

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Факультет Автоматизації і комп'ютерних систем

Кафедра Автоматизації та комп'ютерних технологій систем
управління ім. проф. А.П. Ладанюка

«До захисту в ЕК»

Декан факультету

Андрій ФОРСЮК
(ім'я та прізвище)

(підпис)

«5» червня 2025 р.

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

Ярослав СМІТЮХ
(ім'я та прізвище)

(підпис)

«5» червня 2025 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА

зі спеціальності 151 «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології»

освітньо-професійної програми «Комп'ютерні системи та програмна інженерія в автоматизації»

на тему: Розробка системи автоматизації процесу виробництва вина

Виконав: здобувач 4 курсу, групи АК-4-1

Поліщук Артем Романович

(прізвище, ім'я, по батькові повністю)

(підпис)

Керівник Смітюх Ярослав Володимирович

(прізвище, ім'я та по батькові повністю)

(підпис)

Консультанти

(ім'я та прізвище)

(підпис)

(ім'я та прізвище)

(підпис)

(ім'я та прізвище)

(підпис)

Рецензент Сергій Грибков

(ім'я та прізвище)

(підпис)

Я як здобувач(ка) Національного університету харчових технологій розумію і підтримую політику університету з академічної доброчесності. Я не надавав(-ла) і не одержував(-ла) недозволеної допомоги під час підготовки цієї роботи. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

Здобувач

(підпис)

Київ – 2025 р.

Національний університет харчових технологій

Факультет Автоматизації і комп'ютерних систем

Кафедра Автоматизації та комп'ютерних технологій систем управління

ім. проф. А.П. Ладанюка

Освітній ступінь «Бакалавр»

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

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

ЗАТВЕРДЖУЮ:

зав. кафедри АКТСУ

ім. проф. А.П. Ладанюка

Ярослав СМІТЮХ

«28» квітня 2025 р.

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Поліщук Артем Романович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розробка системи автоматизації процесу виробництва вина

керівник роботи Смітюх Ярослав Володимирович доцент, кандидат технічних наук

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від «28» квітня 2025 р. № 254-кв

2. Строк подання здобувачем роботи «5» червня 2025 р.

3. Вихідні дані до роботи

Короткі відомості про об'єкт автоматизації, відомості про умови експлуатації об'єкта автоматизації та вимоги до системи автоматизації. Матеріали переддипломної практики.

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

Вступ. 1. Опис об'єкта автоматизації. 1.1. Технологічний опис об'єкта автоматизації. 1.2. Розробка завдання на систему автоматизації. 2. Система автоматизації. 2.1. Обґрунтування вибору технічних засобів для вимірювання,

виконавчих механізмів (ВМ) та регулюючих органів (РО). 2.2. Схема автоматизації. 2.3. Специфікація засобів автоматизації. 3. Проектне компонування промислового логічного контролера (ПЛК) та схеми підключення. 3.1. Проектне компонування промислового логічного контролера (ПЛК). 3.2. Загальна схема підключення датчиків та ВМ до ПЛК. 3.3. Розширені схеми підключення для окремого контуру. 4. Креслення встановлення технічного засобу. 5. Опис спеціального програмного забезпечення для промислового логічного контролера (алгоритм та програма для ПЛК). 6. Розробка людино-машинного інтерфейсу оператора технолога. 6.1. Переліки вхідних та вихідних сигналів та даних SCADA/HMI. 6.2. Відеокадри дисплейних мнемосхем оператора. 7. Приципова технологічна схема з поясненням етапів.

5. Перелік графічного матеріалу

1. Схема автоматизації. 2. Схеми підключення датчиків та ВМ до ПЛК.

3. Креслення встановлення технічного засобу.

6. Дата видачі завдання 28 квітня 2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Видача та затвердження завдання	Перед переддипломною практикою	
2	Розділ 1	Захист переддипломної практики	
3	Розділ 2	1 тиждень	
4	Розділ 3	2 тиждень	
5	Розділ 4 та 5	3 тиждень	
6	Розділ 6 та 7	4 тиждень	
7	Підготовка матеріалів до захисту	5 тиждень	
8	Захист кваліфікаційної роботи	6 тиждень	

Здобувач Поліщук А.Р.

_____ (підпис)

Керівник роботи Смітюх Я.В.

_____ (підпис)

Анотація

В кваліфікаційній роботі представлено розробку системи автоматизації процесу виробництва вина.

Система автоматизації розроблялась для крафтових виноробень, на промисловому логічному контролері М340 від Schneider Electric.

Розглянуто принцип монтажу датчик тиску Endress + Hauser Cerabar PMC11. Для автоматизованого робочого місця та розробки дисплейної мнемосхеми, було використано програмне забезпечення Vijeo Citect 7.5.

Представлено приципова технологічна схема з поясненням етапів виготовлення білого столового витриманого вина з винограду сорту Аліготе.

Ключові слова: вино, М340, автоматизація.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		4

Abstract

This qualification paper presents the development of a wine production automation system.

The automation system was developed for craft wineries, utilizing the M340 industrial programmable logic controller from Schneider Electric.

The principle of mounting the Endress+Hauser Cerabar PMC11 pressure sensor is discussed. Vijeo Citect 7.5 software was used for the automated workstation and the development of the display mimic diagram.

A principal technological scheme is presented, along with an explanation of the stages for producing aged white table wine from Aligoté grape variety.

Keywords: wine, M340, automation.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

Зміст

Розділ 1. Опис об'єкта автоматизації.	8
1.1 Технологічний опис об'єкта автоматизації.....	8
1.2 Розробка завдання на систему автоматизації.....	11
Розділ 2. Система автоматизації.....	13
2.1. Обґрунтування вибору технічних засобів для вимірювання, виконавчих механізмів (ВМ) та регулюючих органів (РО).....	13
2.2. Схема автоматизації.....	28
Розділ 3. Проектне компонування промислового логічного контролера (ПЛК) та схеми підключення.....	41
3.1. Проектне компонування промислового логічного контролера (ПЛК).....	41
3.2. Загальна схема підключення датчиків та ВМ до ПЛК.....	43
3.3. Розширені схеми підключення для окремого контуру	44
Розділ 4. Креслення встановлення технічного засобу.....	48
Розділ 5. Опис спеціального програмного забезпечення для промислового логічного контролера (алгоритм та програма для ПЛК)	50
Розділ 6. Розробка людино-машинного інтерфейсу оператора технолога.....	61
6.1. Переліки вхідних та вихідних сигналів та даних	61
6.2. Відеокадри дисплейних мнемосхем оператора.....	62
Висновок	67
Список використаної літератури.....	69

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

Вступ

Процес бродіння відіграє важливу роль в технологічному процесі виготовлення вина. Оскільки від самого процесу бродіння буде залежати його якість. Для отримання якісного вина необхідно дотримуватися всіх параметрів технологічного процесу починаючи від підготовки грон винограду, продовжуючи процесом бродіння і закінчуючи процесом розливу. Сучасний рівень автоматизації дозволяє виготовляти вино кращої якості з малими втратами при виробництві, шляхом забезпечення технологічних процесів. Метою даної кваліфікаційної роботи розробка системи автоматизації процесу виробництва вина застосовуючи сучасні технічні засоби автоматизації з метою оптимізації процесу бродіння у виноробстві. Впровадження сучасних технологій автоматизації забезпечить ефективніше використання енергоресурсів під час бродіння, мінімізує виробничі втрати та збереже високу якість готової продукції. Як наслідок, економія енергії призведе до підвищення рентабельності виробництва.

					Кваліфікаційна робота	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розділ 1. Опис об'єкта автоматизації

1.1 Технологічний опис об'єкта автоматизації

Вино – це алкогольний напій, який отриманий шляхом повного або часткового алкогольного бродіння виноградного суслу. Залежно від вина яке потрібно отримати, обирається спосіб по якому воно буде вироблятися, це по білому або по червоному.

В даній кваліфікаційній роботі представлення автоматизація ємності для бродіння, в якій буде використовуватись виноград сорту Аліготе для отримання білих столових вин.

Білі сухі столові ординарні витримані вина (або виноматеріали) вирізняються витонченим квітково-фруктовим сортовим букетом, а також гармонійним, делікатним, добре збалансованим, м'яким та освіжаючим смаком.

Якість таких вин формується під впливом багатьох чинників, включно із сортом винограду та особливостями його переробки, підготовкою винного суслу до ферментації, використовуваною расою дріжджів, типом діжки та тривалістю витримки, а також умовами подальшого зберігання. Основою для виробництва столових сухих білих ординарних витриманих вин слугує кондиційний білий виноград, що відповідає певним показникам вмісту цукрів та титрованих кислот.

Теоретичні засади технології спрямовані на створення малоокислених та малоекстрактивних вин, наприклад, з винограду сорту Аліготе, які б зберегли сортові характеристики та збагатилися приємними нотами витримки.

Процеси окислення суслу та переходу різних речовин із твердих частин грона у вино розпочинаються вже під час подрібнення ягід і тривають на всіх наступних етапах виноробства. Інтенсивність та спрямованість окислювально-відновних реакцій, в яких беруть участь фенольні сполуки, азотисті речовини, органічні кислоти та інші компоненти суслу, залежать від конкретної стадії виробництва вина і значною мірою зумовлені поглинанням кисню.

У технологічному процесі надзвичайно важливим є контроль температурних режимів на всіх етапах, а також застосування сучасних практик для запобігання небажаному окисленню. До таких практик належать: оперативна переробка винограду за знижених температур, застосування антиоксидантів на етапах переробки та освітлення суслу, вибір специфічних рас дріжджів, що підкреслюють сортові особливості винограду, коригування кислотності суслу, використання підживлення для дріжджів та правильний вибір діжки для витримки.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат				
Розроб.		Поліщук А.Р.			<i>Розробка системи автоматизації процесу виробництва вина</i>	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Смітюх Я.В.					8	14
Зав. каф.		Смітюх Я.В.			<i>НУХТ АК-4-1</i>			
Секр. ЕК		Проскурка Є.С.						

Найкращі зразки вин цього типу виробляють у регіонах, що знаходяться поблизу північної межі промислового культивування винограду. Клімат таких зон характеризується сумою активних температур протягом вегетаційного періоду в діапазоні 2800-4000°C, середньою температурою найтеплішого місяця 18-26°C та річною кількістю опадів 400-1200 мм, при цьому кількість опадів, що безпосередньо впливає на виноград, не повинна перевищувати 170 мм (ймовірно, за певний критичний період).

Збирання винограду

При збиранні винограду та підготовці виноматеріалів слід дотримуватися ключових правил. Насамперед, виноград збирають після досягнення **технічної зрілості**, коли вміст цукрів та кислот у ягодах відповідає стандартам, встановленим технологічними інструкціями для конкретного типу майбутнього вина. Під час збору врожаю обов'язково **сортують** ягоди, відділяючи гnilі, засохлі та недостиглі. Перевезення на виноробню здійснюється автотранспортом у **спеціальних контейнерах** з нержавіючої сталі або з надійним внутрішнім покриттям. Масу винограду контролюють **двічі**: на винограднику та при прийманні на заводі. Від кожної партії відбирають **середню пробу** для аналізу на домішки інших сортів, відсоток пошкоджених ягід, вміст цукрів (визначається ареометричним чи рефрактометричним методом), титровану кислотність, а також концентрацію фенольних та барвних речовин. Важливо розпочати переробку винограду **в день збору**, не пізніше ніж через 4 години після збирання, суворо дотримуючись технологічних інструкцій.

Сортування винограду

Після доставлення на виноробний завод виноград відправляють на конвеєр, де розпочинається важливий етап підготовки сировини до подальшої переробки — очищення від листя, сміття та інших домішок. Цей процес є частиною сортування і має на меті забезпечити чистоту й однорідність матеріалу, що безпосередньо впливає на якість майбутнього вина [1].

На конвеєрній стрічці виноград проходить первинну обробку. Спочатку працівники або автоматизовані системи уважно оглядають ягоди, видаляючи листя, гілочки, траву, комах чи інші сторонні предмети, які могли потрапити до врожаю під час збору. Це особливо важливо, якщо виноград збирався механічно, адже машини менш вибіркові, ніж ручний збір, і можуть захоплювати більше непотрібних елементів. Листя та гребені, наприклад, містять хлорофіл і таніни, які при попаданні в сусло можуть надати вину небажаних трав'янистих або терпких ноток.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	<i>Арк.</i>
						9
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

У деяких випадках для очищення використовують спеціальні пристрої, такі як вентилятори або вібруючі сита, які відокремлюють легші домішки (наприклад, листя) від ягід завдяки різниці у вазі чи розмірі. Водночас працівники можуть вручну відбирати ягоди з явними дефектами — пошкоджені, гnilі чи недостиглі, — щоб уникнути їхнього впливу на смак і аромат вина.

Цей етап на конвеєрі є лише початком сортування. Після видалення сміття виноград часто направляють на детальніше сортування — наприклад, для преміальних вин ягоди перевіряють індивідуально, щоб гарантувати їхню ідеальну якість. У масовому виробництві процес може бути менш прискіпливим, але очищення від листя та сміття залишається обов'язковим, адже чистота сировини є основою стабільного бродіння та гармонійного смаку.

Після завершення цього етапу виноград готовий до наступних технологічних кроків — видалення гребенів (якщо це потрібно), подрібнення чи пресування, залежно від того, чи вироблятимуть червоне, біле чи рожеве вино. Таким чином, конвеєрне очищення закладає фундамент для всіх подальших процесів, забезпечуючи виноробу якісну базу для створення напою.

Отримання сусла (виноградного соку) здійснюється за допомогою дробарок-гребневідділювачів або шляхом **пресування** [2].

У виноробстві використовують різноманітні типи пресів, вибір яких залежить від кількох факторів: масштабу виробництва (від невеликих ручних до великих промислових пневматичних чи гідравлічних), сортових особливостей винограду (для делікатних сортів потрібне м'яке пресування, щоб не пошкодити кісточки та гребені) та бажаної якості сусла (для високоякісного сусла застосовують преси з можливістю фракційного віджиму).

В данній технології обрано спосіб пресування винограду цілими гронами.

Завдяки м'якому тиску сік менше насичується фенольними сполуками та танінами, які містяться в шкірці, насінні та гребенях. Для білих вин, де важлива легкість і відсутність терпкості, це ідеальний спосіб уникнути грубих або трав'янистих відтінків у смаку.

Ароматичні сполуки, такі як терпени чи ефіри, краще зберігаються, коли ягоди не подрібнюються заздалегідь. Це особливо цінно для вин із виразним сортовим профілем, де пріоритетом є яскраві фруктові та квіткові ноти.

Попереднє подрібнення винограду збільшує площу контакту соку з киснем, що може призвести до окислення та втрати свіжості. При пресуванні цілими гронами сік виділяється повільніше і захищений від повітря ягодами та

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

гребенями, що допомагає зберегти його природний колір і кислотність — ключові якості для білих і рожевих вин.

Хоча існують різні конструкції пресів (наприклад, щокові, кошикові), у сучасному промисловому виноробстві найпопулярнішими є **мембранні пневматичні преси** барабанного типу. Вони являють собою горизонтальний барабан з нержавіючої сталі, що обертається, всередині якого розташована гнучка мембрана. Стінки барабана мають перфорацію для відведення соку. М'язга (подрібнений виноград) завантажується в барабан, після чого мембрана надувається стисненим повітрям, м'яко притискаючи мезгу до перфорованих стінок. Це забезпечує **делікатне віджимання**, не руйнуючи кісточки. Обертання барабана допомагає перемішувати мезгу для ефективного вилучення суслу. Ці преси повністю автоматизовані, дозволяють точно контролювати процес, забезпечуючи високу якість суслу. Вони також дають можливість завантажувати цілі грона для виробництва певних типів вин [3].

Процес отримання суслу пресуванням зазвичай включає два основні етапи. Спочатку, протягом приблизно 6...8 хвилин, відбувається вільне стікання соку (**сусло-самоплив**) під дією сили тяжіння, без механічного тиску. Вихід суслу на цьому етапі зазвичай нижчий за технологічно бажаний (50...55 дал/т). Щоб отримати необхідний об'єм, проводять другий етап (8...10 хвилин), що включає **інтенсифікацію відділення суслу**. На цьому етапі частково віджату мезгу розпушують (наприклад, шляхом обертання барабана або коротких циклів роботи мембрани), щоб вивільнити додаткову кількість соку перед застосуванням основного тиску пресування.

Пресування цілих гронів не передбачає отримання сусла-самоплива, оскільки не використовували попередньо дробарку-гребеневідокремлювач.

Освітлення сусла-самопливу [4]

Очищення виноградного суслу, відоме як освітлення, є ключовим технологічним етапом у виноробстві. Його мета – видалити дрібні зважені частинки, такі як фрагменти шкірки чи кісточок, мікроорганізми та інші домішки, що залишаються в соку після м'якого пресування винограду. Наявність цих частинок може негативно вплинути на кінцеву якість вина.

Важливість освітлення полягає у його багатогранному впливі на формування якісного виноматеріалу. По-перше, видалення зважених часток суттєво знижує ризик розвитку небажаної мікрофлори, яка може спричинити помутніння та появу сторонніх присмаків у готовому вині. По-друге, цей процес сприяє формуванню чистого, не грубого смаку та легкості майбутнього напою. По-третє, освітлення підвищує стабільність виноматеріалів до повторного бродіння, оскільки

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

видаляються дріжджові клітини та інша органіка. Це також дозволяє зменшити дозування освітлюючих (оклеюючих) речовин на наступних етапах стабілізації вина.

Існує кілька основних методів освітлення сусла. Найбільш традиційним та широко використовуваним є **відстоювання**, коли сусло просто залишають у ємностях на певний час, дозволяючи твердим частинкам осісти на дно під дією гравітації. Це простий та економічний підхід, хоча й потребує значного часу. Існує також метод **електрофлотації**, який використовує електричне поле для агрегації дрібних частинок та їх подальшого видалення.

