

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Факультет Автоматизації і комп'ютерних систем

Кафедра Автоматизації та комп'ютерних технологій систем
управління

«До захисту в ЕК»
Декан факультету
Андрій Форсюк
(підпис) (ім'я та прізвище)

«8» червня 2022 р.

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри
Ярослав Смітюх
(підпис) (ім'я та прізвище)

«8» червня 2022 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА

зі спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»
(код та назва спеціальності)

освітньо-професійної програми «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

на тему: «Розробка системи автоматизації процесу бродіння та фільтрації пивного сусла»

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

Навроцький Назарій Андрійович
(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 – 2022 р.

Національний університет харчових технологій

Факультет Автоматизації і комп'ютерних систем

Кафедра Автоматизації та комп'ютерних технологій систем управління

Освітній ступінь «Бакалавр»

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

Освітньо-професійна програма «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри АКТСУ

_____ Ярослав Смітюх

« 31 » березня 2022р.

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Навроцький Назарій Андрійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Розробка системи автоматизації процесу бродіння та фільтрації пивного сусла»

керівник роботи Смітюх Ярослав Володимирович доц. кандидат наук
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від « 31 » березня 2022 р. №163-кс

2. Строк подання здобувачем роботи « 8 » червня 2022 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. Проєктне 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.

5. Перелік графічного матеріалу

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

3. Креслення встановлення технічного засобу.

6. Дата видачі завдання 31 березня 2022 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	4 тиждень	
7	Підготовка матеріалів до захисту	5 тиждень	
8	Захист кваліфікаційної роботи	6 тиждень	

Здобувач Навроцький Н.А.

_____ (підпис)

Керівник роботи Смітюх Я.В.

_____ (підпис)

АНОТАЦІЯ

У кваліфікаційній роботі розроблено систему автоматизації процесу бродіння та фільтрації пива.

В роботі представлено опис технологічного процесу бродіння та фільтрації пива, сформовано завдання на систему автоматизації, виконано схему автоматизації з специфікацією технічних засобів автоматизації, монтажну схему встановленого обладнання – датчика тиску для вимірювання гідростатичним методом рівня Sitrans P DSII, схемі підключення датчиків та виконавчих механізмів до ПЛК, а також наведені розширені схеми підключення технічних засобів.

Розроблено алгоритм та програму для управління процесом бродіння та фільтрації пива. Програма була розроблена для ПЛК Modicon M340. Людино-машинний інтерфейс ЛМІ процесу бродіння та фільтрації пива був розроблена за допомогою програмного забезпечення Zenon компанії COPA-DATA.

Також було змодельована структурна схема об'єкта та знайдено оптимальні налаштування ПІД-регулятора.

Кваліфікаційна робота складається з пояснювальної записки та графічної частини.

Ключові слова: бродіння пивного суслу, фільтрація, циліндрично-конічний танк, система автоматизації.

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

ANNOTATION

In the qualification work the system of automation of fermentation process and beer filtration is developed.

The paper presents a description of the technological process of fermentation and filtration of beer, formed a task for the automation system, made an automation scheme with the specification of technical means of automation, assembly diagram of installed equipment - pressure sensor for hydrostatic measurement of Sitrans P DSII level , and also the expanded schemes of connection of technical means are resulted.

An algorithm and program for controlling the fermentation and filtration process of beer have been developed. The program was developed for PLC Modicon M340. The human-machine interface HMI for beer fermentation and filtration was developed using Zenon software from COPA-DATA.

The structural scheme of the object was also modeled and the optimal settings of the PID controller were found.

Qualification work consists of an explanatory note and a graphic part.

Key words: beer wort fermentation, filtration, cylindrical-conical tank, automation system.

