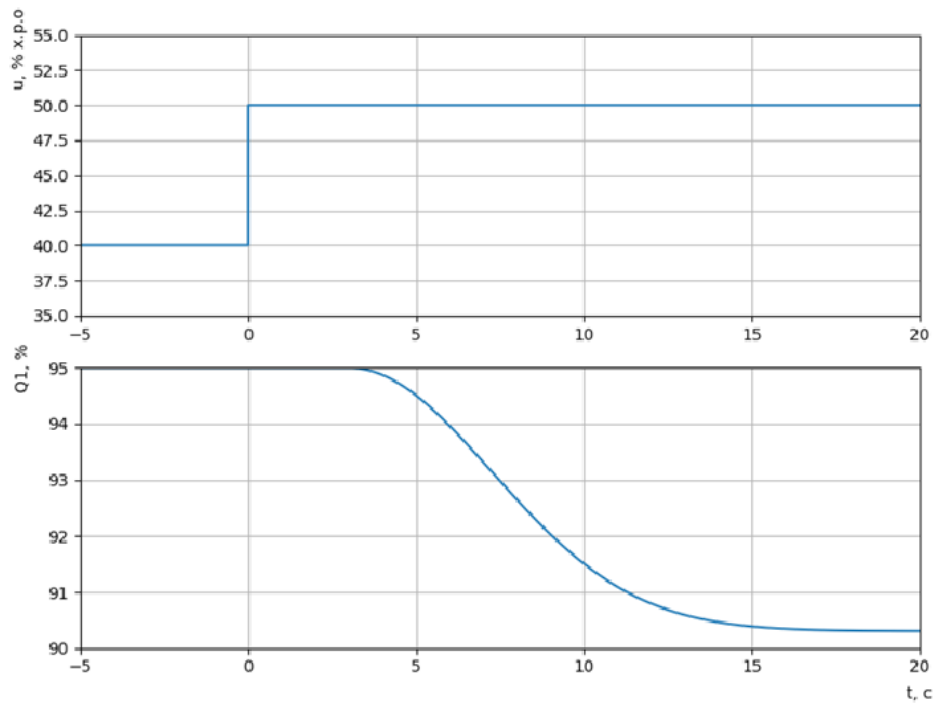
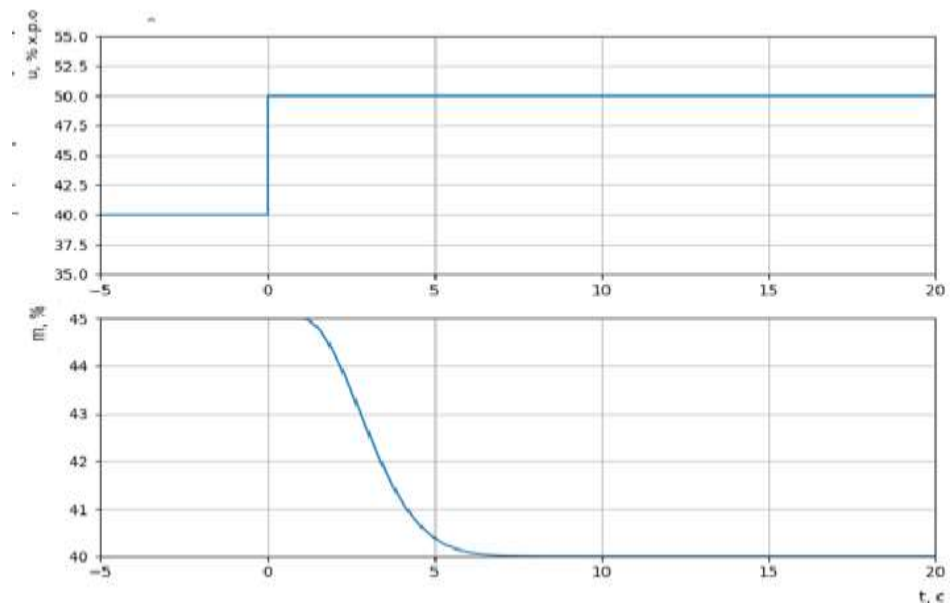


Рис. 2.2 –

Результати активного експерименту



За результатами активного експерименту (рис. 2.2) можна зробити висновок, що канал управління ОК має властивість самовирівнювання, а значить його модель може бути описана передаточними функціями: першого та другого порядку:

Для параметричної ідентифікації моделей ОК зі статичними властивостями необхідно знайти коефіцієнт передачі ОК (K_0), сталу часу (T_0) і час запізнення (τ_0) для кожного каналу ОК.

Використано метод двох точок (двох “загальних точок”) для апроксимації об’єкта типовою моделлю другого порядку із запізненням.

- коефіцієнт передачі (k) (за співвідношенням зміни виходу до зміни входу),
- характерні моменти часу
- еквівалентне запізнення τ і постійну часу T ,

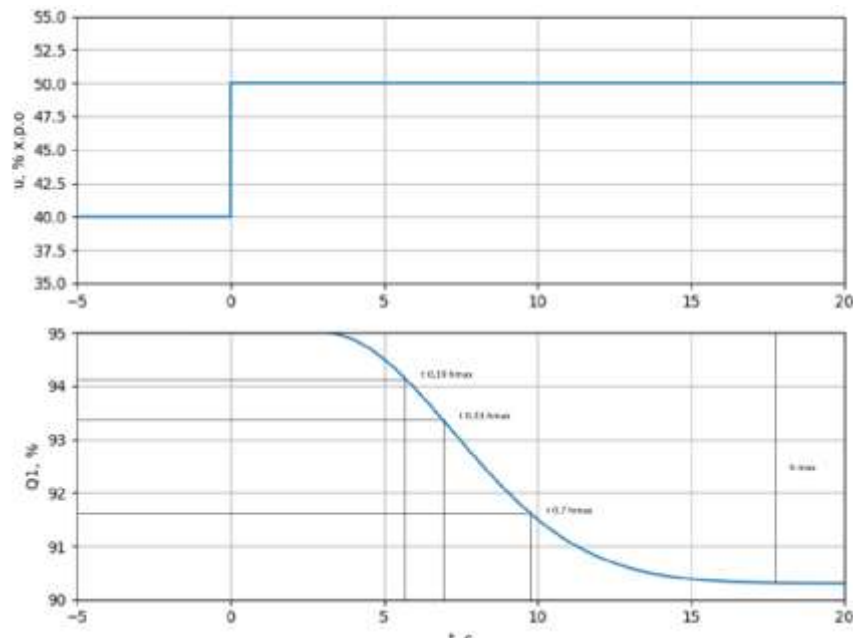


Рис 2.3 – Графік $u1 \rightarrow Q1$

Розрахунок параметрів моделей каналів керування шинкового пресу як ОК:

1. Канал $u1 - Q1$ (прозорість першої фракції соку)

Розрахунок коефіцієнту передачі

Вхідний вплив по каналу $u1 = 40\% - 50\%$; $\Delta u1 = 10\%$

Реакція на вплив $\Delta u1$ регульованої змінної $Q1 - 95\% - 90.3\%$;

$\Delta Q1 = 90.3 - 95 = -4.7\%$.

Коефіцієнт передачі ОК по каналу $u1 - Q1$ (для моделей ОК 1 і 2-го порядку)

$$k = \Delta Q1 / \Delta u1 = -4.7 / 10 = -0.47\% / \% \text{ x.p.o}$$

Розрахунок постійної часу та часу запізнення моделі 1-го порядку:

Запізнення :

$$\tau_{ij} = 0.5(3t_{0.33} - t_{0.7}) = 0.5(3 * 6.9 - 9.3) = 5.7\text{с.}$$

Стала часу:

$$T_{ij} = \frac{(t_{0.7} - \tau_{ij})}{1.2} = \frac{(9.3 - 5.7)}{1.2} = 1.5\text{с.}$$

1.3 Розрахунок постійної часу та часу запізнення для моделі 2-го порядку:

$$\tau_{ij} = 0.5(3t_{0.19} - t_{0.7}) = 0.5(3 * 5.8 - 9.3) = 4.05\text{с.}$$

$$T_{ij} = \frac{(t_{0.7} - \tau_{ij})}{2.4} = \frac{(9.3 - 4.05)}{2.4} = 2.19\text{с.}$$

Для уточнення параметрів (K, T, tau) (та додаткових допоміжних величин) у середовищі MATLAB/Simulink зібрано схему, де:

- експериментальний сигнал реалізовано через Look-Up Table (за табульованими даними перехідної характеристики),
- модель об'єкта описано передатними ланками (1-го порядку/2-го порядку) та блоком Transport Delay,
- критерій оптимізації — квадратичний (інтеграл квадрата похибки між експериментом і моделлю).

Конкретизація задачі оптимального параметричного синтезу (ОПС)

ОПС в умовах параметричної невизначеності ОК.

ОПС при фіксованих параметрах ОК.

Параметри об'єкту керування (ОК)

Імена параметрів:ko tau T

Номінальні значення:-0.47 5.3 3.82

Нижні значення діапазонів:0.8*1 0.8*2 0.8*5

Верхні значення діапазонів:1.2*1 1.2*2 1.2*5

Параметри що оптимізуються (аргументи)

Імена параметрів:k T tau tau1

Початкові наближення:0.47 4.05 2.19 4.92

Нижні обмеження:0.1 0.1 0 0

Верхні обмеження:10 10 10 10

Умови оптимізації (Симплекс метод Нелдера-Міда)

Максимальна кількість кроків процедури оптимізації:1500

Мінімальне приращення аргументів:0.01

Мінімально значуще приращення критерію:0.001

Візуалізація результатів

Кількість графіків:1

Імена змінних що відображаються на графіках:Q1

Рис 2.4 – Вікно оптимізатора: початкові наближення та межі параметрів.

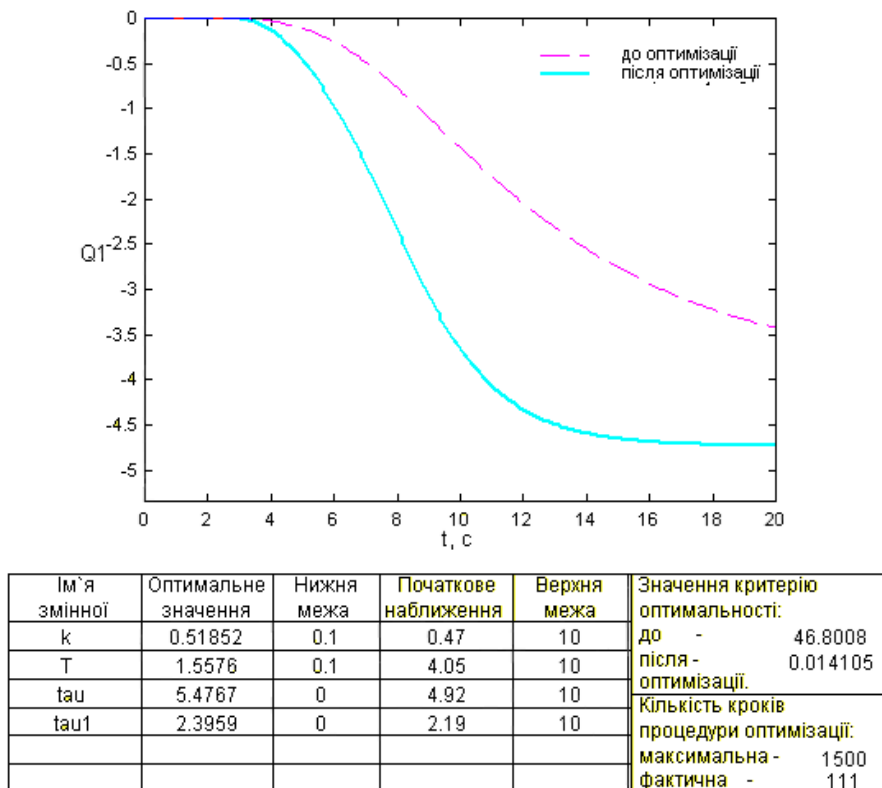


Рис 2.5 – Вікно оптимізатора: результат оптимізації.

За результатом оптимізації показано, що модель другого порядку адекватно описує експериментальні дані, оскільки графіки практично співпадають у перехідному процесі та у сталому режимі.

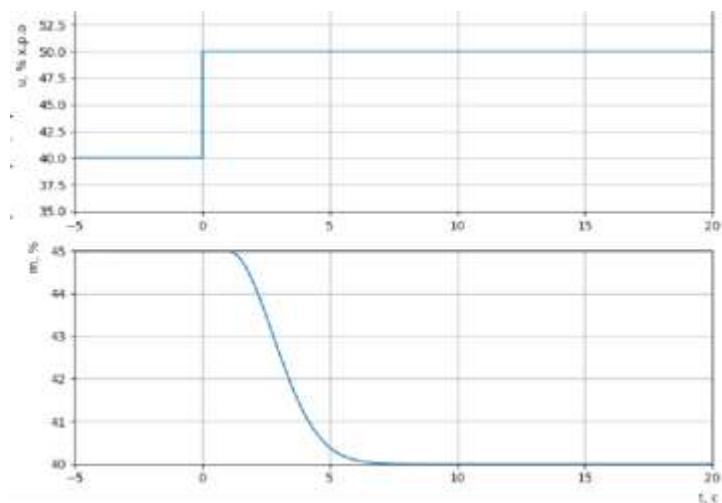


Рис 2.6 – Перехідна характеристика $u_2 \rightarrow m$

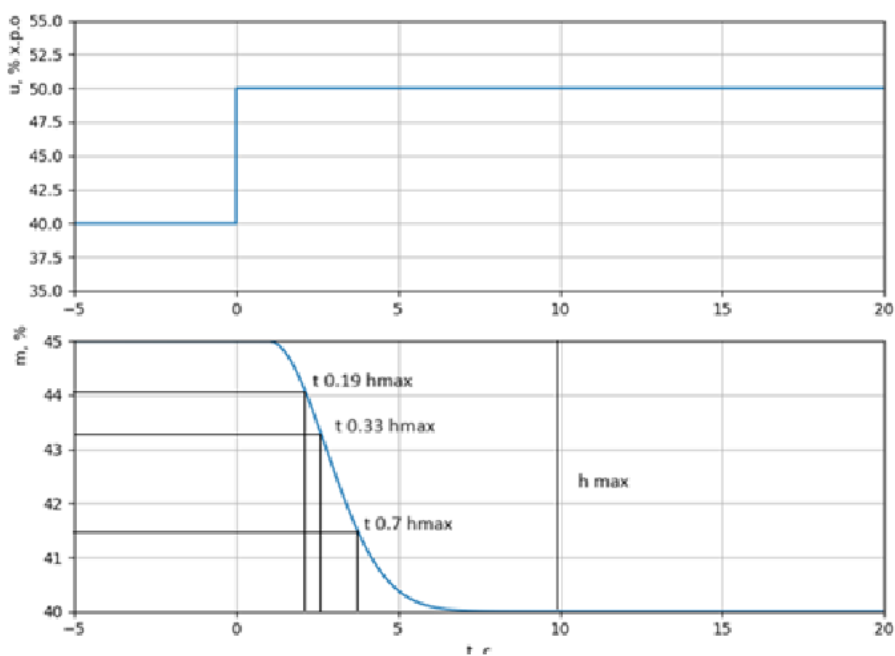


Рис 2.7 – Позначення $t_{0.19h_{\max}}$, $t_{0.33h_{\max}}$, $t_{0.7h_{\max}}$ на графіку m .

Аналогічно виконано ідентифікацію каналу $u_2 \rightarrow m$. Перехідна характеристика відображає зменшення m при зростанні керувального впливу (підвищення тиску/інтенсивності пресування). За методом двох точок визначено параметри типової моделі другого порядку із запізненням.

Канал $u_2 - m$ (вологість вичавок)

Розрахунок коефіцієнту передачі

Вхідний вплив по каналу $u_1 = 40\% - 50\%$; $\Delta u_1 = 10\%$

Реакція на вплив Δu_2 регульованої змінної $Q_1 - 45\% - 40\%$;

$\Delta Q_1 = 40 - 45 = -5\%$.

Коефіцієнт передачі ОК по каналу $u_2 - m$ (для моделей ОК 1 і 2-го порядку)

$k = \Delta m / \Delta u_2 = -5 / 10 = -0.5\% / \% \text{ x.p.o}$

Розрахунок постійної часу та часу запізнення моделі 1-го порядку:

запізнення :

$$\tau_{ij} = 0.5(3t_{0.33} - t_{0.7}) = 0.5(3 \cdot 2.2 - 3.8) = 1.4\text{с}$$

Стала часу:

$$T_{ij} = \frac{(t_{0.7} - \tau_{ij})}{1.2} = \frac{(3.8 - 1.4)}{1.2} = 2\text{с}.$$

1.3 Розрахунок постійної часу та часу запізнення для моделі 2-го порядку:

$$\tau_{ij} = 0.5(3t_{0.19} - t_{0.7}) = 0.5(3 \cdot 2.1 - 3.8) = 1.25\text{с}.$$

$$T_{ij} = \frac{(t_{0.19} - \tau_{ij})}{2.4} = \frac{(3.8 - 1.25)}{2.4} = 1.06\text{с}.$$

Статичні властивості ОК описуються статичними характеристиками (моделями) каналів. Вони відбивають взаємозв'язок між вхідними і вихідними координатами (перемінними) каналів ОК в статично сталих режимах, тобто після загасання всіх перехідних складових цих перемінних.

Значення u , отримані в результаті експерименту, завжди мають випадкову складову, обумовлену дією некерованих і неконтрольованих змінних, похибками вимірювання u та x .

У теорії експерименту вхідні змінні ОК називають факторами, а регульовані координати – відгуком. Відповідно до цієї термінології експеримент, проведений для ідентифікації моделі, де функція залежить від однієї змінної, називають однофакторним, а функція багатьох змінних – багатофакторним.

Експерименти для отримання математичних моделей статички можуть бути пасивними або активними (як і при отриманні моделей динаміки). Для отримання моделей статички у нашому випадку будемо використовувати активний експеримент.

Суть планування експерименту полягає у виборі діапазонів зміни факторів, кроку збільшення факторів, послідовності їх зміни та числа повторів цих змін.

А. Діапазони зміни факторів в експерименті фактично визначає діапазон, де отримана модель може коректно використовуватися. Тому вони повинні відповідати реальним діапазонам зміни змінними, обумовлених факторами.

Б. Крок факторів повинен бути такими, щоб при перекритті необхідного діапазону їх зміни кількість дослідів не була б занадто великою або малою – найчастіше рекомендується 3...6 дослідів.

В. Кількість повторів (для компенсації випадкової складової) визначається інтенсивністю випадкових складових у вхідних і вихідних змінних ОК, кількістю факторів (цілеспрямовано змінюваних вхідних змінних) витратами часу та інших обставин. Кількість повторів приймається рівною 3...5. У деяких випадках повторів можна не робити взагалі.

Г. Послідовність зміни факторів особливо при їх великій кількості доцільно вибрати такою, щоб рандомизувати експеримент, тобто додати випадкові властивості ходу експерименту. Це можна зробити за рахунок запланованої заздалегідь випадкової зміни послідовності зміни факторів і, можливо, величин їх збільшень. Така організація експерименту дозволить “не пропустити” особливостей властивостей об'єкту, що при однакових з'єднаннях факторів при повторях можуть не виявитися. У найпростіших випадках можна

використовувати і регулярні плани.

Результати експерименту для визначення статичної характеристики ОК зведено в таблицю 2.1 і на рис. 2.8.

Таблиця 2.1 Результати експерименту для визначення
статичної характеристики ОК

№ експерименту	U_1 , %х.р.о.	U_2 , %х.р.о.	M , %	Q_1 , %
1	40	40	40	95
2	55	50	45	98
3	70	50	55	105
4	25	50	25	85
5	40	60	50	74.5
6	40	70	52	80
7	40	40	58	59,5
8	40	30	56	53

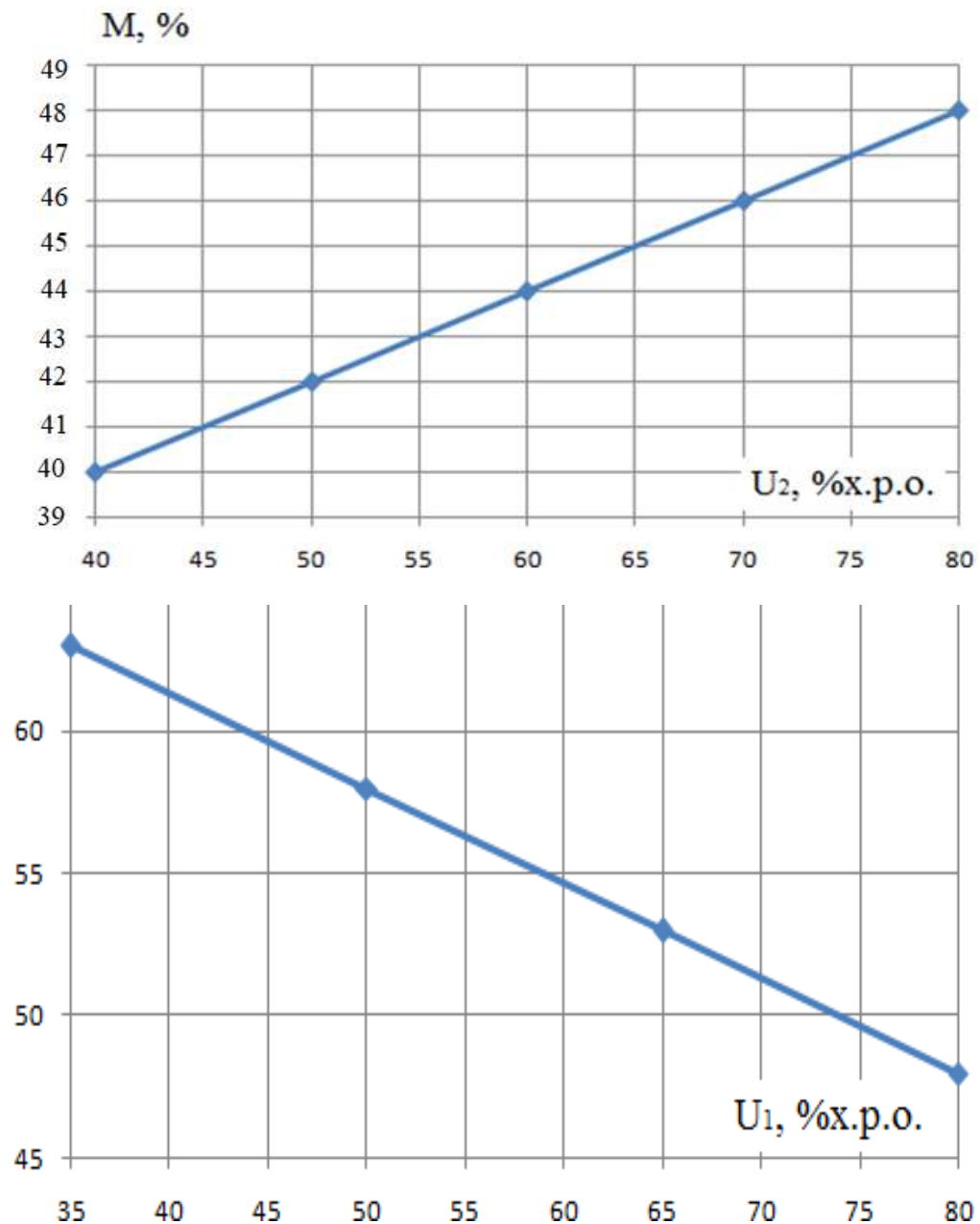


Рис. 2.8 – Результати експериментів для визначення статичних характеристик ОК

Структурна ідентифікація моделей статички зводиться до вибору виду рівняння регресії $y = \Phi(x)$.

Структурна ідентифікація є вихідним пунктом загального завдання ідентифікації моделей статички. Але, як показує практика, вибрати вид моделі відразу, як правило, не вдається. Причому недоліки вибраної моделі стають очевидними тільки після етапу її параметричної ідентифікації. Усунення

недоліків моделі вимагає повернення до процедури структурної ідентифікації. Таких поверів може бути кілька, тобто процедура ідентифікації носить ітераційний характер.

Для проведення параметричної ідентифікації моделі статички ОК доцільно використовувати метод найменших квадратів. Суть методу полягає в пошуку такого вектора параметрів вибраної моделі, що забезпечував би мінімальну суму квадратів розходження між значеннями вихідної змінної об'єкта y , отриманих у результаті експерименту y_i , $i = 1, n$ при значеннях вхідних змінних x_i , і вихідної змінної моделі об'єкту y_m , обчисленої при тих же значеннях x , тобто

Для досліджуваного ОК,

$$M = a_1 \cdot u_1 + a_2 \cdot u_2 + a_0$$

$$Q_1 = b_1 \cdot u_1 + b_2 \cdot u_2 + b_0$$

Параметри a_1 , a_2 , b_1 та b_2 були нами визначені в процесі ідентифікації в підрозділі 2.2. При цьому:

$$a_1 = K_0 = -4.7 \%/\%x.p.o., a_2 = 0,47 \%/\%x.p.o.,$$

$$b_1 = 5 \%/\%x.p.o., b_2 = -0.5 \%/\%x.p.o.$$

Параметри a_0 та b_0 можна визначити із залежностей:

$$a_0 = M - a_1 \cdot u_1 - a_2 \cdot u_2 = 40 - 4.7 \cdot 40 - 0,47 \cdot 50 = -171,5\%;$$

$$b_0 = Q_1 - b_1 \cdot u_1 - b_2 \cdot u_2 = 95 - 5 \cdot 40 - 0,5 \cdot 50 = -130\%.$$

2.3 Ідентифікація моделей детермінованих і випадкових складових неконтрольованих збурень

Слід зазначити, що неконтрольовані збурення на ОК не є чітко певними фізичними параметрами. Вони є певною математичною абстракцією, про яку відомою є лише реакція системи регулювання на них. Діапазон їх зміни доцільно прив'язувати до фізичного діапазону зміни управляючих дій. З теорії автоматичного керування відомо, що фізичний діапазон зміни управляючої дії лежить у межах $0 \dots 100 \%x.p.o.$, а діапазон зміни неконтрольованих збурень може

становити приблизно 10...15% від діапазону зміни управляючої дії, тобто становить приблизно 10...15 % х.р.о. (якщо неконтрольовані збурення прикладені до управляючої дії), або $(10...15) y_0$ (якщо неконтрольовані збурення прикладені до регульованої координати).

Контрольовані збурення – це конкретні фізичні параметри, які мають власну розмірність. Діапазон їх зміни можна визначити, виходячи з технологічних і виробничих інструкцій.

В інженерній практиці моделі вхідних дій звичайно представляють у формі процесу з декількома адитивними складовими, наприклад:

$$f(t) = \bar{f}(t) + \tilde{f}^n(t) + \tilde{f}^c(t) + \tilde{f}^w(t),$$

де $\bar{f}(t)$ – детермінована повільно змінювана складова;

$\tilde{f}^n(t)$ – квазидетермінована складова;

$\tilde{f}^c(t)$ – стохастична центрована складова;

$\tilde{f}^w(t)$ – високочастотна стохастична складова – шум.

Варто враховувати, що складові $\bar{f}(t)$, $\tilde{f}^n(t)$ є відносно низькочастотними діями, несприятливі наслідки яких САК повинна і може компенсувати.

Складова $\tilde{f}^w(t)$ пов'язана або із шумами у вимірювальних каналах, або з високочастотними збуреннями, наслідки яких, у силу особливостей каналів керування ОК, скомпенсовані бути не можуть. В обох випадках $\tilde{f}^w(t)$ в САК повинні бути відфільтровані. Визначивши властивості $\tilde{f}^w(t)$, можна підібрати параметри фільтрів низької частоти, які не «пропускають» шуми від об'єкту керування на вхід регулятора.

Вплив складової $\tilde{f}^c(t)$ на регульовану змінну не повністю компенсується регулятором САР і якраз зменшення цього впливу і визначає ефективність алгоритмів, які реалізує система регулювання.

Моделі неконтрольованих збурень доцільно представляти як суму чотирьох складових. Причому, детерміновану $\bar{f}(t)$ та квазидетерміновану $\tilde{f}^n(t)$ складові

доцільно привести до управляючої дії, а стохастичну складову $\tilde{f}^c(t)$ та шум $\tilde{f}^w(t)$ доцільно привести до регульованої координати

На практиці дуже часто прагнуть використовувати найбільш прості моделі детермінованих складових. У таких умовах в якості моделі $\bar{f}(t)$ приймають модель ступінчастої дії,

$$\bar{f}(t) = \begin{cases} a_{f_H} = \Delta f_H, & t > 0 \\ 0, & t < 0 \end{cases}, \text{ прикладеного до входу ОК.}$$

Ступінчасте збурення є одним з найбільш несприятливих з обмежених по величині дій на ОК (з погляду виникаючих у САК динамічних відхилень і тривалості виникаючих перехідних процесів).

Наближена ідентифікація Δf_H для ступінчастого збурення може бути проведена у такий спосіб:

Визначають (приблизно) середнє значення управляючої дії

$u(t) = \bar{u}(t)$, якому відповідає номінальне значення регульованої координати.

Задають значення $\Delta f_H = (0,1 \dots 0,2)u(t)$.

Квазідетермінована складова $\tilde{f}^n(t)$ може мати, наприклад, гармонійний характер, що відбиває вплив на регульовану змінну $y(t)$ періодично працюючого обладнання. Модель $\tilde{f}^n(t)$ знаходять при цьому безпосередньо із графіків $y(t)$, отриманих при проведенні пасивного експерименту. Для відтворення моделей $\tilde{f}^c(t)$ або $\tilde{f}^w(t)$ досить часто використовують метод формуючого фільтру. Його можна подати у вигляді такої структурної схеми моделювання

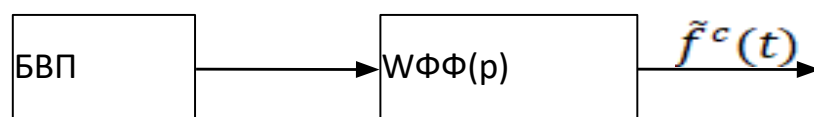


Рис. 2.9 – Базова модель випадкового процесу

де БВП - генератор базового випадкового процесу („білого шуму”);

$W_{ff}(p)$ – передаточна функція формуючого фільтра.

В подальшому для процесу пресування винограду як ОК розглядаються зовнішні впливи неконтрольованого збурення.

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

Додатково розглянуто типову модель 1-го порядку із запізненням як базову. Після цього виконано оптимізацію моделі другого порядку та порівняння з експериментом.

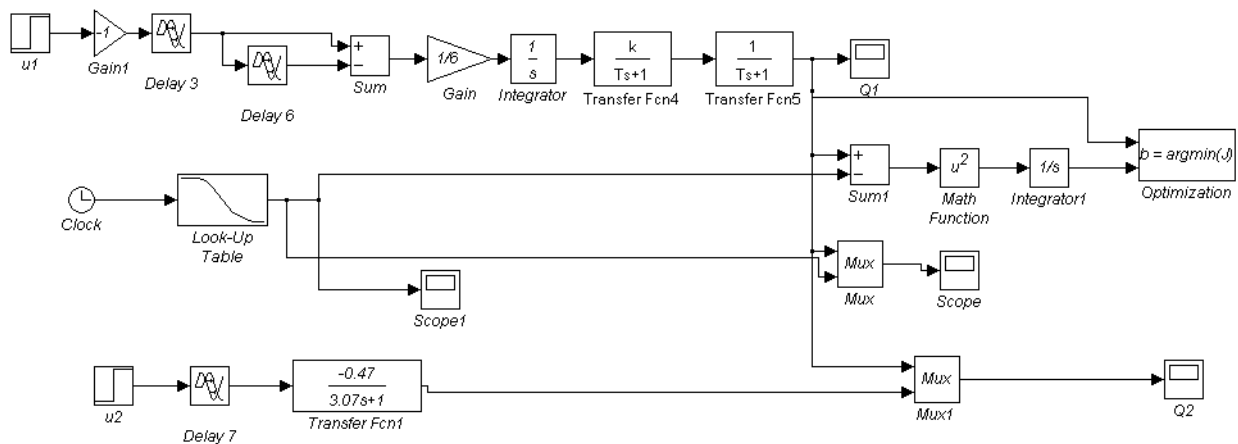


Рис 2.10 – Simulink-схема ідентифікації для $u1 \rightarrow Q1$

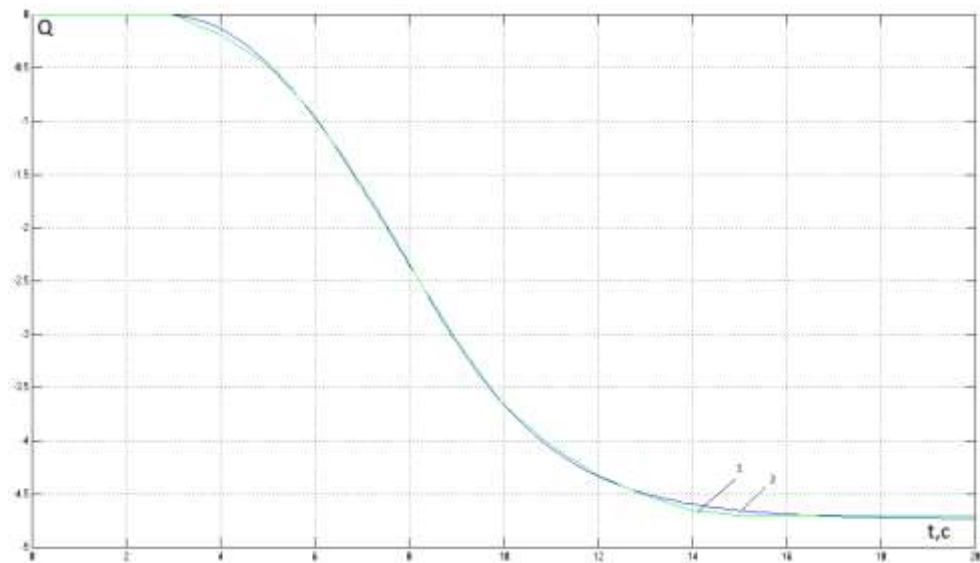


Рис 2.11 – Графік порівняння “1- експеримент–2- модель 2-го порядку”.

Конкретизація задачі оптимального параметричного синтезу (ОПС)

ОПС в умовах параметричної невизначеності ОК.

ОПС при фіксованих параметрах ОК.

Параметри об'єкту керування (ОК)

Імена параметрів:ko tau T

Номинальні значення:-0.47 5.3 3.82

Нижні значення діапазонів:0.8*1 0.8*2 0.8*5

Верхні значення діапазонів:1.2*1 1.2*2 1.2*5

Параметри що оптимізуються (аргументи)

Імена параметрів:k T tau tau1

Початкові наближення:0.47 4.05 2.19 4.92

Нижні обмеження:0.1 0.1 0 0

Верхні обмеження:10 10 10 10

Умови оптимізації (Симплекс метод Нелдера-Міда)

Максимальна кількість кроків процедури оптимізації:1500

Мінімальне прирощення аргументів:0.01

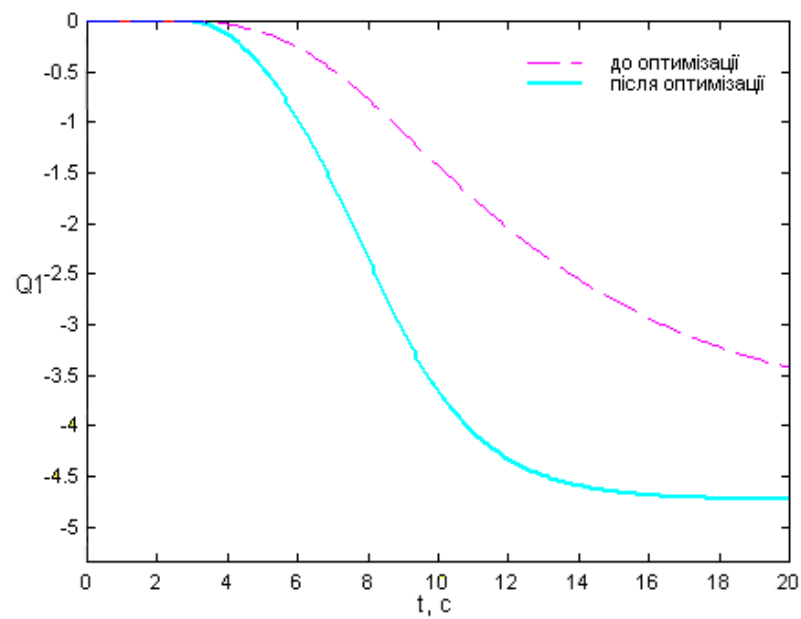
Мінімально значуще прирощення критерію:0.001

Візуалізація результатів

Кількість графіків:1

Імена змінних що відображаються на графіках:Q1

Рис 2.12 – Вікно оптимізатора: початкові наближення та межі параметрів.



Ім'я змінної	Оптимальне значення	Нижня межа	Початкове наближення	Верхня межа	Значення критерію оптимальності:
k	0.51852	0.1	0.47	10	до - 46.8008
T	1.5576	0.1	4.05	10	після - 0.014105
tau	5.4767	0	4.92	10	оптимізації.
tau1	2.3959	0	2.19	10	Кількість кроків процедури оптимізації:
					максимальна - 1500
					фактична - 111

Рис 2.13 – Вікно оптимізатора: результат оптимізації.

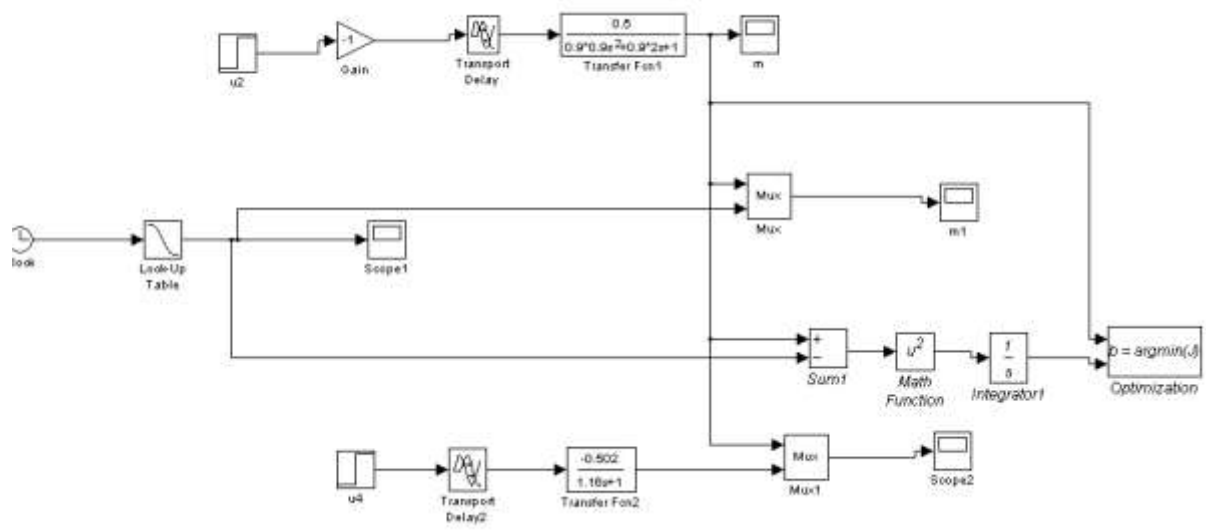


Рис 2.14 – Simulink-схема ідентифікації $u_2 \rightarrow m$.