Вибір конкретного методу освітлення залежить від низки факторів, зокрема від сорту винограду, застосовуваної технології виноробства, бажаних характеристик кінцевого продукту та наявності відповідного обладнання на виробництві. Наприклад, для виробництва сухих білих столових вин часто обирають саме **відстоювання**, оскільки цей метод вважається ефективним для збереження природного аромату винограду та забезпечення плавного перебігу бродіння.

Таким чином, освітлення сусла є невід'ємним етапом виноробного процесу, що значно впливає на якісні та органолептичні характеристики вина. Правильний вибір методу освітлення, з урахуванням конкретних умов виробництва та поставлених цілей, є запорукою отримання стабільного та якісного продукту.

Сульфатація сусла [4].

Діоксид сірки (SO_2) – це безбарвний газ із характерним неприємним запахом. У харчовій промисловості його використовують як ефективний антисептик та антиоксидант, що активно перешкоджає розмноженню сторонніх мікроорганізмів. Важливо пам'ятати, що у високих концентраціях ця речовина становить небезпеку для здоров'я.

У виноробстві діоксид сірки має важливе значення, як антиоксидант. При його додаванні до виноградного сусла, м'язги або готового виноматеріалу, SO_2 пригнічує життєдіяльність бактерій та диких дріжджів. Ця властивість знаходить застосування на різних етапах: під час освітлення сусла перед бродінням, безпосередньо в процесі ферментації, а також для стабілізації та "лікування" вин від певних вад. Фактично, у сучасному виноробстві діоксид сірки (у формі газу, порошку метабісульфіту калію або водного розчину) може використовуватися на всіх основних стадіях: від обробки винограду під час збору врожаю та пресування ягід до контролю бродіння та фінальної стабілізації перед розливом у пляшки.

Діоксиду сірки, у суслі або вині він існує одночасно в чотирьох основних формах: розчинений молекулярний газ SO_2 , недисоційована сірчиста кислота (H_2SO_3), бісульфіт-іони (HSO_3^-) та сульфит-іони (SO_3^{2-}). Сірчиста кислота (H_2SO_3)

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
						12
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

в продукті може перебувати у двох станах: вільному та зв'язаному. Зв'язування відбувається переважно з ацетальдегідом, а також з цукрами (арабінозою, глюкозою), вищими альдегідами, кетокислотами, фенольними, азотистими та іншими сполуками. Сума вільної та зв'язаної сірчистої кислоти становить її загальну кількість, яку зазвичай виражають у мг/дм³ (або ppm) в перерахунку на SO₂.

Технологічна цінність діоксиду сірки у виноробстві зумовлена його антимікробними, антиокислювальними та екстрагуючими властивостями. Антимікробну дію проявляє виключно **вільна недисоційована сірчиста кислота (H₂SO₃)**, яку називають активною формою. Вона здатна проникати всередину мікробної клітини, блокувати ключові ферменти та порушувати обмін речовин, що призводить до припинення життєдіяльності (відмирання) дріжджів, бактерій та плісняви. Кількість цієї активної форми залежить від температури та рН середовища: вона збільшується при підвищенні температури та, що важливіше, при зниженні рН (тобто в більш кислих умовах).

Різні мікроорганізми мають різну чутливість до SO₂. Розвиток дріжджів зазвичай пригнічується при концентрації активної H₂SO₃ близько 10 мг/дм³. Оцтовокислі та молочнокислі бактерії є значно чутливішими до дії діоксиду сірки, ніж більшість винних дріжджів.

Екстрагуюча здатність активної сірчистої кислоти полягає у її впливі на клітини рослинних тканин, наприклад, шкірки винограду. Пригнічуючи життєдіяльність цих клітин, SO₂ сприяє кращому переходу розчинних речовин (ароматичних, фенольних, барвних) з твердих частин ягоди у сусло.

Крім того, присутність SO₂ під час спиртового бродіння стимулює утворення гліцерину дріжджами. Правильне та своєчасне застосування розрахованих доз діоксиду сірки впродовж технологічного процесу позитивно впливає на формування смаку вина та букету. Однак надмірні дози SO₂ можуть мати негативні наслідки: під час бродіння може накопичуватися сірководень (H₂S), що надає вину неприємного запаху тухлих яєць та специфічного присмаку.

Корекція кислотності [5]

Рівень рН 3,0...3,1 є оптимальним для стабільності сусла: нижче 3,2 інгібується ріст патогенів (*Lactobacillus*, *Acetobacter*), але вище 2,8 зберігається активність дріжджів *Saccharomyces cerevisiae* (оптимальний діапазон 2,8...3,8).

Титрована кислотність в межах 6,5...7 г/дм³ може бути недостатньою через буферну ємність сусла (40...50 мекв/л), зумовлену солями винної кислоти (КНТ, СаТ). Корекція необхідна для зниження рН, підвищення стабільності (зменшення K_{sp} винного каменю <10⁻⁴) і покращення смаку (кислотність >6 г/дм³). Винна кислота (L-(+)-тартарова) є природним компонентом винограду, стабільна при

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

низьких температурах, тоді як молочна кислота (продукт малолактичного бродіння) пом'якшує смак, але небажана для свіжих білих вин через ризик бактеріального псування (летка кислота $>0,8$ г/дм³).

Органічні кислоти у суслі пригнічують шкідливу мікрофлору та водночас, через створення певного рН, сприяють роботі дріжджів. Комфортний для дріжджів рівень рН (важливий показник, хоч і не завжди нормований) стимулює утворення приємних ароматів. Кислоти також визначають смак і свіжість вина, не даючи йому стати "пустим" чи "плоским", та беруть участь у формуванні його аромату.

У виноробстві для коригування кислотності сусла можуть додавати винну або лимонну кислоту. При цьому важливо дотримуватись обмежень: якщо використовується лише лимонна кислота, її максимальна кількість становить 1 г/дм³, а якщо застосовується рівна суміш винної та лимонної кислот, то сумарна доза не повинна перевищувати 2 г/дм³.

Цей метод є особливо важливим у теплих виноробних зонах, де винну кислоту переважно вносять на початковій стадії алкогольної ферментації з метою запобігання розвитку бактерій під час цього процесу.

Обробка сусла бентонітом

Бентоніт являє собою натуральний глинистий мінерал, унікальний своєю здатністю до значного набухання при поглинанні води. Якщо цей процес відбувається в обмеженому об'ємі, бентоніт формує густий гель, що створює бар'єр для подальшого проникнення рідини. Саме ця властивість, у поєднанні з його нетоксичністю та хімічною інертністю, робить бентоніт цінним матеріалом для виноробної галузі.

Обробка бентонітом сприяє видаленню великих зважених частинок, які мають високу схильність до окислення. Крім того, застосування бентоніту ефективно вирішує проблему видалення протеїнів із сусла, оскільки утворення білкової каламуті є поширеним дефектом у білих винах. Хоча білкове помутніння є виключно візуальним недоліком, що не впливає на органолептичні властивості вина та його безпечність для споживача, воно сприймається споживачами як неприйнятне.

Фактори, що сприяють збільшенню концентрації білків у винограді, включають механізоване збирання врожаю, тривалий час та відстань транспортування, ураження винограду інфекціями та кліматичні зміни. Фенольні сполуки та сульфати стимулюють агрегацію білків та посилюють помутніння, тоді як полісахариди здатні уповільнювати цей процес, але не запобігати йому

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

повністю. Незначні коливання рН також можуть впливати на розчинність білків через їхню взаємодію з іншими макромолекулами.

Стандартне дозування бентоніту у виробничих умовах становить 50...100 мг/дм³, що залежить від вмісту білкових речовин у суслі.

Бентоніт *Pluxcompact* – гранульований бентоніт, що використовується для виробництва якісних вин, є спеціально активованим продуктом з відмінними властивостями набухання. При контакті з вином він утворює гель, молекули якого несуть негативний заряд. Ця особливість має ключове значення, оскільки негативно заряджені частинки бентоніту вступають в електрохімічну взаємодію з позитивно зарядженими колоїдами, присутніми у вині, перш за все з білками.

Pluxcompact – це високоактивний препарат, створений за спеціальною технологією активації. Він ефективно видаляє білки, подібно до натрієвого бентоніту, при цьому утворюючи мінімальну кількість осаду, як кальцієвий бентоніт. Ці властивості зберігаються навіть при використанні низьких дозувань.

Застосування танінів [6].

Комерційні препарати енологічних танінів, отримані з дубової та каштанової деревини, виноградних кісточок і шкірки, дерева Квебрахо, галових горішків тощо, можуть застосовуватися на різних етапах виноробства для стабілізації кольору вина та інгібування ферментів, особливо це важливо в технології білих вин, які піддаються окисненню.

Гідролізовані таніни демонструють найвищу антиокиснювальну активність серед енологічних танінів, що робить їх перспективними для використання як антиоксидантів. Також таніни знижують окисні процеси шляхом інгібування оксидаз.

Гідролізовані таніни швидко реагують з киснем, запобігаючи окисненню пігментів, тоді як конденсовані таніни беруть участь у реакціях стабілізації, утворюючи більш стійкі кольорові пігменти.

На сучасному ринку представлено надзвичайно широкий асортимент препаратів танінів. В Україні винороби використовують таніни виробництва Бельгії, Італії, Франції та інших країн.

Серія танінів *Tan Sli* від італійської фірми *Enartis* вирізняється унікальною технологією виробництва, яка передбачає відсутність впливу високих температур на всіх етапах – від обробки деревини до кінцевого процесу сушіння екстракту. Це запобігає окисненню дубильних речовин і, на відміну від інших танінів дубового походження, оброблених високими температурами, не підвищує ОВ-потенціал вина, а зберігає його якісні показники та забезпечує тривале зберігання.

Препарат таніну фірми *Enartis* для посилення антиоксидантних властивостей. Даний танін застосовують у виробництві в дозуванні 0,5...2 г/дм³

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

як антиоксидант. Для поліпшення органолептичних характеристик застосовують дозування 0,5...8 г/дм³ для білих вин.

Бродіння

Бродіння виноградного суслу є процесом, де дріжджі перетворюють цукор на спирт і вуглекислоту, викликаючи при цьому комплекс супутніх змін, що разом формують кінцевий продукт – вино. Вино, отримане в результаті цієї алкогольної ферментації, характеризується дуже складним хімічним складом.

Різні речовини, що містяться у вихідному суслі, по-різному беруть участь у процесі бродіння через свої хімічні властивості. Частина компонентів, таких як вода (що становить близько 80% суслу) та мінеральні солі (калію, натрію, кальцію, магнію, заліза, алюмінію та інших металів, утворені з винною, яблучною, сірчаною, фосфорною та іншими кислотами), переходять у вино, не зазнаючи хімічних змін.

Проте, навіть хімічно незмінні речовини можуть змінювати свою концентрацію під час бродіння. Зміна складу середовища (наприклад, накопичення спирту) призводить до часткового випадання в осад деяких сполук, зокрема солей винної кислоти (тартратів калію та кальцію), солей заліза, а також білків та пектинів. Внаслідок цього їхня кількість у готовому вині зменшується.

Інші речовини активно споживаються дріжджами в процесі їхньої життєдіяльності. Так, кількість фосфорних сполук, яка може сильно варіювати в різних суслах, зменшується, оскільки вони разом з частиною азотистих речовин слугують живленням для дріжджів. У випадках, коли сусло перед бродінням сульфітують (обробляють діоксидом сірки), вміст сірчаної кислоти у вині може зростати.

Основна хімічна трансформація під час бродіння відбувається з цукрами (глюкозою та фруктозою). Саме їх дріжджі перетворюють на головні продукти – етиловий спирт та вуглекислий газ. Одночасно з основними продуктами утворюється низка побічних: гліцерин, бурштинова та молочна кислоти, оцтовий альдегід, оцтова кислота тощо. Аналіз вин показує, що з цих побічних продуктів лише гліцерин може бути присутнім у значних кількостях (іноді 10...12 г/дм³). Решта або майже повністю зникають (як вуглекислий газ), або залишаються у дуже малих концентраціях.

Якщо бродіння проходить нормально і початкова цукристість суслу помірна, цукор зброджується практично повністю, і в отриманому вині залишаються лише його сліди.

Контроль температурного режиму є критично важливим у виробництві білих вин. Підвищені температури інтенсифікують процес бродіння, однак разом

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

із виділенням вуглекислого газу відбувається втрата цінних ароматичних сполук. Температура ферментації в діапазоні 30...35 °С може призвести до її припинення. Більше того, вторинні аромати, що утворюються дріжджами за таких температур, є менш витонченими та слабо вираженими.

Бродіння слід вести за знижених температур (14...17 °С) для формування приємної свіжої ароматики та смаку. Для цього обираємо реактори з рубашкою для контролю температур [4].

Вибір раси дріжджів. ЧКД.

У виноробстві для забезпечення контрольованого та якісного бродіння використовують **чисті культури дріжджів (ЧКД)**. Це, потомство однієї клітини спеціально відібраного (селекціонованого) штаму дріжджів. Штами підбирають з урахуванням специфічних вимог для виробництва конкретних типів вин, чи то столові, ігристі, чи кріплені, як-от херес. Для білих столових вин існують різні рекомендовані штами ЧКД, що сприяють формуванню бажаного профілю вина.

Традиційно підготовка ЧКД передбачала багатоступеневий процес розмноження дріжджової культури в лабораторних умовах, так звану "**розводку**". Починаючи з невеликого об'єму в пробірці, культуру послідовно переносили у все більші стерильні ємності (колби різного об'єму з живильним середовищем), підтримуючи активне бродіння на кожному етапі. Коли дріжджі досягали стадії бурхливого бродіння в останній лабораторній ємності, їх переносили у виробничі дріжджові апарати для подальшого розмноження та внесення в основну партію сусла.

Однак сучасні технології значно спростили цей процес завдяки розробці та широкому застосуванню **активних сухих дріжджів (АСД)**. Це ті ж самі селекціоновані штами, але висушені за спеціальною технологією, що дозволяє їм тривалий час зберігати життєздатність. Використання АСД усуває необхідність у складній лабораторній розводці. Підготовка сухих дріжджів до використання зводиться до процесу **регідратації** – відновлення їхньої активності. Зазвичай це передбачає розведення сухого препарату в теплій воді (оптимальна температура може варіювати, часто в межах 32-38 °С) або, згідно з деякими протоколами, у суміші води та невеликої кількості сусла чи безпосередньо в суслі (наприклад, у співвідношенні дріжджі:рідина 1:10) при контрольованій температурі (наприклад, 37 °С) протягом певного часу (наприклад, 15 хвилин). Після регідратації активовану дріжджову суспензію вносять в основний об'єм сусла, який готовий до бродіння, і ретельно перемішують. Оптимальна доза АСД залежить від штаму, його активності та умов бродіння (наприклад, 1 г/дал може бути рекомендованою дозою для препарату з 70% життєздатних клітин) [2].

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

Одним із таких спеціально селекціонованих для виноробства штамів, що часто використовується у вигляді АСД, є *Saccharomyces cerevisiae* (історично *S. vini*) **раси R2**. Цей штам має низку цінних властивостей, особливо для виробництва білих вин:

Дріжджовий штам R2 високо цінується за здатність підкреслювати сортові аромати вина завдяки вивільненню терпенових сполук, типових для мускатних сортів, та утворенню фруктово-квіткових ефірів. Його стійкість до холоду дозволяє проводити бродіння при температурах аж до 5°C, що робить його ідеальним для холодної ферментації, спрямованої на збереження свіжості й кислотності вина. Для повного зброджування цукрів і ефективної роботи R2 потрібен достатній рівень доступного азоту в суслі. Оптимальні результати бродіння досягаються в температурному діапазоні 15...20°C.

Живлення для дріжджів забезпечує оптимальні умови для бродіння та отримання якісного вина. Допомогає дріжджам ефективніше перетворювати цукор на алкоголь та вуглекислий газ, що призводить до кращого бродіння та покращення якості виноматеріалу.

Актіферм ОР – препарат, який складається із відібраних інактивованих дріжджів та містить азот амінокислот, вітаміни та ліпиди. Це живлення треба для правильного росту дріжджів. Дослідження (зокрема, Inra Montpellier) показали, що в суслі його часто не вистачає. Оптимальна потреба дріжджів становить приблизно 2...3 мг/дал, і її слід забезпечити для гарантованого розвитку дріжджової популяції. Дріжджі потребують засвоєного азоту на початку бродіння. Це активує синтез білка і дозволяє отримати біомасу дріжджів. Максимальна швидкість бродіння прямо залежить від кількості засвоєного азоту. Високий рівень азоту прискорює початок бродіння. Оскільки вміст азоту в суслі часто недостатній та мінливий, його додавання є необхідним для оптимального старту ферментації.

Вітамінне забезпечення дріжджів значною мірою визначає кислотний склад вина. Недостатній вміст тіаміну, біотину та пантотенату призводить до суттєвого зменшення концентрації бурштинової кислоти, одночасно сприяючи збільшенню утворення оцтової кислоти та етанолу.

Декантація. Після бродіння виноматеріал відокремлюють від дріжджового осаду (мертвих клітин дріжджів, білкових залишків) шляхом декантації або перекачування через насоси з мінімальним доступом кисню. Дріжджові осади, що становлять 2–5 % об'єму, видаляються з циклу, але можуть бути використані для виробництва автолізатів чи повторного бродіння в інших процесах.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

Егалізація та сульфітація. Для усереднення партій проводять егалізацію – змішування виноматеріалів з різних ємностей. Для стабілізації виноматеріалу та запобігання окислювальним процесам додають діоксид сірки (SO₂) до загального вмісту 40 мг/дм³. SO₂ виконує функцію антиоксиданту та інгібітора небажаних мікроорганізмів (оцтових бактерій, диких дріжджів). Процес проводять у герметичних ємностях із системами точного дозування й гомогенізації, що забезпечують рівномірне розподілення сульфітів.