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

ЗМІСТ

Вступ	7
Розділ 1. Характеристика об'єкта автоматизації	10
1.1. Аналіз технологічної ділянки як об'єкта автоматизації.....	10
1.2. Короткий опис технологічного процесу обраної ділянки.....	22
1.3. Розробка завдання на систему автоматизації.....	23
Розділ 2. Опис системи автоматизації	25
2.1. Аналіз існуючих систем автоматизації.....	25
2.2. Вибір технічних засобів.....	31
2.3. Схема автоматизації	43
2.4. Специфікація засобів автоматизації	45
Розділ 3. Схеми підключення датчиків та ВМ до ПЛК	47
3.1. Проектне компонування мікропроцесорного контролера.....	47
3.2. Загальна схема підключення.....	53
3.3. Розширені схеми підключення для окремих контурів.....	55
Розділ 4. Опис встановлення технічних засобів	57
Розділ 5. Опис спеціального програмного забезпечення для мікропроцесорного контролера (алгоритм та програма для ПЛК)	62
Розділ 6. Розробка людино-машинного інтерфейсу оператора технолога	67
6.1. Переліки вхідних та вихідних сигналів SCADA/HMI.....	69
6.2. Відеокадри дисплейних мнемосхем оператора.....	70
Висновки	73
Список використаної літератури	74

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

ВСТУП

Пивоваріння є одним з найбільш вимогливих технологічних процесів у харчовій промисловості. Для отримання високоякісного напою пивоварам необхідно враховувати масу нюансів і ретельно підбирати інгредієнти. За рецептурою для виробництва пива дозволено лише чотири інгредієнти:

Солод - продукт, отриманий шляхом пророщування злаків. Ячмінь використовується для виробництва пива без солоду, процес, який дозволяє зерну проростати. Після замочування ячмінь набухає, по всьому зерну починається хімічна реакція, яка розщеплює крохмаль на необхідний для бродіння солодовий цукор.

Вода. У пивоварні воду розрізняють за складом і концентрацією солей. Деякі сорти пива більше підходять для «жорсткої води» (з високим вмістом солі), наприклад, мюнхенське. Є сорти, виготовлені виключно на воді з низьким вмістом солі, Пльзенське пиво. Сучасні технології дозволяють з дуже високою точністю регулювати концентрацію солей у воді, що полегшує виробництво.

Хміль. Надає пиву характерний яскравий смак, смердючий аромат і відповідає за спінотивацію. Замінити хміль при виготовленні пива без втрати якості неможливо. Це унікальна рослина, до складу якої входить понад 200 речовин, які відповідають за смак пива. Цікаво, що для пива підходять тільки шишки жіночих рослин хмелю.

Дріжджі. Сучасні пивоварні використовують спеціальні дріжджі сімейства *Saccharomycetaceae*, які не зустрічаються в природі, а розводяться індивідуально спеціально для пивоваріння. Залежно від технології бродіння у виробництві пива беруть участь два види дріжджів:

- верхове бродіння (*Saccharomycetaceae cerevisiae*) - підходить для таких сортів пива, як портер, ялина і стаут;
- малешумні (*Saccharomycetaceae carlsbergensis*) - використовуються у виробництві табардного та середньоєвропейського пива.

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

Різниця між цими типами дріжджів полягає в тому, що на кінцевій стадії верхнього бродіння браги збирають на поверхні (висушують), а нижнього - на дні сусла. Це помітно впливає на смак.

Етапи виробництва пива

1. Приготування сусла. Спочатку ячмінний солод подрібнюють, але зерна не повинні перетворитися в однорідну масу. До складу сусла необхідні великі і дрібні зерна. Це називається солодовим напоєм (помелом). Різні сорти пива мають різне співвідношення великих і дрібних зерен. Потім солодовий помел змішують з водою. Цей процес називають «затиранням», а отриману суміш називають затором. При додаванні води ферменти ячменю починають розщеплювати крохмаль на солодовий цукор. Для прискорення бродіння пивовари нагрівають сусло до температури 76°C.

Потім готову кашку проціджують. Зварену брагу з чайника зливають у спеціальне сито, закрите знизу. У такому стані солод пюре протягом години, поки тверді частинки, які називаються подрібненим зерном, не осідуть на дні. При відкритті сита через нього починає протікати чисте і рідке сусло і кулька браги, яка збирається в спеціальний котел для подальшого заварювання.

2. Варка сусла. Отримане на попередньому етапі сусло нагрівають, доводять до кипіння і додають хміль. Кількість шишок залежить від сорту пива і рецепту майстра. У кожному рецепті використовується різна кількість хмелю.

Варіння сусла триває від 2 до 3 годин. У ході цього процесу вбиваються всі мікроорганізми і руйнуються ферменти, тому подальші хімічні реакції неможливі. Пивоварам потрібна заздалегідь визначена міцність вихідного сусла, яка позначається на етикетці готового продукту як міцність пива.