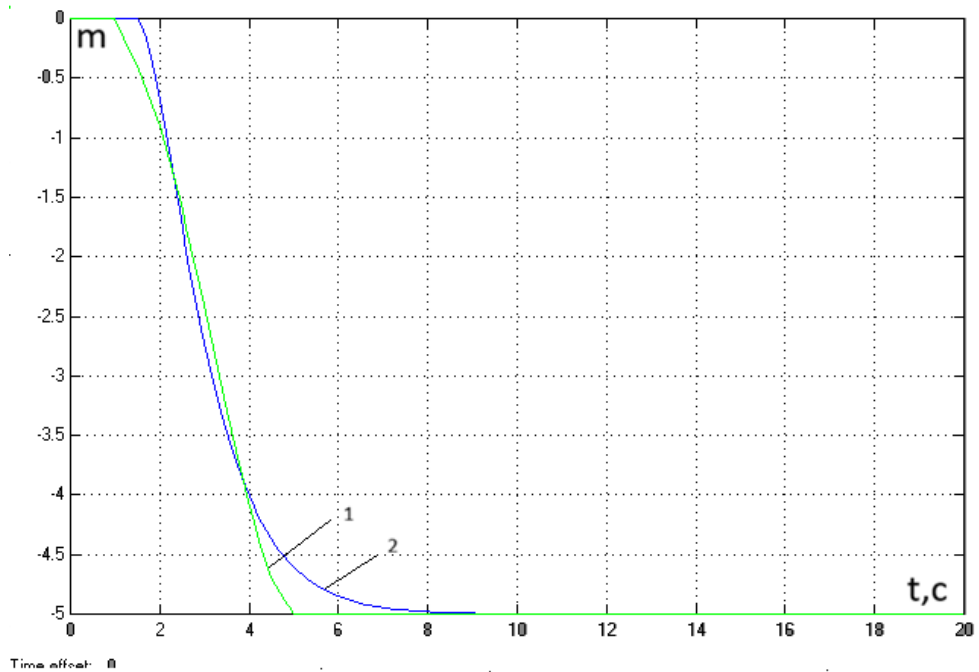


Рис 2.15 – Порівняння “1- експеримент– 2- модель 2-го порядку” для m .

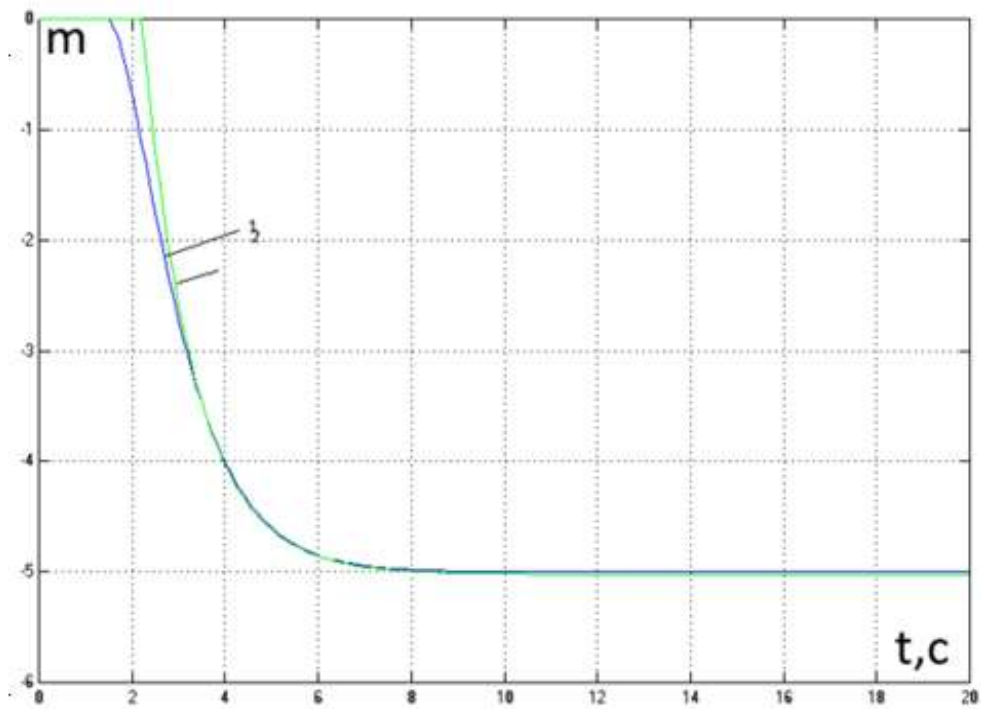
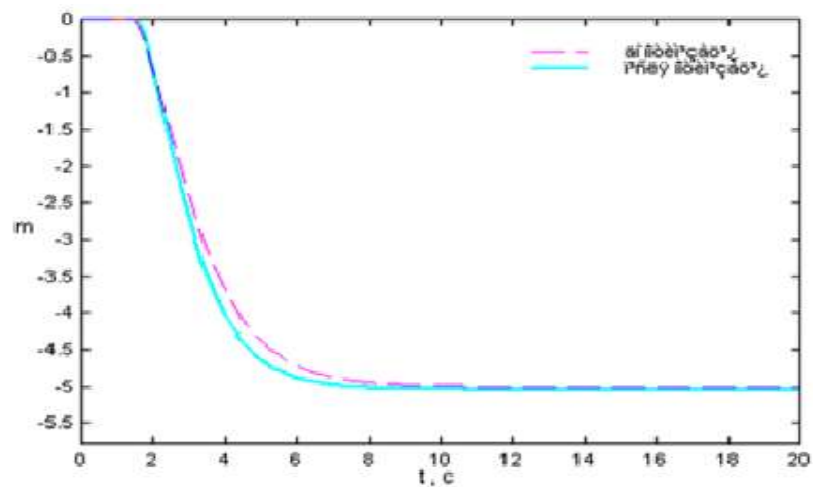


Рис 2.16 – Порівняння “1- експеримент– 2- типова модель 1-го порядку із запізненням”



Ім'я змінної	Оптимальне значення	Нижня межа	Початкове наближення	Верхня межа	Значення критерію оптимальності:	
k	0.50366	0.1	0.5	10	до -	0.69728
T	0.90278	0.1	1.06	10	після -	0.33363
tau	1.3383	0	1.25	10	Кількість кроків процедури оптимізації:	
					максимальна -	1500
					фактична -	53

Рис 2.17 – Вікно оптимізатора для m (до/після).

2.5 Висновок за розділом

В ході виконання цієї частини роботи було виявлено, що якісна реалізація технологічного процесу залежить від точності підтримки режимного параметра.

По усіх каналах об'єкт має статичні властивості і найточніше може бути описаний моделями другого порядку. Виконано аналіз технологічного процесу шнекового пресування як об'єкта автоматизації; виділено регульовані змінні Q1 та m, керувальні дії u1 та u2, а також основні збурення qmez і експлуатаційні фактори.

За перехідними характеристиками виконано ідентифікацію динаміки каналів $u1 \rightarrow Q1$ та $u2 \rightarrow m$ методом двох точок, отримано типові передатні функції та уточнено параметри оптимізацією у MATLAB/Simulink.

Для регуляторів виконано розрахунок початкових налаштувань за методикою Копеловича та реалізовано структуру системи керування з урахуванням перехресного впливу $Q1-P-m$.

Імітаційне моделювання показало працездатність системи: при уставках $Q1_{зд}=90\%$ та $m_{зд}=10\%$ і введених ступінчастих збуреннях керовані величини повертаються до заданих значень, що підтверджує правильність обраної структури та параметрів моделі.

Відтворення отриманих моделей здійснювалося у середовищі імітаційного моделювання MATLAB.

Надалі отримані моделі використовуватимуться для синтезу і аналізу САР підвищеної динамічної точності технологічного процесу пресування виноградного соку на винзаводі.

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

3.1 Конкретизація завдань регулювання процесу пресування винограду на винзаводі

Загальною задачею керування є керування продуктовими та енергетичними потоками для отримання властивостей продукту необхідного виду і якості.

Із загальної мети керування можна виділити окремі задачі:

Підтримання вихідних змінних об'єкту керування (M та Q_1) на їх заданих значеннях ($M^{здн}$ та $Q_1^{здн}$) - задача регулювання; пристосування в процесі роботи об'єкта керування до його змінних властивостей завданням - задача адаптації; забезпечення найкращих (оптимальних) в певно (заданому) сенсі режимів роботи об'єкта керування - задача оптимізації; забезпечити включення і відключення при пусках, зупинках, аварійних ситуаціях - задача логічного керування.

Необхідно і доцільно автоматизувати кожен із задач керування.

Для задачі регулювання автоматизація необхідна для автоматичного регулювання заданої змінної в околиці бажаного значення із заданою точністю без фізичної участі людини. Для якісної та економічно доцільною реалізації технологічного процесу пресування винограду необхідно регулювати вологість вичавок M та прозорість сусла Q_1 .

Для задачі адаптації слід автоматизувати пристосування в процесі роботи об'єкту керування до його мінливим властивостям, завданням. Розглянутий технологічний процес є об'єктом неперервної дії. Властивості продукту істотно впливають на динамічні властивості об'єкта. Але ці властивості в процесі роботи установки на тривалому інтервалі часу змінюються мало. Цю задачу можна

розв'язати, міняючи (коригуючи) налаштування регуляторів у процесі роботи установки.

Для задачі оптимізації слід автоматизувати пошук оптимального протікання процесу, мінімізувати витрати енергії, брак продукції, збільшити продуктивність обладнання. Для процесу пресування винограду цю задачу можна розв'язати, підвищивши вимоги до розв'язання задачі регулювання.

Процес пресування винограду є об'єктом неперервної дії. Для нього є характерним тривалий робочий режим, на який об'єкт виводять в дистанційному режимі. Режими пуску і зупинки є неекономічними режимами роботи установки. Підвищення економічної ефективності роботи цього процесу в режимах пуску і зупинки можна досягти, автоматизувавши ці задачі. Тому для розглянутого технологічного процесу актуальна автоматизація задачі логічного керування.

Відповідно до нормативів ведення технологічних процесів (див. Таблицю 1.1) вологість вичавок на виході з преса повинна підтримуватися на рівні $40 \pm 0,5\%$. За цим параметром припустимі короточасні відхилення до $\pm 2\%$ протягом часу не більше 100 секунд. Прозорість суслу потрібно підтримувати на рівні $90.5 \pm 3\%$. За цим параметром припустимі короточасні відхилення до $\pm 6\%$ протягом часу не більше 60 секунд.

Таблиця 3.1 – Таблиця регламентів

№ п/п	Найменування	Позначення	Одиниця виміру	Номінальні значення	Допустимі відхилення від номінала		
					Довготривалі	Короточасні	
					Величина	Величина	Час
1	Вологість вичавків	M	%	40	$\pm 0,5$	± 2	120с
2	Прозорість соку	Q1	%	90.5	± 3	± 6	60с

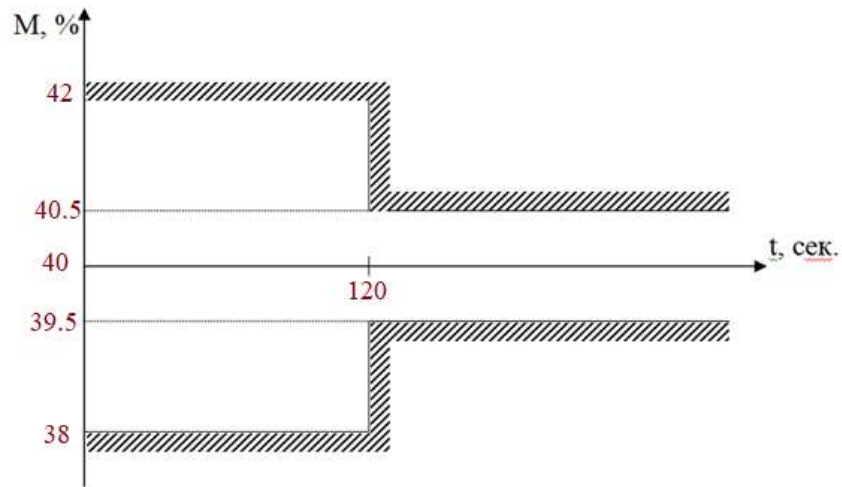


Рис. 3.1 – Регламентна зона для вологості вичавок М

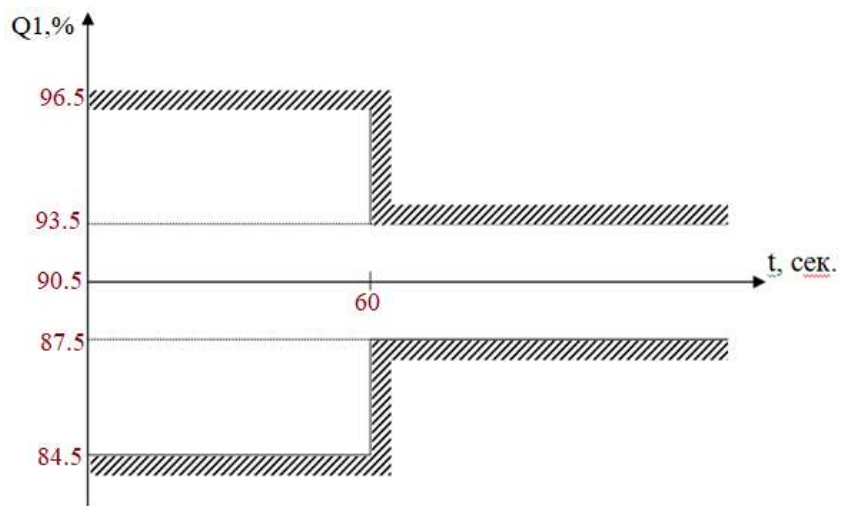


Рис. 3.2 – Регламентна зона прозорості суслу Q_1

Як видно з регламентів на САР для процесу пресування винограду особливо жорсткі вимоги пред'являються до тривалих відхилень, оскільки саме недотримання цих регламентів може призвести до браку готової продукції і суттєвих економічних збитків. Тому в якості критерію було обрано інтегральний модульний критерій з помилкою перерегулювання в 20%, тому що чим більший перехідний процес, тим більше значення критерію, а якщо підібрати перехідний процес, який буде відповідати мінімальному значенню критерію, то цей процес буде з мінімальною тривалістю.

$$J = \int_0^M \left(\left| \frac{\Delta M(t)}{2} \right| + \left| \frac{\Delta I(t)}{5} \right| \right) \cdot dt$$

Основу керування становить інформація про мету управління або про бажаний стан ОК ($M^{3ДН}$, $Q_1^{3ДН}$), про поточний стан ОК (M , Q_1) і про збурення f_1 , f_2 . В залежності від об'єму використаної керуючим пристроєм (КП) інформації про ОК виділяють чотири принципи побудови САР: принцип розімкненого жорсткого (програмного) керування; принцип розімкненого керування за збуренням; принцип замкненого керування станом ОК або керування зі зворотнім зв'язком; комбінований принцип керування.

Для САР процесу пресування винограду доступною, крім інформації про бажаний стан ОК, є інформація про поточний стан ОК. Такий обсяг інформації для формування керуючих дій достатній для реалізації замкненого принципу керування. Тому саме цей принцип і буде покладено в основу розроблюваної САР пресування винограду базової структури. Структурна схема цього принципу керування наведена на рисунку 4.3.

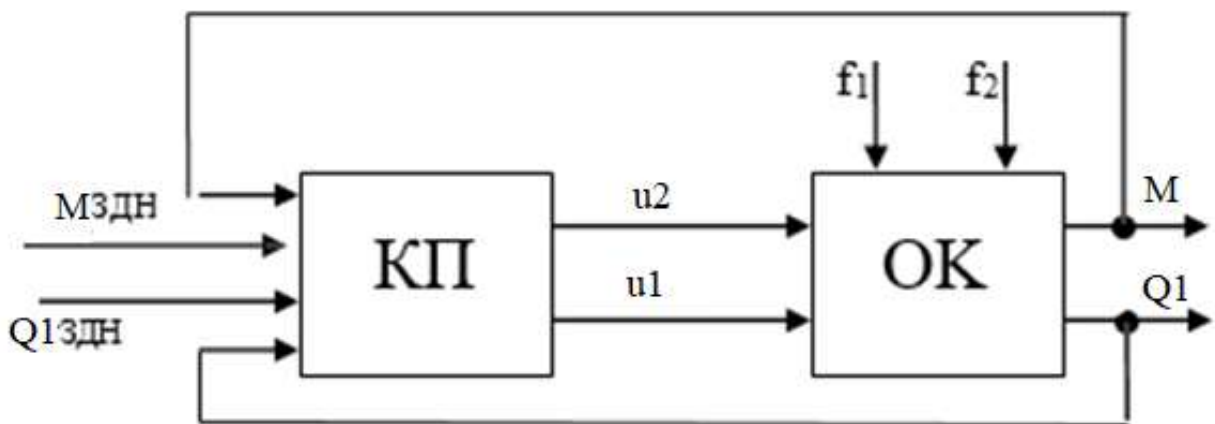


Рис. 3.3 – Структурна схема замкнутого принципу керування

3.2 Параметричний синтез і аналіз САР базової структури

Структурна схема САР процесу пресування винограду наведена на рис. 5.1.

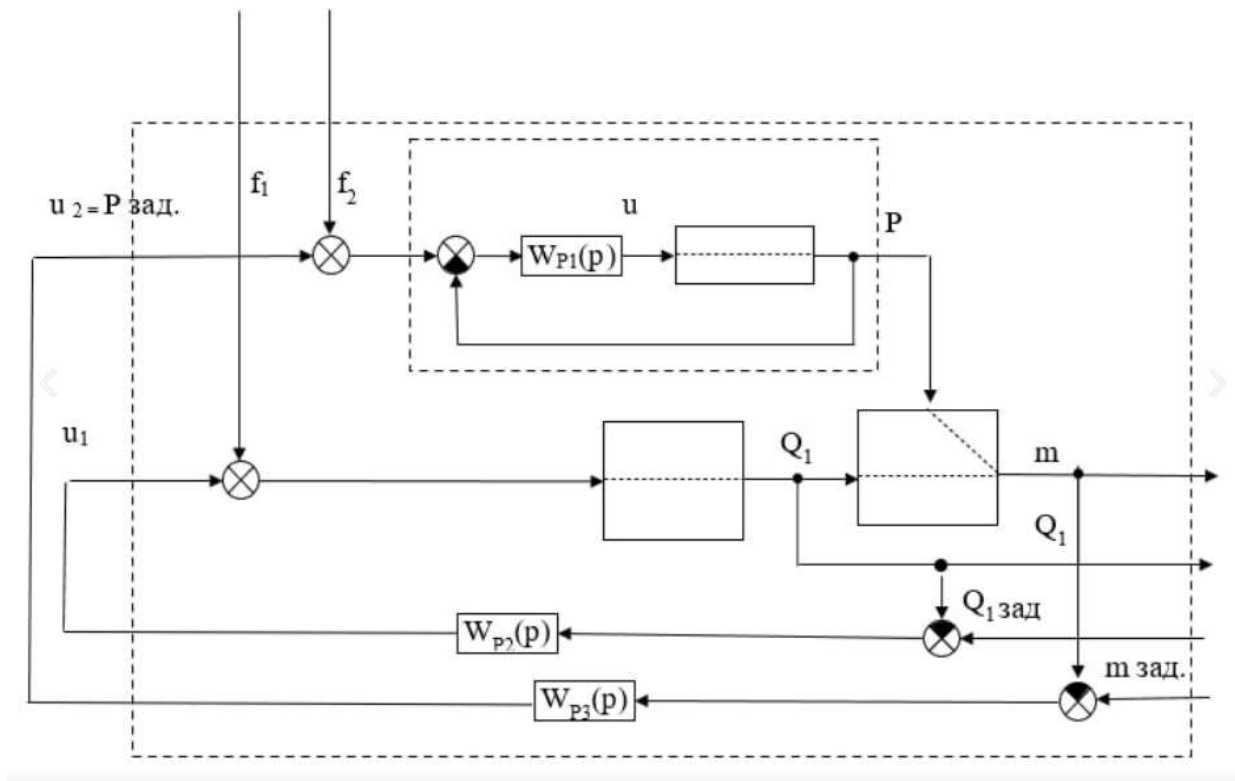


Рис 3.4 – Структурна схема САР процесу пресування винограду
найпростішої структури

Позначення на схемі:

M – вологість вичавків, %;

Q_1 – прозорість чистого сусла, %;

u_1, u_2 – регулюючі впливи (u_1 – положення заслінки перед бункером подачі сировини; u_2 – положення задатчика регулятора тиску “після себе”), % х.р.о.;

f_1, f_2 – неконтрольовані збурення.

$W_{p1}(p), W_{p2}(p)$ – передаточні функції регуляторів;

$M^{здн}, Q_1^{здн}$ – задані значення регульованих координат;

$\Delta M, \Delta Q_1$ – помилки регулювання.

Рівняння руху ПІ-регулятора

$$u(t) = K_p \cdot \left(\Delta y(t) + \frac{1}{T_{\text{ІЗ}}} \int_0^t \Delta y(t) dt \right) + u_0;$$

Передаточна функція ПІ-регулятора

$$W_p(p) = K_p \cdot \left(1 + \frac{1}{T_{\text{ІЗ}} p} \right)$$

Рівняння руху ПД-регулятора

$$u(t) = K_p \cdot \left(\Delta y(t) + \frac{1}{T_{\text{ІЗ}}} \int_0^t \Delta y(t) dt + T_{\text{ПД}} \frac{d\Delta y(t)}{dt} \right) + u_0;$$

Передаточна функція ПД-регулятора

$$W_p(p) = K_p \cdot \left(1 + \frac{1}{T_{\text{ІЗ}} p} + \frac{T_{\text{ПД}} p}{0,2 \cdot T_{\text{ПД}} p + 1} \right)$$

В інженерній практиці при керуванні технологічними процесами в більшості випадків використовують типові алгоритми регулювання або регулятори. До них відносяться пропорційний (П), пропорційно-інтегральний (ПІ), пропорційно-диференціальний (ПД) і пропорційно-інтегрально-диференціальний (ПІД) алгоритми регулювання. Якщо ОК за каналами керування має статичні властивості, то П- і ПД-алгоритми регулювання у складі САР дають помилку статизму. При цьому найчастіше статична точність таких САР неприйнятна. І-складова усуває помилку статизму, але істотно знижує швидкодію регулювання. Якщо канали ОК є статичними, то рекомендується використовувати алгоритми регулювання з І-складовою, тобто ПІ і ПІД.

Процес пресування винограду за всіма каналами має статичні властивості, тому в якості альтернативних варіантів алгоритмів регулювання вибираємо

пропорційно- інтегральний (ПІ) і пропорційно-інтегрально-диференціальний (ПІД) алгоритми регулювання.

В результаті виконання розділу кваліфікаційної роботи на тему: «Ідентифікація та моделювання технологічних об'єктів» була проведена ідентифікація моделей каналів перетворення координатних дій технологічного процесу пресування винограду.

для каналу **Q1зд–Q1** — ПІД-регулятор;

для каналу **тзд–т** — каскадна структура (зовнішній регулятор вологості та внутрішній регулятор тиску), де для внутрішнього контуру може бути ПІ.

Розрахунок початкових наближень ПІД- регулятора по каналу Q1зд. - Q1

$$Kp = \frac{0.8 \cdot 3.07}{-0.47 \cdot 5.69} = -0.92$$

$$Tіз = 2.4 \cdot 5.69 = 13.7$$

$$Tуп = 0.5 \cdot 5.69 = 2.84$$

Розрахунок початкових наближень ПІД - регулятора по каналу тзд. - т

$$Kp = \frac{0.8 \cdot 1.32}{-0.5 \cdot 1.92} = -1.1$$

$$Tіз = 2.4 \cdot 1.92 = 4.6$$

$$Tуп = 0.5 \cdot 1.92 = 0.96$$

Розрахунок початкових наближень ПІ - регулятора по каналу тзд. - т

$$Kp = \frac{0.6 \cdot 1.32}{-0.5 \cdot 1.92} = -0.82$$

$$Tіз = 3.2 \cdot 1.92 = 6.12$$

Оскільки у реальному процесі вологість вичавок залежить не лише від тиску Р, але і від того, “скільки рідини залишилось у твердій фазі” після відбору першої фракції (тобто від Q1 та пов’язаних величин F1/F2), у моделі введено перехресний вплив через окремий блок Subsystem. Реалізація базується на мультиплікативній/нелінійній залежності типу:

$$m = F2 \cdot \frac{\frac{200}{F2-2}}{P + \frac{200}{F2-2}}$$

де F2 отримується через перетворення показника прозорості Q1 у “відсоток залишкової вологи/рідини”, що узгоджується з тезою: при Q1≈90% на вході другої фракції залишається близько 80% вологи (тобто істотна частина рідини ще в твердій фазі).

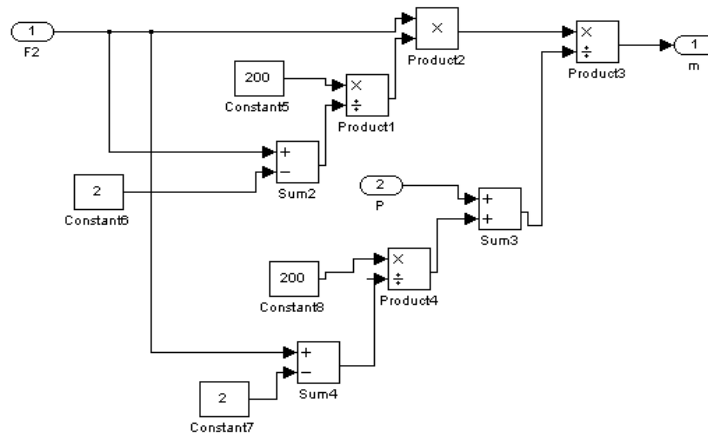


Рис 3.5 – Вікно Subsystem з перехресним зв’язком.

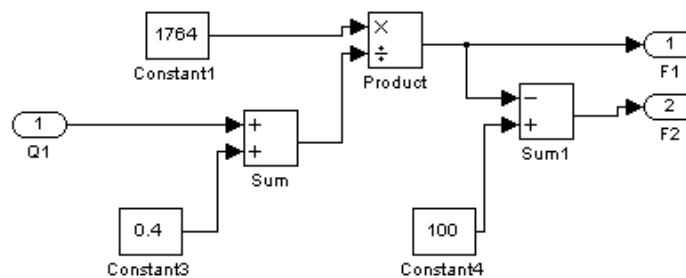


Рис 3.6 – Вікно Subsystem1 з перетворенням Q1→F1/F2 .

• На основі побудованих моделей каналів та синтезованих регуляторів реалізовано повну систему керування, що містить:

- контур керування прозорістю Q1 ($Q1_{зд} \rightarrow \text{ПД} \rightarrow \text{модель } u1 \rightarrow Q1$);
- контур керування вологістю m ($m_{зд} \rightarrow \text{регулятор} \rightarrow \text{динаміка } u2 \rightarrow P \rightarrow \text{перехресна ланка} \rightarrow \text{динаміка переміщення мезги/запізнення} \rightarrow m$);
- перехресну ланку, яка враховує вплив Q1 та P на m;

канали збурень (ступінчасті збурення в каналі Q1 і m, Step time = 100, final value ± 10).

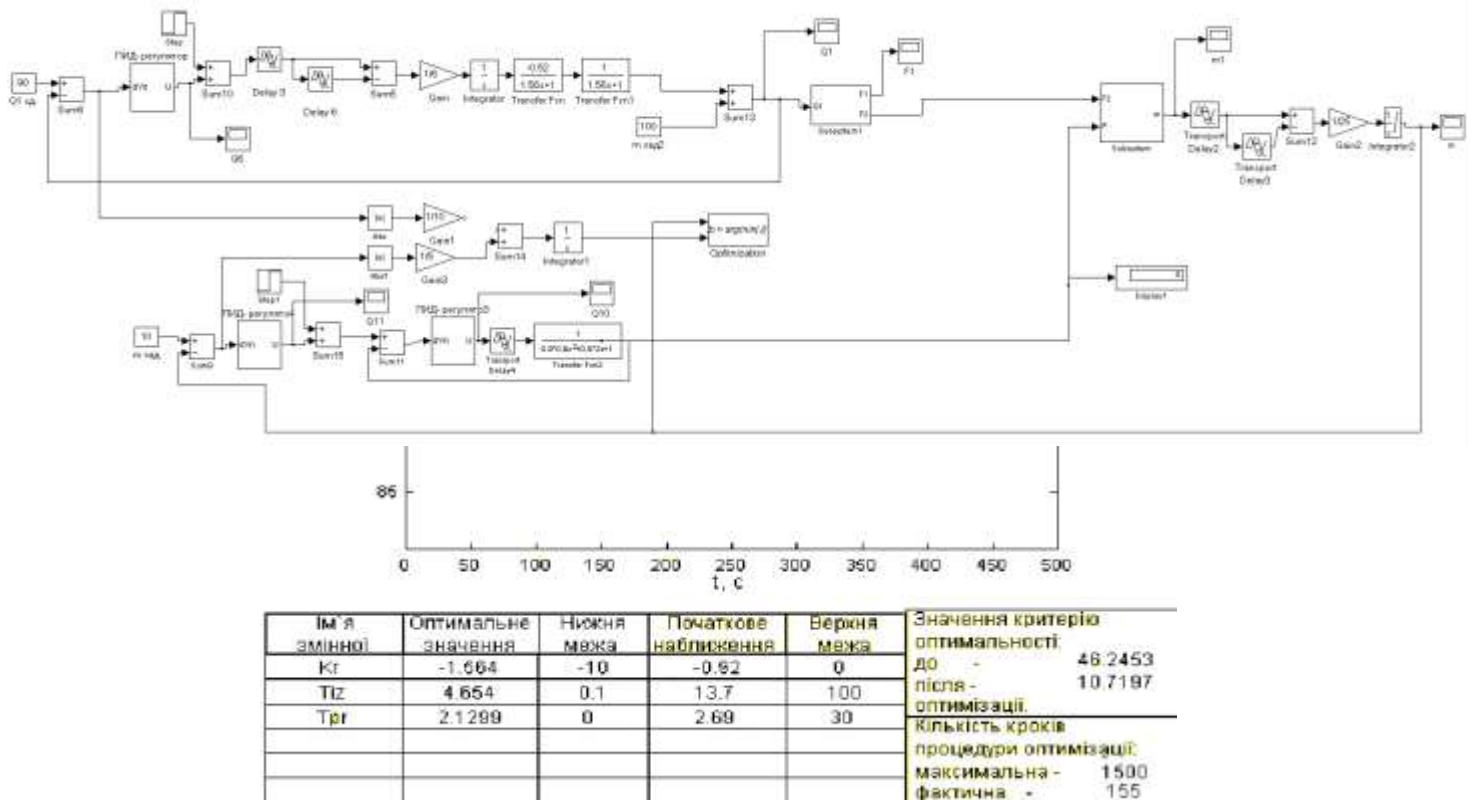
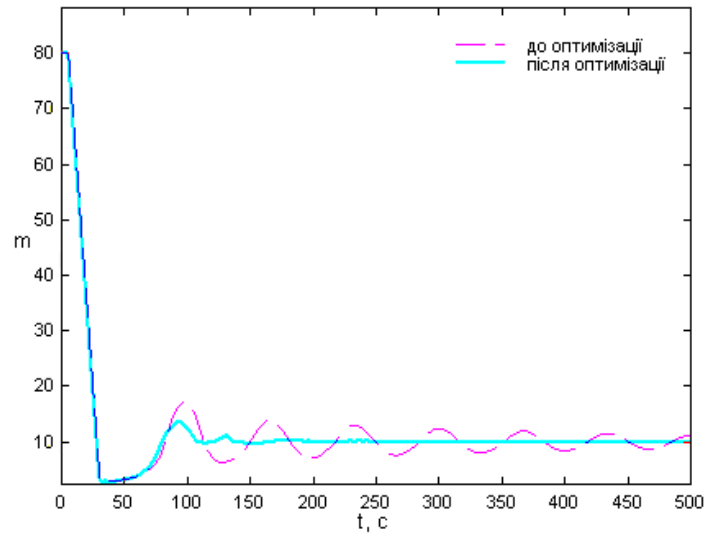


Рис 3.7 – Загальна Simulink-схема системи керування

Рис 3.8 – Вікно оптимізатора для Q1 (до/після).



Ім'я змінної	Оптимальне значення	Нижня межа	Початкове наближення	Верхня межа	Значення критерію оптимальності:
Kr	-0.91077	-10	-1.1	0	до - 445.6376
Tiz	4.8225	0.1	4.6	30	після - 311.6261
Tpr	0.98339	0.1	0.96	30	оптимізації.
Krg1	1.2775	0.1	0.82	30	Кількість кроків процедури оптимізації:
Tiz1	1.8638	0.1	6.13	30	максимальна - 1500
					фактична - 158

Рис 3.9 – Вікно оптимізатора для m (до/після).

Моделювання виконано для уставок:

- $Q1_{зд} = 90\%$,
- $m_{зд} = 10\%$,

та при введенні збурень у вигляді ступінчастого сигналу:

- у каналі $Q1_{зд}$ – $Q1$: Step time = 100, Final value = –10,
- у каналі $m_{зд}$ – m : Step time = 100, Final value = +10.

За результатами осцилограм видно, що система виходить на задані значення та компенсує збурення, забезпечуючи відновлення $Q1$ до 90% та m до 10% після перехідних процесів.

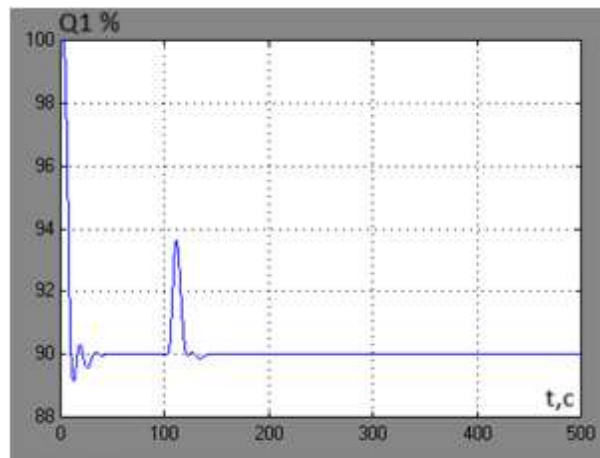


Рис 3.10 – Осцилограма Q1 .

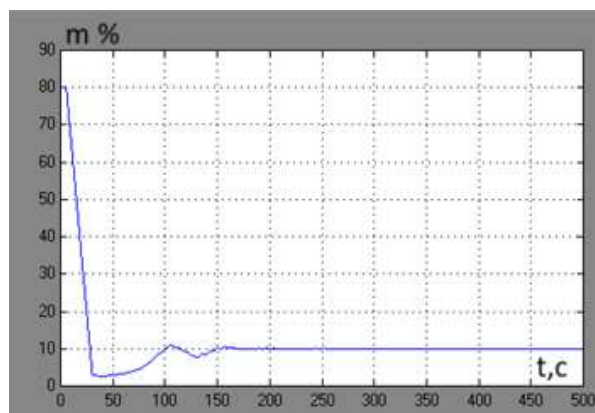


Рис 3.11 – Осцилограма m .

3.3 Висновок за розділом

Сформульовано гранично допустимі вимоги до якості регулювання технологічних параметрів процесу пресування виноградного соку у шнековому пресі.

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.

Ми будемо використовувати PIDalgorithm як базовий алгоритм керування.

РОЗДІЛ 4 СПЕЦИФІКАЦІЯ ЗАДАЧІ ТА РОЗРОБКА АЛГОРИТМІВ ЛОГІЧНЕ КЕРУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМ ПРОЦЕСОМ

4.1 Конкретизація завдання логічного керування технологічним процесом

В якості об'єкта модернізації вибрано систему автоматизації процесу віджимання виноградного соку в шнековому пресі вибрано шнековий прес, апаратно- технологічна схема якої наведена на рис. 4.1.

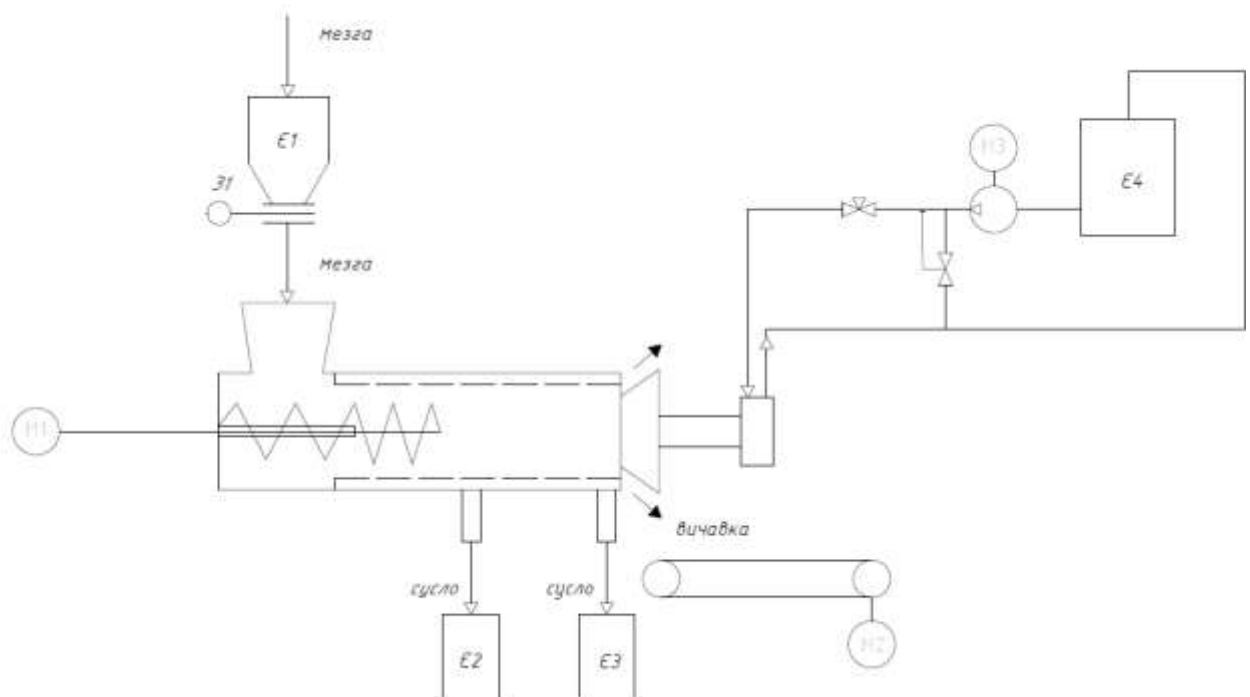


Рис. 4.1 – Апаратно-технологічна схема шнекового пресу віджимання виноградного соку

Опис процесу управління.