Обґрунтування вибору бочки для витримки вина [7-10]

Витримка вина в дубових бочках відіграє визначальну роль у створенні багатогранного, гармонійного смакового профілю, надаючи напою вишуканості та глибини. Вина, які пройшли період дозрівання в бочках, зазвичай вважаються більш престижними порівняно з тими, що не зазнавали такої обробки. Як зазначається в спеціалізованих джерелах, саме бочкова витримка дозволяє вину розкрити в келиху широкий спектр ароматів і смаків.

Дубові бочки впливають на вино через кілька ключових механізмів, що роблять його унікальним і високоякісним:

- ****Контакт із деревними компонентами****: Полісахариди, таніни та інші сполуки дуба збагачують вино, додаючи нові відтінки смаку й аромату.

- ****Мікрооксигенізація****: Через пори деревини в бочку проникає невелика кількість кисню, що сприяє поступовому розвитку вина. На поверхні дуба протікають складні хімічні реакції, під час яких вино вбирає ароматичні речовини, зокрема таніни, що надають напою виразності, стійкості до псування та уповільнюють окислення. Наприклад, бочка об'ємом 225 л за рік може передати вину до 50 мг/л таніну, що є важливим для його повноцінного дозрівання.

Переваги витримки в дубових бочках включають:

- ****Багатошаровий смак****: Дуб додає вину складності, створюючи багаті смакові нюанси.

- ****Пом'якшення танінів****: Таніни стають м'якшими, що забезпечує гладку, округлу текстуру.

- ****Унікальні аромати****: Вино набуває нот ванілі, карамелі, тютюну, спецій чи диму, залежно від типу деревини.

- ****Тривале дозрівання****: Довготривале перебування в бочках дозволяє вину розвинути глибину та елегантність, що підвищує його якість.

Для виготовлення бочок використовують різні види дуба, найпоширенішими з яких є французький, американський і, рідше, славонський.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		19

- ****Французський дуб**** надає вину делікатні аромати ванілі, спецій, горіхів чи вишні, створюючи вишукані, стримані ноти. Таніни зазвичай м'які, що ідеально підходить для білих вин, які потребують тонкої структури.

- ****Американський дуб**** характеризується більш насиченими ароматами ванілі, кокоса, гвоздики чи диму. Його деревина має вищу пористість, що сприяє інтенсивнішій мікрооксигенізації, ідеальній для міцних червоних вин або міцних напоїв.

- ****Славонський дуб**** вирізняється фруктовими відтінками, ваніллю та шоколадом, із помірною кількістю танінів. Він забезпечує вину чистоту, баланс і стійкість.

Бочки виготовляють із ядра дуба, видаляючи заболонь і кору на етапі обробки. Структура деревини включає первинну та вторинну клітинні оболонки. Первинна оболонка разом із міжклітинною речовиною формує середню пластину, що містить лігнін (71%), пентозани (14%), целюлозу (4%) і глюкоуронозиди. Вторинна оболонка складається переважно з целюлози, геміцелюлози та лігніну, а в міжклітинній речовині іноді виявляють пектинові сполуки.

Під час витримки вино вбирає компоненти дуба, зокрема лігніно-танінний комплекс, який впливає на його колір, смак і аромат. Таніни надають вину терпкості, але гідролізовані таніни, що легко окислюються, додають м'якості та повноти. Бочка створює оптимальні умови для фізико-хімічних і біохімічних процесів, що формують складний букет вина.

Витримка триватиме 6 місяців у підвальному приміщенні. Рекомендується щотижневе перемішування та доливання вина. Вологість у льосі впливає на етанол: низька вологість (<60%) підвищує його концентрацію, тоді як висока (>60%) спричиняє втрати. Для зменшення контакту з киснем через можливу негерметичність корка бочки зберігають так, щоб корок залишався вологим. Вино, ферментоване й витримане в нових бочках, має менше фенольних сполук через взаємодію танінів із дріжджами та манопротейнами під час бродіння. Коротка витримка сприяє активному вилученню ароматичних речовин із деревини.

Фільтрування, як процес відокремлення твердої фази від рідкої за допомогою пористих перегородок, що пропускають рідину та затримують тверді частинки, є широко використовуваною операцією у виноробній промисловості. Виноматеріали піддаються фільтрації на різних етапах технологічного процесу, де принцип дії ґрунтується на затриманні зважених твердих частинок пористою перегородкою, яка пропускає рідку фазу, утримуючи тверді елементи на своїй поверхні.

Виноматеріал проходить двоетапне очищення: грубу фільтрацію через пластинчасті фільтри (пори 1–5 мкм) для видалення великих частинок і мікрофільтрацію через мембрани (0,2–0,45 мкм) для забезпечення стерильності й прозорості. Осад, що утворюється (0,5–1 % об'єму), відокремлюється як відхід.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

1.2 Розробка завдання на систему автоматизації

№ п/п	Машина, агрегат, установки	Параметр, місце відбору сигналу	Припустиме значення параметру	Вид автоматизації	Характер контролю чи управління	Засоби управління та контролю реалізації управляючої дії	Додаткові умови
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Ємність для бродіння	Рівень	80%	Управління	Стан	Вплив на насос М1	
		Температура	20 °С	Регулювання	Стабілізація	Вплив на клапан подачі хладагенту	
		Тиск	100 кПа	Регулювання	Стабілізація	Вплив на клапан випуску	
		Витрата суслу	3000 л	Управління	Стан	Витрата на клапан подачі суслу	
2	Підготовчий апарат						
		Рівень	80%	Управління	Стан	Вплив на насос М4	
		Витрата сухих дріжджів	250 г	Управління	Стан	Вплив на клапан подачі рідких дріжджів	
		Витрата води	2л	Управління	Стан	Вплив на клапан подачі води	
3	Підготовчий апарат						
		Рівень	80%	Управління	Стан	Вплив на насос М5	
		Витрата сухих дріжджів	600 г	Управління	Стан	Вплив на клапан подачі сухих дріжджів	
		Витрата води	6 л	Управління	Стан	Вплив на клапан подачі води	

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
------	------	----------	--------	------

Кваліфікаційна робота

Арк.

21

Розділ 2. Система автоматизації

2.1. Обґрунтування вибору технічних засобів для вимірювання, виконавчих механізмів (ВМ) та регулюючих органів (РО)

Для контролю температури під час виробництва вина використовується термоперетворювач опору E+H Omnigrad M TR10. (рис. 2.1).



Рис. 2.1. Вид датчика температури E+H Omnigrad M TR10.

					Кваліфікаційна робота			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат				
Розроб.		Поліщук А.Р.			Розробка системи автоматизації процесу виробництва вина	Літ.	Арк.	Акрушіє
Перевір.		Смітюх Я.В.					22	19
Зав. каф.		Смітюх Я.В.			НУХТ АК-4-1			
Секр. ЕК		Проскурка Є.С.						

Застосування

Термоперетворювач E+H Omnigrad M TR10 характеризується універсальністю застосування завдяки широкому діапазону вимірювання температури від -200 до 600 °С. Він також витримує тиск до 75 бар у вимірювальній середовищі та має високий ступінь захисту IP68.

Принцип вимірювання температури:

Дані термометри опору використовують чутливий елемент Pt100 згідно з стандарту ІЕС 60751. Даний датчик температури включає в себе платиновий резистор, що чутливий до температури, має опір 100 Ом чутливого елемента при температурі 0 °С та з температурним коефіцієнтом $\alpha = 0,003851 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$. [11]

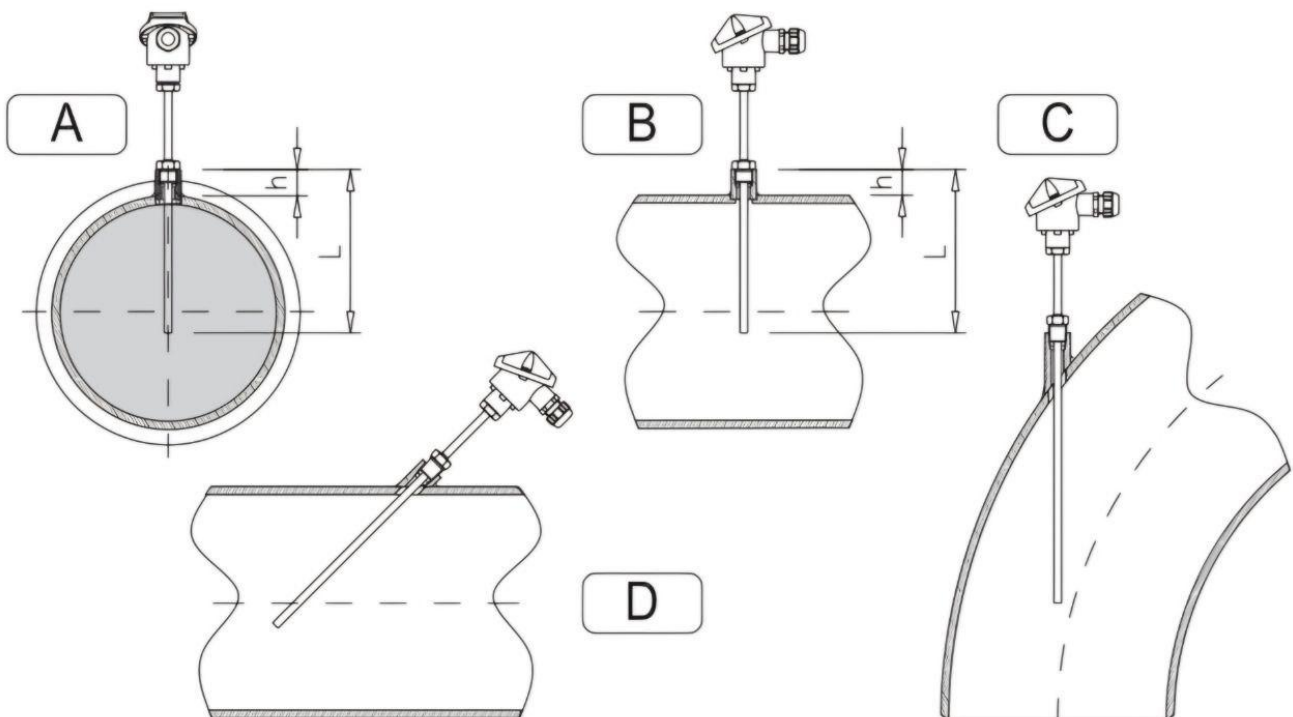


Рис. 2.2. Спосіб монтажу датчика температури E+H Omnigrad M TR10.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		23

Вимір рівня

Для виміру рівня при проходженні процесу виробництва вина задіяно ємнісний рівнемір KOBOLD NMC (рис. 2.3)



Рис. 2.3. KOBOLD NMC.

Ємнісні індикатори рівня KOBOLD типу NMC призначені для вимірювання рівня рідини в резервуарах. Вони складаються з вимірювального зонда та з'єднувальної головки зі вставним модулем оцінки. Залежно від умов експлуатації доступні різні зонди:

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

одинарний зонд для стандартного застосування

- подвійний зонд з PVDF-з'єднанням для неметалевих резервуарів та одночасно агресивних середовищ
- одинарний зонд із зовнішньою опорною трубкою для неметалевих резервуарів або середовищ з дуже низькою діелектричною проникністю
- одинарний зонд з розділеною з'єднувальною головкою для рідин з температурою до 125°C.

Пристрої не мають механічно рухомих частин і тому майже не піддаються механічному зносу. Вставний модуль оцінки можна легко замінити, що робить пристрої дуже простими в обслуговуванні.

Принцип роботи

Вимірювальна система базується на ємнісному методі вимірювання. Вимірювальний зонд і стінка резервуара або другий електрод відповідно утворюють пластини конденсатора, середовищем у резервуарі є діелектрична рідина. Ємність залежить від середовища. Чим більше середовище торкається вимірювального зонда, тим вища ємність. Ця зміна виявляється модулем обробки, що підключається, та перетворюється на відсоткове відображення або сигнал 4-20 мА.

На рис. 2.4 та 2.5 можна ознайомитися з тим, як встановлюється KOBOLD NMC, та його габаритними розмірами, тоді як рисунок 2.6 містить специфікацію цього пристрою. [12]

Тиск:

Вимірювання тиску здійснювалося за допомогою перетворювачів тиску VEGABAR 17.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25



Перетворювач тиску VEGABAR 17 використовується для вимірювання як надлишкового, так і абсолютного тиску в газоподібних, пароподібних та рідких середовищах, включаючи в'язкі та забруднені.

Принцип дії:

При впливі тиску робочого середовища на мембрану з нержавіючої сталі, відбувається зміна опору її чутливого елемента. Ця зміна опору трансформується у відповідний вихідний електричний сигнал. Для діапазонів вимірювання до 16 бар прилад використовує п'єзорезистивний сенсор, заповнений спеціальною рідиною. У випадку діапазонів від 25 бар застосовується тензорезисторний датчик, встановлений за мембраною з нержавіючої сталі, при цьому така система функціонує без використання заповнювальної рідини.

Переваги:

- Двопровідна схема підключення з вихідним сигналом 4...20 мА;
- Можливість користувацького налаштування нульової точки та діапазону вимірювань;
- Висока точність вимірювань з похибкою менше 0,5%;
- Компактна та малогабаритна конструкція;
- Корпус, виготовлений з нержавіючої сталі, що передбачає клемне з'єднання або виведення кабелю.

Технічні характеристики:

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Діапазон вимірюваних значень: від -1 до +1000 бар (або від -100 до +100000 кПа);
- Показник похибки: 0,5%;
- Допустима температура робочого середовища: від -40 до +150 °С.

Вимір кількості речовини

Для вимірювання кількості подачі суслу, азотного живлення та АСД у процесі виробництва вина, використовується лічильник KOBOLD DPE. (рис. 2.7).



Лічильник KOBOLD DPE призначений для точного вимірювання та контролю об'єму рідини, що протікає. Принцип його роботи базується на використанні лопатевого колеса, яке починає обертатися під дією потоку робочого середовища. У краї лопатей цього колеса вбудовані магніти. Коли лопаті з магнітами проходять поблизу датчика Холла, встановленого за межами зони основного потоку вимірюваної рідини, генеруються електричні імпульси.

Характеристики та моделі лічильника KOBOLD DPE приведено на рис. 2.8.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

Order Details (Example: DPE-1105 G4 F300)

With pipe fittings						Evaluating electronics				
Measuring range max. 3 m/s		Flow rate max. 10 m/s approx. [l/min water]	Model		Connection					
[l/min water]	approx. Frequenz [Hz] at FS		Material brass	Material st. steel	Standard female	Special female				
5-30	80	100	DPE-1105..	DPE-1205..	..G4.. = G 1/2	..N4.. = 1/2 NPT	Frequency output ..F300 = frequency output, plug connector M12 x 1 ..F320 = frequency divider 1: 2, plug connector M12 x 1 ..F340 = frequency divider 1: 4, plug connector M12 x 1 ..F390 = frequency divider 1... 1/125, plug connector M12x 1 Analogue output ..L303 = 0-20 mA output, 3-wire, M12 x 1 plug connector ..L342 = 4-20 mA output, 2-wire, M12 x 1 plug connector ..L343 = 4-20 mA output, 3-wire, M12 x 1 plug connector ..L442 = 4-20 mA output, 2-wire, plug connector DIN 43 650 Compact electronic ..C30R = LED display, 2 x open collector, PNP plug connector M12 x 1 ..C30M = LED display, 2 x open collector, NPN, plug connector M12 x 1 ..C34P = LED display, 4-20 mA, 1 x open collector PNP, plug connector M12 x 1 ..C34N = LED display, 4-20 mA, 1 x open collector NPN, plug connector M12 x 1 Pointer indication, 240° ..Z300 = 240°-pointer indication, 0-20 mA, plug connector M12x1 ..Z340 = 240°-pointer indication, 4-20 mA, plug connector M12x1 Counter electronics ..E34R = LCD, 0(4)-20 mA, 2 x relays Dosing electronics ..G34R = LCD, 0(4)-20 mA, 2 x relays			
10-50	80	180	DPE-1110..	DPE-1210..	..G5.. = G 3/4	..N5.. = 3/4 NPT				
20-80	65	230	DPE-1115..	DPE-1215..	..G6.. = G 1	..N6.. = 1 NPT				
25-250	140	600	DPE-1120..	DPE-1220..	..G8.. = G 1 1/2	..N8.. = 1 1/2 NPT				
30-350	135	1000	DPE-1125..	DPE-1225..	..G9.. = G 2	..N9.. = 2 NPT				
50-750	110	1600	DPE-1130..	DPE-1230..	..G9.. = G 3	..N9.. = 3 NPT				
With installation adapter not available with compact / ADI electronics						ADI electronics				
Meas. range [m/s]	approx. frequency [Hz] at max. value	max. flow rate [m/s]	Material brass	Material st. steel	Connection for nominal pipe size		Display	Supply	Output	Contacts
0-3	65 (at DN 25) 140 (at DN 40) 135 (at DN 50) 110 (at DN 80)	10	-	DPE-1200..	..W6.. = DN 25 ..W8.. = DN 40/DN 50 ..W8.. = DN 80		K = bar graph/digital display	0 = 100-240 V _{AC} 3 = 18-30V _{AC} , 10-40 V _{DC}	0 = without 4 = 0(4)-20 mA, 0-10V	2 = 2 change-over contacts

Рис. 2.8. Характеристики та моделі лічильника KOBOLD DPE

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Габарити лічильника KOBOLD DPE приведено на рис. 2.9.