Потім заварене сусло відфільтровують від залишків хмелю і дають відстоятися. За цей час день випадають сухі частинки, які не вдалося відфільтрувати на попередньому етапі. Також на деяких заводах центрифуга прискорює видалення непотрібних залишків.

3. Бродіння. Чисте сусло надходить по трубах на дно ферментаційних чанів, які називаються циліндроконічними танками ЦКТ. Після того як рідина

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

охладоно до потрібної температури, в чан додають дріжджі. Для пива верхнього бродіння перед додаванням дріжджів сусло охолоджують до 18-22 °С, для пива нижнього бродіння - до 5-10 °С. Через добу після викладання дріжджів на поверхні бродильника з'являється густа шар піни. Це означає, що дріжджі успішно почали перетворювати цукор на вуглекислий газ і спирт. Під час бродіння виділяється багато тепла, тому сусло потребує постійного охолодження, температура повинна бути стабільною.

Під час стадії бродіння пивовари стежать за концентрацією вуглекислого газу в чанах. При досягненні максимально допустимого рівня газ відводиться по спеціальних трубах. Бродіння припиняється після того, як весь дріжджовий цукор буде перероблений в спирт.

4. Дозрівання. На попередніх етапах випускалося молоде нефільтроване пиво, яке потребує подальшого дозрівання (не стосується сортів пшениці). Для дозрівання використовуються великі ємності з нержавіючої сталі, а сам процес займає від кількох тижнів до чотирьох місяців. Під час дозрівання необхідно підтримувати стабільну температуру і тиск в ємностях, коливання неприпустимі.

На сучасних підприємствах технологічний процес контролюється спеціальним обладнанням, здатним автоматично змінювати температуру і тиск.

5. Фільтрація. Після дозрівання пиво проходить ще одну фільтрацію за допомогою двох різних фільтрів, призначених для очищення великих і дрібних частинок. Після цього пінний напій стає повністю прозорим і готовий до розливання.

6. Розлив. На завершальному етапі виробництва пиво розливається в ємності різних видів. Перед розливом у пляшки, кеги або бочки всі ємності миють, після чого видаляють повітря всередині. Пиво – це швидкопсувний алкогольний напій, який вимагає стерильних умов. Без стерильності термін придатності готового продукту становить всього пару днів.

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

Розділ 1

ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА АВТОМАТИЗАЦІЇ

1.1. Аналіз технологічної ділянки як об'єкта автоматизації

Пиво являє собою ігристий, освіжаючий напій з характерним хмелевим ароматом і приємним гіркуватим смаком. Внаслідок насиченості двоокисом вуглецю і вмісту невеликої кількості етилового спирту пиво не тільки вгамовує спрагу, але й підвищує загальний тонус організму людини. Будучи гарним емульгатором їжі, воно сприяє більше правильному обміну речовин і підвищенню засвоюваності їжі. До того ж, екстракт пива досить легко й повно засвоюється організмом.

Виробництво пива - складний і тривалий біохімічний процес. Для готування пива потрібно чотири види сировини: солод, хміль, вода й дріжджі.

В наш час ринок слабоалкогольних та безалкогольних напоїв інтенсивно розвивається у світі. Досить швидко збільшується обсяг виробництва напоїв, зокрема пива, і в Україні. Для одержання економічної користі, не втрачаючи якості готового продукту, необхідно постійно впроваджувати новітні розробки в області пивоваріння. Необхідно виробляти одночасно великі об'єми напою та тримати його якість на належному рівні, щоб утримувати свою частку ринку. Тому розробка нових технологій виробництва пива і їхня модернізація в даний момент є актуальним питанням.

Основними стадіями виробництва пива є:

1. Приготування пивного сусла:

- а) подрібнення;
- б) затирання;
- в) фільтрація;
- г) охмелення;
- г) кип'ятіння.

					Кваліфікаційна робота			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Навроцький Н.А.			Розробка системи автоматизації процесу бродіння та фільтрація пивного сусла	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Смітюх Я.В.					10	14
Секр. Е.К.		Проскурка Є.С.				НУХТ, АК-4-1		
Зав.кафедри		Смітюх Я.В.						

2. Бродіння та доброджування пива:

- а) охолодження;
- б) внесення дріжджів;
- в) витримка.

3. Фільтрація та стабілізація пива.

4. Розлив.