Шнековий прес безперервної дії призначений для видобування соку з подрібненого винограду (мезги). Основними регульованими параметрами системи є якість першої фракції соку, вологість віджатої мезги.

Мезга подається в завантажувальний бункер через регульовану заслінку, після чого надходить у пресувальну камеру. Основний робочий орган – шнек, який

приводиться в обертання електродвигуном. Обертання шнека забезпечує переміщення мезги вздовж перфорованого циліндра у напрямку до вихідного отвору, де вона піддається пресуванню. Через перфоровані стінки камери відводиться сік, який далі розділяється на дві фракції: F1, Q1 – витрата та якість першої фракції соку; F2, Q2 – витрата та якість другої фракції соку. Залишковий твердий продукт – відпресована мезга – виводиться через регульований зазор між корпусом і рухомим конусом. Вологість вичавок позначається параметром M. Розмір зазору, а відповідно й створюваний у пресувальній зоні тиск P, визначається положенням рухомого конуса, який керується гідроциліндром. Тиск масла в гідросистемі позначено як $P_{гід}$, воно регулюється за допомогою керуючого сигналу u_2 , що впливає на виконавчий механізм системи регулювання тиску. При фіксованій швидкості обертання шнека стабільність якості першої фракції соку забезпечується регулюванням тиску в зоні пресування шляхом задання тиску P через керуючу дію u_2 . Тиск створюється гідронасосом, що подає масло в гідроциліндр. Тиск визначає зусилля, з яким конус перешкоджає виходу мезги, тим самим забезпечуючи необхідну ступінь її стиснення та віджиму. При досягненні рівноваги між зусиллям від шнека і протидією з боку рухомого конуса система переходить у встановлений режим. Будь-яке збільшення подачі мезги викликає додаткове ущільнення, за рахунок чого конус частково відходить назад, автоматично підтримуючи задане зусилля пресування. Таким чином, навіть при максимальній швидкості шнека забезпечується необхідна якість соку завдяки регульованому тиску.

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

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 регулювання роботи в режимі пуску



Рис. 4.3 – блок-схема роботи в режимі зупинки.

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.

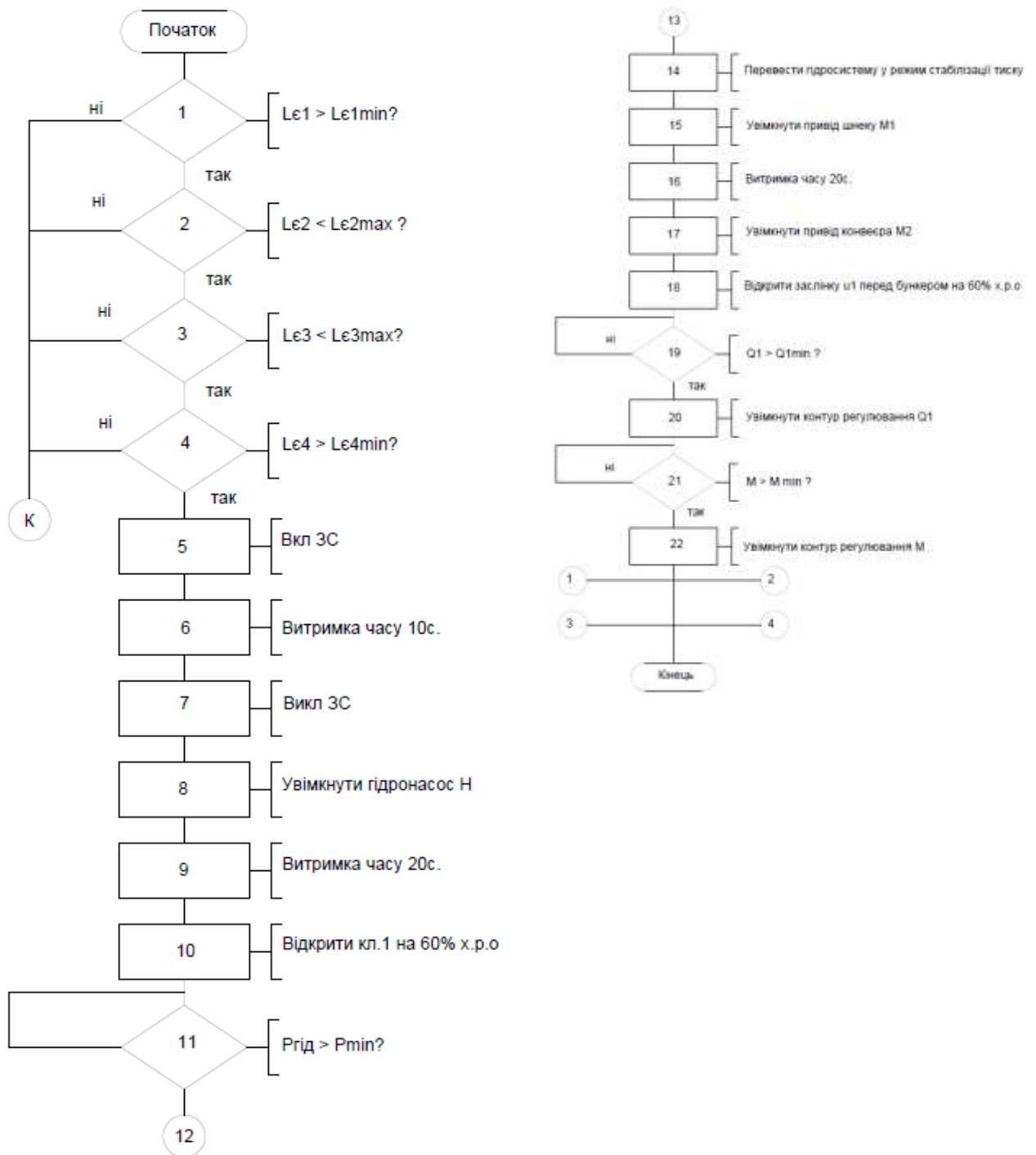


Рис. 4.4 – Блок-схема алгоритму керування пуском системи

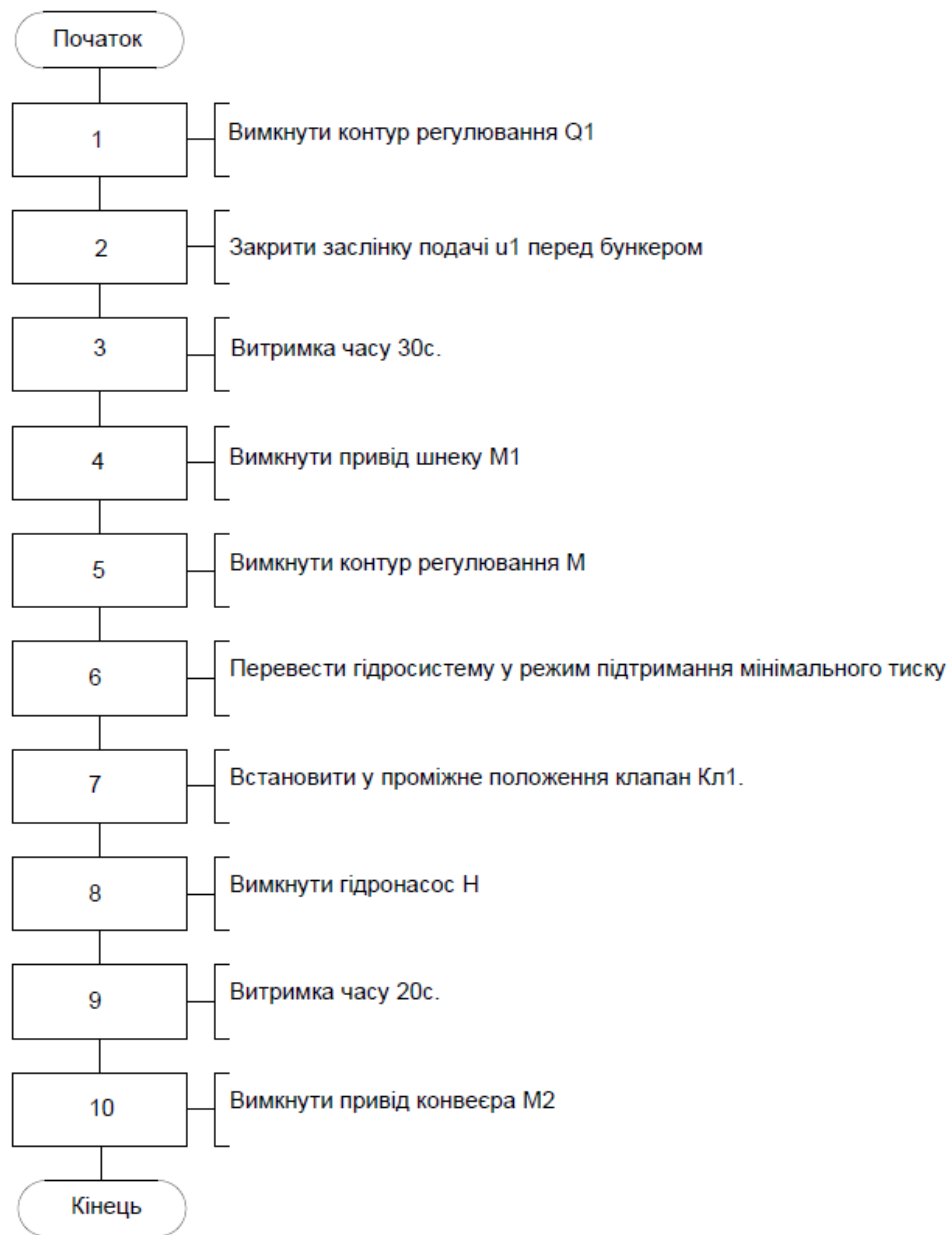


Рис. 4.5 – Блок-схема алгоритму керування зупинкою системи

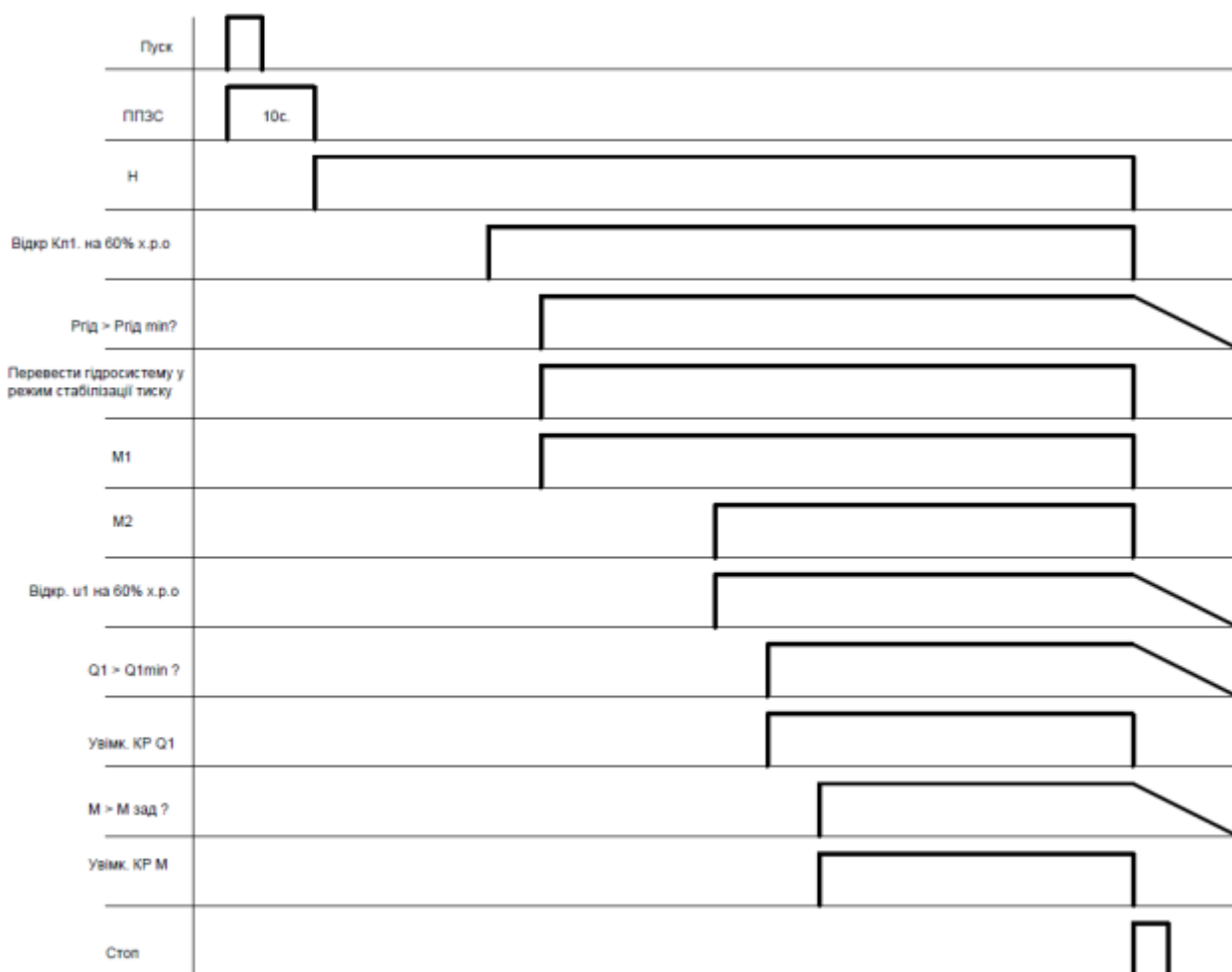


Рис. 4.6 – Циклограма технологічного процесу пресування виноградного соку

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

Як нештатну ситуацію було розглянуто відключення двигуна гідросистеми.

Регламент аварійної зупинки наведено на рис. 4.7, а на рис. 4.8 – алгоритм.



Рис. 4.7 Регламент аварійної зупинки при нештатній ситуації

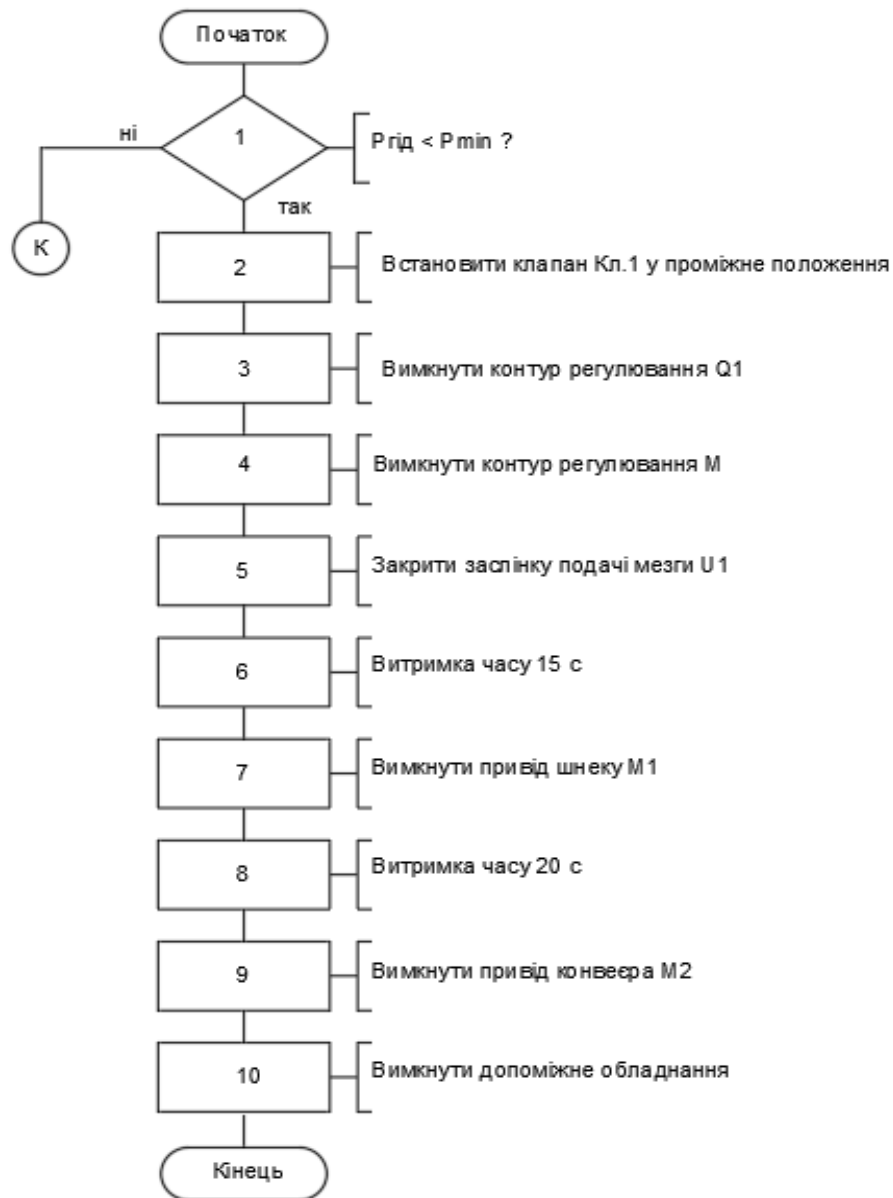


Рис. 4.8 Блок схема алгоритму аварійної зупинки процесу віджимання продукції

4.4 Висновки за розділом

В результаті реалізації розділу для даного технологічного процесу складено регламент роботи та алгоритми пуск-стоп процесу віджимання виноградного соку в нормальному та аварійному режимах. Можна сказати, що розроблені алгоритми керування, а також характеристики, отримані під час моделювання роботи САК, достатньо точно відповідають реальним технологічним процесам.

РОЗДІЛ 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 повинні бути враховані при виборі технічних засобів та місць їх розміщення

Охарактеризуємо параметри приміщення, де буде експлуатуватися система керування: Шафа з контролером, електронним обладнанням, елементами електроприводу знаходиться біля технологічного апарату (шнекового пресу), і знаходиться в умовах високої температури та високого вмісту пилу.

Шафа виконана в захисному корпусі від вологи.

За характером середовища - «вологе» температура в приміщенні під впливом відмінностей теплових випромінювань перевищує постійно або періодично (більше 1 добу $+30^{\circ}\text{C}$).

Щодо небезпеки ураження людей електричним струмом розрізняють:

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

б) приміщення з підвищеною небезпекою, які характеризуються наявністю в них однієї з умов, що створює підвищену небезпеку:

вологості або струмопровідного пилу;

струмопровідної підлоги (металева, земляна, залізобетонна, цегляна тощо);

високої температури;

можливості одночасного дотику людини до металоконструкцій будівель, технологічних апаратів, механізмів тощо, які мають з'єднання з землею, з одного боку, і до металевих корпусів електроустаткування – з іншого;

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

особливої вологості;

хімічно активного або органічного середовища;

одночасно двох або більше умов підвищеної небезпеки

Відповідно, приміщення де знаходиться шнековий пресс слід віднести, до –

«Приміщення з підвищеною небезпекою»

Згідно з «Правилами будови електроустановок. електрообладнання спеціальних установок ДНАОП 0.00-1.32-01» клас вибухонебезпечних зон характерних виробництв та категорія і група вибухонебезпечної суміші повинні відображатися в нормах технологічного проектування або в галузевих переліках виробництв з вибухо- пожежонебезпеки.

Газо-, пароповітряні вибухонебезпечні середовища утворюють вибухонебезпечні зони класів 0, 1, 2, а пило повітряні — вибухонебезпечні зони класів 20, 21, 22.

Вибухонебезпечна зона класу 0 — простір, у якому вибухонебезпечне середовище присутнє постійно або протягом тривалого часу.

Вибухонебезпечна зона класу 0 згідно з вимогами даного розділу може мати місце тільки в межах корпусів технологічного обладнання.

Вибухонебезпечна зона класу 1 — простір, у якому вибухонебезпечне середовище може утворитися під час нормальної роботи (тут і далі нормальна робота — ситуація, коли установка працює відповідно до своїх розрахункових параметрів).

Вибухонебезпечна зона класу 2 — простір, у якому вибухонебезпечне середовище за нормальних умов експлуатації відсутнє, а якщо воно виникає, то рідко і триває недовго.

Частоту виникнення і тривалість вибухонебезпечного газо-, пароповітряного середовища визначають за правилами (нормами) відповідних галузей промисловості.

Вибухонебезпечна зона класу 20 — простір, у якому під час нормальної

експлуатації вибухонебезпечний пил у вигляді хмари присутній постійно або часто в кількості, достатній для утворення небезпечної концентрації суміші з повітрям, і (або) простір, де можуть утворюватися пилові шари непередбаченої або надмірної товщини. Звичайно це має місце всередині обладнання, де пил може формувати вибухонебезпечні суміші часто і на тривалий термін.

Вибухонебезпечна зона класу 21 — простір, у якому під час нормальної експлуатації ймовірна поява пилу у вигляді хмари в кількості, достатній для утворення суміші з повітрям вибухонебезпечної концентрації.

Ця зона може включати простір поблизу місця порошкового заповнення або осідання і простір, де під час нормальної експлуатації ймовірна поява пилових шарів, які можуть утворювати небезпечну концентрацію вибухонебезпечної пило повітряної суміші.

Вибухонебезпечна зона класу 22 — простір, у якому вибухонебезпечний пил у завислому стані може з'являтися не часто й існувати недовго або в якому шари вибухонебезпечного пилу можуть існувати й утворювати вибухонебезпечні суміші в разі аварії.

Ця зона може включати простір поблизу обладнання, що утримує пил, який може вивільнятися шляхом витоку і формувати пилові утворення.

Відповідно до введеної класифікації операційну площадку, де розміщується прес гранулятор, слід віднести до вибухонебезпечної зони класу 1 — простір, у якому вибухонебезпечне середовище може утворитися під час нормальної роботи.

«Правила будови електроустановок. електрообладнання спеціальних установок ДНАОП 0.00-1.32-01» встановлюють:

Допустимий рівень вибухозахисту і ступінь захисту оболонки електричних машин (стаціонарних і пересувних) 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

Таблиця 5.1 Рівні вибухозахисту і ступінь захисту

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
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

Таблиця 5.2 Рівні вибухозахисту і ступінь захисту

Для шнекового преса, слід вибирати ступінь захисту оболонки електричних машин та ступінь захисту оболонки електричних апаратів і приладів - «Вибухобезпечне електрообладнання».

«Правила будови електроустановок. електрообладнання спеціальних установок ДНАОП 0.00-1.32-01» визначають:

Пожежонебезпечна зона класу П-I — простір у приміщенні, у якому знаходиться горюча рідина, яка має температуру спалаху більше +60° С.

Пожежонебезпечна зона класу П-II — простір у приміщенні, у якому можуть накопичуватися і виділятися горючий пил або волокна.

Пожежонебезпечна зона класу П-IIa — простір у приміщенні, у якому знаходяться тверді горючі речовини та матеріали.

Пожежонебезпечна зона класу П-III — простір поза приміщенням, в якому знаходяться горюча рідина, яка має температуру спалахнення понад +60° С або тверді горючі речовини.

По класифікації вибухонебезпечності обладнання та приміщень відноситься до П- IIa пожежонебезпечної зони - простір у приміщенні, в якому знаходиться газоподібні- горючі речовини і матеріали.

«Правила будови електроустановок. електрообладнання спеціальних установок ДНАОП 0.00-1.32-01» встановлюють:

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

Таблиця 5.3 Ступені захисту для пожежонебезпечних зон класу

Мінімальний ступінь захисту оболонок електричних машин у залежності від класу пожежонебезпечної зони

Вид установки та умови роботи	Ступінь захисту оболонок для пожежонебезпечних зон класів			
	П-I	П-II	П-IIa	П-III
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

Таблиця 5.4 Ступені захисту для пожежонебезпечних зон класу

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

По класифікації вибухонебезпечності обладнання та приміщень робоче середовище відноситься до П-III пожежонебезпечної зони - простір поза приміщенням, в якому знаходяться горюча рідина, яка має температуру спалахнення понад +60° С або тверді горючі речовини (IP44)

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

Для контролю рівнів у першому бункері з подачею мезги застосовуємо вібраційний сигналізатор рівня INNOlevel VIBRO серії N



Рис.5.1 - вібраційний сигналізатор рівня INNOlevel VIBRO серії N

Вібраційний сигналізатор граничного рівня з INNOLevel VIBRO серії N використовується для моніторингу рівня сипких матеріалів

Корпус — алюміній, порошкове покриття Опціонально — нержавіюча сталь SUS304

Клас захисту корпусу: IP67

Матеріал вібраційного зонда та різьбової частини — нержавіюча сталь SUS304

Різьба: G 1 1/2"

Загальна вага: прибіл. 2,5 кг (для короткої версії, алюміній) 3,5 кг (для короткої версії, нержавіюча сталь)

Електричні характеристики

З'єднувальні клеми: 0.14–2.5 мм² (AWG 26–14)

Кабельний ввід: M20 × 1,5

Затримка вихідного сигналу: регульована 0,5...30 с

Робоча частота: 160 Гц

Категорія встановлення: III

Ступінь забруднення: 2

Напруга живлення: 22...265 В, 50–60 Гц, макс. 18 ВА 20...46 В пост. струму, макс. 1,5 Вт

Вихідний сигнал: реле без потенціалу DPDT
макс. 220 VAC, 3 А

макс. 30 VDC, 1 А

Ізоляція:

напруга пробою (сигнальний вихід): 2225 Vrms

напруга пробою (живлення): 2225 Vrms

Клас захисту: 1

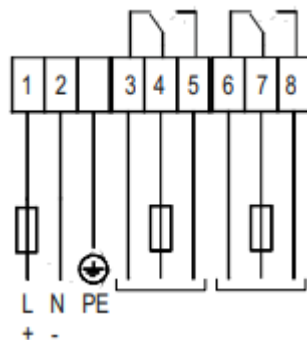


Рис. 5.2 Схема підключення сигналізатору рівня INNOlevel VIBRO сериї N

Для виміру рівня бункера сусла використовуємо сигналізатор рівня INNOLevel Vibro-U

INNOLevel Vibro-U — вібраційний сигналізатор рівня для контролю сипучих матеріалів і рідин у резервуарах, бункерах та силосах.



Рис. 5.3 вібраційний сигналізатор рівня INNOLevel Vibro-U

Основні характеристики:

Корпус: алюміній із порошковим покриттям або нержавіюча сталь SUS304

Клас захисту: IP67

Матеріал зонда: нержавіюча сталь SUS304

Різьба: G 1 1/2"

Робоча частота: 160 Гц

Живлення:

22...265 В AC, 50–60 Гц

20...46 В DC

Вихід: реле DPDT

Регульована затримка сигналу: 0,5–30 с

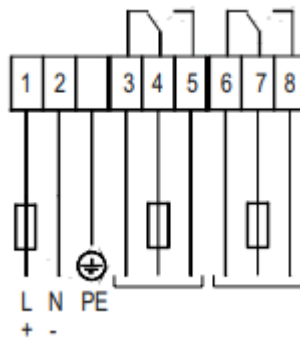


Рис. 5.4 Схема підключення INNOLevel Vibro-U

Для вимірювання якості першої фракції сусла обрано промисловий оптичний датчик каламутності та прозорості рідин Optek DTF16 — призначений для безперервного контролю якості продукту в трубопроводах. Використовується у харчовій, пивоварній та виноробній промисловості для контролю прозорості, фільтрації та сепарації продуктів.



Рис. 5.5 Датчик optek DTF16 Process Turbidimeter

Основні технічні характеристики

Тип приладу: Оптичний датчик каламутності (нефелометричний)

Модель: Optek DTF16

Принцип вимірювання: Розсіяне світло (0° , 11° , 90°)

Контрольований параметр: Прозорість / каламутність

Одиниці вимірювання: NTU, FTU, FAU, EBC

Вихідний сигнал: 4–20 мА

Цифровий інтерфейс: Ethernet / Profibus / Modbus (через контролер)

Напруга живлення: 24 В DC

Матеріал змочуваних частин: Нержавіюча сталь AISI 316L

Ступінь захисту: IP65 і вище

Температура середовища: до $+140^\circ\text{C}$

Монтаж: Врізка в трубопровід

Галузь застосування: Вино, сусло, соки, пиво, напої

Для вимірювання вологості вичавок використовується датчик Hydronix Hydro-Probe XT — промисловий мікрохвильовий датчик вологості, призначений для безперервного вимірювання вологості сипучих, органічних та сільськогосподарських матеріалів у потоці продукту. Датчик може встановлюватися в бункерах, жолобах, транспортерах або безпосередньо в зоні проходження матеріалу після пресування. Для вашого проєкту він є значно більш придатним для контролю вологості вичавок, ніж датчик вологості повітря.



Рис. 5.6 Датчик Hydronix Hydro-Probe XT

Основні технічні характеристики

Тип приладу: Мікрохвильовий датчик вологості

Модель: Hydronix Hydro-Probe XT

Принцип вимірювання: Цифровий мікрохвильовий

Контрольований параметр: Вологість матеріалу

Додатковий параметр: Температура матеріалу

Діапазон вимірювання: До насичення матеріалу вологою

Точність вимірювання: До $\pm 0,5$ % (після калібрування)

Частота оновлення даних: 25 вимірювань/с

Аналогові виходи : $2 \times 4-20$ мА або $0-20$ мА

Цифровий інтерфейс: RS485
Протокол зв'язку: Hydro-Com / Modbus
Напруга живлення: 15–30 В DC
Матеріал корпусу : Нержавіюча сталь
Вимірювальна поверхня: Кераміка
Робоча температура: 0...+60 °C
Ступінь захисту: Промислове виконання для харчових виробництв
Монтаж: У бункері, жолобі, на конвеєрі або в потоці продукту
Для виміру тиску масла 0...400кПа використовуємо датчик МТМ-700ДИ



Рис. 5.7 Датчик МТМ-700ДИ

Даний тип датчиків широко застосовується в системах автоматизації для контролю тиску рідин і газів.

Датчик складається з:

Чутливого елемента (мембрана + тензорезистори)

Корпусу (нержавіюча сталь або латунь)

Різьбового штуцера (G1/4, M20×1.5)

Електронного модуля перетворення

Електричного роз'єму або кабелю

Конструкція герметична і забезпечує роботу в агресивних середовищах.

Тип датчика: П'єзорезистивний

Діапазон вимірювання: 0...400 кПа

Тип тиску: Надлишковий

Вихідний сигнал: 4–20 мА

Напруга живлення: 15–36 В DC

Похибка: $\pm 0,25 \dots 0,5 \%$

Температура: $-40 \dots +60 \text{ }^{\circ}\text{C}$

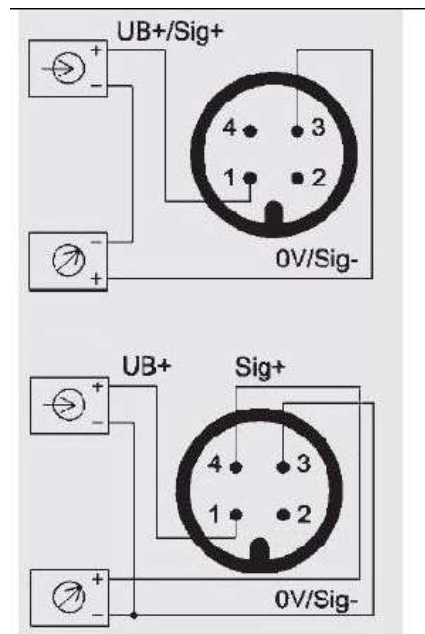


Рис. 5.8 Схема підключення МТМ-700ДИ



Рисунок 5.9 - Мікроконтролер Siemens SIMATIC S7-1500.

Контролер Siemens SIMATIC S7-1500, CPU 1516-3 PN\DP, оснащений робочою пам'яттю розміром 1 МБ для програм та 4,5 МБ для даних. Перший інтерфейс: PROFINET IRT з 2-портовим комутатором, другий інтерфейс: PROFINET RT, продуктивність біта 6 нс. Використання SIMATIC Memory Card є обов'язковим.

Основні характеристики:

Робоча пам'ять для програм: 1МБ

Робоча пам'ять для даних: 4,5МБ

1-й інтерфейс: PROFINET IRT з 2-портовим комутатором

Для контролю положення обвідного клапана застосовуймо ХСК - 111 Roller Lever Limit Switch



Рис. 5.10 Кінцевий вимикач Schneider Electric XCK -111 Roller Lever Limit Switch

Особливості

Економний і виготовлений з пластичного матеріалу.

Має ролики, пуансони та пружини з нержавіючої сталі.

Пропонує велику амплітуду коливання $\pm 95^\circ$.

Оснащений опцією кабельного сальника PG13.5.

Характеристики

Механізм подвійного розриву INO+INC Force Break snap action

Номинальна напруга/струм 10(4)A, 125, 250VAC/6(2)A, 380VAC Для навантаження індуктивності, $\cos \varphi=0,4$

Контактний опір 25м Ω мак (початкове значення)

Опір ізоляції 100м Ω мин, (при 500ВДЦ)

Діелектрична міцність 1000VAC, 50/60Hz Протягом 1 хвилини між клемми однакової полярності

1500VAC, 50/60Hz Протягом 1 хвилини між струмоведучими і не струмоведучими металевими частинами

1500VAC, 50/60Hz Протягом 1 хвилини між кожним терміналом і землею

Електричне життя 500, 000 при 10A 250VAC Резистивний

Механічне життя 10 000 000 операцій х (за номінальних умов)

Робоча швидкість 5мм/с до 0.5м/с

Ступінь протракції IP66

Підвищення температури навколишнього середовища Макс 30°C над температурою навколишнього середовища при напрузі/струмі

Відповідні стандарти Cenelec En 50041, En 50047, IEC 337-1, VDE 0660

Температура операції -5 C-+65 C (без обмерзання)

Температура зберігання -5 C-+65 C (без обмерзання)

Робоча вологість навколишнього середовища 95% RH Макс.

Ударна стійкість Несправність довговічна: 1000м/с² мін.

Несправність: 300м/с² мін.

Частота вібрації Несправність: від 10 до 55 Гц, 1, 5 мм Подвійна амплітуда

Зусилля кручення клемного гвинта 6-8 кгс-см

Інша гвинтова сила кручення Кришка 12-14 кгс-см/Голова 8-9 кгс-см/Монтаж 50-60 кгс/см

Діаметр голого дроту ϕ 2 Макс

Діаметр кабелю ϕ 12 Макс

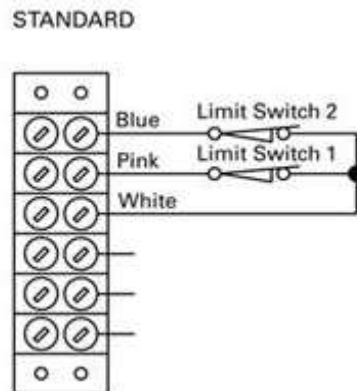


Рис. 5.11 Схема підключення Schneider Electric XCK - 111 Roller Lever Limit Switch

5.3 Вибір технічних засобів для реалізації керуючих впливів технологічного процесу.

Як виконавчий орган для контуру регулювання вологості вичавок обрано Bosch Rexroth 3DREP 6 — пропорційний редуційний клапан тиску прямої дії, призначений для плавного регулювання та підтримання тиску в гідравлічних системах за допомогою аналогового електричного сигналу керування. Клапан перетворює електричний сигнал у пропорційний вихідний тиск, що дозволяє використовувати його в автоматизованих системах регулювання технологічних процесів.

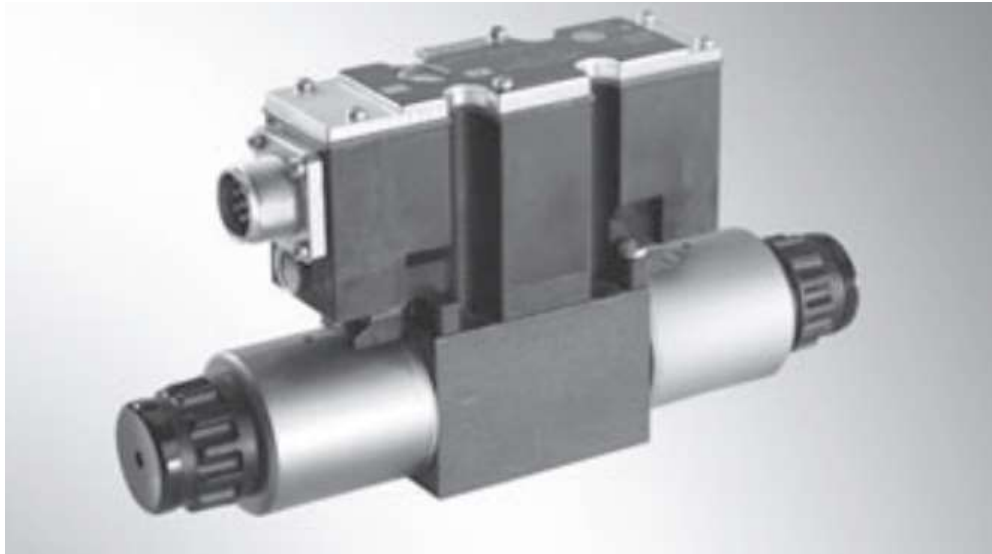


Рис. 5.12 Bosch Rexroth 3DREP 6

Основні технічні характеристики

Тип клапана: Пропорційний редукційний клапан тиску прямої дії

Номинальний розмір: NG6 (CETOP 3, ISO 4401-03)

Спосіб керування: Пропорційний електромагніт

Напруга живлення: 24 В DC

Тип керуючого сигналу: Аналоговий (через зовнішній підсилювач)

Максимальний робочий тиск: 100 бар

Діапазони регулювання тиску: 16, 25 або 45 бар (залежно від виконання)

Максимальна витрата робочої рідини: 15 л/хв

Максимальний струм електромагніта: 1,5 А

Режим роботи: 100 % ПВ (безперервний режим)

Ступінь захисту: IP65

Температура навколишнього середовища: від -20°C до $+70^{\circ}\text{C}$

Температура робочої рідини від : -20°C до $+80^{\circ}\text{C}$

Допустима в'язкість робочої рідини: 20–380 mm^2/s

Маса клапана: близько 2 кг

Монтаж: На плиту (субплитний монтаж) за ISO 4401

Тип приєднання: DIN EN 175301-803 (роз'єм K4)

Контактор - Двопозиційний електромагнітний апарат, призначений для частих дистанційних включень та вимкнень силових електричних ланцюгів у нормальному режимі роботи. Його призначенням є захист електродвигунів від можливого перегріву. Таким може бути, обрив однієї з фаз або будь-які інші причини



Рис. 5.13 Siemens 3RT2023-1AN20 Power Contactor

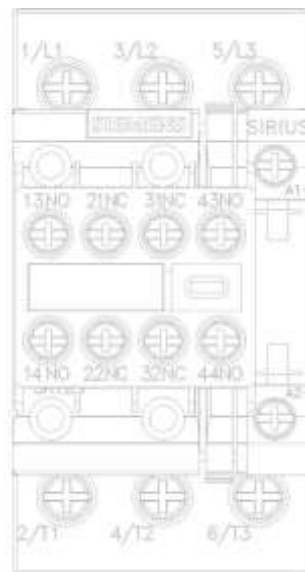


Рис. 5.14 Схема підключення Siemens 3RT2023-1AN20 Power Contactor

Тип пристрою: магнітний контактор промислового класу для керування електричними двигунами та іншими навантаженнями.
Кількість полюсів: 3 P — три фази — під трифазні ланцюги.
Номинальний струм: 9 А

Категорія використання: AC - 3 — для старту/управління трифазними електродвигунами з асинхронним навантаженням.
Напруга котушки: 220 V AC — стандартне живлення керуючої котушки.
Стандарт: відповідає IEC для контакторів низької напруги.