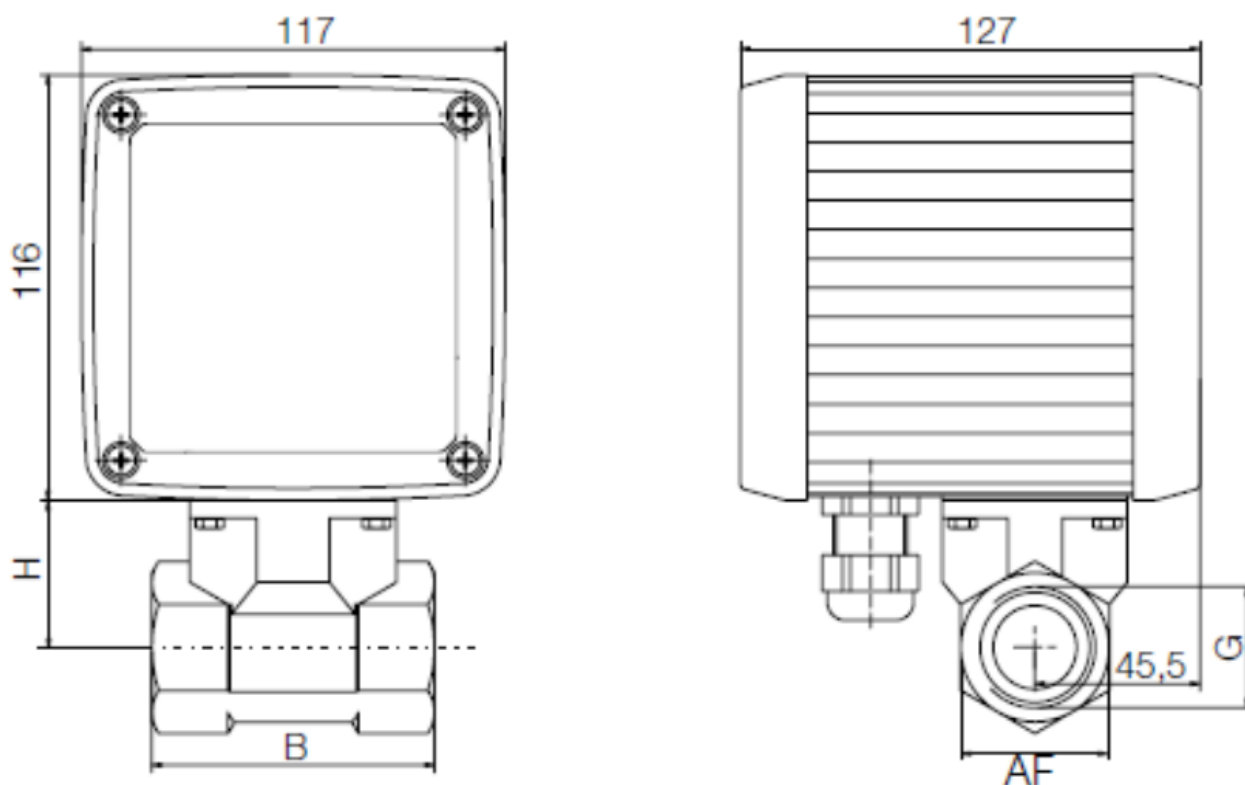


Рис. 2.9. Габарити лічильника KOBOLD DPE.

Електропневматичні перетворювачі

Електропневматичні перетворювачі ASCO NUMATICS Sentronic LP застосовуються для керування пневматичними клапанами, які регулюють технологічний процес виробництва вина. (рис. 2.10). [13]

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29



Рис. 2.10. ASCO NUMATICS Sentronic LP.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		30



Рис. 2.11. Схема підключення ASCO NUMATICS Sentronic LP та клапану.

GENERAL

Fluids	Air or neutral gas filtered at 50 μm , without condensate, lubricated or unlubricated, class 5 according to ISO 8573-1:2010 [7:4:4]
Max. allowable pressure (MAP)	At least 1 bar above the maximum outlet pressure
Pressure range	0-3 bar, 0-6 bar, 0-10 bar
Fluid temperature	0°C to +60°C
Ambient temperature	0°C to +50°C
Flow (Qv at 6 bar)	470 NI/min
Setpoint	0 - 10 V (Impedance 100 k Ω) 0 - 20 mA / 4 - 20 mA (Impedance 250 Ω)
Hysteresis	1% of span
Linearity	1% of span
Repeatability	1% of span
Minimum setpoint	100 mV (0,2 mA/4,2mA) with shutoff function
Minimum outlet pressure	1% of span
Failsafe behaviour	Pressure hold on loss of power, without control

CONSTRUCTION

Body	Aluminium
Internal parts	POM (polyacetal)
Seals	NBR (nitrile)

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

nominal diameter DN (mm)	stabilised voltage	max. power (W)	max. current (mA)	Insulation class	degree of protection	electrical connection
4	24VDC	3,8 W (<1W compensate)	160	H	IP 65	5-pin M12 connector (to be ordered separately)

SPECIFICATIONS

\varnothing port	\varnothing orifice DN (mm)	K_v -coefficient (Nm ³ /h)	flow at 6 bar (NI/min)
G 1/4	4	0,43	470

Рис. 2.12. Характеристики ASCO NUMATICS Sentronic LP.

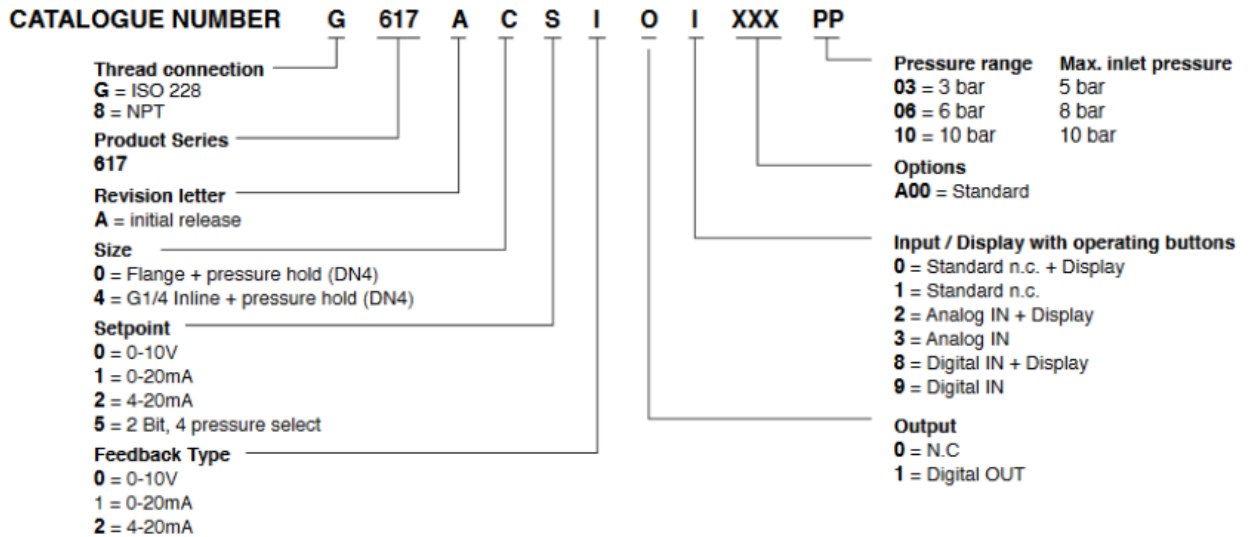


Рис. 2.13. Специфікація ASCO NUMATICS Sentronic LP.

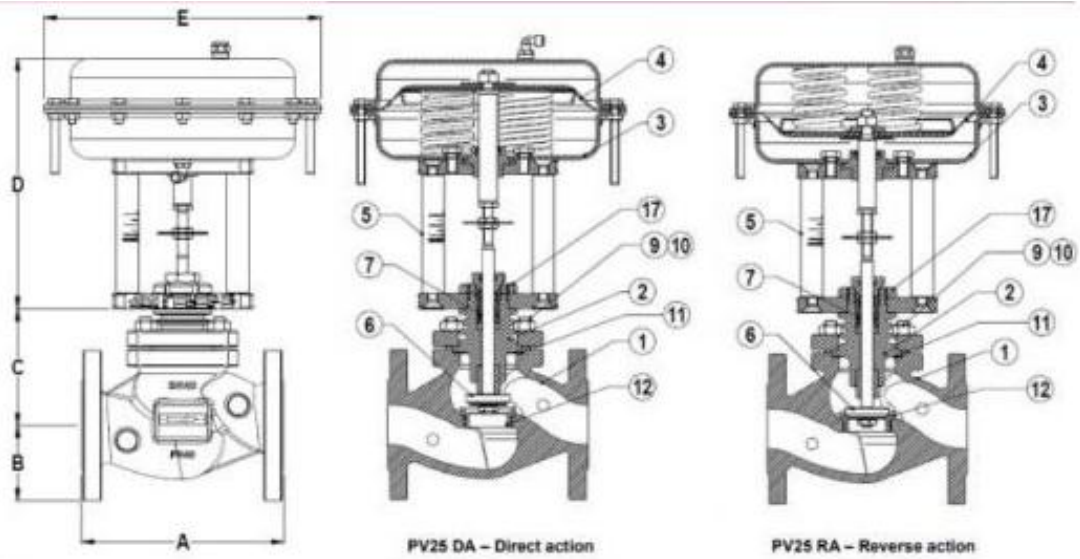
Пневматичні клапани

Пневматичні клапани Valsteam ADCA ADCATrol PV25G регулюють подачу рідини у процесі виробництва вина. (рис. 2.15).



					<i>Кваліфікаційна робота</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		32

Рис. 2.15. Пневматичний клапан ADCATrol PV25G.



DIMENSIONS - VALVE BODY				
SIZE DN	A (mm)	B (mm)	C (mm) BONNET	
			STAND.	FINNED
15	130	48	85	150
20	150	53	85	150
25	160	58	90	170
32	180	70	110	190
40	200	75	115	195
50	230	83	125	215
65	290	93	175	275
80	310	100	175	275
100	350	118	190	310

DIMENSIONS - PNEUMATIC ACTUATOR			
TYPE	E (mm)	D (mm)	WEIGHT (kg)
PA205	210	235	6
PA280	275	245	10
PA340	335	265	15
PA435	430	295	25

MATERIALS			
POS. N°	DESIGNATION	MATERIAL PV25G-OF	MATERIAL PV25I-OF
1	Valve body	GJS-400-15 / 0.7040	CF8M / 1.4408
2	Bonnet	CF8M / 1.4408	CF8M / 1.4408
3	Actuator (Steel)	S235JR / 1.0038	S235JR / 1.0038
	Actuator (Stainl. st.)	AISI 304 / 1.4301	AISI 304 / 1.4301
4	*Diaphragm	NBR 70	NBR 70
5	Yoke (Steel)	C45E / 1.1191	C45E / 1.1191
	Yoke (Stainl. St.)	AISI 304 / 1.4301	AISI 304 / 1.4301
6	*Valve plug (soft)	PTFE/GR; St. steel	PTFE/GR; St. steel
6	*Valve plug (metal)	AISI 316 / 1.4401	AISI 316 / 1.4401
7	*Standard packing	PTFE/GR	PTFE/GR
9	Studs	34CrNiMo6 / 1.6582	A4-70
10	Nuts	Steel 8.8	A4-70
11	Gasket	Stainless steel / Graphite	Stainless steel / Graphite
12	Seat	AISI 316 / 1.4401	AISI 316 / 1.4401
17	Lock nut	Stainless steel	Stainless steel

* Available spare parts.

Рис. 2.16. Конструкція пневматичного клапану ADCATrol PV25G.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Кваліфікаційна робота

Арк.

33

ORDERING CODES V25/OF										
VALVE CODES										
Actuator Type (1)										
Pneumatic Actuator	P									
Electric Actuator	E									
Group Designation										
Globe valve, two way, straight body	V									
Valve Model										
Class PN16, GJS-400-15 body, stainless steel trim		.25	G							
Class PN16, CF8M body, stainless steel trim		.25	I							
Stem Sealing										
PTFE/GR-V-Rings / Standard bonnet										1
Virgin PTFE V-Rings / Standard bonnet										2
Graphite / Standard bonnet										3
Graphite / Finned bonnet										4
Valve Plug										
PT (on-off) - Soft (PTFE/GR)										9
PT (on-off) - Metal AISI 316 / 1.4401										10
Pipe Connection										
Flanged EN1092-2 PN16										L
Size										
DN15										15
DN20										20
...										
Actuator										
										(1)
Extras (3)										E
ACTUATOR CODES (pneumatic)										
Group Designation										
Multi-spring , pneumatic linear actuator	P.									
Actuator Size										
205										1
280										3
340 A - From DN15 to DN50										5
340 B - From DN65 to DN100										6
435 A - From DN15 to DN50										7
435 B - From DN65 to DN100										8
Actuator										
Direct Action										D
Reverse Action										R
Actuator Construction										
Steel construction (painted) - standard										(2)
Stainless steel construction										I
Control Signal										
0,2 - 1 bar (3/15 psi)										15
0,4 - 1,2 bar (6/18 psi)										18
0,4 - 2 bar (6/30 psi)										30
0,4 - 2,4 bar (6/35 psi)										35

To be introduced on ".X.", if supplied in combination with the valve.
 Example:
 V25G valve model PT soft plug, PTFE/GR stem sealing DN50 complete with reverse action actuator signal 0,4-1,2bar, size340A steel
 Code: PV.25G.19L50.5R18

REMARKS:
 (1)- Indicate actuator type.
 (2)- Omitted if the standard actuator is selected.
 (3)- To be used only when a non-standard combination valve is supplied.
 ADCATROL control valves are identified by a serial number on a nameplate, located on the actuator yoke.
 Always order spares by using that serial number. If the valve has non-standard extras the serial number has also an E (extras).

Рис. 2.17. Підбір пневматичного клапана моделі ADCATrol PV25G.

ЗМН.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Кваліфікаційна робота

Арк.

34

Вимірювання рН

Вимірювання тиску здійснювалося за допомогою стаціонарного рН-метра Greisinger GRHU 014 MP рН.



ДІАПАЗОН ВИМІРЮВАННЯ

РІВЕНЬ рН	0,00...14 рН
-----------	--------------

ТОЧНІСТЬ

РІВЕНЬ рН	$\pm 0,02$ рН ± 1 цифра (при температурі = 25 °С)
-----------	---

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

ДИСПЛЕЙ	4-х значний РК дисплей, висота 10 мм.
КАЛІБРУВАННЯ	-30...+150°C ручна або автоматична (при використанні датчика температури Greisinger GTF 2000-D-WD)
ФУНКЦІЇ/ОСОБЛИВОСТІ	вільно масштабований вихідний сигнал можливість підключення датчика температури відображення максимального і мінімального показника автоматичне калібрування довгострокова стабільність
ЖИВЛЕННЯ	12...30V DC (18...30V DC для опції виконання датчика з виходом по напрузі 0...10V) Вихід: 4 ... 20 mA або 0...10V (опція)
КРАЇНА ВИРОБНИК	Німеччина
ГАРАНТІЯ	18 міс.
КОМПЛЕКТ ПОСТАВКИ	1 x pH-метр Greisinger GRHU 014 MP; 1 x інструкція по експлуатації.

УМОВИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

РОБОЧА ТЕМПЕРАТУРА	0...+50°C/ вологість 5...95%
--------------------	------------------------------

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

ТЕМПЕРАТУРА ЗБЕРІГАННЯ

-20...+70°C/ вологість 5...95%

РОЗМІРИ/ВАГА

РОЗМІРИ ПРИБАДУ (Д/Ш/В)

82x80x55 мм. (без кутового роз'єму)

ВАГА

225 гр.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		37

2.2. Схема автоматизації

Функціональна схема автоматизації процесу виноробства охоплює наступні аспекти регулювання та контролю:

- Температурні режими бродіння та охолодження сусла.
- Моніторинг температури, рівня рН та перебігу бродіння сусла.
- Тиск у бродильній ємності.
- Обсяги подачі виноградного сусла, рідких дріжджів та азотного живлення.
- Керування насосним обладнанням залежно від рівня сусла, рідких дріжджів та азотного живлення у відповідних ємностях.

Температура виноградного сусла під час бродіння відстежується за допомогою термометрів опору E+H Omnigrad M TR10, які формують уніфікований сигнал 4-20 мА. Ці дані надходять до модуля аналогових входів BMX AMI 0810 програмованого логічного контролера Modicon M340. Для підтримання потрібної температури використовуються пневматичні клапани ADCATrol PV25G, які регулюють потік пари або холодоагенту. Клапани приводяться в дію електропневматичними перетворювачами ASCO Numatics SentronicLP, що керуються сигналом 4-20 мА від модуля аналогових виходів BMX AMO 0802, який формує сигнал на основі алгоритму, закладеного в ПЛК.

Тиск у бродильній ємності вимірюється датчиком E+H Cerabar PMC11, що передає сигнал 4-20 мА на модуль BMX AMI 0810. Регулювання тиску здійснюється пневматичним клапаном ADCATrol PV25G, який забезпечує скидання надлишкового вуглекислого газу. Клапан активується через електропневматичний перетворювач ASCO Numatics SentronicLP, керований сигналом 4-20 мА від модуля BMX AMO 0802, що генерується відповідно до логіки ПЛК.

Рівень рідини в резервуарах для бродіння, зберігання дріжджів і азотного живлення контролюється ємнісними рівнемірами KOBOLD NMC, які видають сигнал 4-20 мА на модуль BMX AMI 0810. На основі цих даних ПЛК управляє насосами Grundfos TP-150-110/6 через магнітні пускачі Carlo Gavazzi RZ3A60D40P, які отримують дискретні команди від модуля BMX DDO 1602, сформовані програмою ПЛК.