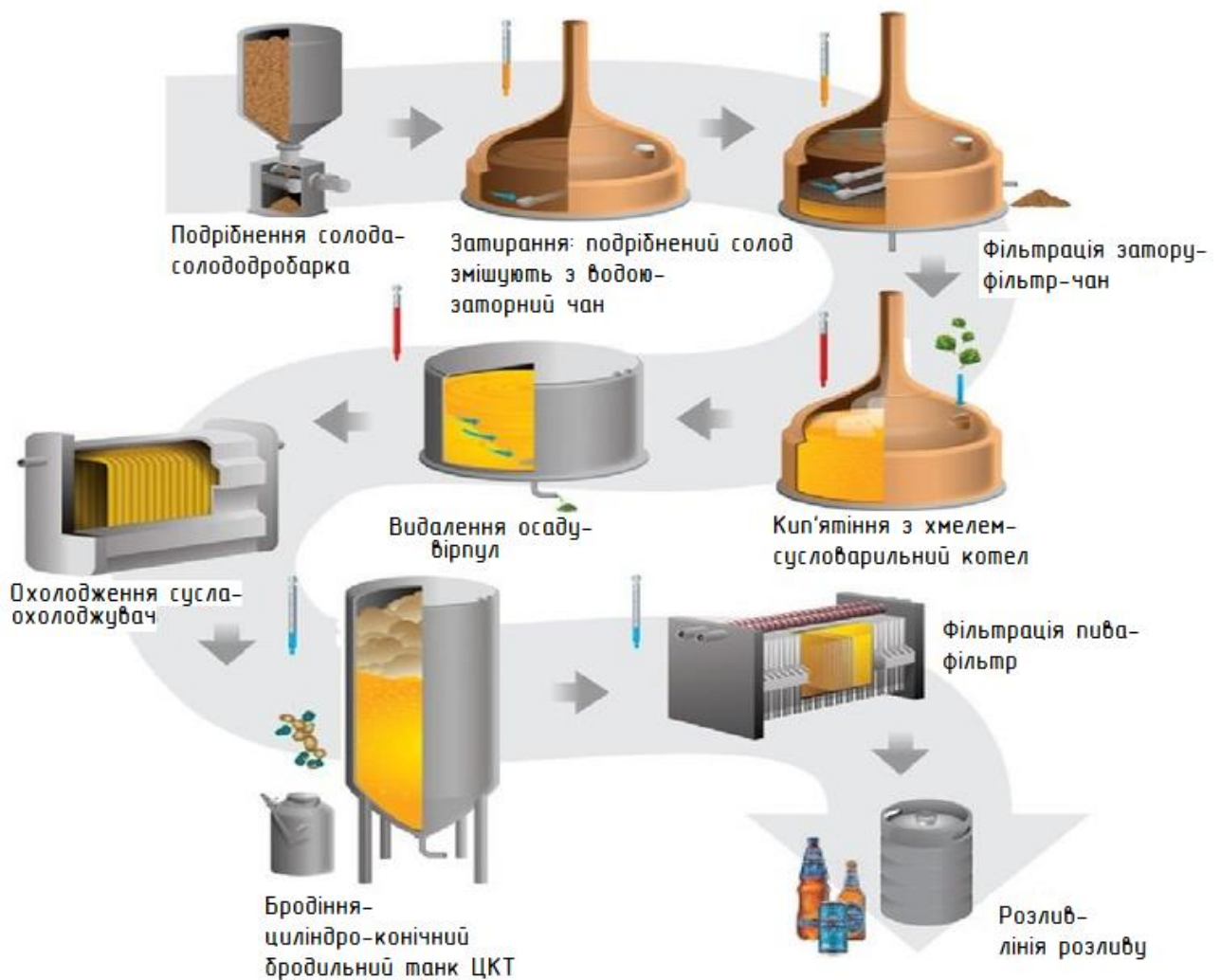


Рис.1.1. Схема технологічного процесу виробництва пива

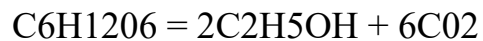
Кожен з перелічених процесів є невідомою частиною технологічного ланцюжка пивоварного виробництва, але вирішальними процесами, по результатам протікання яких визначається якість готової продукції, є бродіння та фільтрація пива.

Бродіння – анаеробний ферментативний окислювально-відновлювальний процес розкладу органічних речовин, переважно вуглеводів, який проходить під впливом живих клітин або виділених із них ферментів.