Основні характеристики

Силові контакти: три основні для комутації трифазної лінії.

Робота: призначений для регулярного вмикання/вимикання силових ланцюгів у схемах керування.

Монтаж: на DIN - рейку або панель (за допомогою монтажно́ї основи).

Контактура головна: 3NO (замикання під напругою, замикає при подачі живлення на котушку).

Як автоматичний вимикач використовуємо MCB 3P C16A.



Рис. 5.15 Автоматичний вимикач MCB 3P C16A.

MCB 3P C16A — це триполюсний автоматичний вимикач на 16 А для 3-фазних мереж 230/400 В змінного струму. Має характеристику С (спрацьовування при 5–10× номінального струму), вимикальну здатність 6–10 кА та монтується на DIN-рейку. Використовується для захисту ліній живлення двигунів, насосів, вентиляторів і шаф автоматики, зазвичай працює разом із контактором і тепловим реле, оскільки сам не захищає двигун від перевантаження.

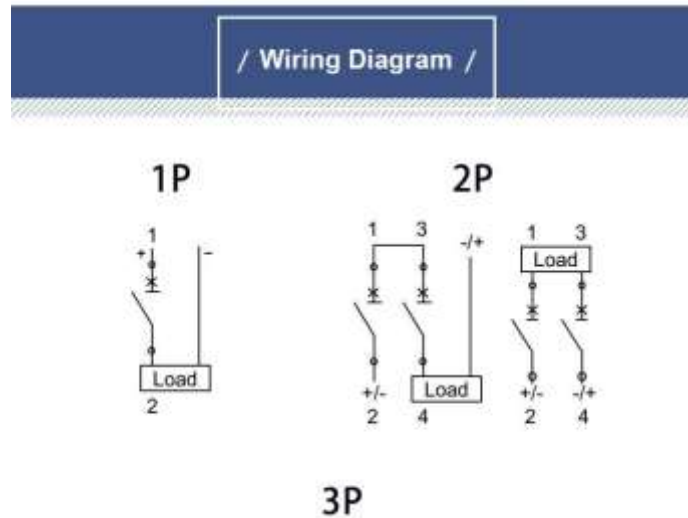


Рис. 5.16 Схема підключення MCB 3P C16A.

В якості відсічних клапанів застосовуємо електромагнітний клапан EVRM - NC95 DN150 Solenoid Valve



Рис. 5.17 електромагнітний клапан EVRM - NC95 DN150 Solenoid Valve

Тип клапана: 2 ходовий електромагнітний відсічний клапан, нормально закритий (N.C.), відкривається при подачі живлення на котушку.

Розмір приєднання: DN150, фланцевий (аналог M16/RM).

Робочий тиск: до 6 бар (6000 mbar) — відповідає параметрам оригіналу M16/RM N.C.

Напруга живлення: доступні варіанти 12 V AC/DC, 24 V AC/DC, 110 V AC, 230 V AC (залежить від конфігурації).

Матеріал корпусу: алюміній (часто з антикорозійним покриттям) — стійкий до зовнішнього середовища.

Ущільнення: гумові ущільнення (NBR або FKM/Viton) — підходять для газу, повітря та інших неагресивних середовищ.

Стан у відсутності живлення: клапан замикається — це означає, що при вимкненні напруги потік буде повністю перекритий, забезпечуючи безпеку.

Європейські сертифікації: відповідає стандарту EN161 Class A Group 2, має PED 2014/68/EU, ATEX та інші вимоги безпеки для газового обладнання.

Температурний діапазон: близько 15 °C ... +60 °C (залежить від ущільнень та конкретної версії).

Час спрацювання: зазвичай < 1 секунда для відкриття/закриття.

Циклічна робота: розрахований на часті цикли включення/виключення у системах автоматичного контролю.

Для подачі мезги використовуємо клинову задвижку 100MM Cast Steel Gate Valve, Flanged, Class-150, IBR, CS-7



Рис. 5.18 клинова задвижка 100MM Cast Steel Gate Valve, Flanged, Class-150, IBR, CS-7

Опис продукту:

Продукт: Засувка з литої сталі 'SANT'

Стандарт продукту: BS 1414 / API 600

Тиск / Клас / Номінальна потужність: Клас 150

Матеріал корпусу згідно зі стандартом: CCS (ASTM A216 Gr.WCB)

Опис: Кришка з болтовим кріпленням, зовнішній гвинт та вилка, висхідний шток

Тип сідла: Відновлюване сідло

Тип диска: Відновлюваний диск

Обшивка: Шток з нержавіючої сталі AISI-410

Втулка вилки: Алюмінієва бронза

Сальникове ущільнення: Розширений чистий гнучкий графіт

Торцеві деталі: Фланці згідно з ANSI B 16.5 Клас 150 RF без отворів

Тестування та сертифікація

Випробувальний тиск корпусу: 30 бар (435 фунтів на квадратний дюйм)
гідравлічний

Випробувальний тиск сідла: 22 бар (320 фунтів на квадратний дюйм)

гідравлічний та 6,9 бар (100 фунтів на квадратний дюйм) повітря
Випробувано відповідно до API 598 / ANSI B16.34 / BS : 6755 Частина 1
Максимальна робоча температура: 400°C

Сертифікат випробувань за формою III-C згідно з IBR надається з кожною поставкою.

Для керування задвижкою подачі мезги, використовуємо електропривід
AUMA SA 07.1 EAA

Основні характеристики:

Тип: багатообертовий електропривод

Крутний момент: приблизно 10–30 Н·м

Фланець: F07 / F10

Живлення:

3×380–450 В AC

220 В AC

24 В DC (залежно від виконання)

Режим роботи: S2 — 15 хв

Клас захисту: IP67

Робоча температура: –30...+70 °C

Ручний дублер: є

Кінцеві вимикачі OPEN/CLOSE

Захист по моменту Torque Switch

Самогальмівний редуктор

Виконавши аналіз системи автоматизації шнекового преса за розділами 1...4, складемо таблицю зі списком параметрів, які повинні оброблятися в керуючому пристрої - контролері.

Табл. 1 Список параметрів на входах або виходах контролера

№ п/п	Найменування параметру	Вид сигналу A/D	Тип сигналу I/O	Діапазон сигналу на вході/виході контролера
1	Прозорість першої фракції	A	I	4–20 мА
2	Вологість вичавок	A	I	4–20 мА
3	Тиск масла у гідросистемі	A	I	4–20 мА
4	Сигнал з датчика-реле тиску	D	I	Сухий контакт
5	Сигнал з датчика-реле верхнього рівня ємності подачі мезги	D	I	Сухий контакт
6	Сигнал з датчика-реле нижнього рівня ємності подачі мезги	D	I	Сухий контакт
7	Сигнал з датчика-реле верхнього рівня ємності Є1	D	I	Сухий контакт
8	Сигнал з датчика-реле верхнього рівня ємності Є2	D	I	Сухий контакт

Таблиця 1.1 (продовження) – Список параметрів які вводяться і виводяться із контроллера

9	Сигнал з датчика-реле нижнього рівня ємності Є3	D	I	Сухий контакт
10	Сигнал стану авт. вимикача M1	D	I	24V DC
11	Сигнал стану контактора M1	D	I	24V DC
12	Сигнал перемикача режиму M1	D	I	24V DC
13	Сигнал стану авт. вимикача M2	D	I	24V DC
14	Сигнал стану контактора M2	D	I	24V DC
15	Сигнал перемикача режиму M2	D	I	24V DC
16	Сигнал стану авт. вимикача M3	D	I	24V DC
17	Сигнал стану контактора M3	D	I	24V DC
18	Сигнал перемикача режиму M3	D	I	24V DC
19	Сигнал зворотного зв'язку від обвідного клапана КЛ2	D	I	24V DC
20	Сигнал керування положення клапану масла	A	O	4–20 мА
21	Сигнал керування засувкою подачі мезги	A	O	4–20 мА
22	Сигнал керування обвідним клапаном КЛ2	D	O	4–20 мА
23	Сигнал керування двигуном M1	D	O	-24 В Відкритий колектор
24	Сигнал керування двигуном M2	D	O	-24 В
25	Сигнал керування двигуном M3	D	O	-24 В

Таким чином кількість каналів вводу\виводу наступна:

AI – 3 , AO - 2 DI – 16, DO — 4.

5.5 Розробка технічної структури мікропроцесорного ядра системи керування.

В системі автоматизації ПЛК та допоміжне устаткування розташовується в одному приміщенні компактно, тому виберемо централізовану схему розміщення модулів системи керування.

Систему керування ПВК будемо розробляти на базі контролера S7-1500 фірми Siemens. Враховуючи, що центральний процесор і модулі системи мають виконання IP20, доцільно розмістити їх у настінній шафі зі ступенем захисту не менш IP54 в окремому від технологічного устаткування приміщенні.

Враховуючи список змінних, які необхідно вводити та виводити з контролера, схема технологічної структури мікропроцесорного ядра системи автоматичного керування приймає наступний вигляд.

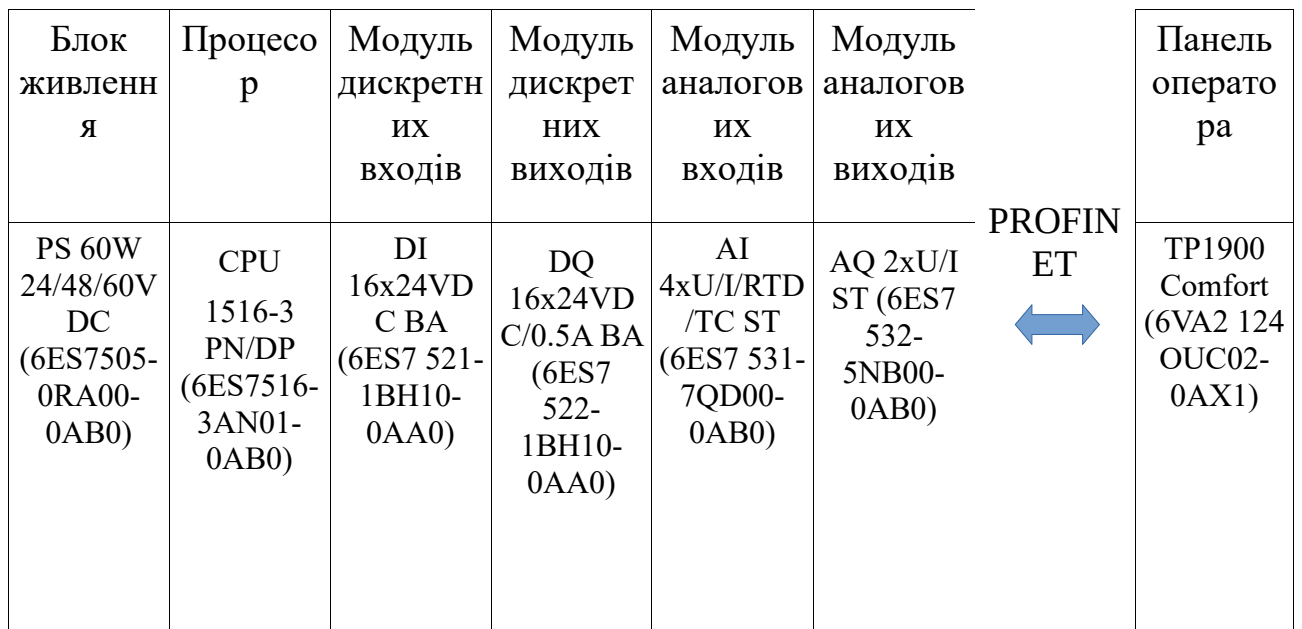


Рис.1 – Схема технічної структури мікропроцесорного ядра системи керування

Центральний процесор CPU 1516-3 PN/DP призначений для побудови систем управління, що вимагають виконання програм великого об'єму, високій швидкості оброблення даних і обслуговування систем розподіленого введення-виведення на основі мереж PROFINET IO і PROFIBUS DP.

Оснащений інтерфейсами PROFINET, а також PROFIBUS. Це дає можливість застосувати його при подальшій розбудові системи на інші ділянки виробництва.

Основні технічні характеристики:

SIMATIC S7-1500 CPU 1516-3 PN/DP

Загальні дані

Артикул: 6xxx 516-3AN0x-xAB0

Серія: SIMATIC S7-1500

Тип: Стандартний CPU для середніх застосувань

Робоча пам'ять (Work memory): 3,1 МБ

Час виконання бітових операцій: 6 нс

Живлення

Номинальна напруга живлення: 24 В DC

Підключення живлення: 4-контактний роз'єм у нижній частині модуля

Інтерфейси зв'язку

1 інтегрований інтерфейс PROFINET (X1)

2 порти (X1 P1R, X1 P2R)

Підтримка:

PROFINET IO RT (Real Time)

PROFINET IO IRT (Isochronous Real Time)

Може працювати як:

ІО-контролер

I-device (інтелектуальний пристрій вводу/виводу)

Підтримка SNMP, DCP

Підтримка OPC UA (сервер і клієнт)
Функції прошивки (Firmware)
Вбудована системна діагностика
Вбудований Web-сервер
Інтегрована Trace-функція (запис та аналіз сигналів)
Підтримка довготривалого Trace
OPC UA для відкритого обміну даними
PROFINET Security Class 1
Централізоване керування користувачами (UMAC)
Захист доступу паролем
Захист ноу-хау та захист копіювання блоків
Дисплей та керування
Вбудований текстовий дисплей
Відображення:
IP-адреси
версії прошивки
серійного номера
діагностичних повідомлень
Налаштування мережевих параметрів безпосередньо з дисплея
Діагностика
Автоматично активована системна діагностика
Відображення повідомлень:
на дисплеї CPU
у TIA Portal
на HMI
через Web-сервер
Діагностика доступна в режимах RUN і STOP

Для вводу дискретних сигналів обраний модуль DI 16x24VDC BA (6ES7521-1BH10-0AA0). Він здатен сприймати до 16 сигналів від датчиків, на виходах яких є сигнали $-3...+5$ VDC (рівні логічного нуля) або $+11...30$ VDC (рівні логічної одиниці).

Основні технічні характеристики:

Кількість дискретних входів: 16 каналів.

Робоча напруга входу: 24 VDC.

Рівень логічного «0»: $-3...+5$ VDC.

Рівень логічної «1»: $+11...+30$ VDC.

Споживання струму з зовнішнього джерела: приблизно 35 мА.

Час реакції входу: до 3 мс.

Ізоляція між групами каналів: 500 V.

Максимальна довжина ліній підключення: 1000 м (екрановані кабелі).

Тип підключення: двопровідна схема, сухий контакт або активний вихід датчика PNP.

Вбудована діагностика: коротке замикання, обрив, помилки конфігурації

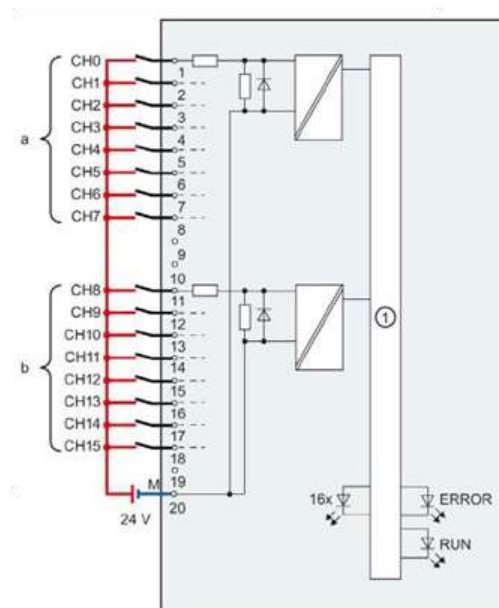


Рис.5.21 - Схема підключення дискретних датчиків DI 16x24VDC BA

Для виводу дискретних сигналів обраний модуль 16x24VDC/0.5A BA (6ES7 522-1BH10-0AA0).

Модуль DQ 16x24VDC/0.5A BA серії SIMATIC S7-1500 призначений для формування дискретних керуючих сигналів постійного струму та використовується для керування виконавчими механізмами автоматизованих систем. Модуль забезпечує комутацію навантажень напругою 24 В постійного струму, таких як контактори, проміжні реле, електромагнітні клапани, сигнальні лампи та інші пристрої автоматики.

Основні технічні характеристики

Тип модуля: дискретний модуль виводу (Digital Output).

Серія: SIMATIC S7-1500.

Артикул: 6ES7 522-1BH10-0AA0.

Кількість виходів: 16 цифрових виходів.

Номінальна вихідна напруга: 24 В DC.

Максимальний струм навантаження на канал: 0,5 А.

Загальний струм групи виходів: до 4 А.

Тип виходів: транзисторні (PNP).

Гальванічне розділення груп каналів: наявне.

Індикація стану каналів: світлодіодна (LED).

Діагностичні функції: контроль короткого замикання та перевантаження.

Підтримка гарячої заміни (Hot Swapping): так.

Ступінь захисту: IP20.

Робоча температура: від 0 до +60 °C.

Монтаж: на стандартну монтажну шину SIMATIC S7-1500.

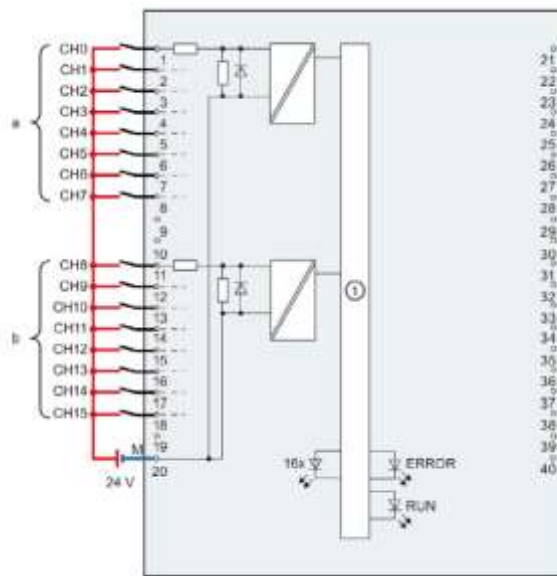


Рис. 5.22 – Схема підключення дискретних виконавчих механізмів DQ
16x24VDC/0.5A BA

Для вводу аналогових сигналів обраний модуль Модуль Модуль AI 4xU/I/RTD/TC ST 6ES7 531-7QD00-0AB0 серії SIMATIC S7-1500 призначений для прийому та обробки аналогових сигналів від вимірювальних перетворювачів різного типу. Модуль підтримує підключення датчиків напруги, струму, термометрів опору (RTD) та термопар (TC), що забезпечує його універсальність при побудові систем автоматизації технологічних процесів.

Основні технічні характеристики

Тип модуля: аналоговий модуль вводу (Analog Input).

Серія: SIMATIC S7-1500.

Артикул: 6ES7 531-7QD00-0AB0.

Кількість аналогових каналів: 4 входи.

Підтримувані типи сигналів:

напруга: ± 10 В, 0...10 В, 1...5 В;

струм: 0...20 мА, 4...20 мА;

термометри опору: Pt100, Pt1000, Ni100, Ni1000;

термопари: типи J, K, T, N, E, R, S, B.

Розрядність перетворення:

до 16 біт для стандартних аналогових сигналів.

Час перетворення:

від 62,5 мс на канал (залежно від режиму роботи).

Діагностичні функції:

контроль обриву лінії;

контроль виходу сигналу за допустимі межі;

діагностика несправності датчика.

Гальванічне розділення каналів: між польовою та системною частинами.

Індикація стану: світлодіодна.

Ступінь захисту: IP20.

Робоча температура: від 0 до +60 °C.

Монтаж: на монтажну шину SIMATIC S7-1500.

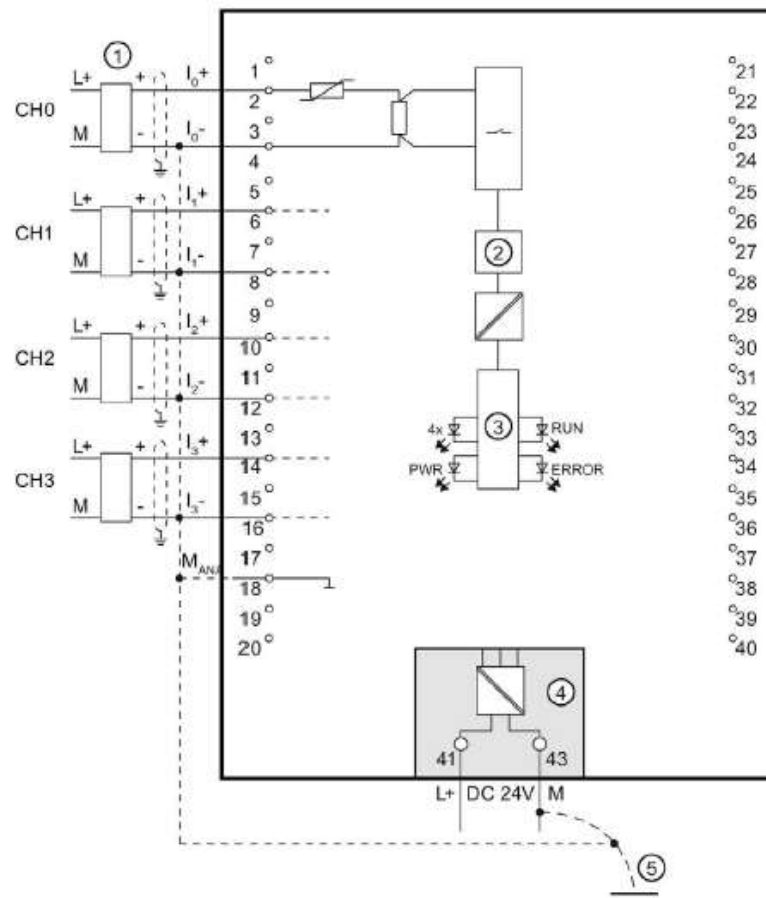


Рис. 5.23 – Схема підключення аналогових датчиків (4–20 мА) 4xU/I/RTD/TC
ST

Для виводу аналогових сигналів обраний модуль АО 2x U/I ST 6ES7 532-5NB00-0AB0.

Основні технічні характеристики:

Тип модуля: аналоговий модуль виводу

Кількість каналів: 2

Виконання: Standard (ST)

Групи каналів: 1

Підтримувані вихідні сигнали

Напруга: ± 10 В, 0...10 В

Струм: 0...20 мА, 4...20 мА

Технічні параметри

Розрядність: 16 біт

Похибка: $\leq 0,3 \%$ від діапазону

Час встановлення сигналу: до 1 мс

Захист і діагностика

Контроль обриву кола (для струмового виходу)

Контроль перевантаження

Індикація стану каналів світлодіодами

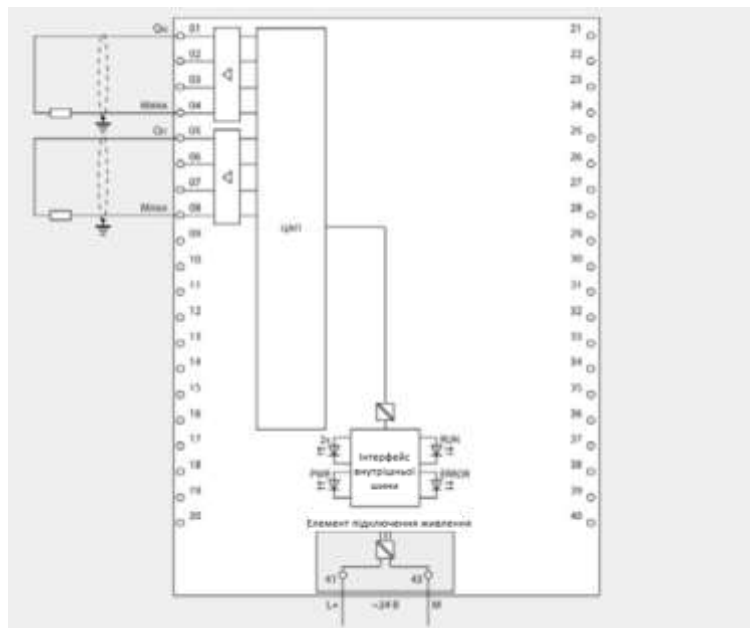


Рис.5.24 – Схема підключення АО 2х U/I ST 6ES7 532-5NB00-0AB0

Панель оператора

TP1900 Comfort — для візуалізації параметрів прозорості, вологості, тиску та керування режимами преса.

5.6 Висновок за розділом

В даному розділі був проведений вибір технічних засобів, які зможуть забезпечити належне та якісне керування процесом віджимання виноградного соку в шнековому пресі. Класи точності, ступінь захисту та ступінь вибухозахисту пристроїв відповідають виробничим умовам технологічного процесу.

РОЗДІЛ 6. ПАРАМЕТРИЗАЦІЯ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ, КОНТРОЛЕРА І МЕРЕЖ, ПРОГРАМУВАННЯ АЛГОРИТМІВ ЛОГІЧНОГО КЕРУВАННЯ ТА РЕГУЛЮВАННЯ САК

6.1 Параметризація технічних засобів, контролера і мереж

Розроблення програмного забезпечення системи керування шнековим пресом виконується в інтегрованому середовищі TIA Portal. На початковому етапі формується структура проєкту та додаються всі технічні засоби, які входять до складу автоматизованої системи.

Основним керуючим пристроєм обрано програмований логічний контролер Siemens SIMATIC S7-1500 CPU 1516-3 PN\DP. Для забезпечення взаємодії оператора з технологічним обладнанням до проєкту також додається панель візуалізації TP1900 Comfort.

Після створення структури проєкту виконується налаштування мережі PROFINET. Контролеру та операторській панелі присвоюються мережеві адреси, після чого створюється канал обміну даними між пристроями.



Рис. 6.1 Формування апаратної структури проєкту та налаштування мережевих з'єднань.

Аналогові входи використовуються для прийому сигналів від:

- датчика вологості вичавок Hydro-Probe ХТ;
- датчика тиску гідравлічної системи;
- датчика прозорості сусли;
- додаткових вимірювальних перетворювачів технологічного процесу.

Аналогові виходи контролера використовуються для формування керуючих сигналів виконавчим механізмам системи автоматизації. Перший аналоговий вихід призначений для керування пропорційним клапаном Bosch Rexroth 3DREP 6, який забезпечує регулювання тиску в гідравлічній системі шнекового преса.

Другий аналоговий вихід використовується для керування регулюючою заслінкою подачі мезги, обладнаною електроприводом AUMA SA 07.1 EAA . Зміна керуючого сигналу дозволяє регулювати ступінь відкриття заслінки та, відповідно, інтенсивність подачі мезги до пресувальної зони установки.

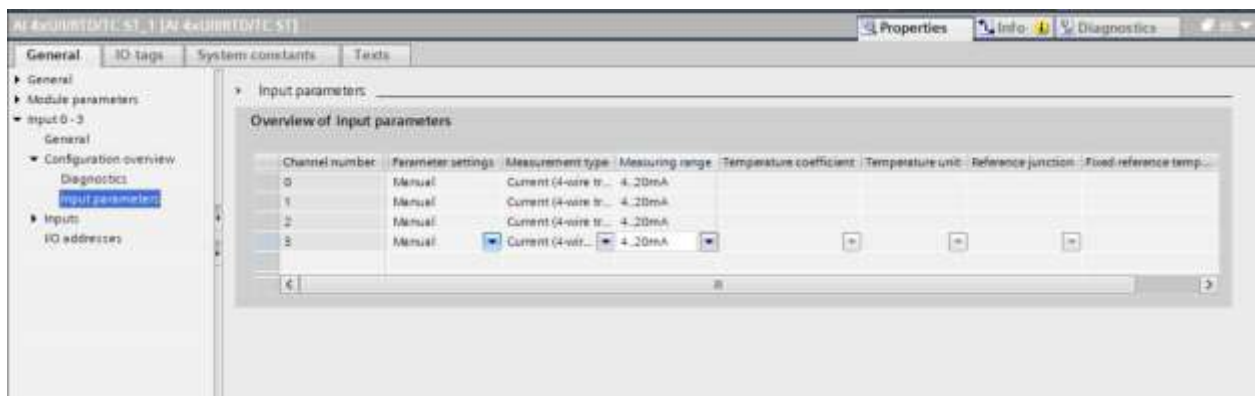


Рис. 6.4 Параметризація аналогових каналів.

Для подальшої розробки програмного забезпечення створюється таблиця технологічних змінних, яка містить усі сигнали вводу-виводу контролера.

Name	Type	Address	Tag table	Comment
Out_Valve	Bool	%Q0.0	Default tag table	
output2	Bool	%Q0.1	Default tag table	
output3	Bool	%Q0.2	Default tag table	
output4	Bool	%Q0.3	Default tag table	
OutLamp	Bool	%Q0.4	Default tag table	
OutZvuk	Bool	%Q0.5	Default tag table	
Output7	Bool	%Q0.6	Default tag table	
Output8	Bool	%Q0.7	Default tag table	
Output9	Bool	%Q1.0	Default tag table	
Output10	Bool	%Q1.1	Default tag table	
Output11	Bool	%Q1.2	Default tag table	
Output12	Bool	%Q1.3	Default tag table	
Output13	Bool	%Q1.4	Default tag table	
Output14	Bool	%Q1.5	Default tag table	
Output15	Bool	%Q1.6	Default tag table	
Output16	Bool	%Q1.7	Default tag table	

Рис. 6.5 Формування таблиці тегів системи керування.

6.2 Розробка програм для реалізації алгоритмів логічного керування

Для реалізації функцій логічного керування створюється набір функціональних блоків, які забезпечують роботу технологічного обладнання у ручному та автоматичному режимах.

У структурі проєкту формуються окремі каталоги для блоків керування та блоків регулювання.

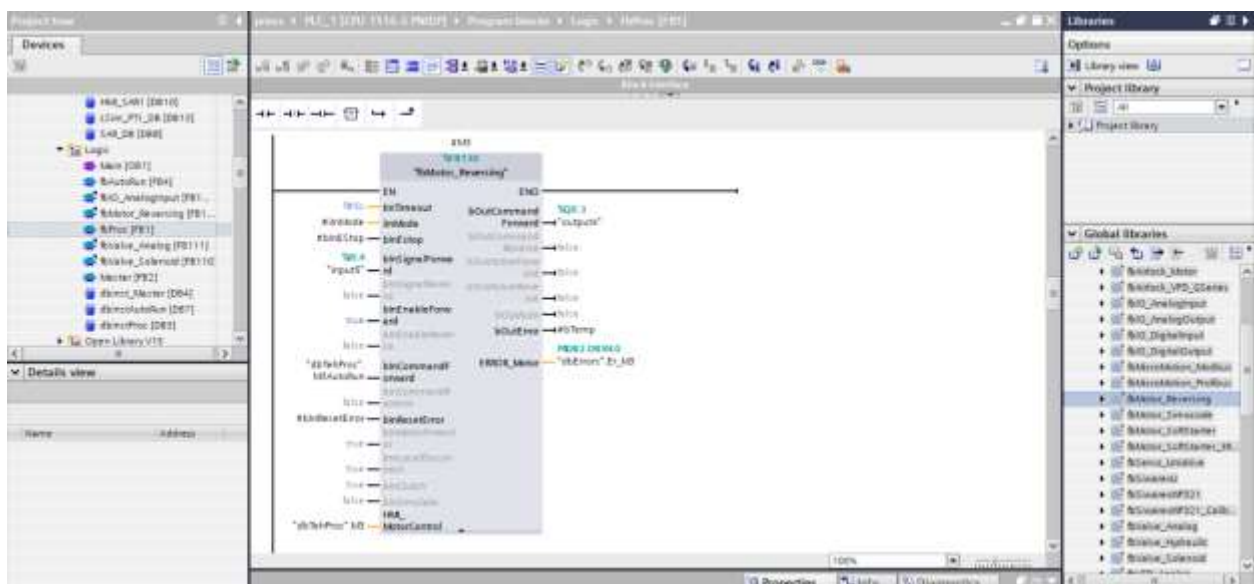


Рис. 6.6 Структура програмних блоків проєкту.

Для збереження поточних технологічних параметрів і службової інформації створюються глобальні блоки даних.

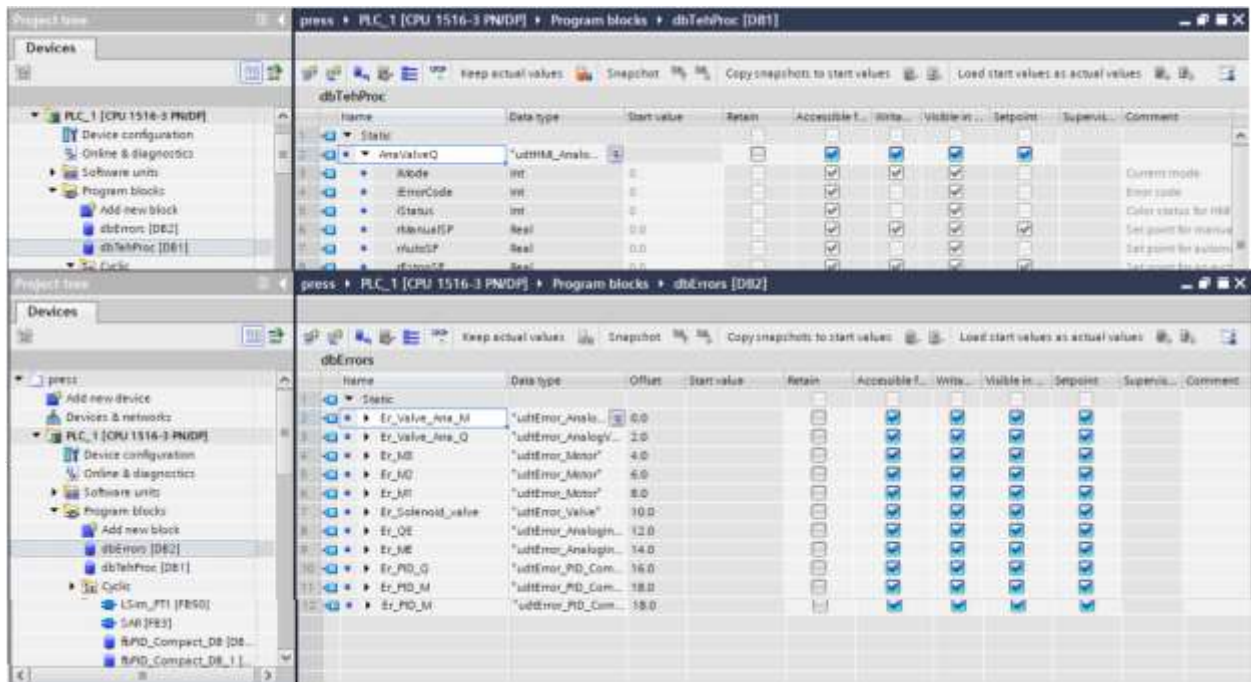


Рис. 6.7 Створення блоків даних системи.

Створення підпрограми контролю обладнання.

Для контролю стану технологічного обладнання створюємо функціональний блок fbProc.

У цьому блоці здійснюється опитування:

- електропривода шнека подачі мезги M1;
- електропривода насосу M2;
- електропривода транспортера відводу вичавки M3;
- обвідного клапана КЛ2;
- засувки подачі мезги
- пропорційного клапана Bosch Rexroth 3DREP 6.

fbProc			
	Name	Data type	Default value
1	Input		
2	inMode	int	0
3	inEStop	bool	false
4	inResetError	bool	false
5	inSimulate	bool	false
6	Output		
7	bOutAuto	bool	false
8	bOutError	bool	false
9	InOut		
10	inOut		
11	State		
12	M0	"BMotor_Reversing"	
13	M0	"BMotor_Reversing"	
14	M1	"BMotor_Reversing"	
15	Valve_sol	"BValve_Solenoid"	
16	AnaValveM	"BValve_Analog"	
17	AnaValveQ	"BValve_Analog"	
18	Static_1	"BIO_AnalogInput"	
19	ME	"BIO_AnalogInput"	
20	Q1_1	"BIO_AnalogInput"	
21	rOutAnaValveQ	Real	0.0
22	rOutAnaValveM	Real	0.0
23	rInAnaValveQ	Real	0.0
24	rInAnaValveM	Real	0.0
25	Static_2	int	0
26	ME	int	0

Рис. 6.8 Інтерфейс функціонального блоку fbProc.

Для кожного механізму реалізуються функції запуску, зупинки, контролю стану та формування повідомлень про несправності.

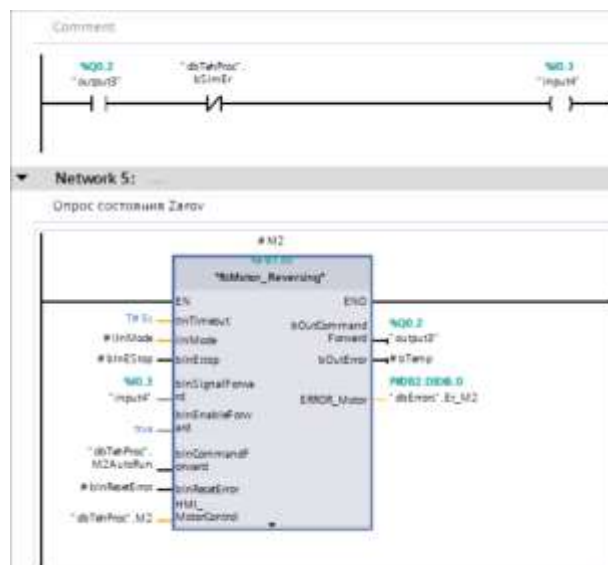


Рис. 6.9 Алгоритм керування приводами технологічного обладнання.