Подача виноградного сусла, дріжджів і азотного живлення регулюється витратомірами KOBOLD DPE, які видають імпульсні сигнали на модуль дискретних входів BMX DDI 1602. Контроль подачі здійснюється пневматичними клапанами ADCATrol PV25G, що активуються електропневматичними перетворювачами ASCO Numatics SentronicLP. Вони керуються дискретними сигналами від модуля BMX DDO 1602, створеними на основі програмної

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

логіки ПЛК.

Рівень рН сусла визначається за допомогою рН-метра Greisinger GRHU 014 MP рН, який передає сигнал 4-20 мА на модуль ВМХ АМІ 0810 для обробки в ПЛК М340.

2.3. Специфікація засобів автоматизації

№ п/п	№ поз. за ске-мою	Місце встановлення	Найменування і технічна характеристика виробу	Тип, Марка	К-сть	Виробник
1	2	3	4	5	6	7
1	2а	по місцю	Термометр опору Pt100 з уніфікованим вихідним сигналом 4-20мА, напруга живлення 24 В DC, діапазон вимірювань -300...+600°C	Omnigrad M TR10	1	Endress+Hauser, Швейцарія
2	2в	на шиті	Перетворювач електропневматичний для перетворення аналогового сигналу постійного струму: 4-20 мА в уніфікований пневматичний сигнал 20-100 кПа. Оживл. 24 V.	SentronicLP G617A4220 0A0003	1	ASCO Numatics, Ірландія
3	2б	по місцю	Пневматичний клапан Ржив. = 140 кПа, Рвих. = 20-100 кПа.	ADCA Trol PV.25G.11 L100.1R15	1	Valsteam ADCA, Португалія
4	1е 1є 1ж	на шиті	Перетворювач електропневматичний для перетворення аналогового сигналу постійного струму: 4-20 мА в уніфікований пневматичний сигнал 20-100 кПа. Оживл. 24 V.	SentronicLP G617A4220 0A0003	3	ASCO Numatics, Ірландія
5	1в 1г 1д	по місцю	Пневматичний клапан Ржив. = 140 кПа, Рвих. = 20-100 кПа.	ADCA Trol PV.25G.11 L100.1R15	3	Valsteam ADCA, Португалія
6	3а 4а 5а 6а	по місцю	Турбінний витратомір з вихідним імпульсним сигналом, напруга живлення 24 В DC	DPE-1230 G3 F390	4	KOBOLD, Німеччина
7	3в 4в 5в 6в	на шиті	Перетворювач електропневматичний для перетворення дискретного сигналу: 0-24 В в уніфікований пневматичний сигнал 20-100 кПа. Иживл. 24 V.	SentronicLP G617A4520 0A0003	4	ASCO Numatics, Ірландія
8	3б 4б 5б 6б	по місцю	Пневматичний клапан Ржив. = 140 кПа, Рвих. = 20-100 кПа.	ADCA Trol PV.25G.11 L100.1R15	4	Valsteam ADCA, Португалія
9	1а 8а 9а	по місцю	Ємнісний рівнемір з уніфікованим вихідним сигналом 4-20мА, напруга живлення 24 В	NMC-N 2 2G6 0 3	3	KOBOLD, Німеччина

Кваліфікаційна робота

Арк.

39

Змн. Арк. № докум. Підпис Дата

			ДС, діапазон вимірювань, 0...2000 мм			
10	7а	по місцю	Датчик з уніфікованим вихідним сигналом 4-20 мА, напруга живлення 24 В DC, діапазон вимірювань 0...400 бар	Cerabar PMC11	1	Endress+Hauser, Швейцарія
11	7в	на шиті	Перетворювач електропневматичний для перетворення аналогового сигналу постійного струму: 4-20хАВ в уніфікований пневматичний сигнал 20-100 кПа. Иживл. 24 V.	SentronicLP G617A4220 0A0003	1	ASCO Numatics, Ірландія
12	7б	по місцю	Пневматичний клапан Ржив. = 100 кПа, Рвих. = 20-100 кПа.	ADCA Trol PV.25G.11 L100.1R15	1	Valsteam ADCA, Португалія
13	10а	по місцю	Датчик з уніфікованим вихідним сигналом 4-20 мА, напруга живлення 24 В DC, діапазон вимірювань 0,00...14 рН	Greisinger GPHU 014 MP pH	1	Greisinger, Німечина
14	КМ1 КМ2 КМ3 КМ4 КМ5 КМ6	по місцю	Електромагнітне реле, 3 контакти, напруга макс. 400 В АС, струм комутації 40 А	Carlo Gavazzi RZ3A60D40P	6	СВ «Альтера» м. Київ
15	М1 М2 М3 М4 М5 М6	на шиті	Насос з трьохфазним асинхронним двигуном, потужність 5.5 кВт, напруга живлення 380 В.	Grundfos TP 150-110/6	6	000 «Насос-Монтаж», м. Київ

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розділ 3. Проектне компонування промислового логічного контролера (ПЛК) та схеми підключення

3.1. Проектне компонування промислового логічного контролера (ПЛК)

Модулі входу/виходу		Примітка
Найменування	Кількість	
ВМХ Р34 2020	1	Процесор
ВМХ СРС 2000	1	Блок живлення
ВМХ АМІ 0810	1	8 аналогових входів
ВМХ АМО 0802	1	8 аналогових виходів
ВМХ ДДІ 1602	1	16 дискретних входів
ВМХ ДДО 1602	1	16 дискретних виходів

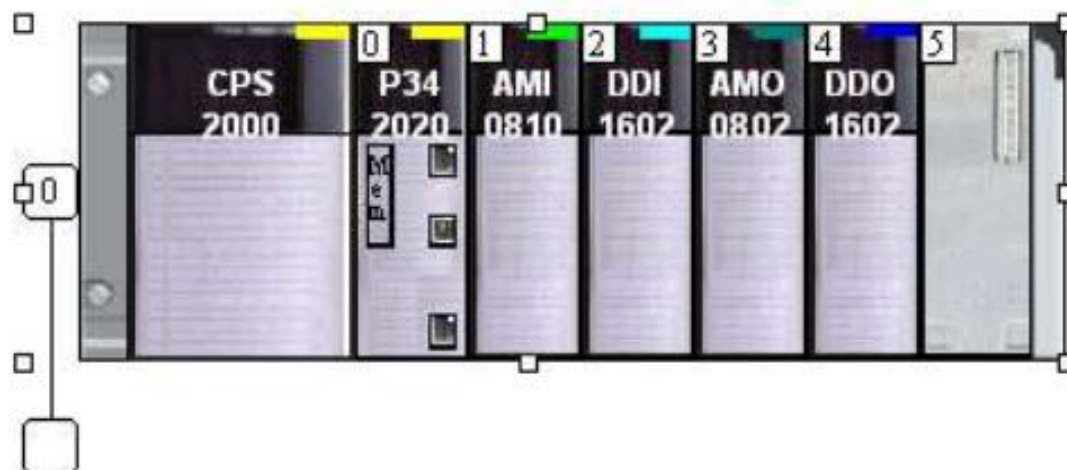


Рис. 3.1. Компонування модулів ПЛК М340.

Аналогові входи. Модуль аналогових входів **ВМХ АМІ 0810** призначений для прийому уніфікованих струмових сигналів (4-20 мА) від датчиків, що вимірюють температуру, рівень, рН та тиск. На основі цих входних даних програмований логічний контролер (ПЛК) розраховує та формує відповідні керуючі дії.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат				
Розроб.		Поліщук А.Р.			<i>Розробка системи автоматизації процесу виробництва вина</i>	Літ.	Арк.	Акрушіє
Перевір.		Смітюх Я.В.					41	7
Зав. каф.		Смітюх Я.В.				<i>НУХТ АК-4-1</i>		
Секр. ЕК		Проскурка С.С.						

Аналогові виход. Модуль аналогових виходів **ВМХ АМО 0802** генерує керуючі сигнали у вигляді уніфікованого струму 4-20 мА. Ці сигнали надходять на електропневматичні перетворювачі, які, в свою чергу, регулюють положення пневматичних клапанів.

Дискретні входи. До модуля дискретних входів **ВМХ DDI 1602** підключаються датчики витрати. Ці датчики передають імпульсні сигнали, які ПЛК зчитує та підраховує для визначення точної кількості речовини, що надійшла до апаратів.

Дискретні виходи. Модуль дискретних виходів **ВМХ DDO 1602** керує насосами (М1-М6), вмикаючи та вимикаючи їх за допомогою сигналів, що подаються на магнітні пускачі (КМ1-КМ6). Керує дискретними клапанами для подачі речовин через підключені до нього електропневматичні перетворювачі.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

3.2. Загальна схема підключення датчиків та ВМ до ПЛК

Ключові компоненти схеми

Позначення	Опис
QF1-QF3	Автоматичні вимикачі, що забезпечують захист від надструмів.
БЖ1-БЖ2	Джерела живлення, які подають постійну напругу 24 В.

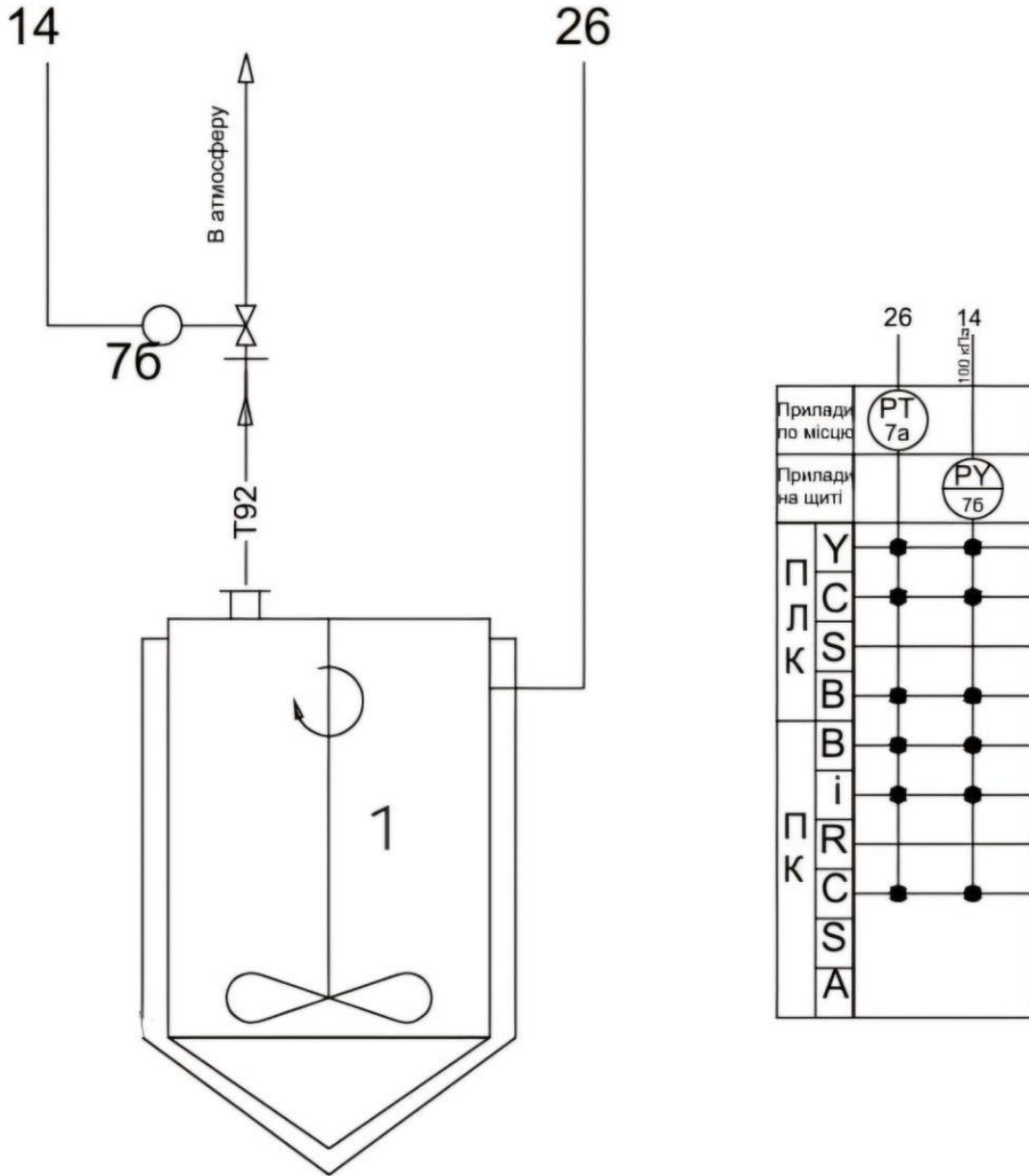
Система нумерації провідників та ліній

Діапазон номерів	Призначення
800-809	Провідники, призначені для змінного струму.
900-948	Також провідники для змінного струму.
0800-0808	Пневматичні лінії, що забезпечують живлення.
0200-0207	Пневматичні лінії, що використовуються для регулювання.
100-110	Провідники, якими передаються вимірювальні сигнали.
200-215	Провідники, призначені для сигналів управління та регулювання.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

3.3. Розширені схеми підключення для окремого контуру

Контур регулювання тиску в ємності для бродіння



Умовні позначення	Основний продукт
———T92———>	Гази бродіння
1	Ємність для бродіння

Рис. 3.2. Фрагмент схеми автоматизації контуру регулювання тиску в ємності бродіння.

					Кваліфікаційна робота	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

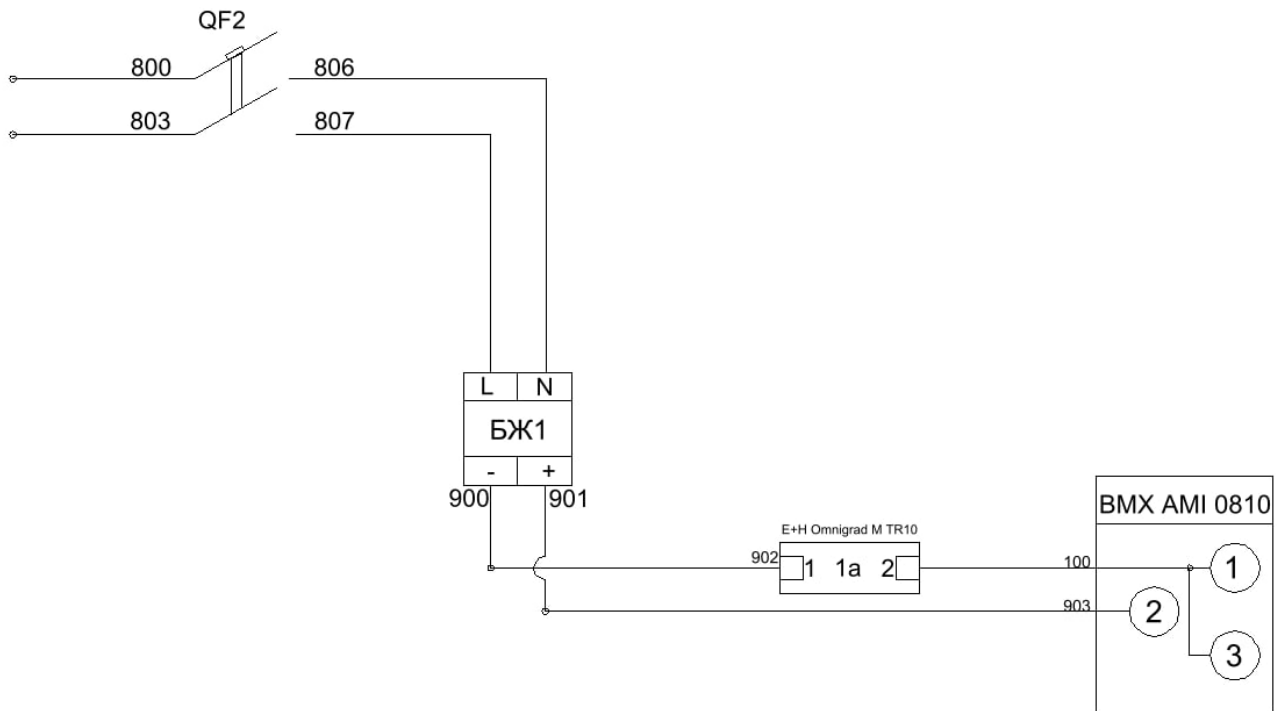


Рис. 3.3. Принципова розширена схема підключення датчика тиску E+H Cerabar PMC11 до модуля BMX AMI 0810.