					Кваліфікаційна робота	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

В нашому випадку бродіння – це процес, де живильні речовини, що поступають в дріжджові клітини з сусла, під дією ферментів перетворюються на різні проміжні продукти, що витрачаються на спиртове бродіння, і зростання дріжджів (біологічний процес) відбувається в початковій стадії зброджування пивного сусла і закінчується задовго до кінця бродіння.

Основним біохімічним процесом бродіння є перетворення зброджуваних цукрів на етиловий спирт і діоксид вуглецю:



Ця реакція супроводжується виділенням тепла.

Велика частина екстракту сусла складається з вуглеводів, з них близько 75% зброджуються (зброджувані цукру). Частину екстракту складають незброджувані речовини. До них відносяться декстрини, білки, мінеральні речовини та інші. Цукри зброджуються в певній послідовності, що обумовлена швидкістю їх проникнення в дріжджову клітку. В першу чергу зброджується фруктоза і глюкоза. Сахароза заздалегідь гідролізується ферментом - фруктофуранозидазою дріжджів до глюкози і фруктози, яка також зброджується в першу чергу. Після фруктози і глюкози дріжджі поглинають мальтозу, яка під дією ферменту - глюкозидази перетворюється на легкозброджуючу глюкозу. Мальтотріоза витрачається дріжджами повільно і не повністю. У суслі, багатому мальтозою, мальтотріоза майже не зброджується. Близько 2% цукрів використовуються на побудову дріжджових кліток.

Етиловий спирт і діоксид вуглецю є основними продуктами спиртового бродіння. Крім того, в суслі накопичується гліцерин, оцтовий альдегід, оцтова, янтарна, лимонна і молочна кислоти. Як побічні продукти бродіння з амінокислот утворюються вищі спирти, що роблять вплив на смак пива.

Шкідливий вплив на якість пива роблять продукти бродіння діацетил і ацетоїн, яких багато в молодому пиві. При доброджуванні концентрації цих речовин різко знижуються і їх вплив на смак і запах пива стають незначними.

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

Зброджування сусла супроводжується зміною рН сусла. У молодому пиві рН 4,2-4,6, що обумовлене утворенням з цукрів діоксиду вуглецю і органічних кислот, переважно янтарною і молочною.

Фізико-хімічні процеси характеризуються зміною окислювально-відновного потенціалу. Швидке зниження його пояснюється тим, що при бродінні в суслі відбувається зменшення концентрації продуктів окислення і накопичення продуктів відновлення.

Дріжджі для свого розвитку, зростання, і розмноження споживають азотвмісні сполуки сусла. При цьому 40-50% азоту вони поглинають, а 1/3 від спожитого азоту виділяють в середовище. В результаті змінюється склад азотистих речовин зброджуваного сусла.

При зброджуванні сусла розчинені білкові речовини частково денатурують, а потім флокулюють (злипаються) і осідають. Осідають також поліфенольні речовини. Утворення етилового спирту, ефірів, зниження рН сприяє коагуляції високомолекулярних речовин сусла.

Діоксид вуглецю, який утворюється при бродінні, спочатку розчиняється в зброджуваному суслі, а потім (після насичення сусла) починає виділятися.

При бродінні приблизно на 1/3 зменшується вміст поліфенольних речовин.

Зброджування й дозрівання пива відбувається на багатьох пивоварних підприємствах по класичному способу в бродильному й лагерному відділеннях та більш сучасному устаткуванні - в циліндрично-конічних танках (ЦКТ). Також існують безперервні методи бродіння, які мають не таку велику розповсюдженість, як ЦКТ та класичний метод.

Постійно зростаюча конкуренція, змушує пивоварів шукати ефективні методи для прискорення виробництва пива. Саме ЦКТ є оптимальним варіантом для прискореного бродіння і доброджування пива. Головна його перевага полягає в тому, що бродіння та повторне доброджування проходить не перериваючись, без необхідності переливання рідини в інші ємності. Це значно зменшує час приготування пива, знижує витрати енергоносіїв, миючих

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

розчинів, скорочує час простою обладнання. Паралельно з цим підвищуються смакові якості пива.