Окремий фрагмент програми забезпечує обробку сигналів кінцевих вимикачів та контроль положення обвідного клапана.

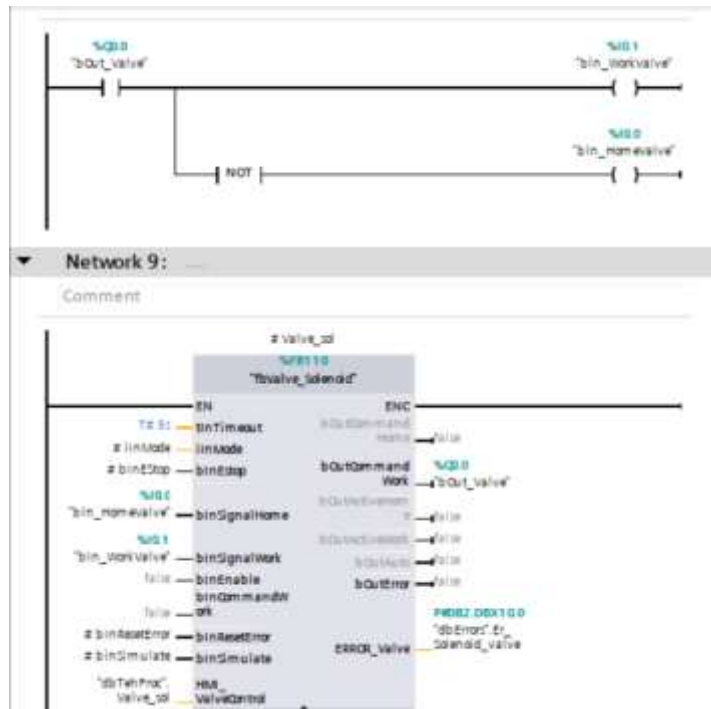


Рис. 6.10 Контроль положення дискретного клапана.

Для пропорційного клапана реалізовано обробку сигналів завдання та контроль працездатності виконавчого механізму.

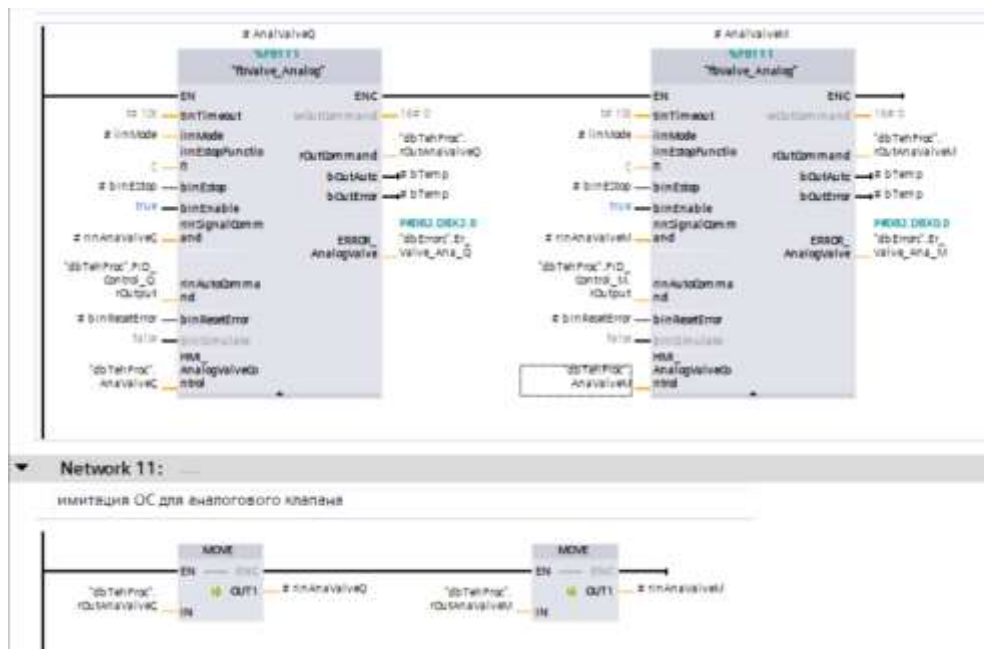


Рис. 6.11 Алгоритм керування пропорційним клапаном.

У програмі передбачено механізми контролю аварійних ситуацій та блокування роботи обладнання при виникненні небезпечних режимів.

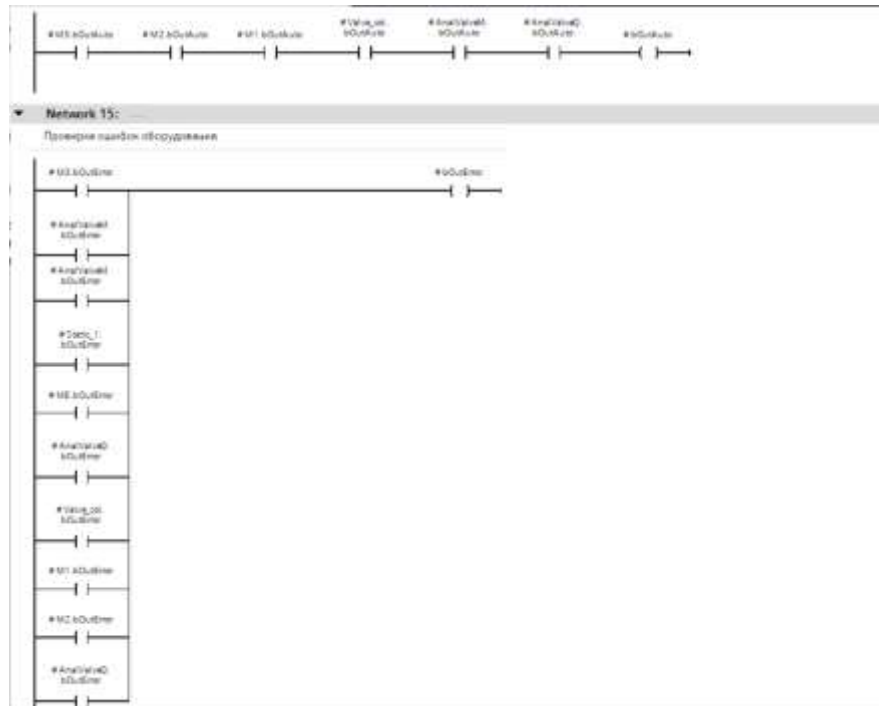
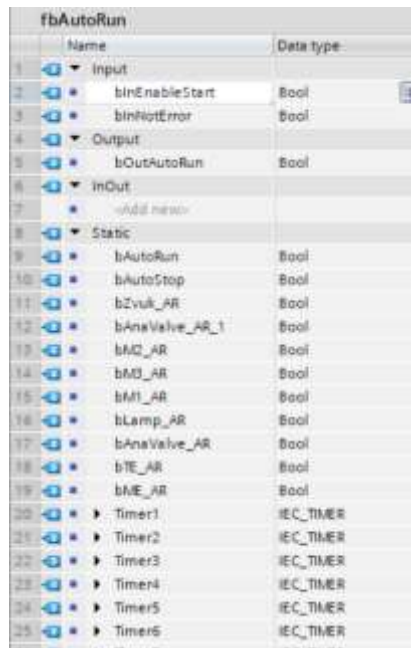


Рис. 6.12 Формування аварійних повідомлень.

Для забезпечення автоматичної послідовності запуску створюється функціональний блок fbAutoRun.



	Name	Data type
1	Input	
2	bInEnableStart	Bool
3	bInNotError	Bool
4	Output	
5	bOutAutoRun	Bool
6	InOut	
7	Static	
8	bAutoRun	Bool
9	bAutoStop	Bool
10	bZvuk_AR	Bool
11	bAnaValve_AR_1	Bool
12	bAQ_AR	Bool
13	bM3_AR	Bool
14	bM1_AR	Bool
15	bLamp_AR	Bool
16	bAnaValve_AR	Bool
17	bTE_AR	Bool
18	bAE_AR	Bool
19	Timer1	IEC_TIMER
20	Timer2	IEC_TIMER
21	Timer3	IEC_TIMER
22	Timer4	IEC_TIMER
23	Timer5	IEC_TIMER
24	Timer6	IEC_TIMER

Рис. 6.13 Інтерфейс блоку автоматичного керування.

У режимі автоматичної роботи обладнання запускається відповідно до технологічної послідовності.

Спочатку запускається гідравлічна станція преса. Далі запускається головний привід шнекового преса та транспортер відведення вичавки. Після виходу установки на робочий режим активуються контури автоматичного регулювання.

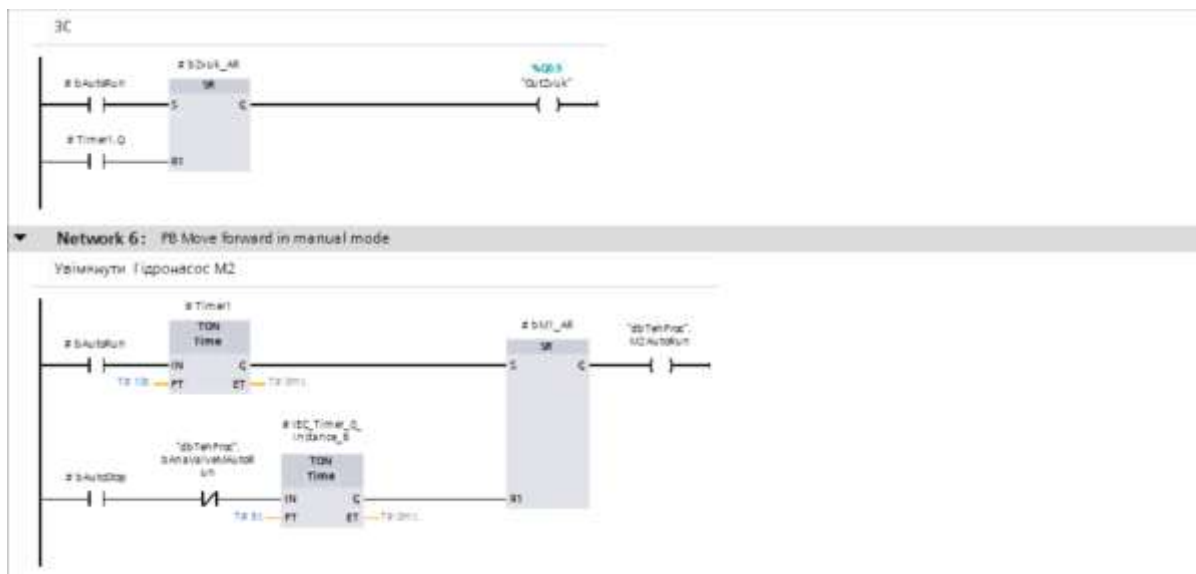


Рис. 6.14 Реалізація алгоритму автоматичного запуску.

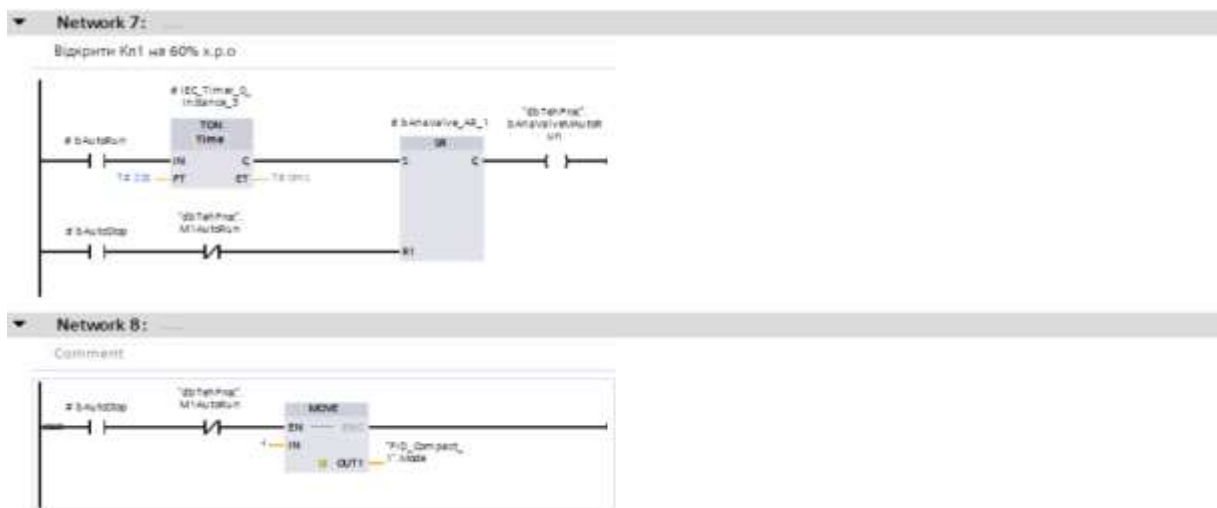


Рис. 6.15 Продовження алгоритму автоматичного керування.

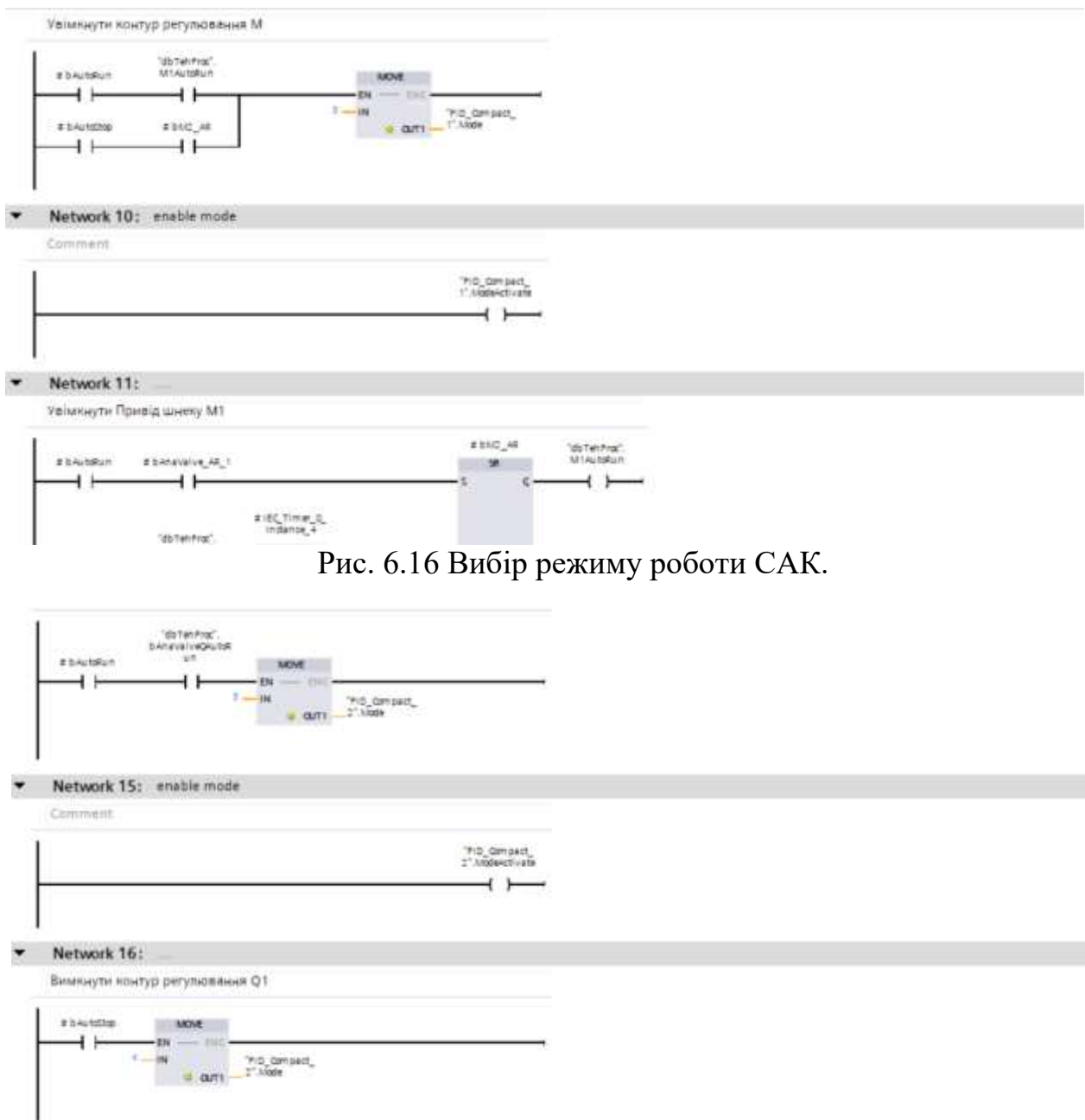


Рис. 6.17 Завершальний фрагмент підпрограми fbAutoRun.

Виклик усіх функціональних блоків здійснюється з головної програми контролера.

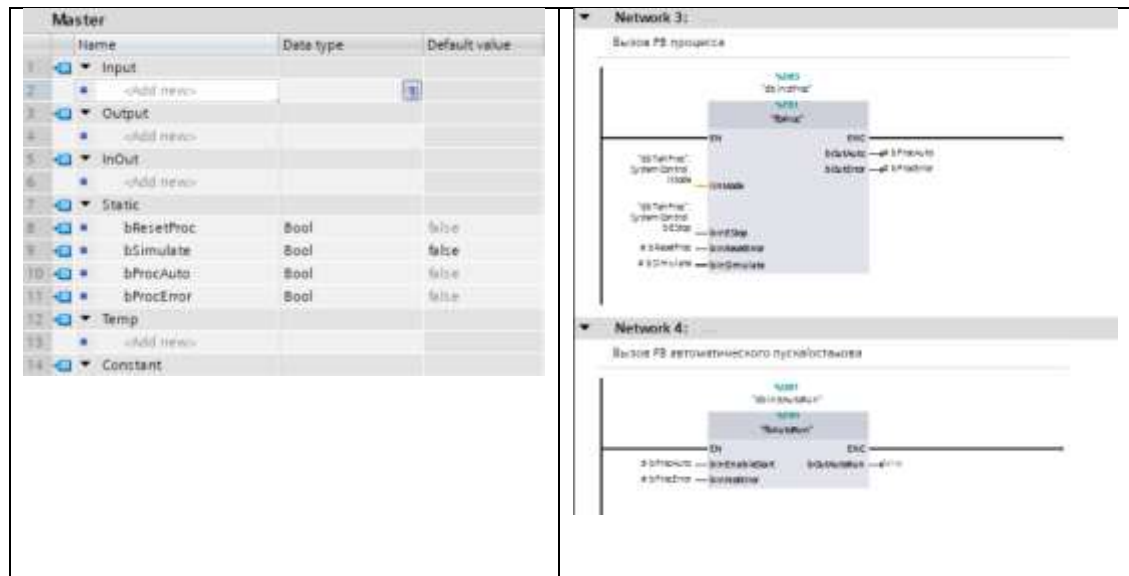


Рис. 6.18 Організація циклічного виконання програмних блоків.

Циклічне виконання цих блоків забезпечує опитування обладнання, автоматичний запуск і зупинку технологічної установки.

6.3 Розробка програм для реалізації алгоритмів регулювання

Відповідно до розробленої функціональної схеми автоматизації у системі керування шнековим пресом передбачено два незалежних контури автоматичного регулювання технологічних параметрів.

Перший контур призначений для підтримання заданої прозорості першої фракції сусла. Контроль параметра здійснюється за сигналом від датчика прозорості, встановленого на трубопроводі відведення сусла. Регулюючий вплив формується на основі відхилення фактичного значення прозорості від заданого значення.

Другий контур призначений для підтримання необхідної вологості вичавок на виході із пресувальної зони шнекового преса. Контроль параметра здійснюється

за допомогою датчика вологості Hydro-Probe XT, встановленого після зони пресування.

Рис. 6.19 Структура програмного блоку системи регулювання.

SAR			
	Name	Data type	Default value
3	▼ Output		
4	■ <Add new>		
5	▼ InOut		
6	■ <Add new>		
7	▼ Static		
8	■ ▸ LSim_Lagging_Instance	"LSim_Lagging"	
9	■ ▸ LSim_PT1_Instance	"LSim_PT1"	
10	■ ▸ LSim_PT1_Instance_1	"LSim_PT1"	
11	■ ▸ LSim_PT1_Instance_2	"LSim_PT1"	
12	■ ▸ LSim_PT1_Instance_3	"LSim_PT1"	
13	■ ▸ Tz	UInt	20
14	■ ▸ Tz1	UInt	12
15	■ ▸ PID_Q	"fbPID_Compact"	
16	■ ▸ PID_M	"fbPID_Compact"	
17	■ ▸ LSim_Lagging_Instance...	"LSim_Lagging"	
18	■ ▸ LSim_PT1_Instance_4	"LSim_PT1"	
19	■ ▸ LSim_PT1_Instance_5	"LSim_PT1"	
20	▼ Temp		
21	■ bTemp	Bool	
22	■ iTemp	Int	
23	■ diTemp	DInt	
24	■ dwTemp	DWord	
25	■ rTemp	Real	
26	■ intermediate	Real	
27	■ intermediate1	Real	
28	▼ Constant		

Для реалізації контурів регулювання в середовищі TIA Portal використовуються стандартні технологічні об'єкти PID_Compact.

Перший ПД-регулятор забезпечує підтримання заданої прозорості сусла та формує керуючий вплив відповідно до прийнятого алгоритму автоматизації технологічного процесу.

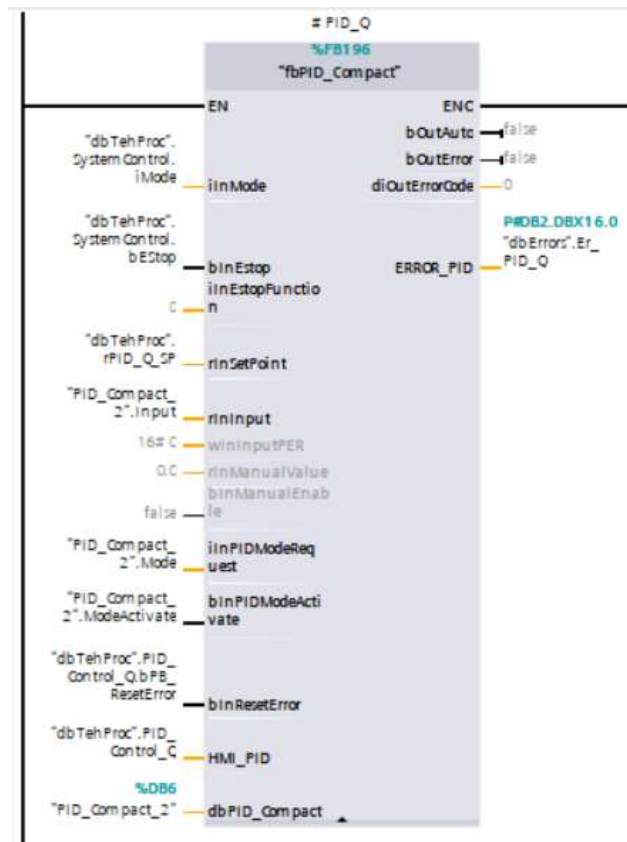
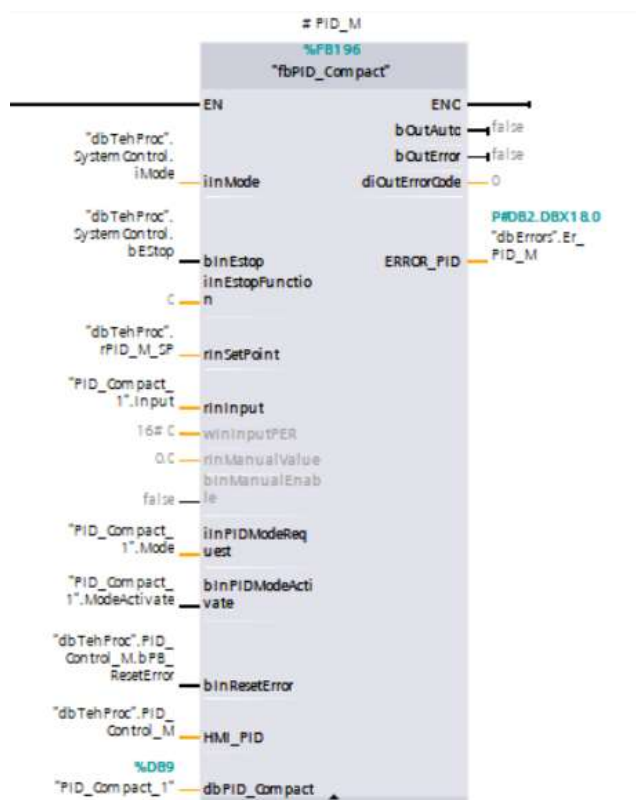


Рис. 6.20 – Реалізація контуру регулювання прозорості сусли.

Другий ПІД-регулятор призначений для регулювання вологості вичавок. У реальній системі керування даний контур може бути реалізований як каскадний, де зовнішній регулятор вологості формує завдання внутрішньому регулятору тиску гідросистеми. Однак у рамках даного проєкту та під час розробки програмного забезпечення в TIA Portal для спрощення структури системи використано одноконтурну реалізацію регулятора вологості.

У цьому випадку вихідний сигнал ПІД-регулятора безпосередньо використовується для формування керуючого впливу на пропорційний клапан Bosch Rexroth 3DREP 6.

Рис. 6.21 – Реалізація контуру регулювання вологості вичавок.



Налаштування параметрів обох регуляторів виконується засобами технологічних об'єктів TIA Portal. Для кожного регулятора задаються коефіцієнт підсилення, час інтегрування та час диференціювання відповідно до результатів попереднього синтезу системи автоматичного регулювання.

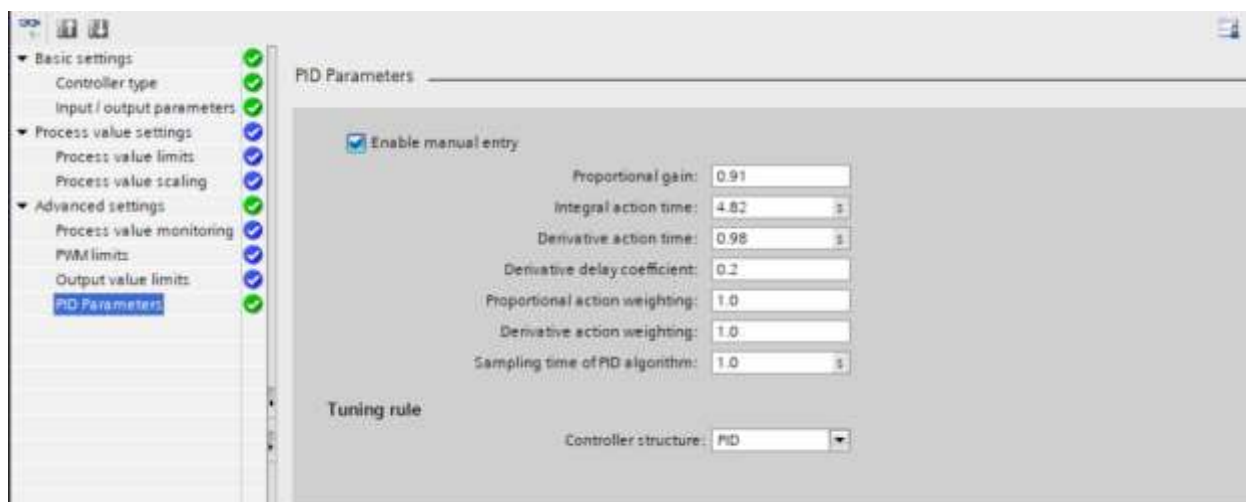


Рис. 6.22 Параметризація ПІД-регуляторів.

Вихідні сигнали регуляторів підключаються до функціонального блоку аналогового клапана.



Рис. 6.23 Фрагмент функціонального блоку fbSAR,
що реалізує модель ОК

Перевірка роботи програмної реалізації виконується за допомогою середовища моделювання PLCSIM. У процесі тестування здійснюється контроль правильності функціонування алгоритмів регулювання прозорості сусли та вологості вичавок, а також аналіз реакції системи на зміну технологічних параметрів.



Рис. 6.24 Тестування роботи програми в режимі симуляції.

Результати тестування підтвердили правильність роботи алгоритмів логічного керування та автоматичного регулювання вологості вичавок.

6.4 Висновки за розділом

У даному розділі виконано розробку програмного забезпечення системи автоматизації шнекового преса в середовищі TIA Portal. Сформовано апаратну конфігурацію системи, до складу якої входять програмований логічний контролер SIMATIC S7-1500, операторська панель TP1900 Comfort та модулі вводу-виводу.

Виконано параметризацію мережевих з'єднань і каналів вводу-виводу, створено таблицю технологічних змінних та структуру програмного проекту. Розроблено функціональні блоки логічного керування технологічним обладнанням, що забезпечують роботу електроприводів, насосного обладнання та виконавчих механізмів у ручному та автоматичному режимах.

Алгоритми керування реалізовані за допомогою стандартних технологічних об'єктів TIA Portal.

Проведене моделювання в середовищі PLCSIM підтвердило працездатність розробленого програмного забезпечення та правильність функціонування алгоритмів автоматичного керування технологічним процесом.

РОЗДІЛ 7. РОЗРОБКА SCADA ДЛЯ АВТОМАТИЗОВАНОГО РОБОЧОГО МІСЦЯ ТЕХНОЛОГА І НАЛАДЧИКА САК

7.1 Встановлення зв'язку між контролером та панеллю оператора, її конфігурування

Для забезпечення ефективного контролю технологічного процесу пресування мезги розробляється система візуалізації на базі операторської панелі TP1900 Comfort. Основним призначенням системи є відображення стану обладнання, контроль технологічних параметрів та надання оператору засобів керування установкою.

Обмін даними між контролером та панеллю оператора реалізується через мережу PROFINET із використанням внутрішніх тегів проєкту TIA Portal.

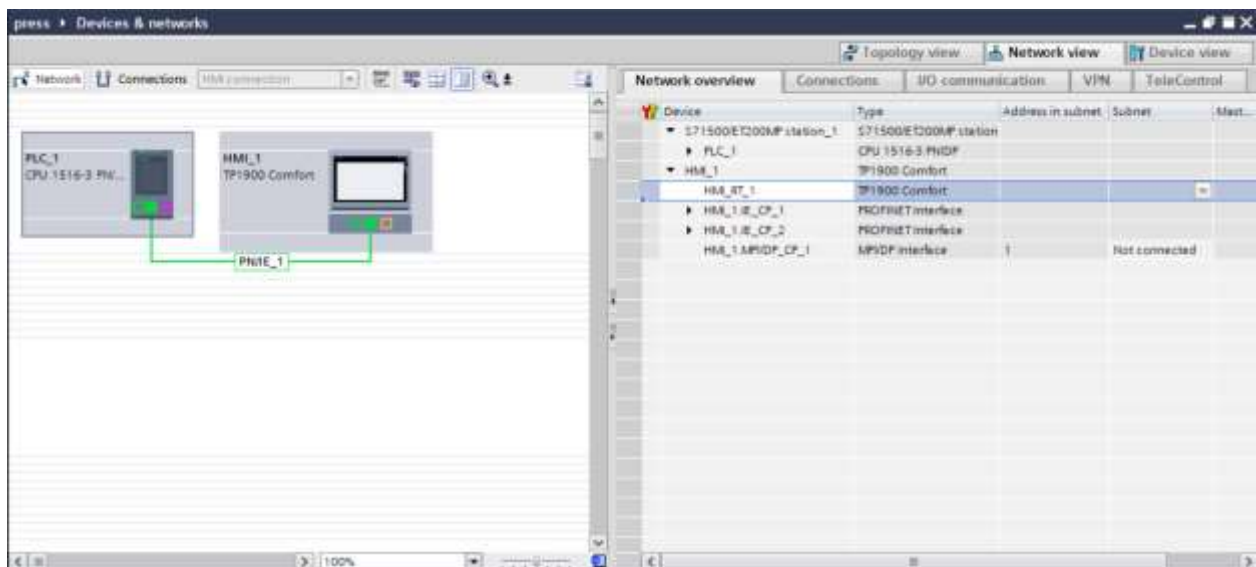


Рис. 7.1 – Структура інформаційного обміну між PLC та HMI.

Під час розробки інтерфейсу передбачено створення окремих екранів для керування установкою, відображення технологічних параметрів, перегляду архівів та діагностичної інформації.

Рис. 7.3 – Створення таблиці НМІ-тегів для системи автоматизації шнекового преса.

Після встановлення зв'язків між PLC та НМІ всі зміни технологічних параметрів у програмі контролера автоматично відображаються на екранах оператора, а команди, введені оператором через панель, передаються до програми керування.

7.2 Розробка головного технологічного екрану

Головний екран призначений для оперативного контролю технологічного процесу відділення сусли від мезги та забезпечує відображення всього основного обладнання установки.

На мнемосхемі представлені бункер накопичення мезги, шнек подачі продукту, зона пресування, гідравлічна система створення тиску, трубопроводи відведення сусли, насосне обладнання, а також вимірювальні перетворювачі та виконавчі механізми.

7.3 Розробка екранів АРМ оператора-технолога.

Для забезпечення єдиного стилю оформлення створюється шаблон Template_1. Даний шаблон використовується як базовий для всіх екранів системи візуалізації.

У шаблоні розміщуються постійні елементи інтерфейсу: назва проєкту, поточна дата та час, кнопки навігації між екранами, інформація про режим роботи системи та службові написи.



Рис. 7.4 – Загальний вигляд шаблону екранів операторської панелі.

Для переміщення між окремими екранами застосовуються навігаційні кнопки. Для кожної кнопки у вкладці Events задається виконання системної функції ActivateScreen із зазначенням цільового екрану.

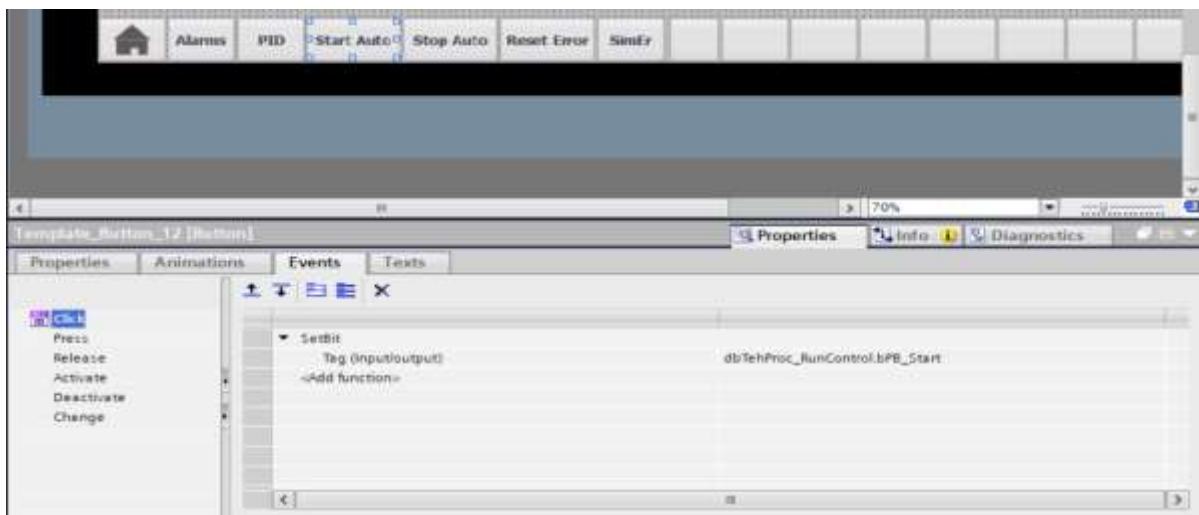


Рис. 7.5 – Налаштування функції ActivateScreen для переходу між екранами HMI.

Наступним етапом виконується розробка спливаючих вікон керування обладнанням. Для кожного виконавчого механізму створюється окреме Pop-up вікно, яке дозволяє виконувати пуск, зупинку та контроль поточного стану обладнання.

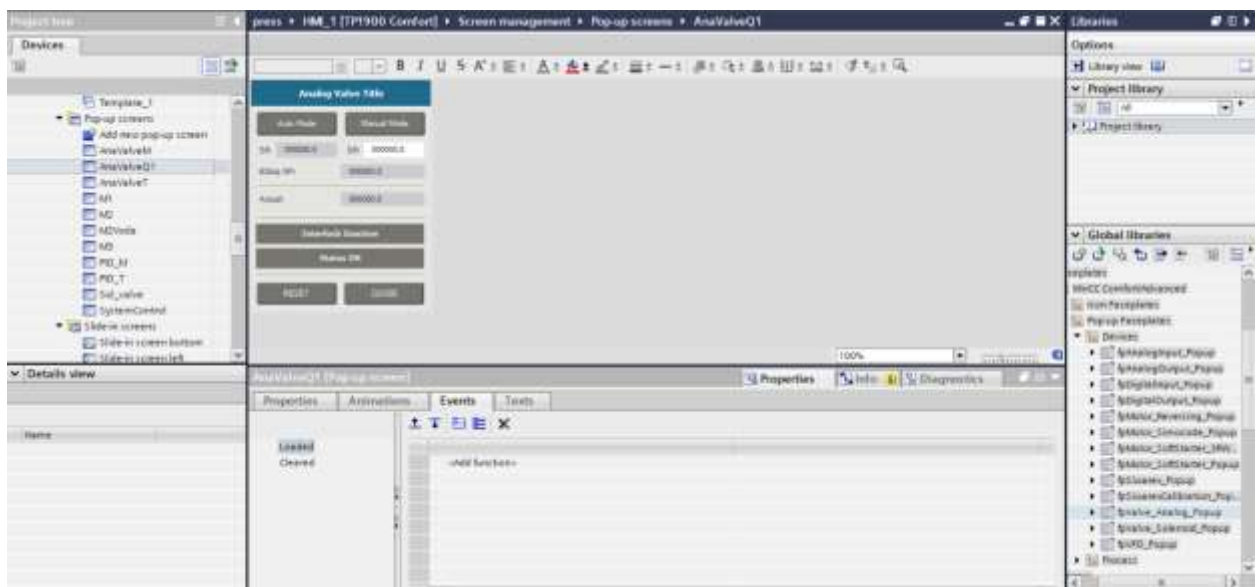


Рис. 7.6 – Створення спливаючого вікна керування засувкою подачі мезги.

У властивостях кожного Pop-up вікна задається структурний тег, що забезпечує динамічний зв'язок між елементами керування та відповідним об'єктом програми контролера. Завдяки цьому оператор отримує доступ до команд керування та інформації про стан обладнання безпосередньо з мнемосхеми.

Основний екран «Схема шнекового преса» містить графічне представлення технологічного процесу та всі необхідні засоби контролю і керування. Зображення створюється за допомогою стандартних графічних елементів середовища TIA Portal.