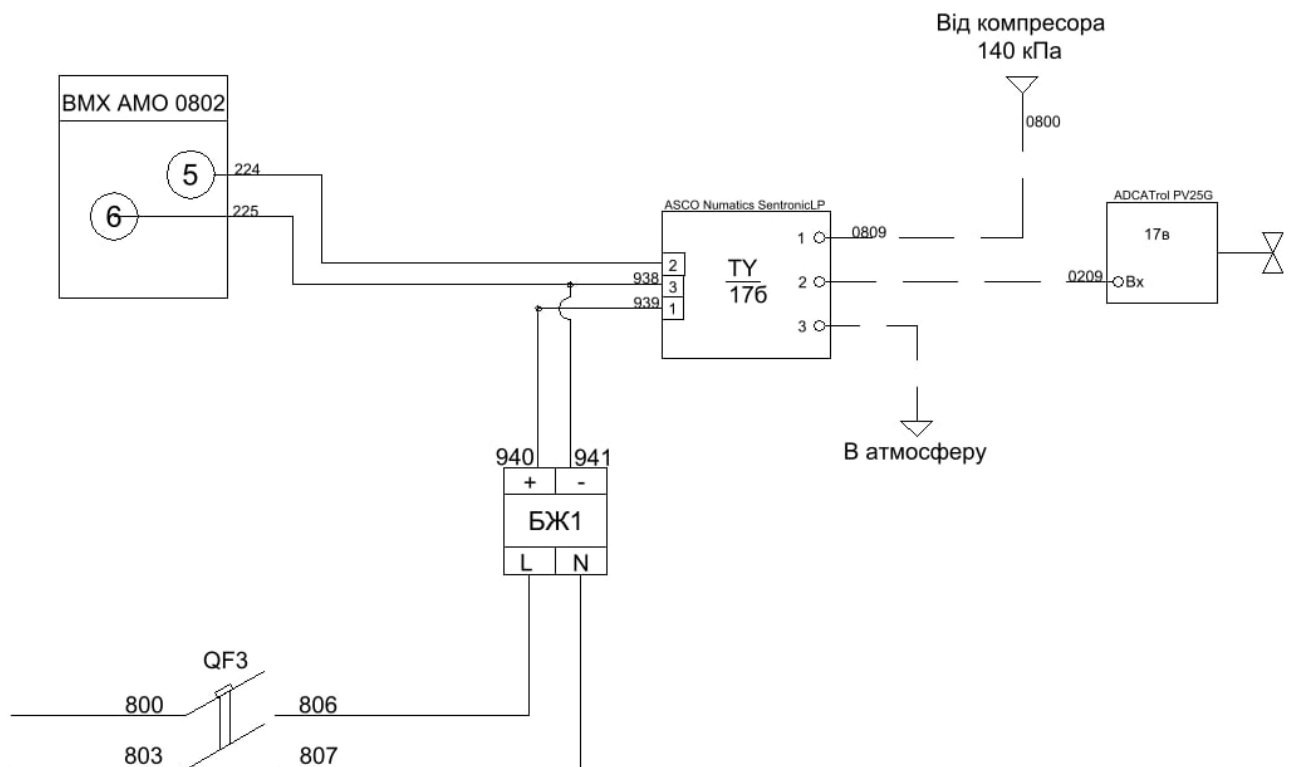


Рис. 3.4. Принципова розширена схема підключення ЕПП Setronic LP до модуля BMX AMO 0802.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

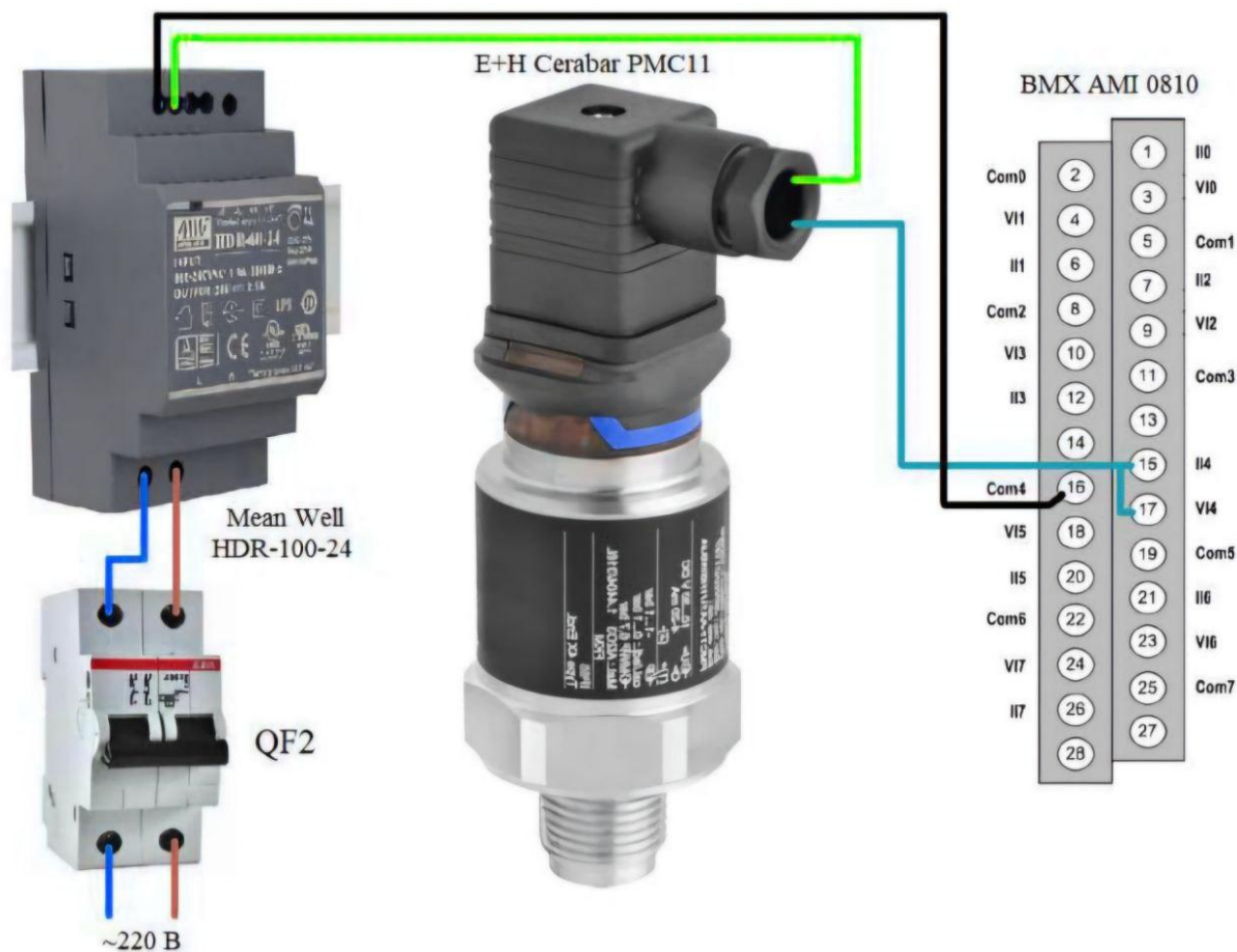


Рис. 3.5. Підключення датчика тиску E+H Cerabar PMC11 до модуля BMX AMI 0810

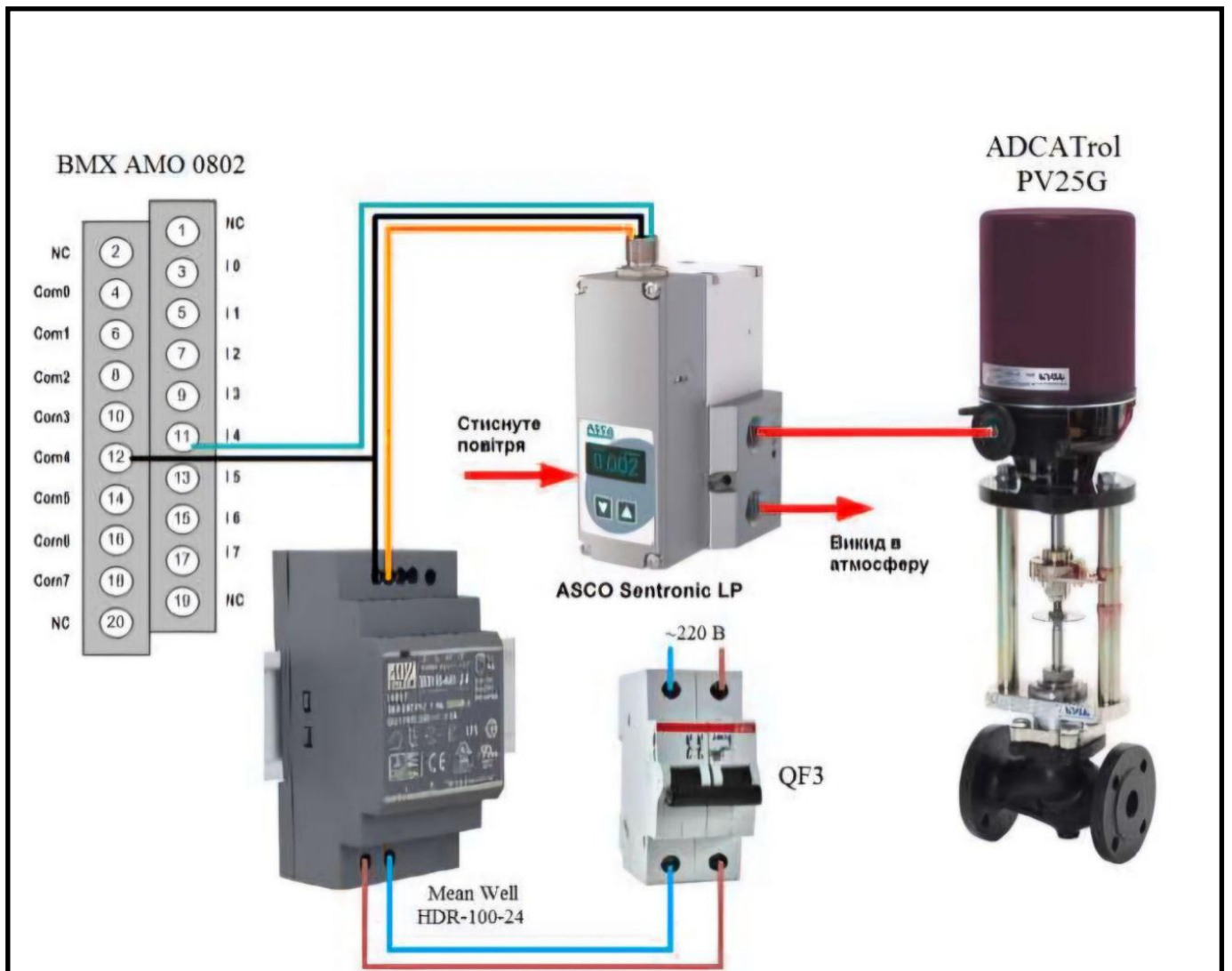


Рис. 3.6. Підключення ЕПП Setronic LP до модуля BMX AMO 0802.

Розділ 4. Креслення встановлення технічного засобу

Для вимірювання тиску в ємності для бродіння використовується датчик тиску Endress+Hauser Cerabar PMC11. Зовнішній вигляд цього пристрою ви можете побачити на рис. 4.1.



Рис. 4.1. Датчик тиску Endress+Hauser Cerabar PMC11.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дат</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Поліщук А.Р.</i>			<i>Розробка системи автоматизації процесу виробництва вина</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Смітюх Я.В.</i>					48	2
<i>Зав. каф.</i>		<i>Смітюх Я.В.</i>			<i>НУХТ АК-4-1</i>			
<i>Секр. ЕК</i>		<i>Проскурка Є.С.</i>						

Конфігурація датчика тиску Endress+Hauser Cerabar PMC11 представлено на рис. 4.2.

Overview		Position	Description
		A	Valve plug
		B	Cable
		C-1	M12 plug Housing cap made of plastic
		C-2	M12 plug For Ex ec and IP69: metal housing cap
		D	Housing
		E	Process connection (sample illustration)

Рис. 4.2. Конфігурація Endress+Hauser Cerabar PMC11.

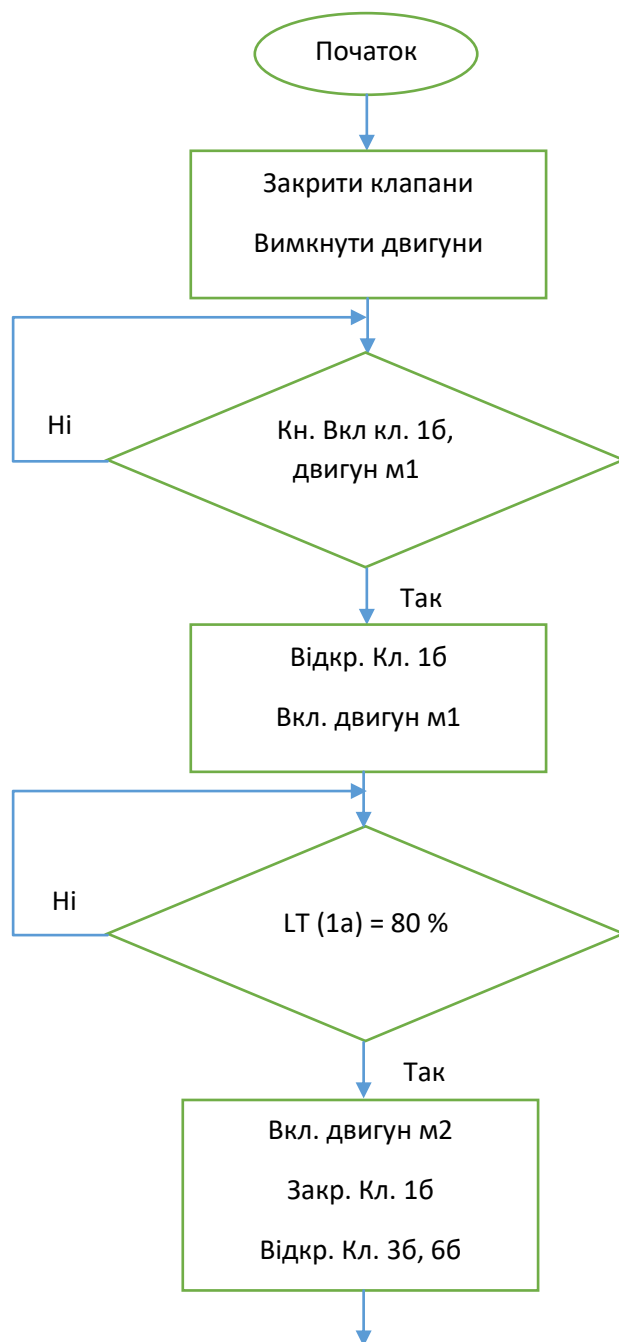
Метод підключення Endress+Hauser Cerabar PMC11 до ПЛК за допомогою уніфікованого електричного сигналу 4-20 мА представлено на рис. 4.3.

Device	M12 plug	Valve plug	Cable
PMC11 PMP11 PMC21 PMP21			<p>1 brown - L+ 2 blue - L- 3 green/yellow - ground connection (a) reference air hose</p>

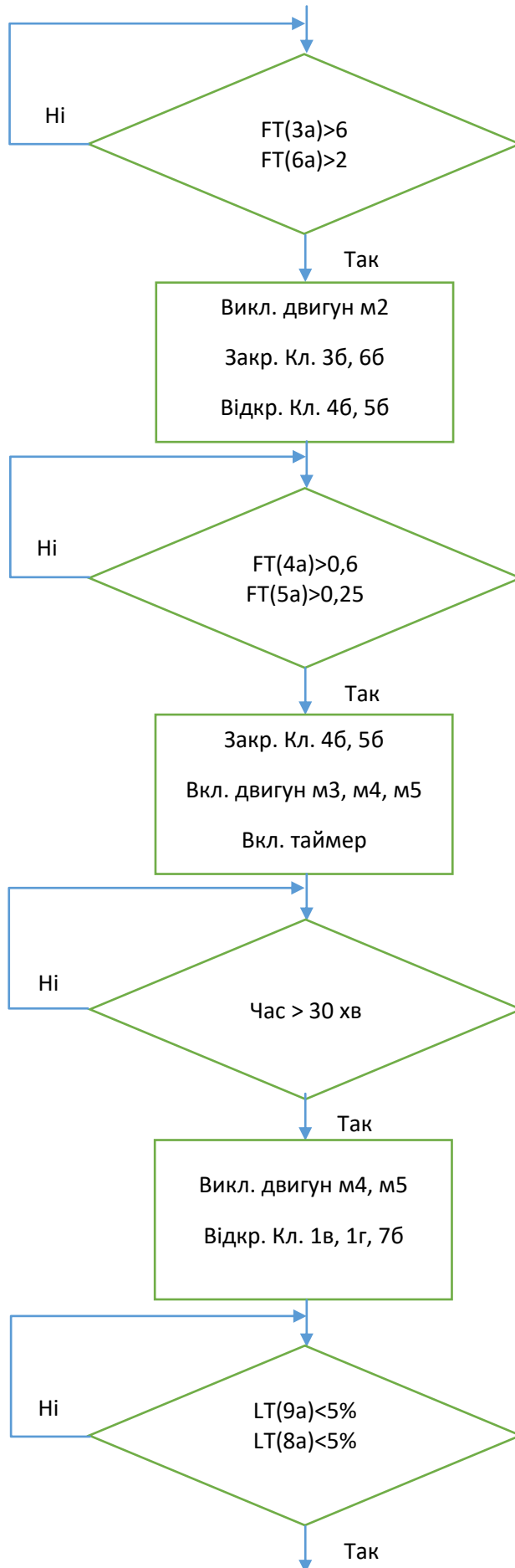
Рис. 4.3. Метод підключення Endress+Hauser Cerabar PMC11

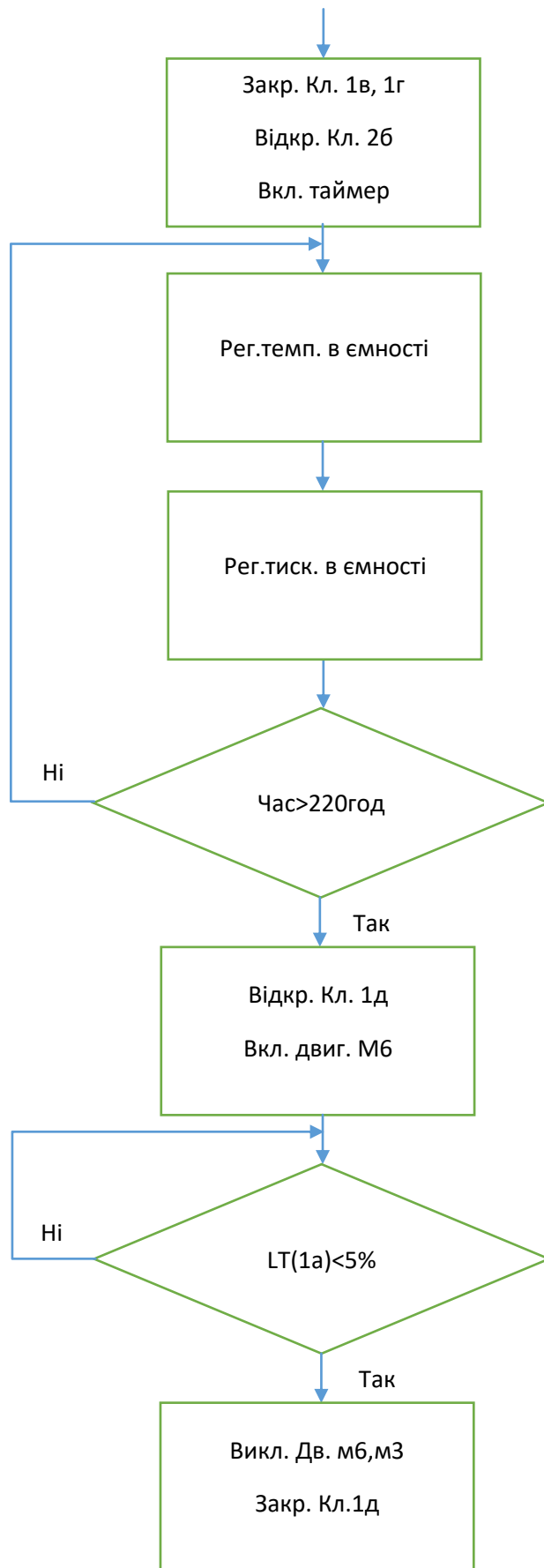
Розділ 5. Опис спеціального програмного забезпечення для промислового логічного контролера (алгоритм та програма для ПЛК)

Проходження процесу бродіння вина відбувається за наступним алгоритмом:



Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат	<i>Кваліфікаційна робота</i>			
Розроб.		Поліщук А.Р.			Розробка системи автоматизації процесу виробництва вина	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Смітюх Я.В.				50	11	
Зав. каф.		Смітюх Я.В.			НУХТ АК-4-1			
Секр. ЕК		Проскурка Є.С.						





Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Змінні для програми в ПЛК представлені в табл. 5.1

Ім'я змінної	Адреса	Найменування
1	2	3
TEmb	%IW0.1.0	Температура в ємності бродиння
LEmb	%IW0.1.1	Рівень в ємності для бродиння
LPeaz	%IW0.1.2	Рівень в підготовчій ємності для Азотного живлення
LPeac	%IW0.1.3	Рівень в підготовчій ємності для АСД
PEmb	%IW0.1.4	Тиск в ємності бродиння
FVo1	%IO.2.0	Лічильник води для підготовчій ємності для Азотного живлення
FVo2	%IO.2.1	Лічильник води для підготовчій ємності для АСД
FAz	%IO.2.2	Лічильник Азотного живлення
FAc	%IO.2.3	Лічильник АСД
KL1V	%QW0.3.0	Клапан подачі суслу
KL2V	%QW0.3.1	Клапан подачі води в підготовчу ємність для Азотного живлення
KL3V	%QW0.3.2	Клапан подачі води в підготовчу ємність для АСД
KL4V	%QW0.3.3	Клапан подачі Азотного живлення
KL5V	%QW0.3.4	Клапан подачі АСД
KL6V	%QW0.3.5	Клапан зливу підготовленого Азотного живлення
KL7V	%QW0.3.6	Клапан зливу підготовленого АСД
KL8V	%QW0.3.7	Клапан зливу виноматеріалу
KL9V	%QW0.3.8	Клапан подачі хлороагенту в ємності бродиння

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

KL10V	%QW0.3.9	Клапан регулювання тиску в ємності бродіння
NSM1	%Q0.4.0	Насос M1
NSM2	%Q0.4.1	Насос M2
NSM3	%Q0.4.2	Насос M3
NSM4	%Q0.4.3	Насос M4
NSM5	%Q0.4.4	Насос M5
NSM6	%Q0.4.5	Насос M6

!%L1: (*Старт*)

REPEAT

RESET NSM1;
 RESET NSM2;
 RESET NSM3;
 RESET NSM4;
 RESET NSM5;
 RESET NSM6;
 RESET KL1V;
 RESET KL2V;
 RESET KL3V;
 RESET KL4V;
 RESET KL5V;
 RESET KL6V;
 RESET KL7V;
 RESET KL8V;
 RESET KL9V;
 RESET KL10V;

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
						54
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

KL1V:=0;

KL2V:=0;

KL3V:=0;

KL4V:=0;

KL5V:=0;

KL6V:=0;

KL7V:=0;

KL8V:=0;

KL9V:=0;

KL10V:=0;

UNTIL (NOT %M1)

END_REPEAT;

IF %M1 THEN (*Відкрито клапан 1б з SCADA*)

SET KL1V;

DO

IF RE LEmb THEN

UP %C1; (*Підрахунок імпульсів лічильника*)

END_IF;

UNTIL %C1.V = 3000 (*сусла 3000 л *)

END_REPEAT;

RESET KL1V;

RESET %M1;

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

```

    SET %M2;
END_IF;

IF %M2 THEN

    SET NSM2;

    SET KL2V;

    DO

        IF RE FVo1 THEN

            UP %C2; (*Підрахунок імпульсів лічильника*)

        END_IF;

    UNTIL %C2.V = 6 (*Води 6 л *)

    END_REPEAT;

RESET KL2V;

END_IF;

IF %M2 THEN

    SET KL3V;

    DO

        IF RE FVo2 THEN

            UP %C3; (*Підрахунок імпульсів лічильника*)

        END_IF;

    UNTIL %C3.V = 2 (*Води 2 л *)

    END_REPEAT;

RESET KL3V;

```

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

```

RESET %M2;

SET %M3;

END_IF;

IF %M3 THEN

    SET NSM3;

    SET KL4V;

    DO

        IF RE FAz THEN

            UP %C4; (*Підрахунок імпульсів лічильника*)

        END_IF;

    UNTIL %C4.V = 250 (*Азотного живлення 250 г *)

    END_REPEAT;

    RESET KL4V;

END_IF;

IF %M3 THEN

    SET KL5V;

    DO

        IF RE FAc THEN

            UP %C5; (*Підрахунок імпульсів лічильника*)

        END_IF;

    UNTIL %C5.V = 600 (*АСД 600 г *)

    END_REPEAT;

```

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

RESET KL5V;

SET %M4;

SET %M5;

END_IF;

IF %M5 THEN

SET NSM4;

SET NSM5;

START %TM1;

DO

UNTIL %TM1.V=30 (*Час перемьшування 30 хв.*)

END_REPEAT;

DOWN %TM1;

RESET %M4;

RESET NSM4;

RESET %M5;

RESET NSM5;

SET KL6V;

SET KL7V;

SET KL9V;

SET %M20;

END_IF;

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	<i>Арк.</i>
						58
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

```

IF %M20 THEN

    DO

        UNTIL LEmb < 5 (*Рівень в ємностях АСД та Азотного живлення чані < 5
        %*)

        END_REPEAT;

        RESET %M20;

        SET %M21;

END_IF;

IF %M21 THEN

    RESET KL6V;

    RESET KL7V;

    START %TM1;

    DO

        PID(' ','', TEmb, KL9V, %M13, %MW150:43);

        PID(' ','', PEmb, KL10V, %M14, %MW200:43);

        UNTIL %TM1.V=220 (*Час бродіння 220 год.*)

        END_REPEAT;

        DOWN %TM1;

        RESET KL9V;

        RESET %M21;

        SET %M6;

        SET KL8V;

END_IF;

```

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59

IF %M6 THEN

SET NSM6;

DO

UNTIL LEmb < 50 (*Рівень ємності бродіння < 5 %*)

END_REPEAT;

RESET NSM6;

RESET KL10V;

RESET KL8V;

RESET %M6;

JMP %L1;

END_IF;

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		60

Розділ 6. Розробка людино-машинного інтерфейсу оператора технолога
6.1. Переліки вхідних та вихідних сигналів та даних SCADA/HMI

Мнемосхема процесу виготовлення вина розроблена в SCADA-програмі Citect SCADA 2015. Опис змінних для SCADA-програми наведено в таблиці 6.1.

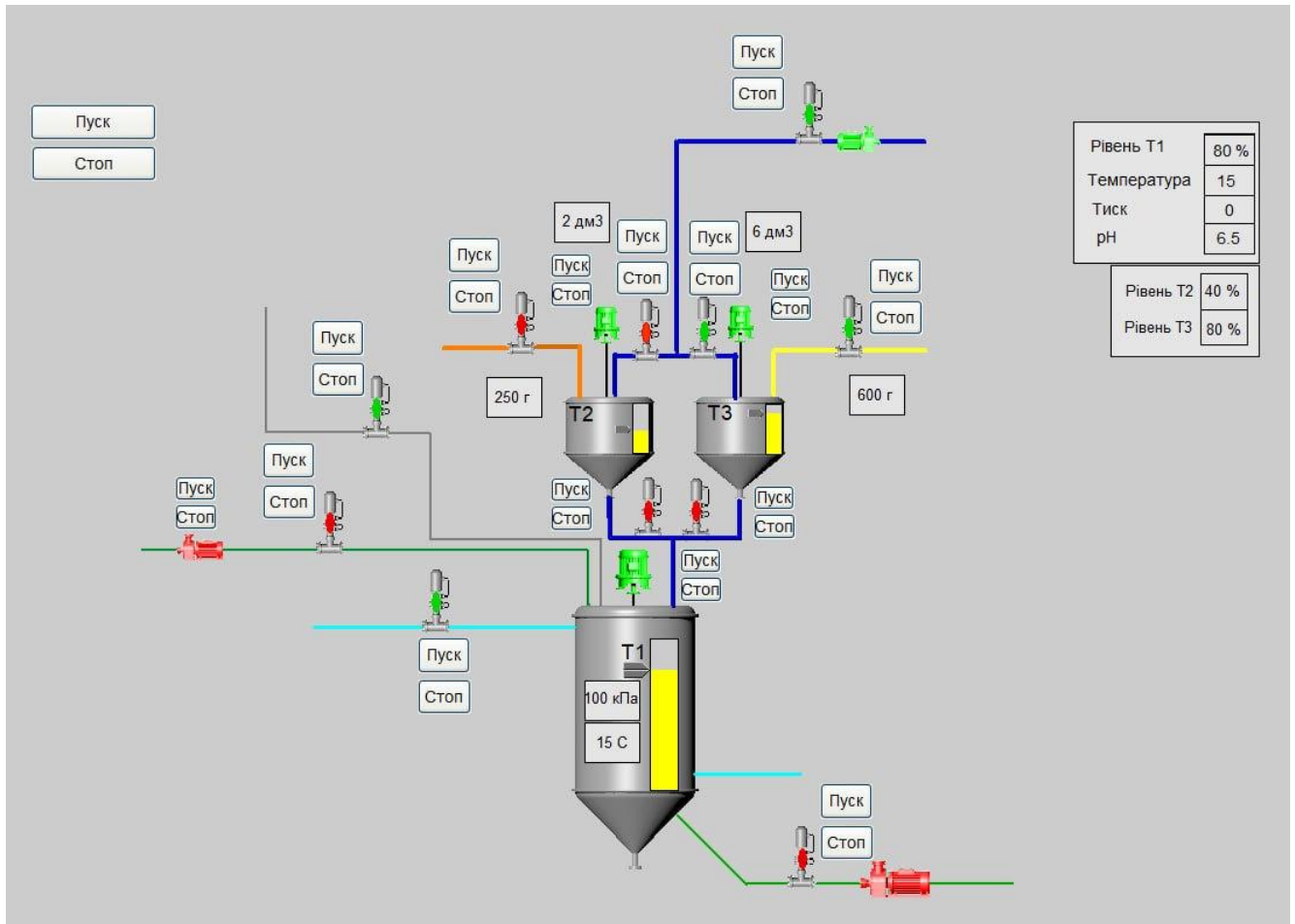
Таблиця 6.1. Опис змінних для SCADA-програми

Ім'я змінного тега	Адреса	Мін. вихідне значення	Макс. вихідне значення	Мін. значення в одиницях виміру	Макс. значення в одиницях виміру	Тип даних
1	2	3	4	5	6	7
TEmb	%IW0.1.0	0	10000	0	2000	INT
LEmb	%IW0.1.1	0	10000	0	2000	INT
LPeaz	%IW0.1.2	0	10000	0	2000	INT
LPeac	%IW0.1.3	0	10000	0	2000	INT
PEmb	%IW0.1.4	0	10000	0	400	INT
FVo1	%I0.2.0	0	1	0	1	BOOL
FVo2	%I0.2.1	0	1	0	1	BOOL
FAz	%I0.2.2	0	1	0	1	BOOL
FAc	%I0.2.3	0	1	0	1	BOOL
KL1V	%QW0.3.0	0	10000	0	100	INT
KL2V	%QW0.3.1	0	10000	0	100	INT
KL3V	%QW0.3.2	0	10000	0	100	INT
KL4V	%QW0.3.3	0	10000	0	100	INT
KL5V	%QW0.3.4	0	10000	0	100	INT
KL6V	%QW0.3.5	0	10000	0	100	INT
KL7V	%QW0.3.6	0	10000	0	100	INT
KL8V	%QW0.3.7	0	10000	0	100	INT
KL9V	%QW0.3.8	0	10000	0	100	INT
KL10V	%QW0.3.9	0	10000	0	100	INT
NSM1	%Q0.4.0	0	1	0	1	BOOL
NSM2	%Q0.4.1	0	1	0	1	BOOL
NSM3	%Q0.4.2	0	1	0	1	BOOL
NSM4	%Q0.4.3	0	1	0	1	BOOL
NSM5	%Q0.4.4	0	1	0	1	BOOL
NSM6	%Q0.4.5	0	1	0	1	BOOL

					Кваліфікаційна робота		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат			
Розроб.		Поліщук А.Р.			Літ.	Арк.	Акрушіє
Перевір.		Смітюх Я.В.					
Зав. каф.		Смітюх Я.В.			НУХТ АК-4-1		
Секр. ЕК		Проскурка Є.С.					
					Розробка системи автоматизації процесу виробництва вина		

6.2. Відеокадри дисплейних мнемосхем оператора

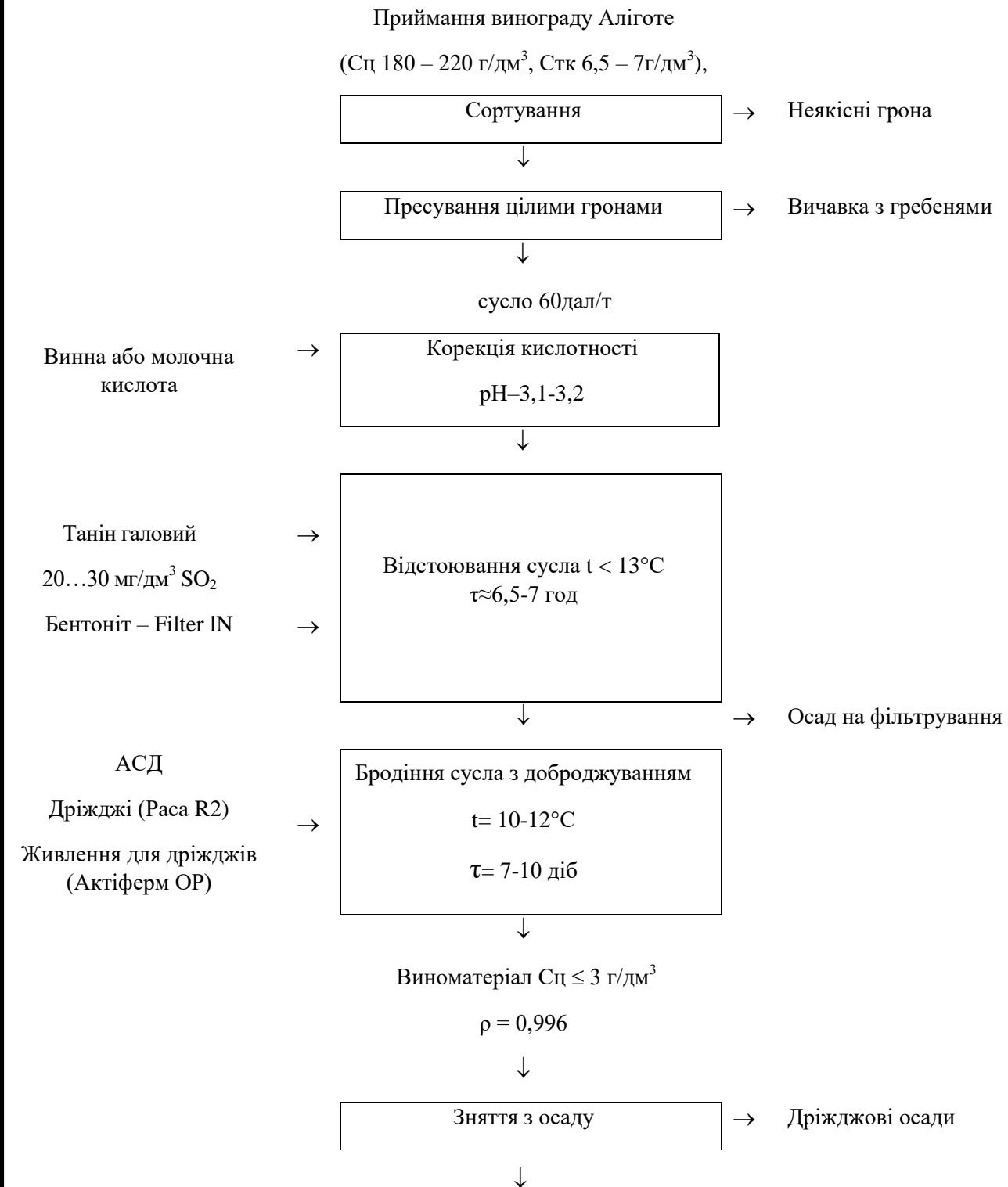
Мнемосхема виробництва вина надає оператору можливість дистанційного моніторингу технологічного процесу та змін його параметрів з автоматизованого робочого місця (АРМ). Крім того, вона дозволяє оператору вручну коригувати керуючі дії для клапанів і насосів за необхідності.