Процеси бродіння й дозрівання пива в циліндроконічних танках

Циліндроконічні танки ЦКТ виготовляються з верхньою частиною у вигляді циліндра, а з нижньою - у вигляді конуса (рис. 1.2). Така форма дає можливість добре й повно відокремлювати від пива осілі дріжджі, а також поліпшує спустошення та мийку танка. Розміри ЦКТ залежать від потужності варильного відділення. За основу приймається, що один танк повинен уміщати максимум половину виробленого в добу сусла. Вільний простір для піни в ЦКТ повинен становити не менш 18-25% від обсягу початкового сусла.



Рис.1.2. Циліндрично-конічний танк

Для обслуговування, контролю та безпечної експлуатації танка встановлюються наступні елементи:

1. устаткування для наповнення й спорожнення ЦКТ;
2. запобіжна арматура;
3. контрольні прилади;
4. система для мийки апарата СІР.3.

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

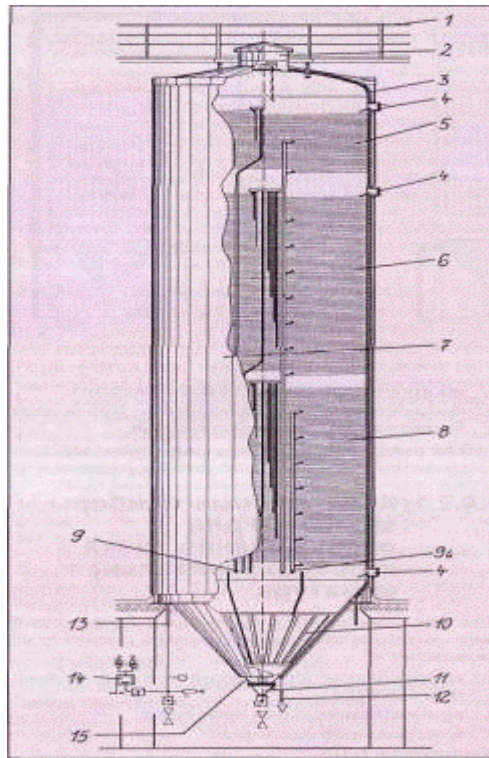


Рис. 1.3. Конструкція ЦКТ (ізоляція частково видалена):

1 - площадка для обслуговування; 2 - купол танка з арматурою; 3 - труби з кабелем і дренажною трубою, прокладені під ізоляцією; 4 - гніздо для термометра; 5 - мала зона охолодження для доброджування; 6, 8 - зони охолодження для бродіння; 7 - ізоляція; 9 - з'єднання для підведення рідкого аміаку, із клапанами; 9а - відвід аміаку, що випарувався; 10 - конусна зона охолодження; 11 - конусний патрубок з люком обслуговування; 12 - пробний кран; 13 – труба, що подає й відводить із купола (СО₂; повітря; СІР); прокладена під ізоляцією; 14 - шпунт-апарат; 15 - вимірювач рівня, лічильник випорожнення апарату.

При бродінні виділяється тепло, яке необхідно відводити. Крім цього, для стадії холодної витримки температура пива знижується до -1 або -2°С. Охолодження танка необхідно для оптимального керування температурним режимом бродіння. Способи й потужність системи охолодження залежать від потреби в холоді. Теплопередача відбувається через сегментні трубки, вертикальні профільні трубки, спеціальні конструкції поверхні теплообміну.

Виробництво холоду на пивоварних підприємствах відбувається за допомогою холодильно-компресорних установок. Існують два варіанти охолодження: пряме (аміак випаровується безпосередньо в холодильних

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

трубках або сорочках), непряме (непряме охолодження з випаром холодоагенту за межами холодильних трубок або сорочок).

Можливе охолодження пива й поза танком. Пиво відкачують з патрубків, розташованих у конусі, прохолоджують на пластинчастому теплообміннику, і повертають через вертикальну трубу, випуск якої розташований на 1 - 2 м нижче рівня пива в танку. Вертикальна труба проходить усередині реактора, але може бути прокладена й зовні танка, під ізоляцією. Вміст танка примусово перемішується, дріжджі підтримуються у зваженому стані, бродіння не вповільнюється. Щоб пізніше не перешкоджати осіданню дріжджів наприкінці стадії бродіння пиво відкачують з верхньої частини конуса.

Режими бродіння та дозрівання, що використовують для пива низового бродіння, можна поділити на три групи:

1. холодне бродіння - холодне дозрівання;
2. холодне бродіння - тепле созрівання;
3. тепле бродіння - холодне созрівання.