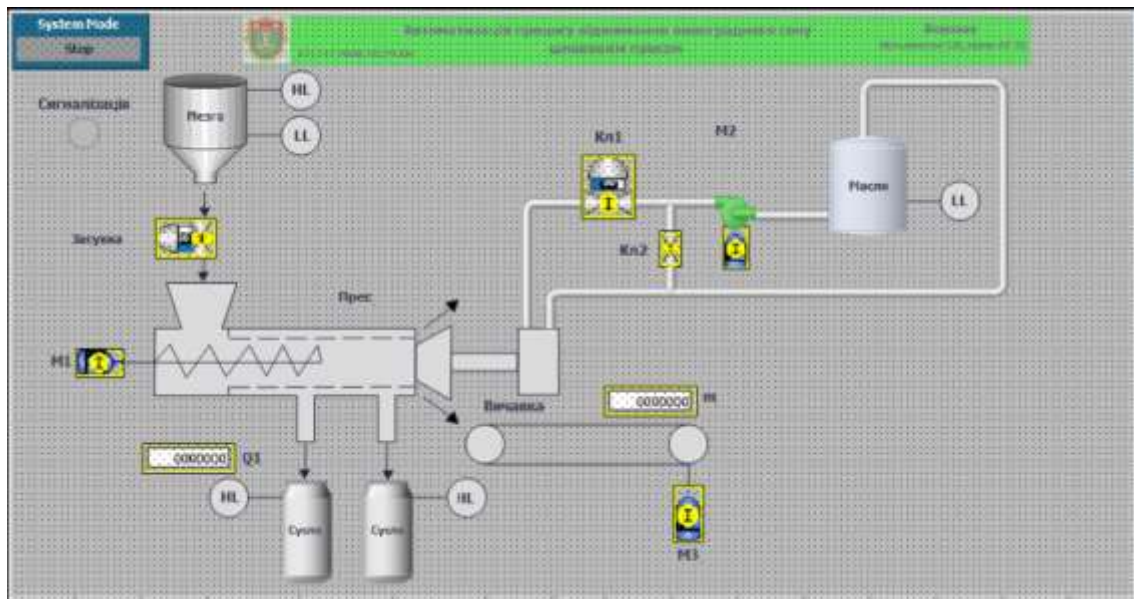


Рис. 7.7 – Головний екран «Схема шнекового преса».

На екран додаються графічні зображення електродвигунів, клапанів, насосів, датчиків та допоміжного обладнання. Для кожного елемента виконується налаштування анімації стану та кольорової індикації.

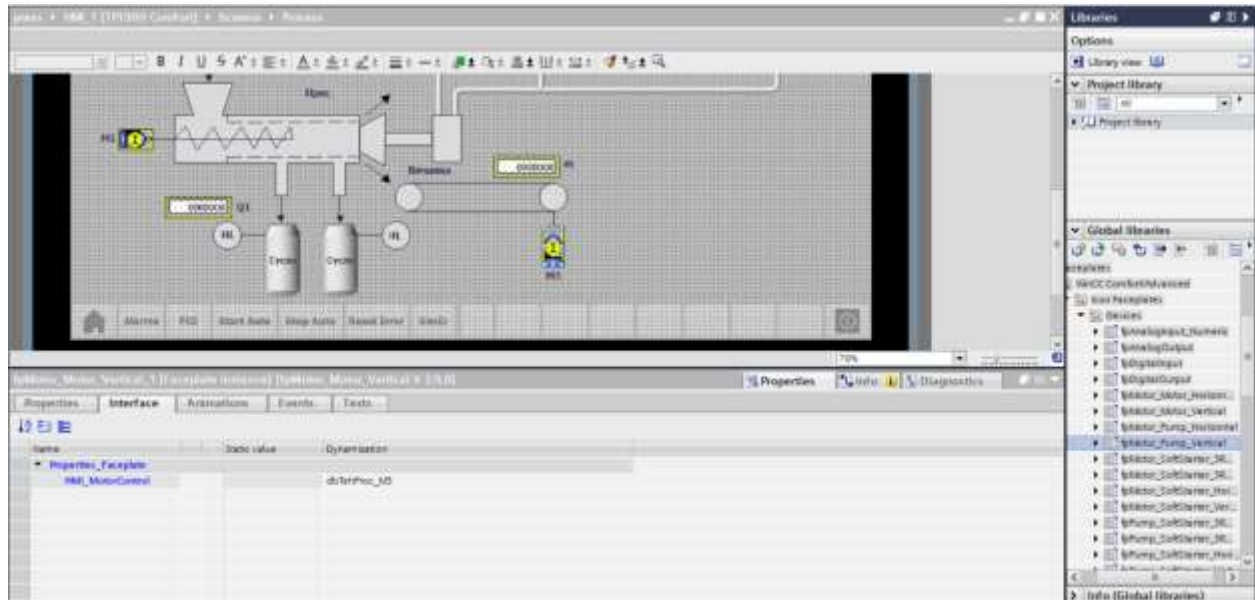


Рис. 7.8 – Налаштування графічного об'єкта електропривода шнекового преса.

При натисканні на графічне зображення обладнання відкривається відповідне Pop-up вікно. Виклик вікна реалізується за допомогою системної функції ShowPopUpScreen, яка призначається у вкладці Events графічного об'єкта.

Для контролю роботи системи автоматичного регулювання створюється окремий екран PID. На ньому відображаються графіки зміни основних регульованих параметрів технологічного процесу.

У даному проєкті контролюються два параметри:

- прозорість першої фракції сусла Q1;
- вологість вичавок M.

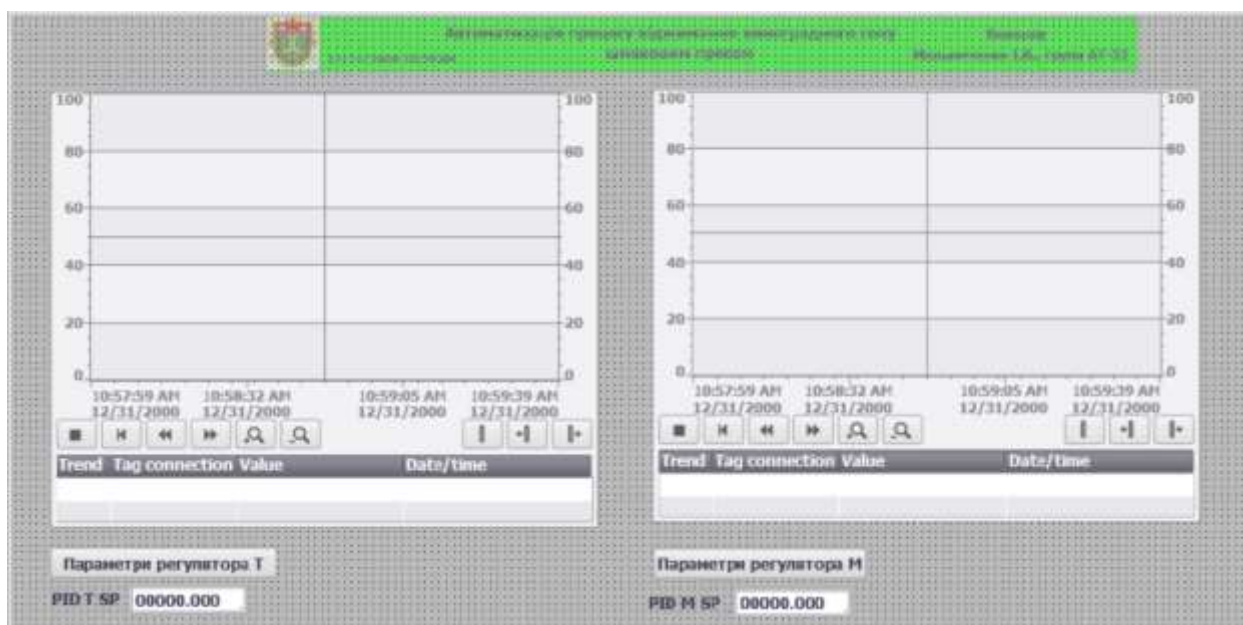


Рис. 7.9 – Екран моніторингу контурів автоматичного регулювання.

Для побудови графіків використовується елемент Trend View. До нього підключаються технологічні теги поточних значень, уставок та виходів ПІД-регуляторів.

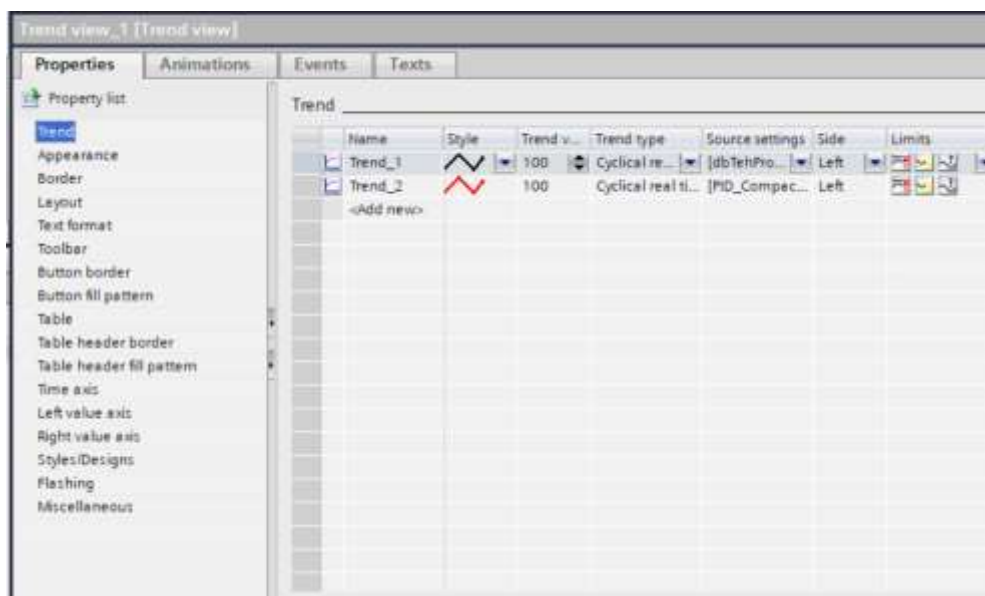


Рис. 7.10 – Налаштування елемента Trend View для відображення технологічних параметрів.

Зміна уставок регуляторів здійснюється через поля вводу-виводу. Для запобігання випадковим змінам використовуються додаткові кнопки підтвердження введення значень.

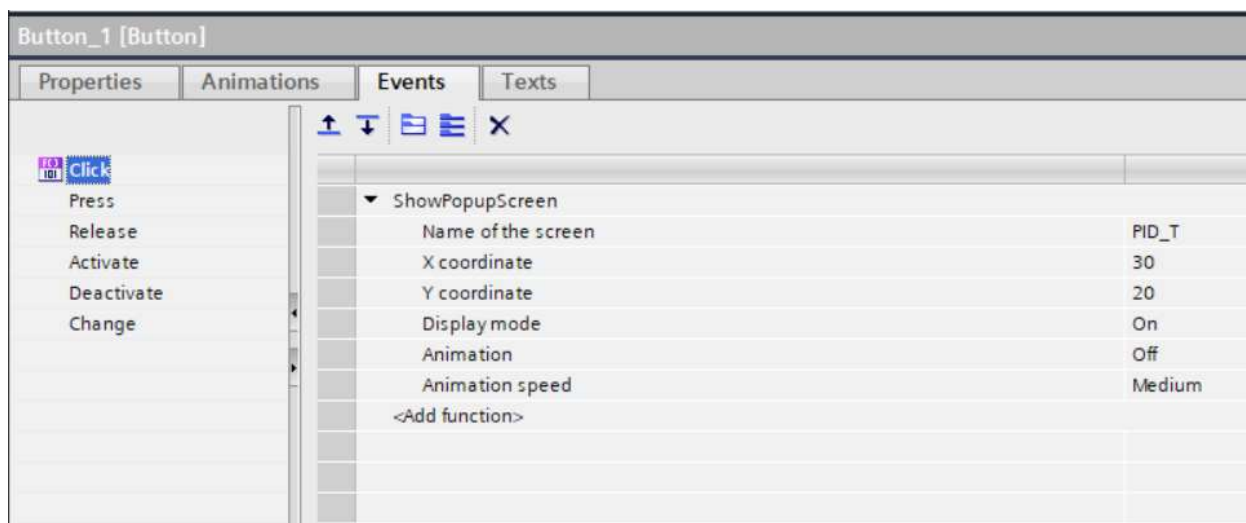


Рис. 7.11 – Налаштування елементів введення уставок регуляторів.

Для контролю технічного стану обладнання та технологічного процесу в системі реалізовано підсистему повідомлень і сигналізації. Вона містить як повідомлення користувацької програми, так і системні повідомлення контролера.

Інформація про аварії та попередження формується функціональними блоками керування обладнанням та записується до блоку даних dbErrors. Надалі ці дані передаються до НМІ та використовуються системою повідомлень.

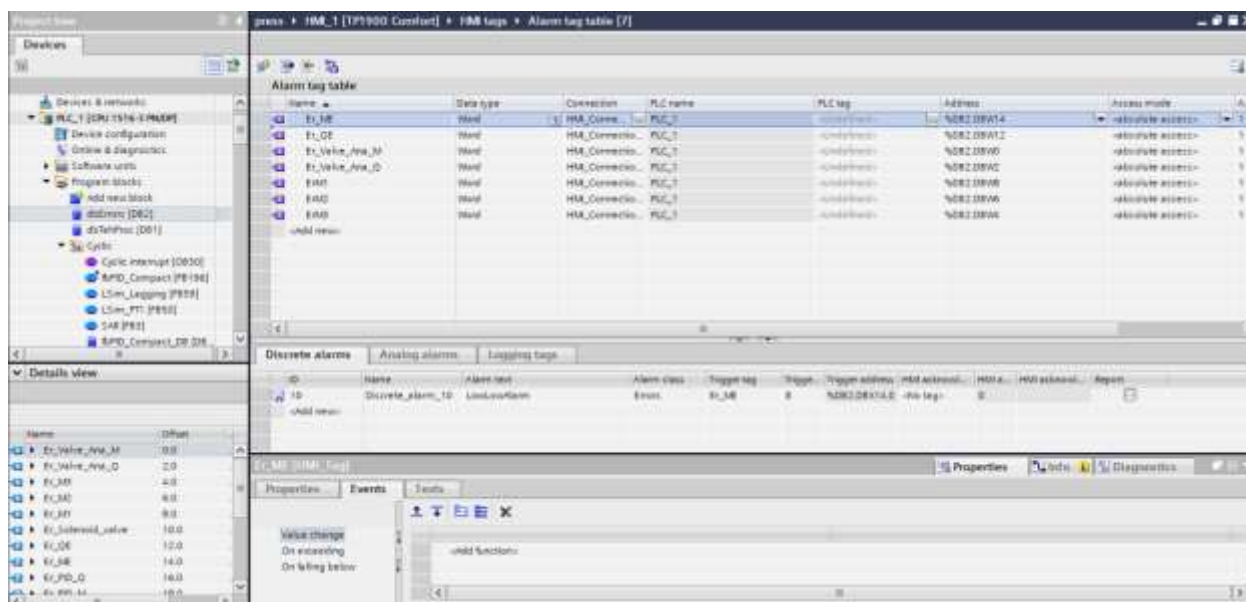


Рис. 7.12 – Прив'язка тегів блоку dbErrors до системи повідомлень НМІ.

Для кожного повідомлення визначається клас події, її пріоритет та текстове пояснення для оператора. Аналогові повідомлення формуються при виході контрольованих параметрів за допустимі межі.

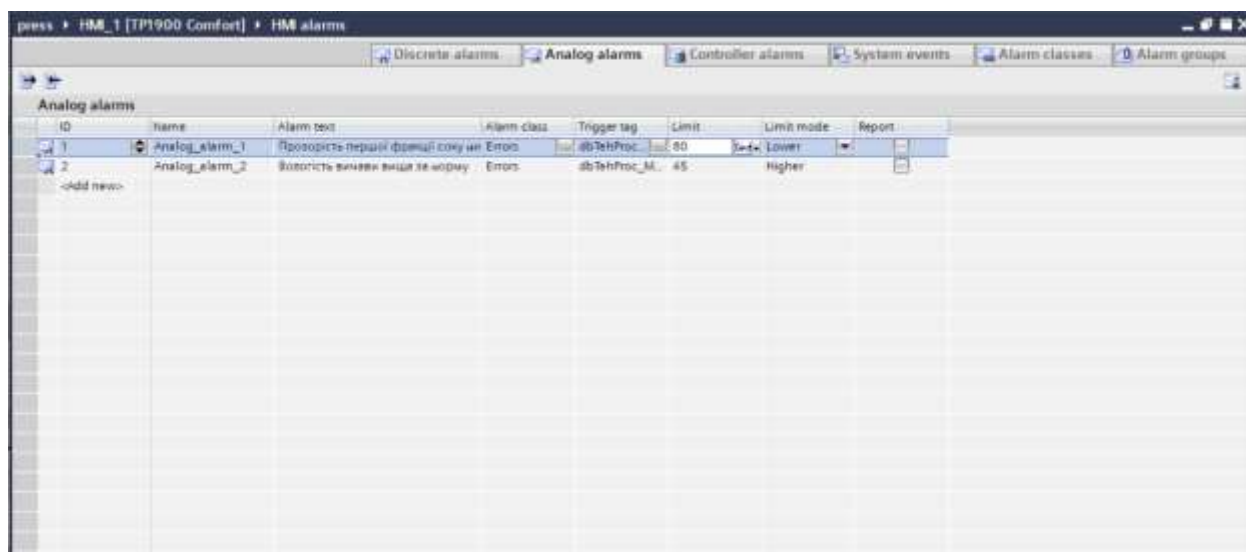
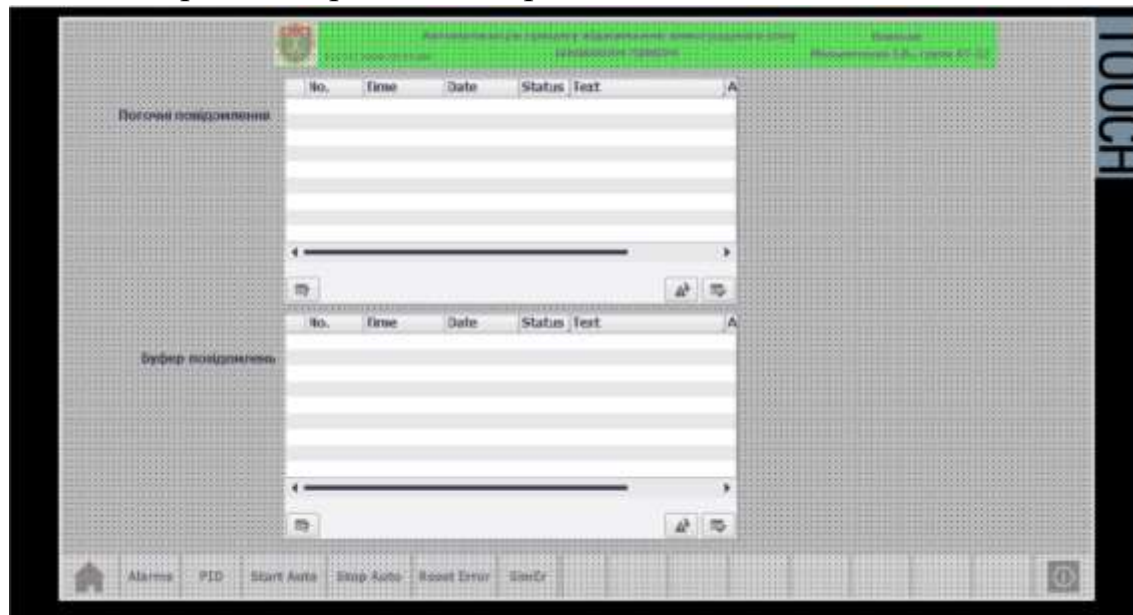


Рис. 7.13 – Створення аналогових повідомлень для контролю вологості вичавок та прозорості сусли.

Для вологості вичавок задаються верхня та нижня допустимі межі, а для прозорості сусли встановлюються граничні значення якості продукту. При перевищенні заданих меж система автоматично формує попередження або аварійне повідомлення.

Для відображення всіх подій створюється спеціалізований екран Alarms.

Рис. 7.14 – Екран відображення аварійних повідомлень системи автоматизації



шнекового преса.

Виведення повідомлень виконується за допомогою елемента Alarm View. Даний елемент дозволяє переглядати активні аварії, журнал подій та архів повідомлень.

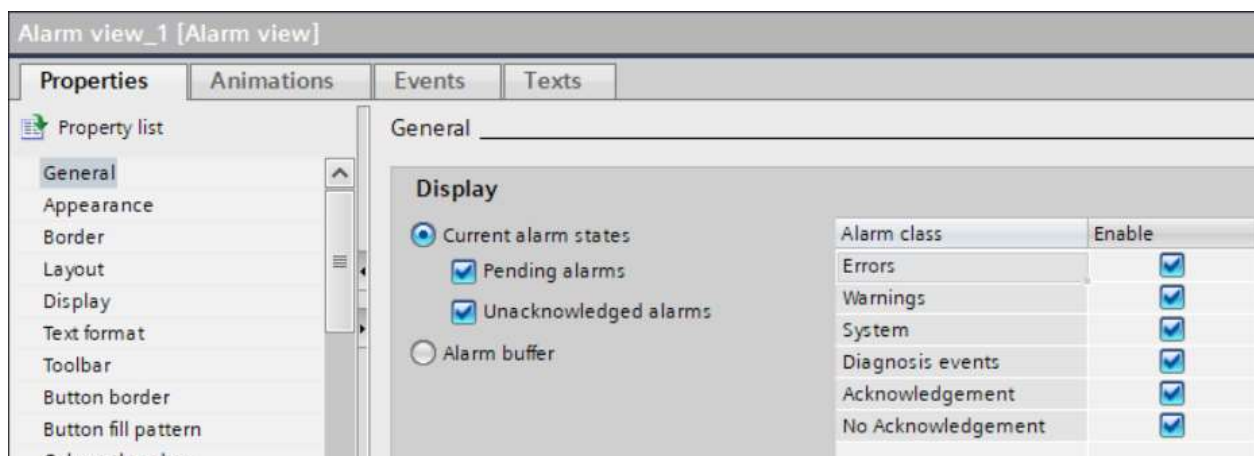


Рис. 7.15 – Налаштування властивостей елемента Alarm View.

7.4 Тестування системи керування.

Перевірка працездатності розробленої системи здійснюється за допомогою програмного комплексу S7-PLCSIM. Після компіляції проєкту програма контролера завантажується до віртуального контролера, а інтерфейс оператора запускається у середовищі WinCC Runtime Advanced.

Під час тестування перевіряється коректність роботи всіх режимів керування: «Стоп», «Ручний», «Автоматичний» та «Налагодження».

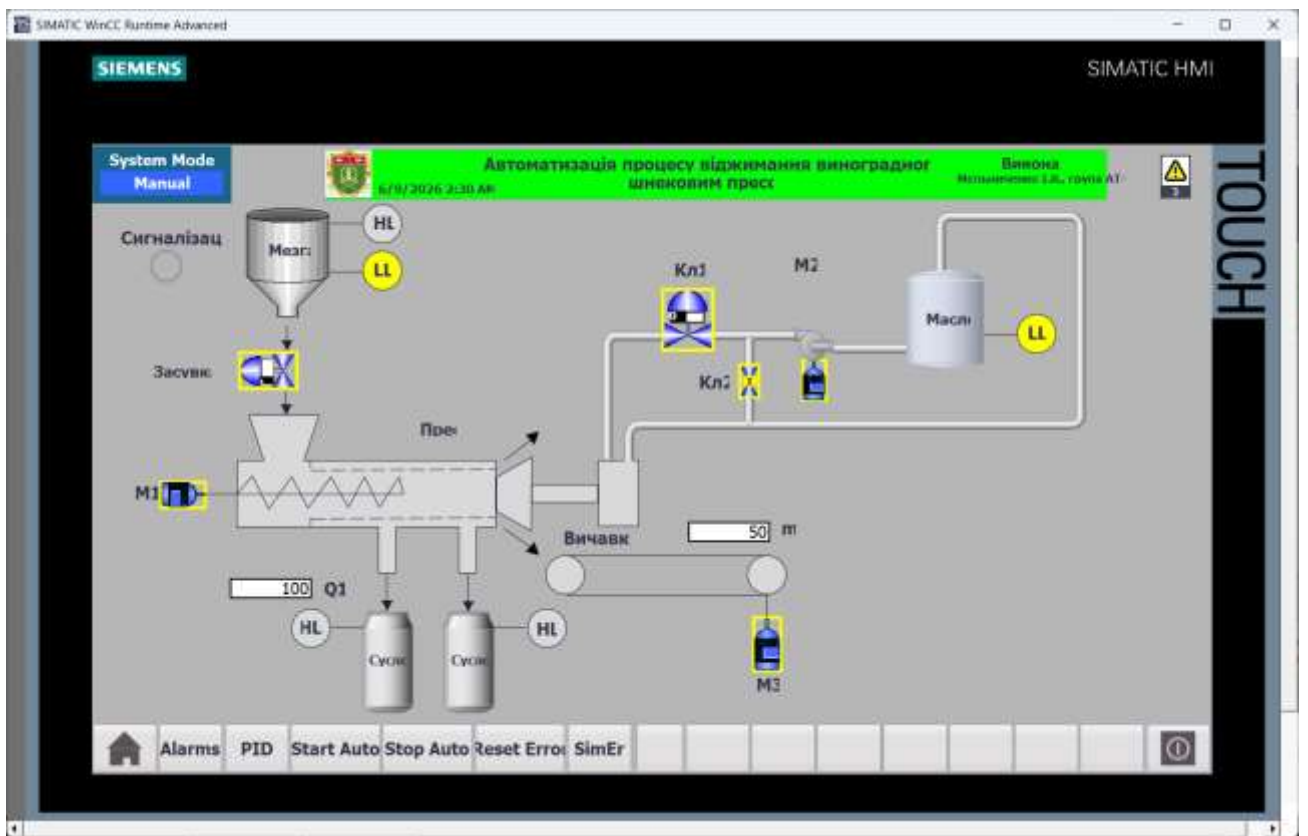


Рис. 7.16 – Головний екран установки в ручному режимі роботи.

У ручному режимі оператор має можливість безпосередньо керувати окремими механізмами установки та контролювати їх стан.

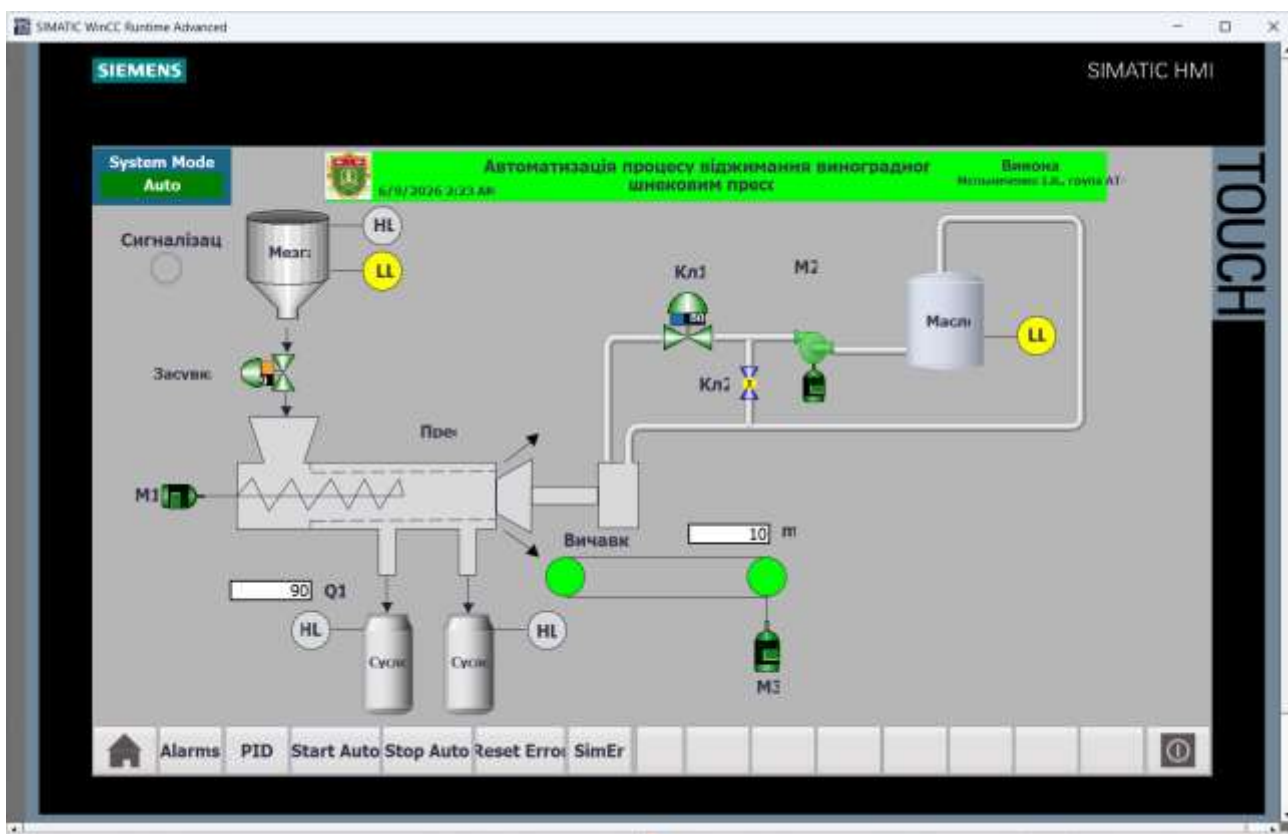


Рис. 7.17 – Головний екран установки в автоматичному режимі роботи.

В автоматичному режимі робота обладнання визначається алгоритмами програми контролера та станом контурів регулювання.

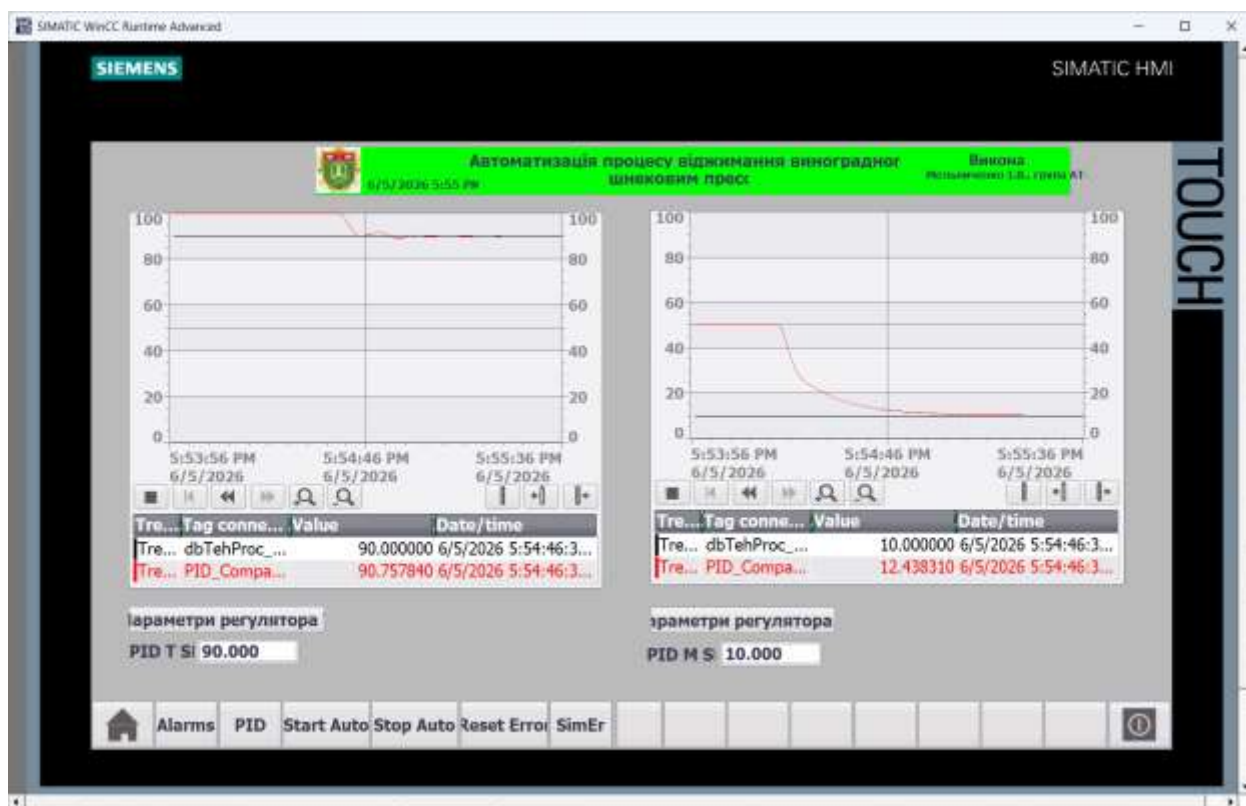


Рис. 7.18 – Екран PID у режимі тестування системи автоматичного регулювання.

На даному екрані відображаються поточні значення прозорості першої фракції суслу, вологості вичавок, уставки регуляторів та графіки зміни параметрів у часі.

Під час запуску установки виконується перевірка коректності формування повідомлень системою сигналізації.

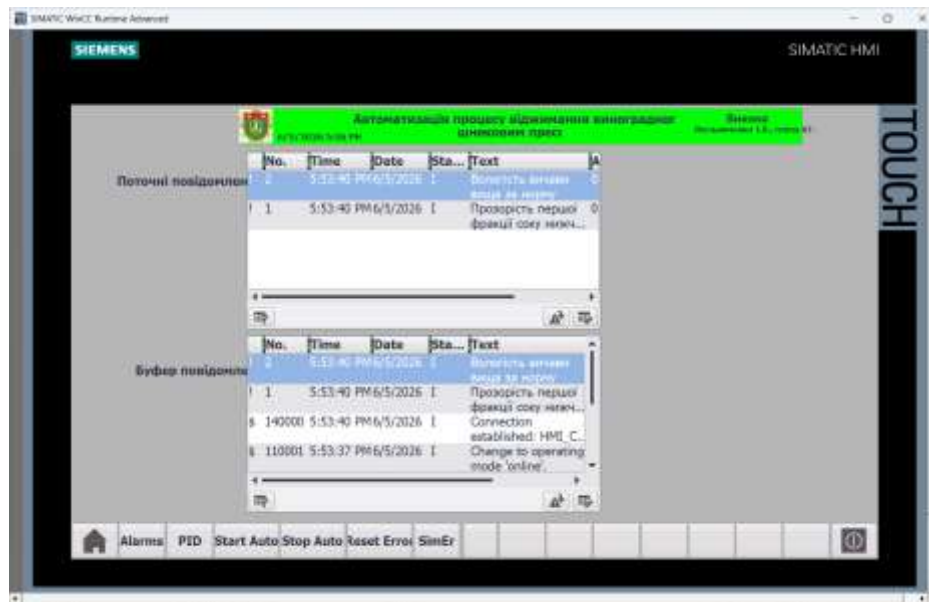


Рис. 7.19 – Екран Alarms під час пуску технологічної установки.

Для перевірки алгоритмів діагностики виконується моделювання аварійних ситуацій шляхом примусової зміни станів обладнання та технологічних параметрів.

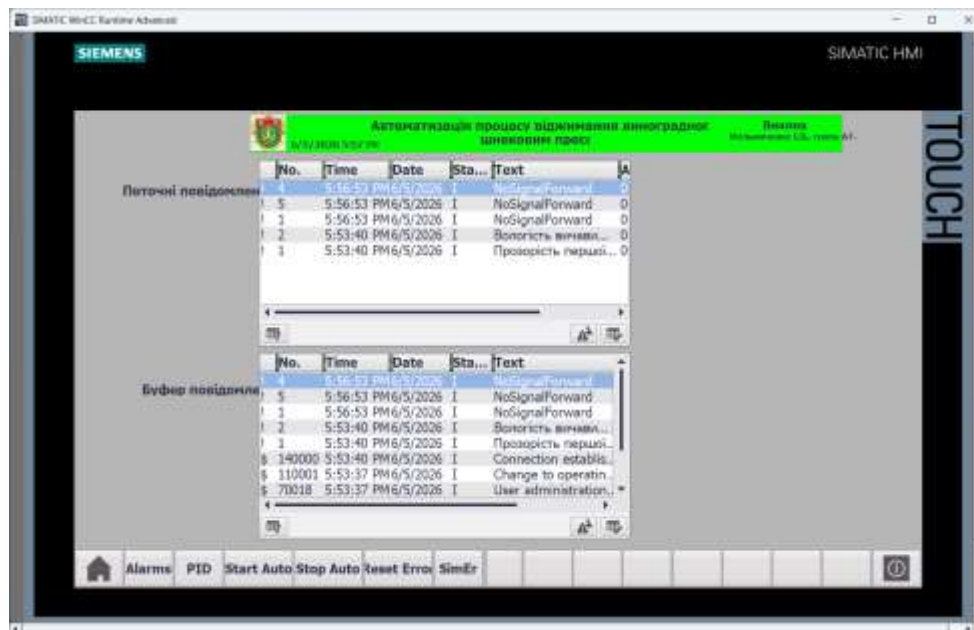


Рис. 7.20 – Відображення аварійного повідомлення при імітації несправності технологічного обладнання.

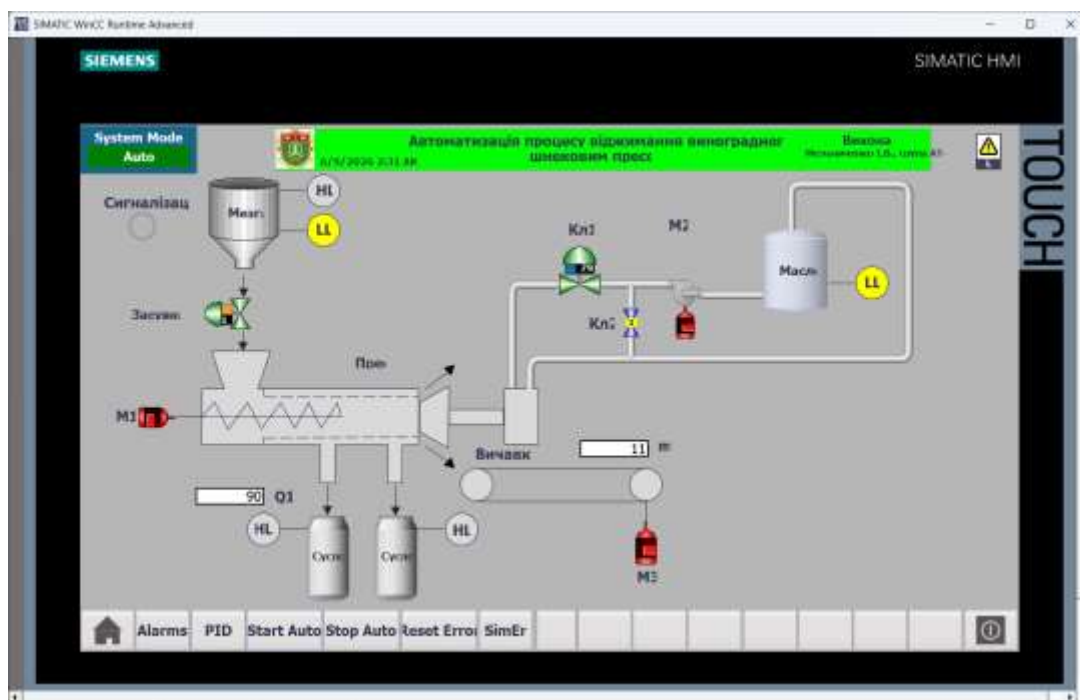


Рис. 7.21 – Головний екран в тестовому режимі при імітації несправності

7.5 Висновок за розділом

У даному розділі розроблено систему візуалізації та автоматизоване робоче місце оператора для керування шнековим пресом. Створено комплекс екранів, що забезпечують відображення технологічного процесу, керування обладнанням, контроль параметрів та моніторинг стану системи автоматизації.