Візуалізація мнемосхеми процесу виробництва вина представлена на рис. 6.2.

Розділ 7. Приципова технологічна схема з поясненням етапів.

Принципова технологічна схема наведена на рис. 7.1.



Кваліфікаційна робота

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат			
					Розробка системи автоматизації процесу виробництва вина		
Розроб.		Поліщук А.Р.					
Перевір.		Смітюх Я.В.				63	4
Зав. каф.		Смітюх Я.В.			НУХТ АК-4-1		
Секр. ЕК		Проскурка С.С.					

SO₂ 40 мг/дм³

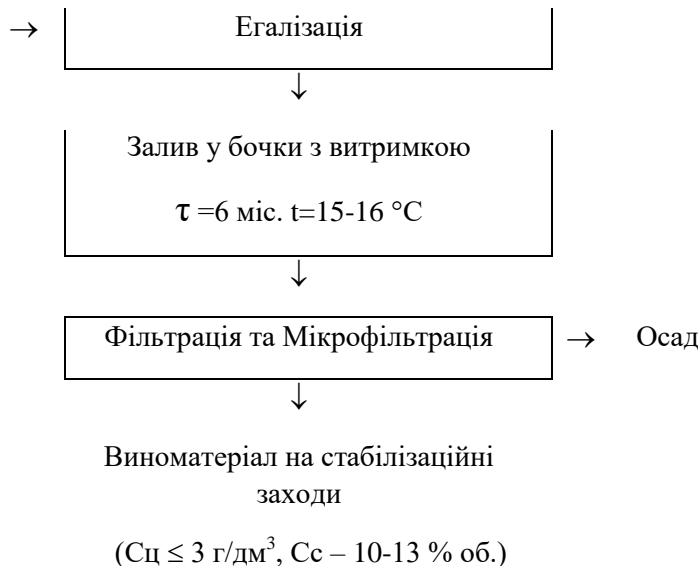


Рис. 7.1 – Принципова технологічна схема виготовлення білих столових витриманих вин

Збирання та підготовка винограду

Виноград збирають при досягненні технічної зрілості, коли вміст цукрів та кислот відповідає стандартам для конкретного типу вина. Під час збору врожаю ягоди сортують, видаляючи гнилі, засохлі та недостиглі. Перевезення на виноробню здійснюється у спеціальних контейнерах, а масу винограду контролюють двічі. Від кожної партії відбирають пробу для аналізу на домішки, пошкодження, вміст цукрів, кислотність та інші показники. Переробку винограду важливо розпочати не пізніше ніж через 4 години після збирання.

Сортування винограду на виноробні

Після доставки виноград очищають на конвеєрі від листя, сміття та інших домішок для забезпечення чистоти сировини. Цей процес включає видалення листя, гілочок та інших сторонніх предметів, що особливо важливо при механічному зборі. Листя та гребені можуть надати вину небажаних ноток. Можуть використовуватися вентилятори або вібруючі сита для видалення легких домішок. Також вручну відбирають дефектні ягоди. Після очищення виноград готовий до подальших етапів, таких як видалення гребенів, подрібнення чи пресування.

Отримання сусла

Сусло отримують за допомогою дробарок-гребневідділювачів або пресуванням. Вибір пресів залежить від масштабу виробництва, сортових особливостей та бажаної якості сусла. У даному звіті обрано пресування цілими гронами, що зменшує насичення соку фенольними сполуками та танінами, зберігає ароматичні сполуки та захищає сік від окислення, що ідеально для білих вин. Найпопулярнішими є мембранні пневматичні преси, які забезпечують делікатне віджимання та дозволяють завантажувати цілі грона. Процес

					Кваліфікаційна робота	Арк.
						64
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

пресування включає два етапи: вільне стікання соку (сусло-самоплив) та інтенсифікацію відділення сусла з розпушуванням мезги. Однак пресування цілих грон не передбачає отримання сусла-самопливу, оскільки не використовується дробарка-гребневідділювач.

Освітлення сусла

Освітлення сусла видаляє дрібні зважені частинки, мікроорганізми та інші домішки для покращення якості вина. Це знижує ризик розвитку небажаної мікрофлори, сприяє чистому смаку, підвищує стабільність виноматеріалів та дозволяє зменшити дозування освітлюючих речовин. Основні методи – відстоювання та електрофлотація. Вибір методу залежить від сорту винограду, технології та бажаних характеристик. Для сухих білих столових вин часто обирають відстоювання.

Сульфітація сусла

Діоксид сірки (SO₂) використовується як антисептик та антиоксидант, що перешкоджає розмноженню сторонніх мікроорганізмів у виноробстві. Він застосовується на різних етапах: під час освітлення сусла, ферментації, стабілізації та "лікування" вин. SO₂ існує у суслі чи вині в різних формах (молекулярний газ, сірчиста кислота, бісульфіт-іони, сульфит-іони). Сірчиста кислота може бути у вільному та зв'язаному стані. Технологічна цінність SO₂ зумовлена антимікробними, антиокислювальними та екстрагуючими властивостями. Антимікробну дію проявляє вільна недисоційована сірчиста кислота (H₂SO₃), кількість якої залежить від температури та рН. Різні мікроорганізми мають різну чутливість до SO₂. SO₂ також сприяє кращому переходу розчинних речовин зі шкірки у сусло та стимулює утворення гліцерину. Важливо правильно розраховувати дози, щоб уникнути негативних наслідків, як от утворення сірководню. Використовується порошкоподібний метабісульфіт калію.

Корекція кислотності

Оптимальний рівень рН для стабільності сусла – 3,0–3,1. Титрована кислотність 6,5–7 г/дм³ може бути недостатньою через буферну ємність сусла. Корекція потрібна для зниження рН, підвищення стабільності та покращення смаку. Винна кислота є природним компонентом винограду. Органічні кислоти пригнічують шкідливу мікрофлору та сприяють роботі дріжджів, визначають смак, свіжість та аромат вина. Для корекції можуть додавати винну або лимонну кислоту з дотриманням обмежень (лимонна – до 1 г/дм³, суміш винної та лимонної – до 2 г/дм³). Це особливо важливо у теплих зонах для запобігання розвитку бактерій.

Обробка сусла бентонітом

Бентоніт – натуральний глинистий мінерал, що набухає у воді, утворюючи гель. Він нетоксичний та хімічно інертний. Обробка бентонітом видаляє великі зважені частинки та протеїни, запобігаючи білковій каламуті у білих винах. Хоча білкове помутніння не впливає на смак чи безпечність, воно неприйнятне для споживачів. Фактори, що збільшують концентрацію білків: механізований збір, тривале транспортування, інфекції, кліматичні зміни. Стандартне дозування

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		65

бентоніту – 50–100 мг/дм³. Використовується бентоніт Plixcompact, який має негативно заряджені молекули, що взаємодіють з позитивно зарядженими білками. Plixcompact поєднує властивості натрієвого та кальцієвого бентоніту.

Застосування танінів

Комерційні енологічні таніни застосовують для стабілізації кольору та інгібування ферментів, особливо в білих винах. Гідролізовані таніни мають високу антиокиснювальну активність та знижують окисні процеси шляхом інгібування оксидаз. Таніни Tan Sli від Enartis виробляються без впливу високих температур, що зберігає їх якість та не підвищує ОВ-потенціал вина. У звіті обрано танін Enartis з дозуванням 0,5–2 г/дм³ як антиоксидант або 0,5–8 г/дм³ для покращення органолептики білих вин.

Бродіння

Бродіння – це процес перетворення дріжджами цукру на спирт і вуглекислоту, що формує вино. Вино має складний хімічний склад. Вода та мінеральні солі переходять у вино без хімічних змін, але їх концентрація може змінюватися через випадання в осад деяких сполук (тарtratів, білків, пектинів). Фосфорні та азотисті речовини споживаються дріжджами. Вміст сірчаної кислоти може зростати при сульфатації суслу. Основна трансформація відбувається з цукрами, які перетворюються на етиловий спирт та вуглекислий газ. Утворюються побічні продукти: гліцерин, бурштинова та молочна кислоти, оцтовий альдегід тощо. Гліцерин може бути присутнім у значних кількостях. При нормальному бродінні цукор зброджується майже повністю. Контроль температури (14–17 °С для білих вин) є критично важливим для збереження ароматичних сполук та уникнення припинення бродіння. Використовуються реактори з рубашкою для контролю температури.

Вибір раси дріжджів

Для контрольованого бродіння використовують чисті культури дріжджів (ЧКД) – потомство однієї клітини спеціально відібраного штаму. Для білих столових вин існують рекомендовані штами. Сучасні технології використовують активні сухі дріжджі (АСД), які є селекціонованими штамами, висушеними для тривалого зберігання. Використання АСД усуває необхідність у складній лабораторній "розводці" і потребує лише регідратації. Оптимальна доза АСД залежить від штаму та умов. Штам *Saccharomyces cerevisiae* раси R2 цінується за здатність підкреслювати сортові аромати, стійкість до холоду (до 5°C) та оптимально працює при 15–20°C, потребуючи достатньо азоту.

Живлення для дріжджів

Живлення забезпечує оптимальні умови для бродіння, допомагаючи дріжджам ефективно перетворювати цукор. Актіферм ОР – препарат з інактивованих дріжджів, що містить азот, вітаміни та ліпіди, необхідні для росту дріжджів. Оптимальна потреба дріжджів в азоті – 2–3 мг/дал. Засвоюваний азот на початку бродіння активує синтез білка та ріст біомаси, прискорюючи бродіння. Додавання азоту часто необхідне через його недостатню кількість у суслі. Вітамінне забезпечення впливає на кислотний склад вина. У звіті застосовується Актіферм ОР.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		66

Декантація, егалізація та сульфітація після бродіння

Після бродіння виноматеріал відокремлюють від дріжджового осаду декантацією або перекачуванням з мінімальним доступом кисню. Дріжджові осади (2–5% об'єму) видаляються. Для усереднення партій проводять егалізацію (змішування виноматеріалів). Для стабілізації та запобігання окисленню додають SO₂ до загального вмісту 40 мг/дм³. SO₂ діє як антиоксидант та інгібітор небажаних мікроорганізмів. Процес проводять у герметичних ємностях з точним дозуванням.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		67

Висновок

У процесі виконання кваліфікаційної роботи було успішно розроблено систему автоматизації для оптимізації процесу виробництва вина, орієнтовану на потреби крафтових виноробень. Основною метою було підвищення якості готової продукції, мінімізація виробничих втрат та ефективне використання енергоресурсів на ключових стадіях технологічного процесу, зокрема бродіння.

Розроблена система базується на промисловому логічному контролері Modicon M340 від Schneider Electric, що забезпечує надійність та гнучкість керування. Для візуалізації та оперативного контролю за процесом було впроваджено автоматизоване робоче місце (АРМ) з використанням програмного забезпечення Vijeo Citect 7.5, що дозволяє оператору спостерігати за технологічними параметрами, а також вручну вносити корективи в роботу клапанів та насосів.

В рамках роботи було розглянуто принципи монтажу та застосування ключових засобів автоматизації, таких як термоперетворювачі опору (E+H Omnicard M TR10), датчики тиску (Endress+Hauser Cerabar PMC11), турбінні витратоміри та ємнісні рівнеміри. Детально вивчено вплив температурних режимів на якість білих вин, а також роль таких компонентів, як активні сухі дріжджі та гранульований бентоніт, що підкреслює комплексний підхід до автоматизації.

Представлена принципова технологічна схема виробництва білого столового витриманого вина з винограду сорту Аліготе з детальним поясненням етапів, включаючи підготовку суслу, бродіння та подальшу обробку. Розроблений програмний код на мові Structured Text (ST) для ПЛК M340 реалізує логіку керування цими етапами, забезпечуючи послідовність та точність виконання операцій.

Впровадження даної системи автоматизації дозволить крафтовим виноробням значно покращити якість продукції, оптимізувати витрати сировини та енергії, а також підвищити рентабельність виробництва.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		68

Список використаної літератури

1. Grape sorting – The first step on the path to great wine. URL: <https://sraml.com/grape-sorting-the-first-step-on-the-path-to-great-wine/>
2. Інноваційні технології продуктів бродіння і виноробства: підруч. / С.В. Іванов, В.А. Домарецький, В.Л. Прибильський та ін.// за заг. ред. С.В. Іванова. Київ: НУХТ, 2012. 487 с.
3. Grape processing: destemming, crushing, and pressing. URL: https://westgarthwines.com/blogs/news/grape-processing-destemming-crushing-and-pressing-in-white-wines?srsId=AfmBOoqs1rcAkFi6mDP8mq3N7DUIKoDdxygmFLsostXEYcA1UQ_EJjN
4. Технологія вина з винограду та плодово-ягідної сировини: задачі і приклади: навч. посібник / М.В. Білько, А.М. Куц, І.М. Бабич. Київ: Млин Медія, 2025. 322 с.
5. The effect of ion-exchange resin treatment on grape must composition and fermentation kinetics / В. Cisilotto, S.B. Rossato, E. Ficagna, L.C. Wetzstein, A. Gava, G.M. Gugel, S. Echeverrigaray. Volume 6, Issue 3, 2020.
6. Ромашко О. Білько М. Антиоксидантний ефект танінів при виробництві рожевих сортових сухих виноматеріалів. *Наукові здобутки молоді - вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті : матеріали 81 міжнародної наукової конференції молодих учених, аспірантів і студентів, 23-24 квітня 2015 р.* Київ: НУХТ, 2015. Ч. 1. 207.
7. Дуб американський білий. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Quercus_alba (Дата звернення: 18.02.2025)
8. Дуб звичайний. URL: Дуб звичайний — Вікіпедія (Дата звернення: 18.02.2025)
9. Дуб скельний. URL: Дуб скельний — Вікіпедія (Дата звернення: 18.02.2025)
10. White wines aged in barrels with controlled tannin potential exhibit correlated long-term oxidative stability in bottle / K.Billet et al. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2590157524007958>
11. Термопреобразователь сопротивления Omnigrad M TR 10. URL: <https://endress.nt-rt.ru/images/manuals/omnigrad-m-tr10-ti.pdf>
12. Turbine Wheel Flowmeterfor liquids. URL: <https://www.kobold.com/uploads/files/dpe-gb-flow.pdf>
13. Turbine Wheel Flowmeterfor liquids. URL: <https://www.kobold.com/uploads/files/dpe-gb-flow.pdf>

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк. 69
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

14. ASCO NUMATICS Sentronic LP. URL: https://www.valves-direct.com/wp-content/uploads/2017/11/Series_617_-_ASCO_NUMATICS_Sentronic_LP_Proportional_Valves.pdf
15. ADCATROL PNEUMATIC CONTROL VALVESPV25–ON-OFF. URL: <https://www.cdfteccon.es/sites/default/files/pdf/valvula-neumatica-paso-rectodn15-100-pn16-pv25g.pdf>
16. Greisinger GPHU 014 MP – pH
https://pragmatic.com.ua/ru/greisinger_gphu_01_mp?utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_campaign=PR_Standart_All_New2&utm_content=725969272730&utm_term=stru1219&gad_source=1&gad_campaignid=22040111402&gclid=Cj0KCQjw0qTCBhCmARIsAAj8C4bVVcJcJLw-ZNH4iZzZg6N0ncCfUwfk7teTavqrcZmJk5RX1VANGi4aAripEALw_wcB
17. Пупена О. М. Програмування промислових контролерів у середовищі Unity Pro [Текст]: навчальний посібник / О. М. Пупена, І. В. Ельперін. — Київ : Ліра-К, 2015. — 376 с.
18. Методичні рекомендації до виконання випускної кваліфікаційної бакалаврської роботи на здобуття освітнього ступеня "Бакалавр" спеціальності 151 "Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології" освітньо-професійної програми "Комп'ютерні системи та програмна інженерія в автоматизації" денної та заочної форм навчання [Електронний ресурс] / уклад.: І.В. Ельперін, Я.В. Смітюх, В.М. Сідлецький, Н.М. Луцька, Є.С. Проскурка; Національний університет харчових технологій. – Київ: НУХТ, 2022. – 96 с. – каф. автоматизації та комп'ютерних технологій систем управління. – Режим доступу: <https://elibrary.nuft.edu.ua/library/DocDownloadForm?docid=410419>
19. Ладанюк А.П. Методологія наукових досліджень [Текст]: навчальний посібник / А.П. Ладанюк, Л.О. Власенко, В.Д. Кишенько. – К.: Видавництво Ліра-К, 2018. – 352 с.
20. Методи сучасної теорії управління [Текст] : підручник / А.П. Ладанюк Н.М. Луцька, В.Д. Кишенько, Л.О. Власенко, В.В. Іващук. – К.: Видавництво Ліра-К, 2018. – 368 с.
21. Пупена О.М. Контролери та їх програмне забезпечення. Курс лекцій для студ. напр. 6.50202 "Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології" денної та заочної форм навчання. Частина 3. / О.М. Пупена, І.В. Ельперін. – К.: НУХТ, 2011. – 48 с.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		70