Реалізовано засоби налаштування параметрів регуляторів, архівування технологічних даних, формування трендів та реєстрації аварійних повідомлень. Передбачено сервісні функції для діагностики обладнання та контролю роботи каналів вводу-виводу.

Розроблена система візуалізації забезпечує зручну взаємодію оператора з технологічним процесом, підвищує оперативність контролю параметрів пресування та сприяє підвищенню ефективності роботи шнекового преса в автоматичному режимі.

РОЗДІЛ 8 РОЗРОБКА ФРАГМЕНТІВ ДОКУМЕНТАЦІЇ ТЕХНІЧНОГО ЗАБЕСПЕЧЕННЯ САК, ВКЛЮЧАЮЧИ ПИТАННЯ ОХОРОНИ ПРАЦІ

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

Основними характеристиками процесу віджиму виноградного соку у шнековому пресі є вологість вичавок на виході з пресу і прозорість віджимного суслу. Підтримання вологості на виході з пресу забезпечується за рахунок зміни тиску масла, що переміщує конус, а підтримання прозорості суслу забезпечується за рахунок зміни подачі мезги.

За результатами вибору комплексу технічних засобів і відповідно до складеної технічної структури системи керування розроблено комплект її проектної документації. Комплект включає наступні документи:

Графічні:

- 1 – схему автоматизації;
- 2 – принципову електричну схему підключення до блоку дискретних входів ПЛК;
- 3 – принципову електричну схему підключення до блоку дискретних виходів ПЛК;
- 4 – принципову електричну схему підключення до блоку аналогових входів ПЛК;
- 5 – принципову електричну схему підключення до блоку аналогових виходів ПЛК.

Текстові:

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

Елементи керування та живлення електроприводів встановлюються в силовій шафі на DIN-рейку 35 мм. Шафа оператора знаходиться у спеціальному операторському пункті (ОП).

На внутрішній площі шафи оператора встановлюють ПЛК та елементи живлення до нього, а на фасадній двері – панель оператора. Таке технічне рішення дозволяє зменшити вплив струмів, які протікають по силовим кабелям, на роботу ПЛК і панелі оператора.

Центральний процесор CPU 1516, що реалізує основні функції контролю та регулювання, оснащений інтерфейсом PROFINET.

Всі модулі вводу/виводу серії SIMATIC S7-1500 та CPU монтуються на DIN-рейку 35 мм в шафі оператора. Вони використовуються для отримання інформації з датчиків безперервних і дискретних сигналів, а також для видачі керуючих сигналів на виконавчі механізми для підтримки регламентних значень регульованих змінних, а також передачі даних на панель оператора. CPU та модулі забезпечують виконання наступних основних функцій:

- прийом і дешифрацію команд по мережам PROFINET;
- введення, фільтрацію й нормалізацію аналогових сигналів входу та виходу (струм, напруга – модуль AI 4xU/I/RTD/TC ST (6ES7 531-7QD00-0AB0) та модуль AQ 2xU/I ST (6ES7 532-5NB00-0AB0);
- опитування стану дискретних входів, вбудованих в CPU 1516-3 PN/DP (6ES7516-3AN01-0AB0) та вивід із вбудованих дискретних виходів сигналів керування. Взаємодія контролера і панелі оператора здійснюється по мережі PROFINET. Для керування сушаркою застосовується панель оператора TP1900 Comfort (6VA2 124 OUC02-0AX1), на якій встановлена система виконання SCADA WinCC Comfort, що призначена для оперативного контролю, сигналізації, реєстрації параметрів.

8.2 Розробка схеми автоматизації

Схема автоматизації технологічного процесу є основним документом, що визначає функціональну структуру, обсяг автоматизації й що роз'ясняє певні процеси, що протікають у функціональних ланцюгах. Вона складена відповідно до ДСТУ ISO 14617-6:2018 «Графічні умовні позначки для схем. Частина 6. Функції вимірювання та керування». Функції автоматичного регулювання й логіко-програмного керування, виконує ПЛК сумісно з панеллю оператора.

Всі використані датчики вхідних сигналів обрані з уніфікованим вихідним сигналом струмовим (4...20мА DC), вихідні аналогові сигнали також струмові (4...20мА DC) і сприймаються виконавчими механізмами.

Розглянемо перелік контурів контролю й керування, які наведені на схемі автоматизації по позиційним номерам контурів:

- 1 – керування та контроль стану ЕД М1 двигуна шнекового пресу;
- 2 – керування та контроль стану ЕД М2 транспортер вичавок;
- 3 – керування та контроль стану ЕД М3 двигуна насоса подачі масла до гідроциліндру;
- 4 – керування прозорості сусла за керування подачею мезги
- 5 – керування вологості вичавок на виході із пресу за рахунок зміни тиску масла;
- 6 – контроль тиску в гідросистемі.

Реалізована функція передпускової сигналізації, та функція інтерфейсного зв'язку ПЛК панеллю оператора.

У контурах 1, 2, 3 керування приводами передбачені функції місцевого керування, які реалізуються за рахунок технічних засобів, що розміщені у силовій шафі, функції дистанційного керування з панелі оператора та функції автоматичного керування у часі по програмі в ПЛК.

У контурі 5 реалізована система регулювання вологістю вичавок на виході із преса. Розглянемо дію цього контуру. Від датчика вологості з уніфікованим перетворювачем MY/5 пропорційний вологості сигнал струму 4...20 мА DC подається на регулятор TC/5, програмно реалізований в ПЛК, який формує керуючий вплив у вигляді струму 4...20 мА DC, що подається на регулюючий клапан MCV/5. В контурі передбачена функції ручного задатчика і індикації регульованої змінної HIC/5, які реалізовані в панелі оператора.

Контур 4 побудований аналогічно.

В контурі 6 сигнал від датчика тиску масла PS/10 з уніфікованим виходом у вигляді струму 4-20 мА, подається на ПЛК і дозволяє сформувати функцію індикації PS/10 цього тиску, а також функцію блокування роботи насоса масла при перевищенні максимально допустимого значення.

У додатку А наведені схема автоматизації та перелік приладів та засобів, які використані в цій схемі.

8.3 Розробка принципових електричних схем підключення до модулів ПЛК

До вбудованих дискретних входів ПЛК CPU 1516 (6ES7 521-1BH10-0AA0) по кабелях W5, 6 що підключаються до клем SA-X1, подаються сигнали 0 або 24 V DC, які характеризують поточний стан апаратури керування електроприводами, що встановлена у силовій шафі і забезпечує локальне (місцеве) керування. По кабелю W8, що підключається до клем SA-X1, передається сигнал від датчика-реле тиску K LT/11.

На вбудованих дискретних виходах ПЛК формуються сигнали 0 або 24 V DC, які по кабелям W5, 4, 6, що підключаються до клем SA-X1, передаються у силову шафу в схему керування електроприводами. Також до виходу модуля дискретних виходів по кабелю W10, що підключається до клем SA-X1, підключається дзвоник НА, який формує звуковий сигнал.

Модуль аналогових входів AI 4xU/I/RTD/TC ST (6ES7 531-7QD00-0AB0) розміщується на на DIN-рейці 35 мм в шафі оператора. До його аналогових входів за допомогою екранованих кабелів W10, 11, 12, що під'єднуються до клем SA-X1, підключаються датчики з уніфікованим виходом 4...20 mA DC відповідно: датчик каламутності першої фракції соку QY/4, датчик вологості вичавок MY/5 та датчик тиску PS/10.

Модуль аналогових виходів AQ 2xU/I ST (6ES7 532-5NB00-0AB0) розміщується на DIN-рейці 35 мм в шафі оператора. Аналоговий вихід цього модуля формує сигнали 4...20 mA DC, які за допомогою кабелів W13, W14, що підключаються до клем SA-X1, передає сигнали керування на виконавчий механізм клапану подачі виноградної мезги QCV4 та виконавчий механізм клапану масла MCV5.

У додатку Б наведені ПЕС підключення до модулів ПЛК та перелік приладів, що в них використані.

8.4 Охорона праці

В цьому підрозділі про ідентифікуємо потенційно небезпечні і шкідливі виробничі фактори, що можуть виникнути при експлуатації установки. Наведемо їх гранично-допустимі концентрації з посиланням на нормативні акти, в яких вони встановленні, зазначимо наслідки від їх впливу. Зведемо дані у таблицю 8.1.

Таблиця 8.1 – Характеристика потенційно небезпечних та 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	20-23 °С	Стан втоми, перегрів або переохолодження організму
2.	Підвищена або знижена рухливість повітря	0,3-0,5 м/с	Простудні захворювання, перегрів організму
3.	Підвищена або знижена вологість повітря	64-74%	Ревматичні, алергічні, захворювання
4.	Недостатня освітленість робочої зони	КПО -1,1%,Е – 180 лк.	Стан втоми, перенапруження зорових аналізаторів

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
5.	Підвищений рівень шуму на робочому місті	70 дБА	Захворювання органів слуху
6.	Підвищений рівень вібрації на робочому місці	$0,027 \text{ м/с} \times 10^{-2}/74\text{дБ}$ (загальна вібрація); $2 \text{ м/с} \times 10^{-2}/111 \text{ дБ}$ (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

11.	Підвищений рівень іонізації повітря	n+: 1500-3000 одиниць/ см ³ ; n-: 3000-5000 одиниць/ см ³	Захворювання верхніх дихальних шляхів, алергічні захворювання
-----	-------------------------------------	--	--

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

№ з/п	Найменування небезпечних та шкідливих виробничих факторів	Нормоване значення	Можливі наслідки від дії
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
-----	--------------------	---	------------------------------

Категорії приміщень об'єкту автоматизації були визначені в розділі 5.

АРМ оператора передбачає роботу з панеллю оператора, за допомогою якої він спостерігає за роботою установки, а також має можливість керувати установкою в дистанційному або автоматичному режимі. На екрані панелі всі прилади установки мають свої умовні позначення та мають можливість змінювати колір при зміні стану. При появі аварії чи блокуванні в установці, інженер має можливість побачити місце, в якому з'явилася аварія, та усунути помилку.

Так як автоматизоване робоче місце розташоване у приміщенні, забезпечується відповідність усіх елементів робочого місця:

- площа на одне робоче місце становить, 10,0 м², а об'єм - 25,0 м³; норма: площа – 6,0 м², об'єм - 20,0 м³.
- інженер сидить за стандартним столом на м'якому кріслі;
- ЖК монітор відображає всю необхідну інформацію;
- трудові операції виконуються виключно на робочому місці;
- на робочому місці добре освітлення, вікно знаходиться з правого боку, на столі знаходиться світильник.

Визначимо категорію робіт за ступенем важкості. Оператор АРМ виконує роботу в положенні сидячі, що пов'язане з постійним спостереженням (таблиця 8.3).

Таблиця 8.3 – Виробниче приміщення, період року, категорія роботи, що виконується, температура, відносна вологість, швидкість руху повітря

№ п.п	Найменування виробничого приміщення	Період року	Категорія роботи, що виконується	Температура, °C	Відносна вологість, %	Швидкість руху повітря, м/с
1	Операторський пункт	Теплий	Легка 1а	23-25	40-60	0,1
№ п.п	Найменування виробничого приміщення	Період року	Категорія роботи, що виконується	Температура, °C	Відносна вологість, %	Швидкість руху повітря, м/с
2	Операторський пункт	Холодний	Легка 1а	23-25	40-60	0,1

Зорову роботу, яку на АРМ виконує оператор, відповідає наступним розрядам: Б-2 (робота з дисплеєм), А-2 (робота з документами). Забезпечення нормованих значень КПО та освітлення на АРМ оператор досягається за рахунок:

- бокового одностороннього розташування вікон;
- фарбування стелі та стін приміщення у світлі кольори;

- планове очищення скла віконних проїомів;
- застосування систем комбінованого освітлення.

Характеристика та нормовані показники виробничого освітлення наведені у таблиці 8.4.

Таблиця 8.4 – Характеристика та нормовані показники виробничого освітлення

№	Виробниче приміщення	Вид освітлення	Найменший	Розряд та підрозряд зорової роботи	КПО , %	Освітленість, лк
1	Операторський пункт	Бічне, одностороннє	0,35-0,55	Б-2	1	400

На кожному технологічному об'єкті для забезпечення нормальної експлуатації засобів автоматизації повинні бути затверджені робочі експлуатаційні інструкції та виконавчі схеми електричних і трубних з'єднань апаратури. Перелік інструкцій і схем затверджується головним інженером підприємства.

Пуск і експлуатація технологічного та енергетичного обладнання з несправними та відключеними КВПіА, системою технологічної захистів і пристроями необхідними для експлуатації обладнання в режимі ручного керування, забороняються. У процесі пуску і зупинки устаткування в режимі ручного керування необхідно стежити за проходженням відповідних операцій за показаннями контрольно-вимірювальних приладів. При порушенні встановленої послідовності, тривалості операцій і відхиленні параметрів від заданих слід негайно зупинити обладнання і повернути його в початковий стан.

Реле й засоби захисту, пристрої технологічної автоматики, а також прилади, за якими ведеться контроль за роботою обладнання повинні бути опломбовані. При необхідності проведення будь-яких робіт на панелях, в щитах і ланцюгах захисту і електроавтоматики умови ввімкненого основного обладнання слід вжити заходів обережності проти помилкових дій в результаті помилок персоналу. Виконання цих робіт без виконавчих схем (по пам'яті), а також без заданих обсягів і послідовностей операцій забороняється. Після проведення робіт у вторинних ланцюгах слід перевірити справність цих ланцюгів і правильність їх приєднання шляхом випробування пристрою (схеми) в дії безпосередньо або побічно.

Безпека обслуговуючого персоналу і сторонніх осіб повинна забезпечуватися шляхом застосування належної ізоляції, дотримання відповідних відстаней до струмоведучих частин або шляхом їх закриття, огороження застосування блокування апаратів, заземлення або занулення корпусів електроустаткування і елементів електроустановок, які можуть опинитися під напругою внаслідок пошкодження ізоляції.

Монтажні ремонтні роботи в електричних мережах і пристроях або поблизу них, також роботи по приєднанню і від'єднанню проводів повинні проводитися тільки при знятій напрузі.

Засоби автоматизації з джерелами електроенергії, які знаходяться під напругою або на які в будь-який момент може бути подана напруга, вважаються чинними електроустановками і на них поширюються правила по техніки безпеки. Слюсарно-монтажний інструмент з ізолюючими рукоятками, викрутки, кліщі, плоскогубці та ін. широко застосовуються при роботах без зняття напруги в електроустановках напругою $\sim 220\text{В}$ / $\sim 380\text{В}$. В якості додаткових засобів захисту застосовуються діелектричні рукавички, діелектричні калоші і діелектричні килими.

Забороняється проводити на ходу, без зупинки машин і механізмів, чищення і змащення рухомих частин, ремонт і заміну окремих деталей.

Всі датчики повинні бути справними, мати чітке клеймо із зазначенням дати перевірки та опломбованими. Забороняється проведення ремонтних робіт на апаратах і комунікаціях, які знаходяться під тиском, на робочому і холостому ходу, наповнених робочими газами, парою, рідинами і т.д.

Перед ремонтом обладнання, механізмів, зчеплених з електродвигунами, обов'язково повинна бути розроблена електрична схема і вивішений попереджувальний плакат «Не включати, працюють люди!».

Перед ремонтом необхідно переконатися в наявності заглушок на вході і виході газу або рідини з обладнання і комунікацій. Заглушки встановлюють з хвостиками, щоб їх можна було бачити. Запобіжники в пристроях автоматики необхідно знімати тільки при відключеному напрузі. Кожен робітник повинен пам'ятати, що електричний струм небезпечний для життя: сила струму 0,1А - смертельна для людини.

Захисного заземлення підлягають металеві неструмоведучих частини електрообладнання, які внаслідок несправності можуть виявитися під напругою і до яких можливий дотик людей. При цьому в приміщеннях з підвищеною небезпекою і особливо небезпечних, а також в зовнішніх пристроях заземлення обов'язково при номінальній напрузі вище 36 В змінного струму і 110 В постійного струму. При напрузі 500 В і вище змінного і постійного струму заземлення обов'язково в усіх випадках, а у вибухонебезпечних приміщеннях захисне заземлення здійснюється при будь-яких напругах змінного і постійного струму.

Відповідно до типових правил пожежної безпеки організація пожежної безпеки покладається на керівників об'єктів, які зобов'язані:

- організувати на підвідомчих об'єктах вивчення і виконання типових правил усіма працівниками підприємства;

- організувати проведення протипожежного інструктажу і заняття з пожежно-технічного мінімуму;
- встановити у всіх приміщеннях підприємства строгий протипожежний режим і контролювати його дотримання;
- періодично перевіряти стан пожежної безпеки об'єкта, наявність і справність технічних засобів боротьби з пожежею.

Пожежну безпеку окремих підрозділів підприємства (цехів, лабораторій, майстерень, складів і т.п.) забезпечують їх безпосередні керівники, які зобов'язані:

- забезпечити дотримання на підпорядкованих їм ділянках встановленого протипожежного режиму;
- стежити за справністю виробничого обладнання та негайно вживати заходів до усунення несправностей, що призводять до пожежі;
- стежити за тим, щоб після закінчення роботи прибиралися спаленні відходи, відключалися електроприймачі;
- забезпечити постійну готовність до дії засобів пожежогасіння, зв'язку та сигналізації.

Усі робітники і службовці промислових підприємств проходять спеціальну протипожежну підготовку, яка складається з протипожежного інструктажу (первинного і повторного) і занять з пожежно-технічного мінімуму, що проводяться 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 визначаються місця і порядок утримання засобів пожежогасіння, пожежної сигналізації і зв'язку; обов'язки працівників при виникненні пожежі, правила виклику пожежної команди, зупинки і відключення устаткування.

У приміщеннях і на території підприємства, як правило, куріння дозволяється тільки в спеціально відведених для цього місцях. Забороняється застосування відкритого вогню (паяльні лампи, факели та ін.) для обігрівання трубопроводів із замерзлими або застиглими рідинами. Забороняється захаращувати підходи до технологічного устаткування, засобів зв'язку і пожежогасіння, а також проходи і виходи з приміщення.

На кожному об'єкті повинні бути схеми пожежного водопроводу із зазначенням місць встановлення пожежних кранів і гідрантів, місця їх установки повинні бути позначені спеціальними значками і написами «ПК» і «ПГ».

На підприємствах встановлюється електрична пожежна сигналізація, яка служить для швидкого сповіщення служби пожежної охорони про яка виникла пожежі в будь-якому приміщенні або спорудженні підприємства. Особливо небезпечні виробництва мають бути оснащені засобами автоматичного пожежогасіння: пінного, водяного, порошкового.

8.5 Висновок за розділом

В ході виконання розділу було розроблено варіант комплекту технічної документації САК на базі контролера фірми Siemens SIMATIC S7-1500.

Розроблений комплект включає основні документи технічного забезпечення системи автоматизації керування процесу віджиму виноградного соку в шнековому пресі. В результаті виконання отримані навички з розробки технічної документації на системи автоматизації з використанням ПЛК та сучасних пристроїв автоматизації.

РОЗДІЛ 9 РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАХОДУ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ ЗА ТЕМОЮ КЕРУВАННЯ ПРЕСУВАННЯМ ВИНОГРАДУ НА ВИНЗАВОДІ

9.1 Розрахунок інвестиційних витрат на модернізацію системи автоматизації процесу керування пресуванням винограду на винзаводі"

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	Кількість	Ціна без ПДВ, грн	
			За одиницю, грн	Сума, грн
Вібраційний сигналізатор рівня	INNOLevel Vibro-U	1	632	632
Вібраційний сигналізатор	INNOlevel VIBRO серии N	1	450	450
Датчик тиску масла	MTM-700ДИ	2	6000	12000
Датчик тиску	DMP 331 (BD Sensors)	1	6500	6500

Індикатор технологічний мікропроцесорний	ITM-110-K4- 07-3-1-3-P-0-0-220	3	2500	7500
Датчик прозорості сула	optek DTF16 Process Turbidimeter	1	1080	1080
Електропривід	AUMA SA 07.1 EAA	1	46000	46000
Світлосигнальна арматура	AD24-22DS	3	48	144
Мікропроцесорний процесор S7- 1500 фірми Siemens	1516-3 PN/DP	1	14000	14000
Модуль вводу дискретних сигналів, 16 каналів, =24В	6ES7221-1BH32-0XB0	1	11700	11700
Модуль виводу дискретних сигналів, 16 каналів, =24В; 0,5А	6ES7222-1BH32-0XB0	1	29000	29000
Датчик вологості	Hydronix Hydro-Probe XT	1	3680	3680

Таблиця 9.1 (продовження) – Таблиця вартості засобів автоматизації

Засоби автоматизації				
Назва	Тип, марка	Кількість	Ціна без ПДВ, грн	
			За одиницю, грн	Сума, грн
Модуль вводу аналогових сигналів	6ES7231-4HF32-0XB0	2	54000	108000
Модуль виводу аналогових сигналів, 4 канали, 4...20 мА	6ES7232-4HD32-0XB0	1	38900	38900
Кінцевий вимикач	Schneider Electric XCK - 111 Roller Lever Limit Switch	2	1043	2086
Блок живлення ~220/=24В	БП04Б-Д2-24	1	1100	1100
Зумер, звуковий тиск	EMAS MBZX220S E	1	310	310

Персональний комп'ютер в комплекті, два Порти Ethernet, два НЖМД, підтримка RAID	Asus	1	6700	6700
Редукційний клапан тиску	Bosch Rexroth 3DREP 6	1	42977	42977
Контактор	Siemens 3RT2023 - 1AN20 Power Contactor	1	1300	1300
Клинова задвижка	100MM Cast Steel Gate Valve, Flanged, Class-150, IBR, CS-7	1	6000	6000
Джерело безперебійного живлення	UPS - 1000 (1000VA UPS)	1	12300	12300
Електромагнітний клапан	EVRM - NC95 DN150 Solenoid Valve	1	103000	103000
Світлосигнальна арматура	Schneider XB7EV04BP	3	70	210
Сирена	XVS10MMW Schneider Electric Siren	1	6539	6539
Реле проміжне	Weidmuller DRM570024LT	4	350	1 400

Щит	Schneider NSYS3D664 0P	1	4000	4000
-----	------------------------------	---	------	------

Усього - 483920 грн

Таблиця 9.2 – Таблиця вартості монтажних матеріалів та кабельної продукції

DIN- рейка		3м	40	120
Проф.шина		0,5 м	800	800
Короб монтажний		10 м	10	100
Дріт монтажний	ПВЗ*05	85 м	4	340
Кабель контрольний мідний	КВВГ4х185	15 м	30	450
Кабель контрольний мідний	КВВГ4х1,0	15 м	15	325
Дріт з'єднувальний	ПВСн 2*1	120м	30	3600
Дріт з'єднувальний	ПРТО 1*4	150м	30	4500
Труба стальна водогазопровідна	МР20х2,5	450м	25	11250

Усього - 21365 грн

Вартість всього технічного рішення (Ц_{опт}):

$$\text{Ц}_{\text{опт}} = 483920 + 21365 = 505\,285 \text{ грн.} \quad (9.1)$$

Капітальні інвестиції являють собою вкладення коштів у придбання будинків, споруджень ін. об'єктів нерухомої власності, машин, устаткування, інших основних фондів і нематеріальних активів, що підлягають амортизації.

Капітальні інвестиції здійснюються в наступних основних формах: реконструкція, технічне переозброєння, модернізація виробництва, окремих поточкових ліній, одиниць устаткування, придбання окремих матеріальних активів.

Капітальні інвестиції по базовому й новому варіантах техніки визначаються роздільно. Капітальні інвестиції по базовому варіанті включають: витрати на придбання встаткування, у т.ч.:

Вартість устаткування за оптовими цінами Ц_{опт} ;

Витрати на тару й упакування – Ц_т;

Заготівельно-складські видатки – Ц_{з-з};

Витрати на монтаж устаткування – Ц_м;

У сумі ці витрати визначають первинну (балансову) вартість устаткування на підприємстві – ІС^б перв.

Балансову (первинну) вартість діючої техніки визначають на основі дані підприємства, де експлуатується базова техніка.

Первинна (балансова) вартість одиниці базової техніки при її придбанні може бути розрахована по формулі 9.1.

$$\text{ИСперв}^{\text{б}} = \text{Цопт}^{\text{б}} + \text{Цопт}^{\text{б}} * \text{Цм} + (\text{Цопт}^{\text{б}} * \text{Цт})/100 + (\text{Цопт}^{\text{б}} * \text{Цтр}) / 100 \\ + [\{\text{Цопт}^{\text{б}} + (\text{Цопт}^{\text{б}} * \text{Цт}) / 100 + (\text{Цопт}^{\text{б}} * \text{Цтр}) / 100\}] * \text{Цз} - \text{з} / 100 \quad (9.1)$$

де: Исперв^б – первинна (балансова) вартість одиниці базової техніки, тис. грн.

Ц_{опт}^б – оптова ціна базової техніки, грн. (Ціна засобів автоматизації 505 285 грн.)

Нормативи наведені в таблиці 9.1

$$I_{\text{спер}}^6 = 505\,285 + 505\,285 * 0,1 + (505\,285 * 0,25)/100 + (505\,285 * 5,0)/100 + [505\,285 + (371996,7 * 0,25) / 100 + (505\,285 * 5,0) / 100] * 0,012 = 588\,718,71 \text{ грн.}$$

При проведенні модернізації одиниці діючої техніки капітальні вкладення розраховують укрупнено за формулою:

$$I_{\text{С мод}} = I_{\text{С}^6}^{\text{перв}} * N_{\text{мод}} \quad (9.2)$$

де: $N_{\text{мод}}$ – норматив витрат на модернізацію експлуатованого технологічного обладнання. Приймаємо в границях 5-20 % от $I_{\text{Сперв}}$.

$$I_{\text{С мод}} = 588\,718,71 \text{ тис грн.} * 0,1 = 58\,871,871 \text{ грн.}$$

$$I_{\text{С мод}}^{\text{н}} = 588\,718,71 \text{ тис грн} * 1,1 = 647\,590,58 \text{ грн}$$

Таблиця 9.1

Нормативні дані для розрахунку капітальних вкладень.

<i>Показники</i>	Позначення	Од.вимір.	Величина
Укрупнений норматив витрат на модернізацію	$N_{\text{мод}}$	%	10-20
Коефіцієнт відрахувань на монтажні роботи	Цм	-	0,1
Норматив відрахувань на тару й упаковання Цопті	Цт	%	0,25
Норматив відрахувань на транспортні видатки від Цопті	Цтр	%	5,0
Норматив відрахувань на заготови-тельно-складські видатки	Цз-З	%	1,2
Середня ціна 1т лома	Цл	Грн/т	200,0
Норматив витрат на демонтаж від Цопті		%	2

Нормативи розрахунку ліквідної вартості встаткування (від ІС пер)			
При списанні на лом	-	%	4
При використанні на запчастині	-	%	6
При продажі іншим організаціям	-	%	7

9.2. Розрахунок поточних витрат при роботі базового та нового зразка системи управління та контролю

До складу поточних витрат включаються витрати, що враховуються відповідно до прийнятої в галузі інструкцією калькуляції собівартості продукції (робіт, послуг).

Таблиця 9.2

Нормативні дані і показники.

№ п/	Показники	Од. вим.	Величина
1	Річний фонд часу роботи обладнання	змін	60
2	Місячний фонд часу робітника	год	168
3	Тривалість роботи в змін	год	8
4	Мінімальний розмір тарифної ставки робітника, який виконує не кваліфіковану роботу	грн	800 0
5	Годинна тарифна ставка робітника прийнятої на підприємстві 1 2 3 4 5 6	грн/год	48,63 52,91 58,15 64,34 74,82 86,72
6	Вартість 1 Квт/год роботи обладнання.	грн/год	7,15
7	Вартість 1 л масла	Грн/л	2000

8	Рентабельність виробництва виду продукції	%	16
9	Оптова ціна продукції	грн./пакет	50
10	Оптова ціна сировини	грн./т	30
11	Податок на прибуток	%	19
12	Норматив річних амортизацій (прям. метод)	%	20
13	Податок на доходи фізичних осіб, військовий збір	%	18,0 + 1,5
14	Єдиний соціальний внесок (нарахування)	%	22,0
15	Норматив відрахувань на поточний і капітальний ремонт	%	10

Розрахунки виконуються з підрозділом витрат на наступні основні статті:

Сировина і матеріали;

Закупівельні комплектуючі вироби, напівфабрикати (роботи, послуги виробничого характеру сторонніх підприємств і організацій);

Паливо та енергія на технологічні цілі;

Основна та додаткова заробітна плата виробничих робітників;

Відрахування у єдиний соціальний внесок;

Витрати на утримання та експлуатацію устаткування;

Загальновиробничі витрати;

Виробнича собівартість продукції

Поточні витрати визначають за базовим і новому варіантам зберігання.

Розрахунок виконують тільки по змінюються статтями витрат тобто по тих, які змінюються при переходу від базового варіанту до нового.

Витрати на поточний і капітальний ремонт устаткування встановлені на рівні 10% від його сукупної балансової вартості на початок звітної періоду:

$$V_p = IC_{\text{перв}}^{(6)} * N_p, \quad (9.3)$$

де: N_p – норматив витрат у ремонтний фонд, у відносних одиницях (0,1)

не змінюються в процесі запровадження результатів дослідження.

Витрати пов'язані з амортизацією устаткування розраховують по формулі:

$$V_a = IC_{\text{перв}}^{(6)} * N_a. \quad (9.4)$$

де: N_a – норма річних амортизаційних відрахувань від первинної вартості встаткування за винятком зношування Для технологічного устаткування дорівнює 20%, у відносних одиницях 0,2. не змінюються в процесі запровадження результатів дослідження

Таблиця 9.3

Техніко-економічні показники обладнання

№ п/п	Показник	Познак	Од.ви	Базова машина	Нова машина
1	Продуктивність	Пч	б/год	35	37
2	Маса обладнання	М	кг	2300	2300
3	Габаритні розміри				
	довжина	Д	мм	4500	4500
	ширина	Ш	мм	2300	2300
	висота	В	мм	2800	2800
4	Мінімальна маса порції продукту	V_H	кг	100	100
5	Тривалість циклу	Чд	сек	144	144
6	Установленна потужність	Рэ	кВт	0.3	3,7
7	Витрати масла	$Q_{\text{масла}}$	л/л	0.25	0.18
8	Опт. ціна обладнання	$C_{\text{опт}}$ T^6	Тис. грн	350000	505 28 5

9	Річний фонд робочого часу обладнання	Фг	Змін	60	60
---	--	----	------	----	----

Всі витрати, пов'язані з утримуванням базового і нового складу техніки, включаються в статті «Видатки на утримання й експлуатацію встаткування».

Після розрахунків статей, що змінюються, витрат при експлуатації (використанні) базової й нової техніки складається зведена таблиця зміни річних поточних витрат (табл. 9.5)

$$ОВ^{(н)} = Поб * Фг * К загр, \quad (9.5)$$

де: Поб – часовая производительность оборудования (из технического паспорта оборудования)

Фг- годовой фонд времени работы оборудования, час

Кзагр – коэффициент загрузки оборудования, принимаем равным 0,95.

$$ОВ^б = 35 \text{ т/доб} * 8 * 60 * 0,95 = 15960 \text{ т}$$

$$ОВ^н = 37 \text{ т/доб} * 8 * 60 * 0,95 = 16872 \text{ т}$$

Виробнича собівартість продукції

Поточні витрати визначають за базовим і новому варіантам зберігання. Розрахунок виконують тільки по змінюються статтями витрат тобто по тих, які змінюються при переходу від базового варіанту до нового.

Витрати по статті «Сировина, основні та допоміжні матеріали» змінюються пропорційно зміні продуктивності обладнання.

При використанні нової техніки та збільшенню обсягів виробництва продукції вартість сировини і матеріалів розраховують за формулою:

$$Вс = Цс^{(б)} * ОВ^{(н)}, \quad (9,6)$$

$$Вс^б = 150 * 15960 = 2\,394\,000 \text{ грн.}$$

$$Вс^н = 150 * 16872 = 2\,530\,800 \text{ грн.}$$

де : $Цс^{(б)}$ – відповідно цена сировини і матеріалів при експлуатації нової та базової техніки.

$OB^{(H)}$ – обсяги виробництва продукції при використанні базової і модернізованої техніки в натуральному вимірі.

Витрати масла:

$$ЗВ = СВ * QВ * \Phi_T \quad (9,7)$$

$$ЗВ^6 = 300 * 0.25 * 60 = 4500 \text{ грн}$$

$$ЗВ^H = 300 * 0,18 * 60 = 3240 \text{ грн.}$$

Витрати на поточний і капітальний ремонт обладнання встановлені на рівні 10% від його балансової вартості на початок звітної періоду і обраховуються за формулою 14,8.

$$Зр = IC \text{ перв}^{(6)} * Нр, \quad (9,8)$$

$$Зр^6 = 588\,718,71 \text{ тис грн.} * 0,1 = 58\,871,871 \text{ грн.}$$

$$Зр^H = 588\,718,71 \text{ тис грн} * 1,1 = 647\,590,58 \text{ грн.}$$

где: $Нр$ – норматив витрат в ремонтний фонд, у відносних одиницях (0,1)

Витрати пов'язані з амортизацією обладнання розраховуються за формулою :

$$За = IC \text{ перв}^{(6)} * Нр. \quad (9,9)$$

$$За^6 = 588\,71,871 * 0,24 = 14\,129.2 \text{ грн.}$$

$$За^H = 647\,590,58 * 0,24 = 155\,421.74 \text{ грн.}$$

де: $Нр$ – норма річних амортизаційних відрахувань від первинної вартості обладнання за вирахуванням зносу. Для технологічного обладнання на рівня 24%, у відносних одиницях 0,24.

Витрати, пов'язані з утриманням базової і нової техніки, включаються в статті «Витрати на утримання і експлуатацію обладнання».

Після розрахунків змінних статей витрат при експлуатації базової і нової техніки складається таблиця зміни річних поточних витрат

Таблиця 9,4

Зміна річних поточних витрат

№	Статті з витрат	Позн	Величина, тис грн	Відхил
---	-----------------	------	-------------------	--------

п/п			До модер.	Після модер.	+ -збіл - зменш
1	Витрати на продукцію	Зв	4500	3240	-
2	Витрати на поточний і капітальний ремонт	Зр	588 71,871	647 590,58	+
3	Витрати пов'язані з амортизацією	За	14129.2	155421.74	+
	Всього поточних витрат	З	77 501,071	806 252,32	+

9.3. Розрахунок показників виробничої діяльності підприємства

Розрахунок обсягу виробництва продукції здійснюємо за формулою:

$$ОВ^{(н)} = Поб * Фр * К завант * Квиходу, \quad (9.10)$$

Де: Поб – фактична годинна продуктивність обладнання

Фр – річний фонд часу роботи обладнання, год

Кзавант – коефіцієнт завантаження обладнання, приймаємо рівним 0,9.

Квиходу – коефіцієнт виходу = 0,6.

Модернізація машини збільшила продуктивність 15960 т до 16872 т

$$ОВ^б = 35 \text{ т/доб} * 8 * 60 * 0,95 = 15960 \text{ т}$$

$$ОВ^н = 37 \text{ т/доб} * 8 * 60 * 0,95 = 16872 \text{ т}$$

Вартісну оцінку результатів від експлуатації базової і модернізованої техніки, доход від реалізації – розраховуємо за формулою:

$$ТП^{(н)} = ОВ^{(н)} * Цпр \quad (9.11)$$

где: $ОВ^{(н)}$ – обсяги випуску продукції до (б) и опісля (н) модернізації обладнання,(в натуральних одиницях);

Цпр – ціна одиниці продукції, виробленої базовою (модернізованою технікою), грн;

$$ТП^б = 15960 * 50 = 798000 \text{ грн.}$$

$$ТП^H = 16872 * 50 = 843600 \text{ грн.}$$

$$\Delta TP = TP^H - TP^6 = 843600 - 798000 = 45600 \text{ грн}$$

Повна собівартість виробленої продукції C^6 до модернізації обладнання, тис. грн.

$$C^6 = TP^6 * 100 / 100 + P \quad (9,12.)$$

де: P – рентабельність виробленої продукції (табл. 9,2.)

$$C^6 = 798000 * 100 / 115 = 693\,913,04 \text{ грн.}$$

Повна собівартість виробленої продукції після модернізації техніки розраховуємо за формулою:

$$C^H = C^6 - \Delta Z \quad (14,13)$$

$$C^H = 693\,913,04 - 728751 = -34\,837,96 \text{ грн.}$$

№ п\п	Показник	Позначення	Обладнання		Зміна статей витрат (+)- зростання. (-) зниження
			Базове	Модернізоване	
1	2	3	4	5	6
1	Дохід від реалізації, тис. грн.	ТП	798000	843600	+
2	Повна собівартість продукції тис. грн.	С	693 913,04	-34 837,96	-
3	Прибуток, тис. грн.	П	104 086,96	808 762,04	+
4	Чистий прибуток, тис. грн.	ЧП	0	570 787,81	+

де: ΔZ – зміна поточних витрат від модернізації обладнання, тис. грн.

Прибуток за результатами діяльності підприємства з використанням базової і нової техніки складе, тис. грн.

$$\Pi^{б(н)} = \Pi^{б(н)} - C^{б(н)} \quad (9,14)$$

$$\Pi^{б} = 798000 - 693\,913,04 = 104\,086,96 \text{ грн}$$

$$\Pi^{н} = 843600 - 34\,837,96 = 808\,762,04 \text{ грн.}$$

Приріст прибутку складе:

$$\Delta\Pi = \Pi^{н} - \Pi^{б} \quad (9,15)$$

$$\Delta\Pi = 808\,762,04 - 104\,086,96 = 704\,675,08 \text{ грн.}$$

Розрахуємо приріст чистого прибутку (за вирахуванням податку на прибуток), тис. грн.

$$\Delta\text{ЧП} = \Delta\Pi(1 - \Pi_{п}) \quad (9,16)$$

$$\Delta\text{ЧП} = 704\,675,08 * 0,81 = 570\,787,81 \text{ грн}$$

Де: $\Pi_{п}$ – податок на прибуток (для виробничих підприємств на Україні рівняється 19%), у відносних одиницях – 0,19

9.4 Висновок за розділом

Пропонована зміна модернізації системи автоматизації процесу віджимання виноградного соку в шнековому пресі, є доцільна, тому що чистий приведений прибуток більше 0, а саме 570 787,81 грн.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Було зроблено опис та аналіз технологічного процесу пресування винограду та необхідного обладнання. Була проведена ідентифікація пресування винограду як об'єкта керування. Були ідентифіковані канали керування та перехресні канали, в результаті чого було з'ясовано, що каналами «u1 - M» та «u2 – Q₁» об'єкт має статичні властивості і найбільш точно може бути описаний моделями другого порядку. 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 пресування винограду на базі контролера Fastwel I/O і середовища CodeSys. було розроблено варіант фрагменту комплекту технічної документації САК на базі контролера фірми Siemens SIMATIC S7-1500.

Був розроблений фрагмент комплекту, який включає основні документи технічного забезпечення системи автоматизації керування процесу пресування винограду. В результаті виконання отримані навички з розробки технічної документації на системи автоматизації з використанням МПК, ПК.

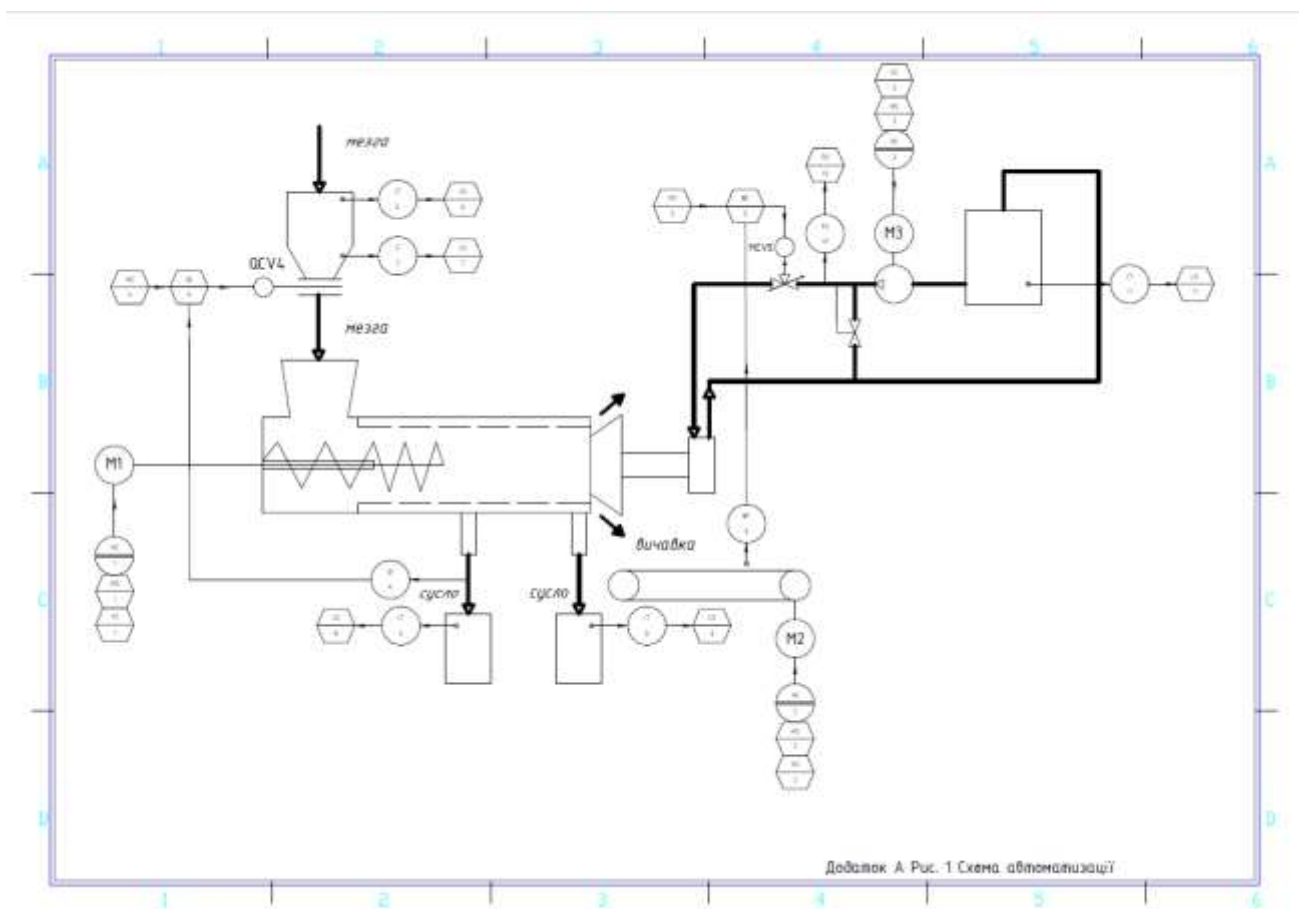
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

- 1 Методичні вказівки до виконання курсової роботи за курсом «Мікропроцесорні і програмні засоби автоматизації» для бакалаврів 6.050202 денної та заочної форми навчання / Укладачі: В.М.Левинський, А.І. Павлов, М.Т. Степанов - Одеса: ОНАХТ, 2011р. - 13.с
- 2 Каталог S7-1500 «SIMATIC ST70». - Siemens AG, 2007. - 232 с.
- 3 Хобін В.А. Конспект курсу лекцій з дисципліни «Ідентифікація і моделювання технологічних об'єктів» для студентів спеціальності 7.092501 денної та заочної форм навчання. - Одеса: ОНАХТ, 2016р
- 4 Хобін В.А. Конспект курсу лекцій з дисципліни «Теорія автоматичного керування» для студентів спеціальності 7.092501 денної та заочної форм навчання. - Одеса: ОНАХТ, 2007 р. - 87 с.
- 5 Муратов В.Г. "Метрологія та основи вимірювання. Конспект лекцій". Частина 1,2,3. - Одеса: ОНАХТ, 2012р.
- 6 Методичні вказівки до виконання комплексного курсового проекту з дисципліни «Метрологія та технологічні вимірювання галузі»/ Укл. Муратов В.Г. - Одеса: ОНАХТ, 2012р.
- 7 Методичні вказівки до виконання КП з курсу "Проектування систем автоматизації" для студентів спеціальності 6.050202 денної та заочної форм навчання / Укл. Ю.М. Скаковський, В.І. Старичков. - Одеса: ОНАХТ, 2016. 35

8 Методичні вказівки щодо виконання та оформлення курсової роботи з дисципліни «Теорія автоматичного керування» для студентів спец. 2103 денної та заочної форм навчання / Укл. В.А. Хобін - Одеса: ОТПП, 1992 р. - 15 с.

Додатки

Додаток А Рис. 1 Схема автоматизації, перелік приладів та засобів, які використані в цій схемі.

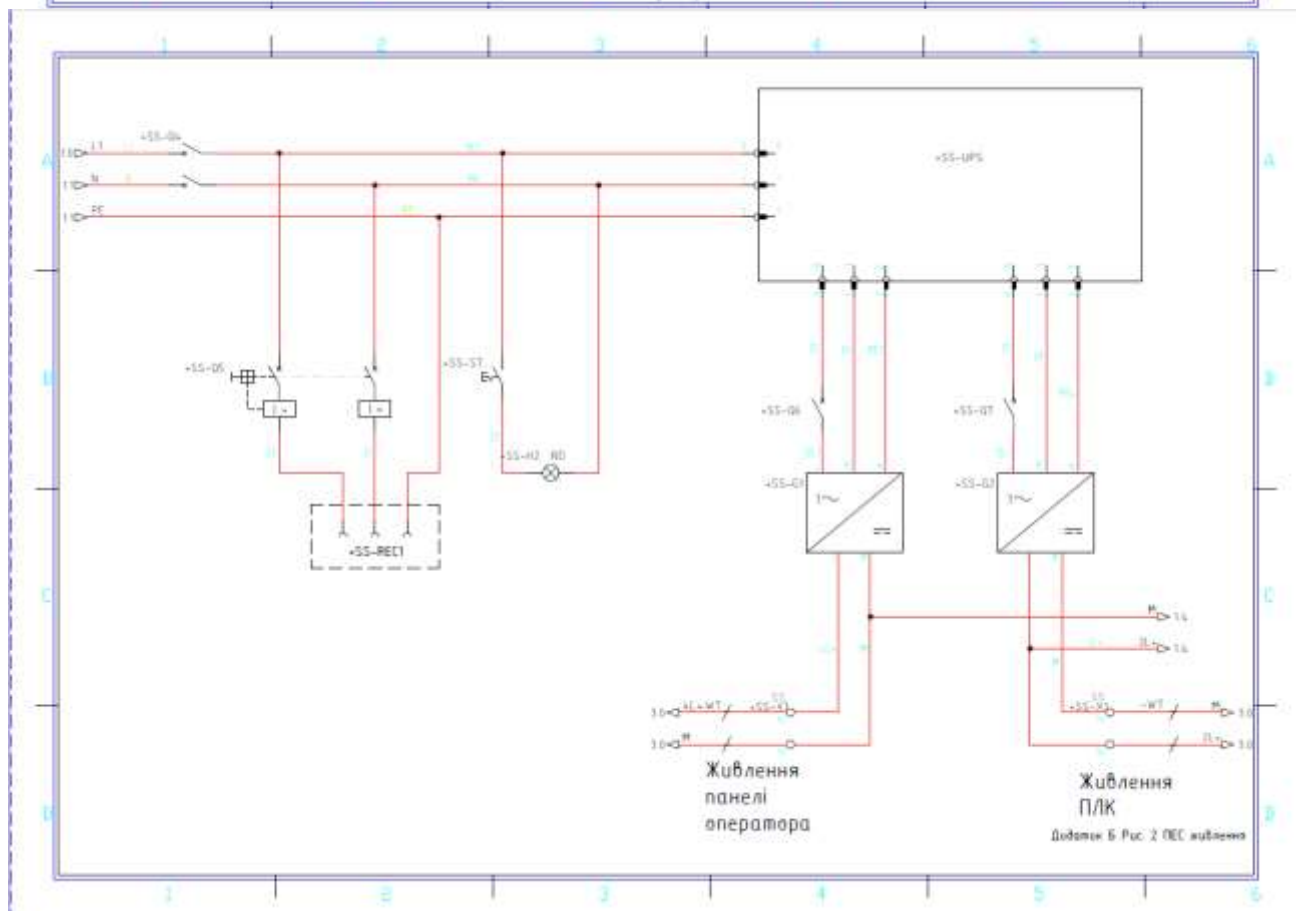
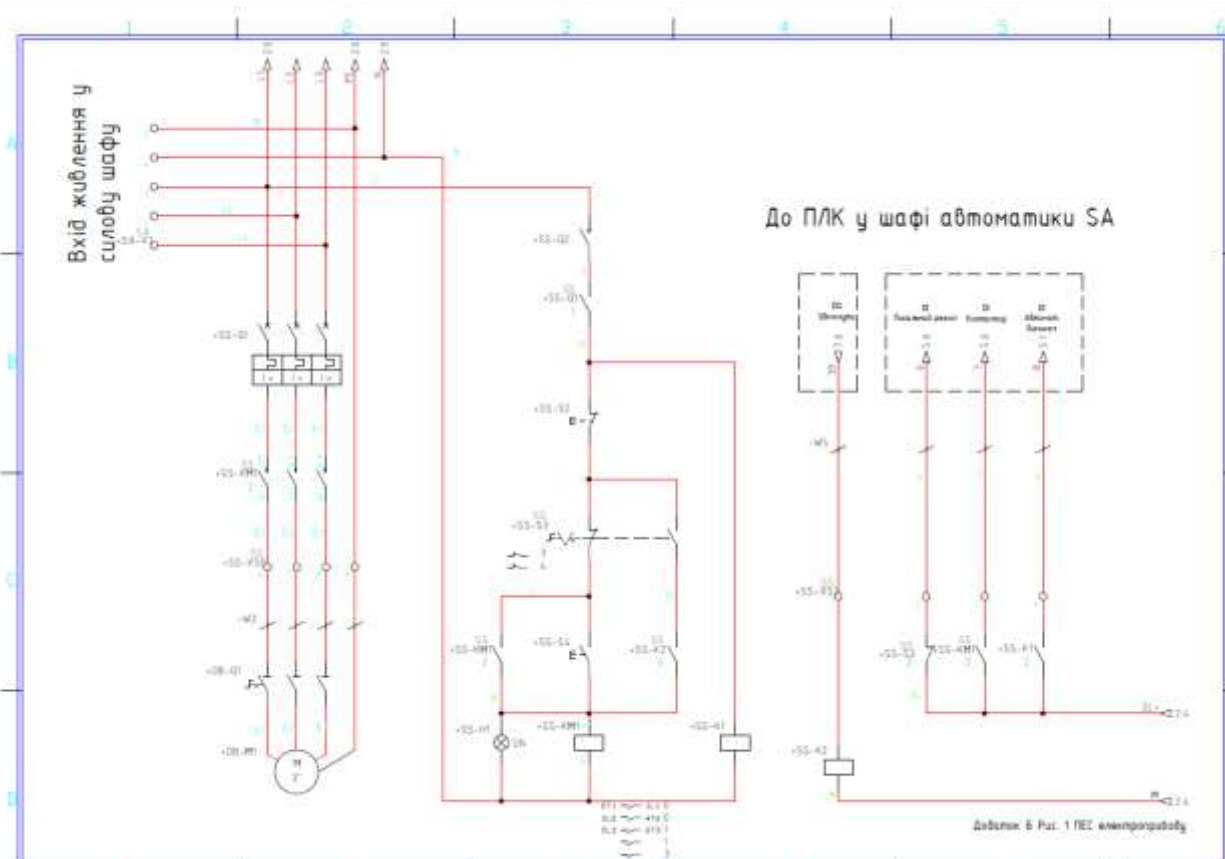


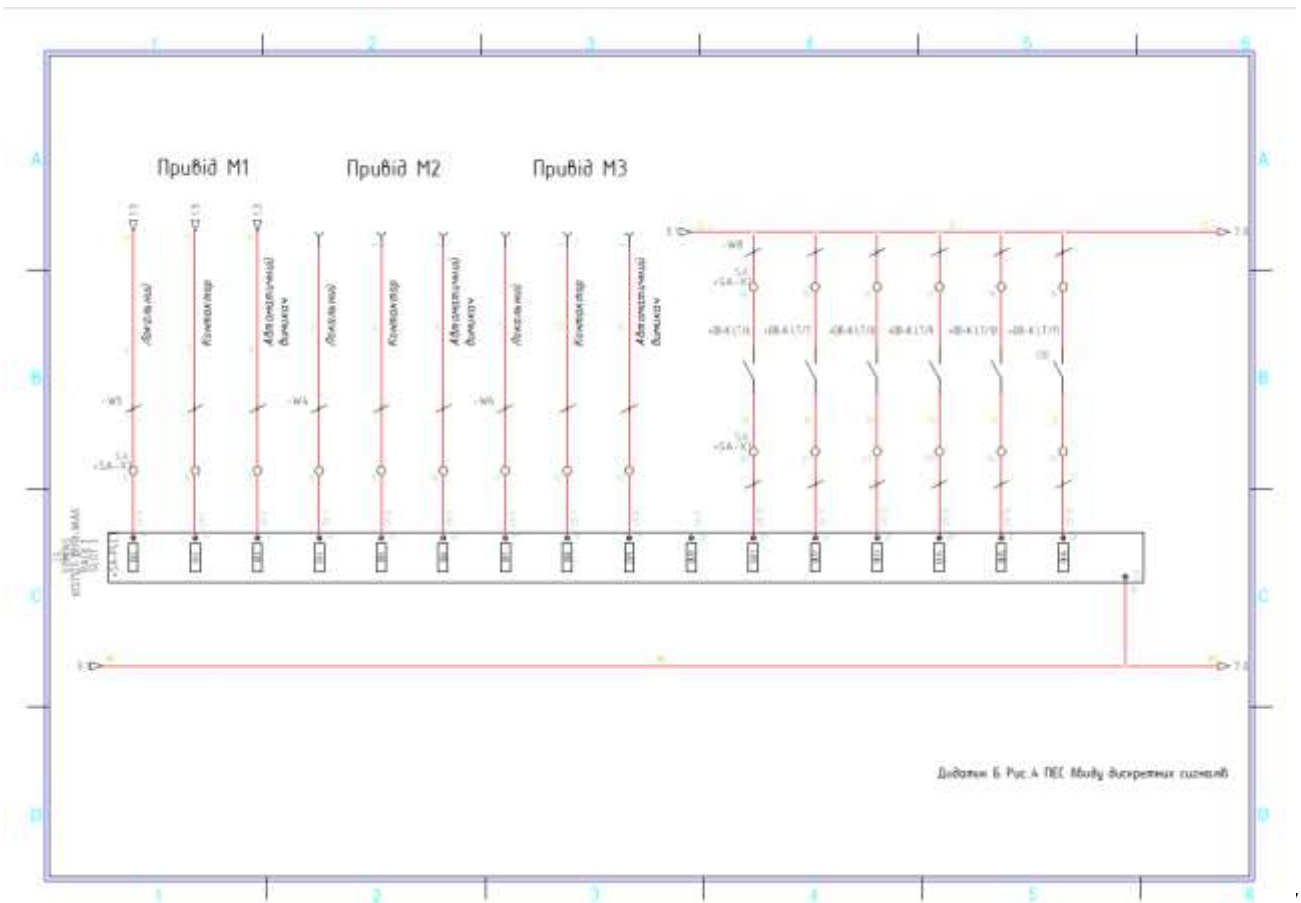
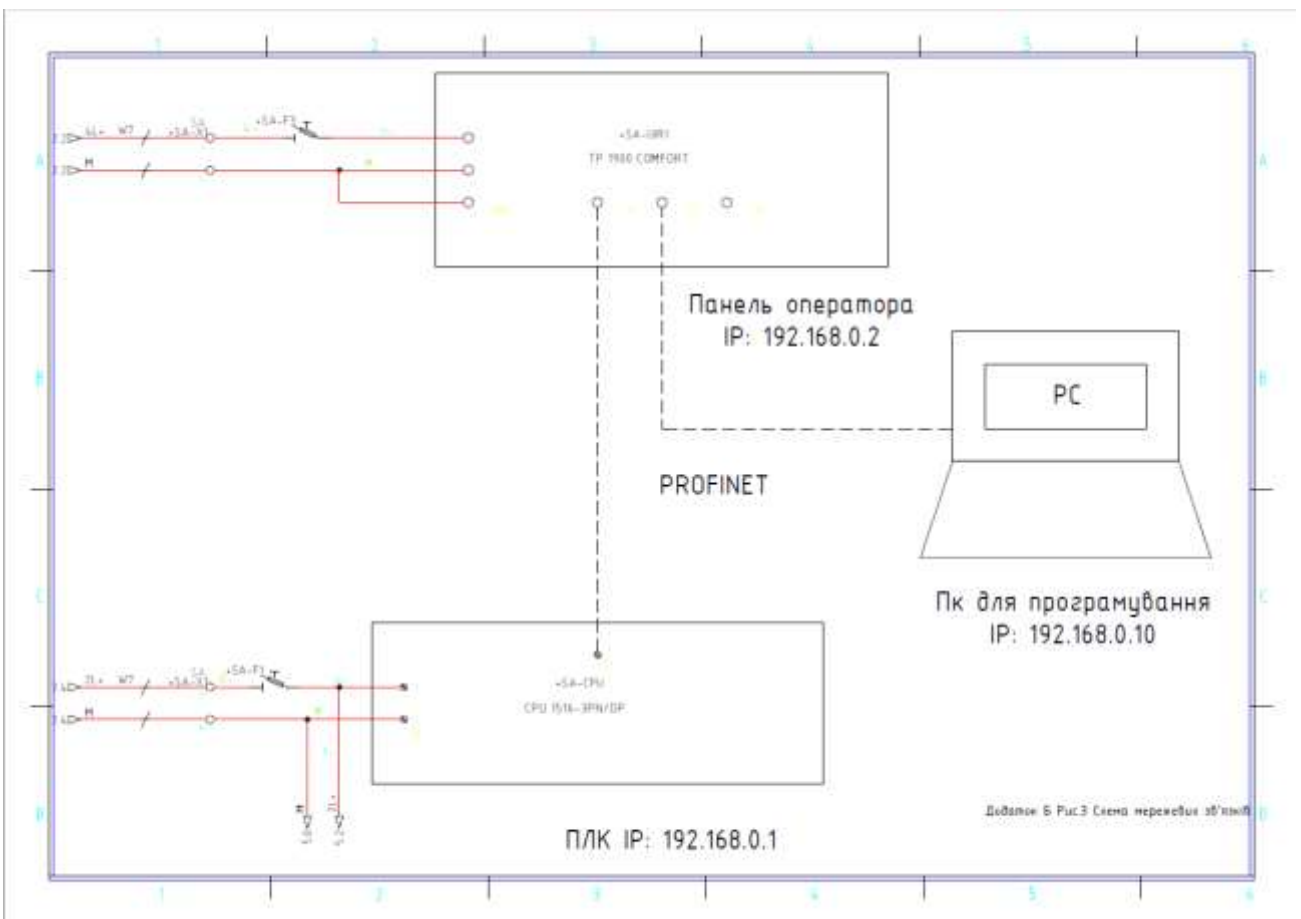
Позиція на схемі	Вимірювана величина	Найменування приладу за ДСТУ ISO 14617-6	Функція в системі	Місце встановлення	Кількість, шт.
LT	Рівень (L)	Первинний датчик-сигналізатор рівня	Контроль верхнього рівня мезги	Бункер мезги Є1	1
LT	Рівень (L)	Первинний датчик-сигналізатор рівня	Контроль нижнього рівня мезги	Бункер мезги Є1	1
LT	Рівень (L)	Первинний датчик-сигналізатор рівня	Контроль верхнього рівня в баку приймання першої фракції суслу	Бак прийому суслу Є2	1
LT	Рівень (L)	Первинний датчик-сигналізатор рівня	Контроль верхнього рівня в баку приймання другої фракції суслу	Бак прийому суслу Є3	1
LT	Рівень (L)	Первинний датчик-сигналізатор рівня	Контроль мінімального рівня масла в гідробаку	Ємність з маслом Є4	1
LIS	Рівень (L)	Блок сигналізації та логічного контролю рівня	Формування сигналів блокування та індикації рівня	Панель оператора	5
PS	Тиск (P)	Первинний датчик-перетворювач тиску з нормуючим виходом	Вимірювання та передача сигналу тиску масла	Гідросистема преса	1
PIS	Тиск (P)	Прилад індикації та регулювання тиску	Контроль і регулювання тиску в гідросистемі	Контролер PLC / HMI	1
QM	Вологість (M)	Первинний датчик-	Вимірювання вологості	Вихід прес-секції	1

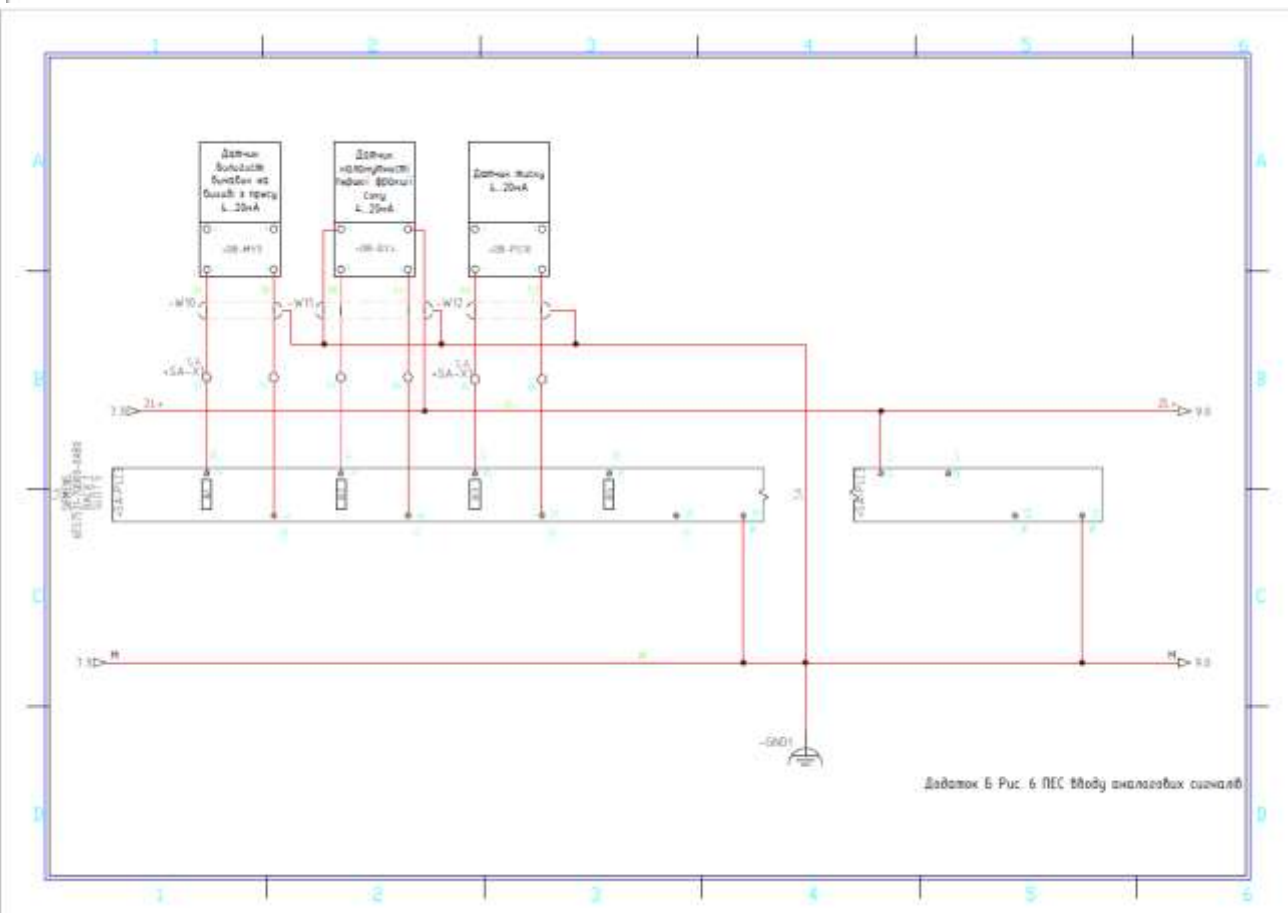
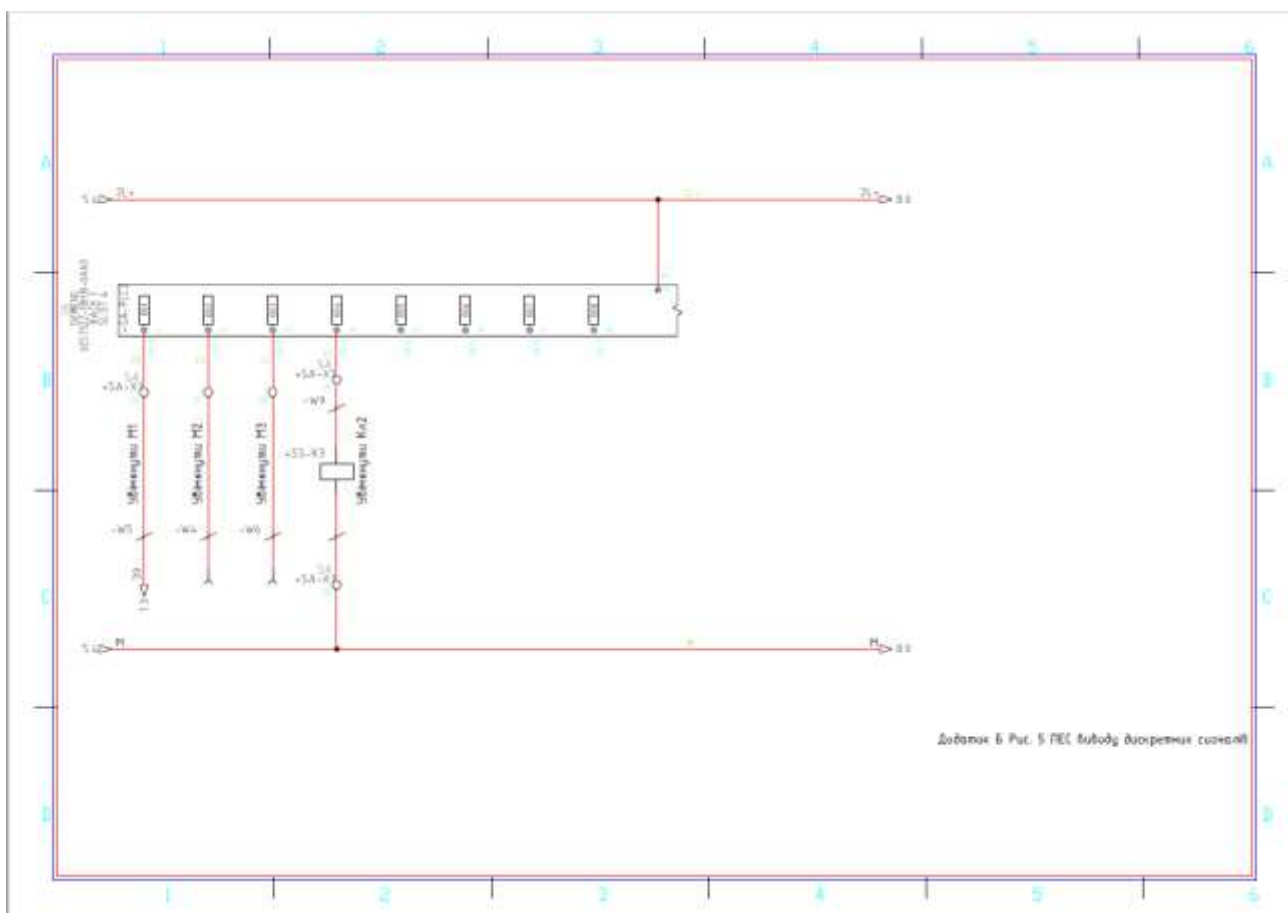
		перетворювач вологості з нормуючим виходом	вичавок		
--	--	--	---------	--	--

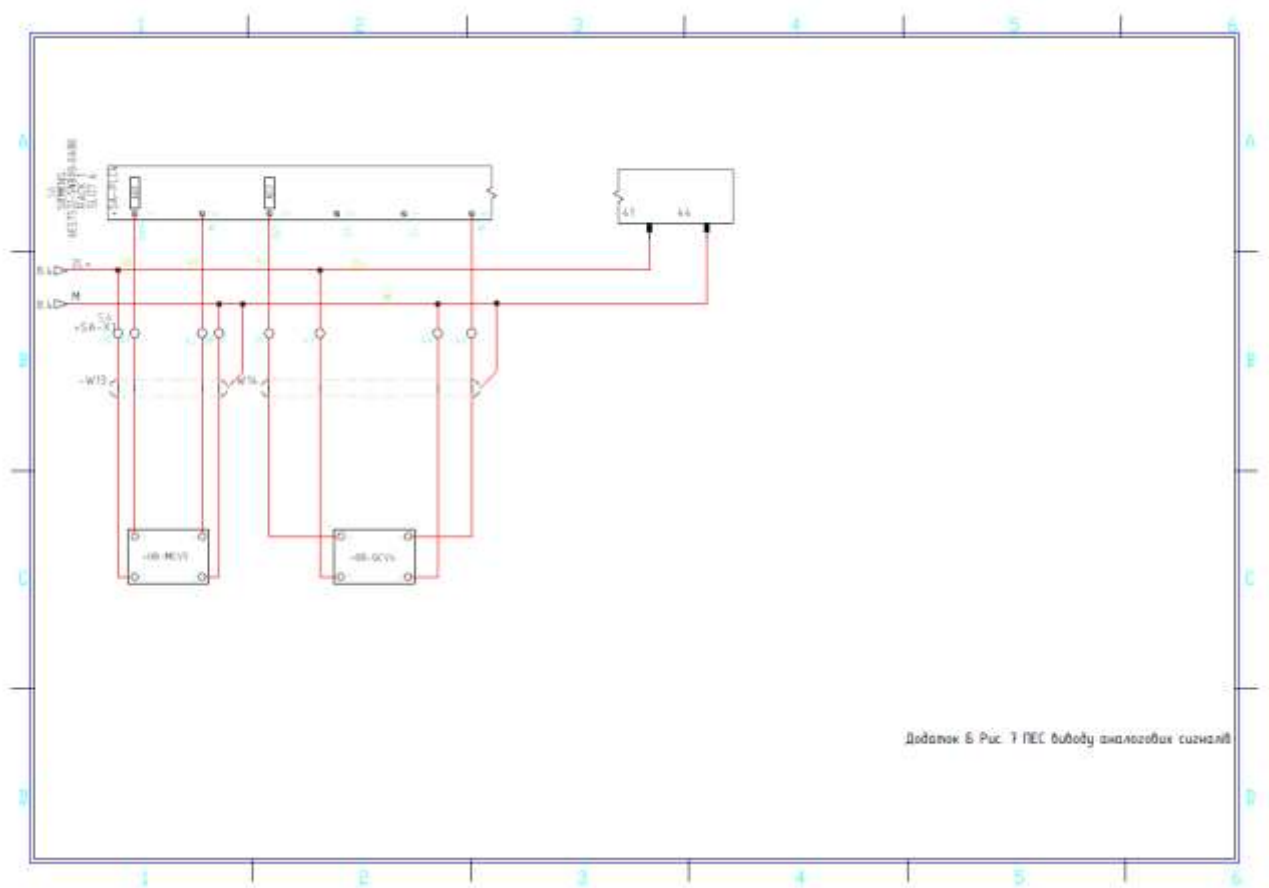
НІС	Вологість (М)	Прилад індикації та ручного керування	Відображення значення вологості та введення уставки	Панель оператора	1
МС	Вологість (М)	Регулятор вологості	Формування керуючого впливу для підтримання заданої вологості вичавок	Шафа керування	1
QY	Прозорість (Q)	Первинний датчик-перетворювач прозорості з нормуючим виходом	Вимірювання прозорості першої фракції сусле	Трубопровід першої фракції	1
НІС	Прозорість (Q)	Прилад індикації та ручного керування	Відображення значення прозорості сусле та введення уставки	Панель оператора	1
QC	Прозорість (Q)	Регулятор прозорості	Формування керуючого впливу для підтримання заданої прозорості сусле	Шафа керування	1
QCV4	Подача мезги	Регулююча засувка з електроприводом	Регулювання подачі мезги до преса	Перед бункером мезги	1
MCV5	Тиск (P)	Регулюючий клапан з електроприводом	Регулювання тиску масла в гідросистемі	Гідросистема преса	1
M1	Стан приводу	Електропривод од шнека	Транспортування та пресування мезги	Шнековий прес	1
M2	Стан приводу	Електропривод од конвеєра	Відведення вичавок	Конвеєр відведення	1
M3	Стан приводу	Електропривод од насоса	Циркуляція масла в гідросистемі	Гідросистема преса	1

HMI	Технологічні параметри	Панель оператора	Візуалізація та керування технологічним процесом	Шафа керування	1
PLC	Технологічні параметри	Програмован ий логічний контролер	Обробка сигналів та реалізація алгоритмів керування	Шафа керування	1









Додаток Б Рис. 7 ПЕС вибору аналогових сигналів

Додаток Б Таблиця– Перелік елементів принципових електричних схем

Позиційне позначення	Найменування та технічна характеристика	Кількість	Примітка
SA-CPU	Програмований логічний контролер Siemens CPU 1516-3 PN /DP	1	Центральний контролер системи
SA-PLC1	Модуль дискретних входів Siemens DI 16x24VDC (6ES7521-1BH10-0AA0)	1	Прийом дискретних сигналів
SA-PLC2	Модуль дискретних виходів Siemens DQ 16x24VDC/0.5A (6ES7522-1BH10-0AA0)	1	Керування виконавчими механізмами
SA-PLC3	Модуль аналогових входів Siemens AI 4xU/I/RTD/TC ST (6ES7531-7QD00-0AB0)	1	Прийом аналогових сигналів
SA-PLC4	Модуль аналогових виходів Siemens AQ 2xU/I ST (6ES7532-5NB00-0AB0)	1	Формування аналогових сигналів керування
SA-UIR1	Панель оператора TP1900 Comfort	1	Візуалізація та керування
G1	Джерело живлення 24 В DC SITOP PSU8200	1	Живлення ПЛК
G2	Джерело живлення 24 В DC SITOP PSU8200	1	Живлення панелі оператора
Q4	Автоматичний вимикач живлення ПЛК 1P, 230 В	1	Захист кола живлення
Q5	Автоматичний вимикач живлення НМІ 1P, 230 В	1	Захист кола живлення
Q6	Автоматичний вимикач джерела живлення G1	1	Захист блока живлення
Q7	Автоматичний вимикач джерела живлення G2	1	Захист блока живлення
UPS	Джерело безперебійного живлення UPS 24 В DC	1	Резервне живлення системи
F1	Запобіжник живлення контролера 24 В DC	1	Захист ПЛК
F3	Запобіжник живлення панелі оператора	1	Захист НМІ
X1	Клемний блок	1 компл.	Підключення польових пристроїв
M	Асинхронний двигун	3	

MY5	Датчик вологості вичавок Hydro-Probe XT	1	Сигнал 4–20 мА
QY4	Датчик прозорості сусли Turbidity Sensor	1	Сигнал 4–20 мА
PS10	Датчик тиску MTM-700ДІ	1	Сигнал 4–20 мА
QCV4	Засувка подачі мезги з електроприводом	1	Аналогове керування
MCV5	Пропорційний клапан Bosch Rexroth 3DREP 6	1	Керування тиском гідросистеми
K3	Проміжне реле 24 В DC	1	Комутація дискретних сигналів
W4–W14 K/LT6–K/LT10	Кабелі підключення Кінцеві вимикачі сигналізаторів рівня	5	З'єднання обладнання Формування дискретних сигналів рівня
K/LT11	Кінцевий вимикач положення клапана Кл2	1	Контроль стану клапана
HL1	Індикаторна лампа сигналізації наявності напруги живлення 24V	1	Панель шафи