Дріжджі знімають із конуса до доброджування.

З конуса дріжджі можна збирати завдяки тиску стовпа рідини або додатково застосовувати відповідний для цієї мети насос, щоб підтримувати швидкість потоку постійної, для чого використовуються мембранні, коловратні або ексцентрикові гвинтові насоси, які на сучасних підприємствах з'єднують із мутноміром.

Процеси фільтрації та стабілізації пива

Після бродіння молоде пиво подається на фільтрацію, освітлення та стабілізацію.

Фільтрування - процес розділу, при якому з пива видаляються дріжджові клітини, що ще залишилися, і інші зважені частки. При фільтруванні видаляються також речовини, які можуть виділитися в пиві в найближчі тижні або місяці з появою муті.

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

Мета фільтрування - зробити пиво настільки стійким, щоб у ньому протягом тривалого часу не виникло б ніяких видимих змін і пиво зберігало б свій зовнішній вигляд.

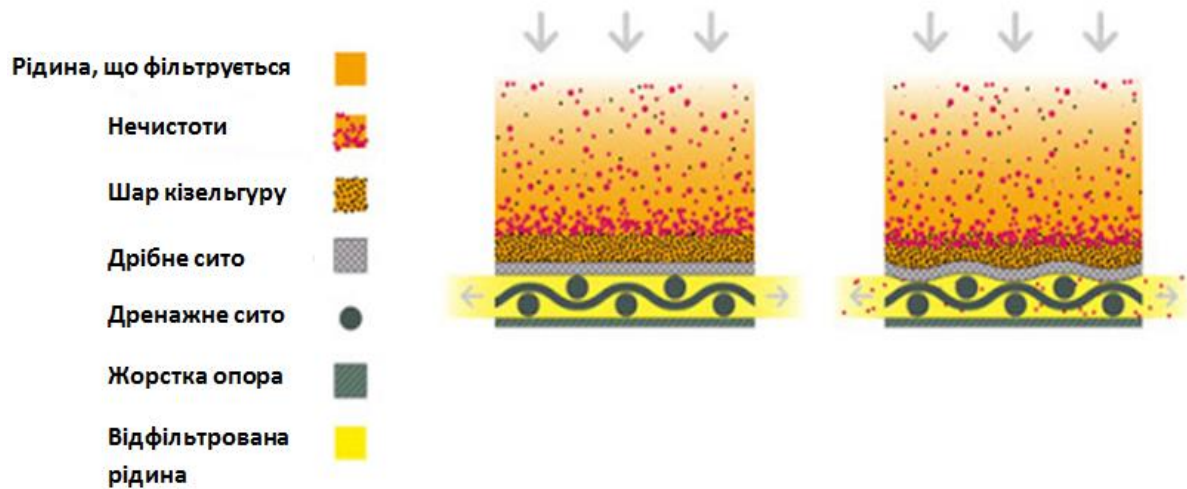


Рис. 1.4. Принцип фільтрування та елементи фільтрації

Фільтрування відбувається в такий спосіб. Мутна рідина завдяки фільтруючій перегородці розділяється на прозорий фільтрат і фільтрувальний залишок або фільтрувальний шар. Рушійною силою даного процесу завжди є різниця тисків на вході у фільтр і на виході з нього. Тиск на вході фільтра завжди повинен бути більшим, ніж на виході. Чим вища різниця тисків, тим більший опір фільтра.

У пивоварінні для фільтрування застосовуються наступні види фільтрів:

1. наливні фільтри: наливні рамні фільтр-преси, наливні свічкові фільтри;
2. наливні дискові фільтри (фільтри з горизонтально розташованими фільтрувальними елементами); наливні листові фільтри;
3. пластинчасті фільтр-преси;
4. камерні фільтри (заторний фільтр-прес);
5. чашкові фільтри (мас-фільтр);
6. мембранні фільтри.

Для фільтрування пива використовуються майже винятково наливні, пластинчасті й мембранні фільтри; мас-фільтр, що панував у колишні десятиліття, у цей час практично не використовується.

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

Намивні фільтри - це фільтри, у яких фільтрування відбувається через допоміжний фільтруючий засіб (найчастіше кізельгур або перліт), що намивається на фільтрувальні перегородки.

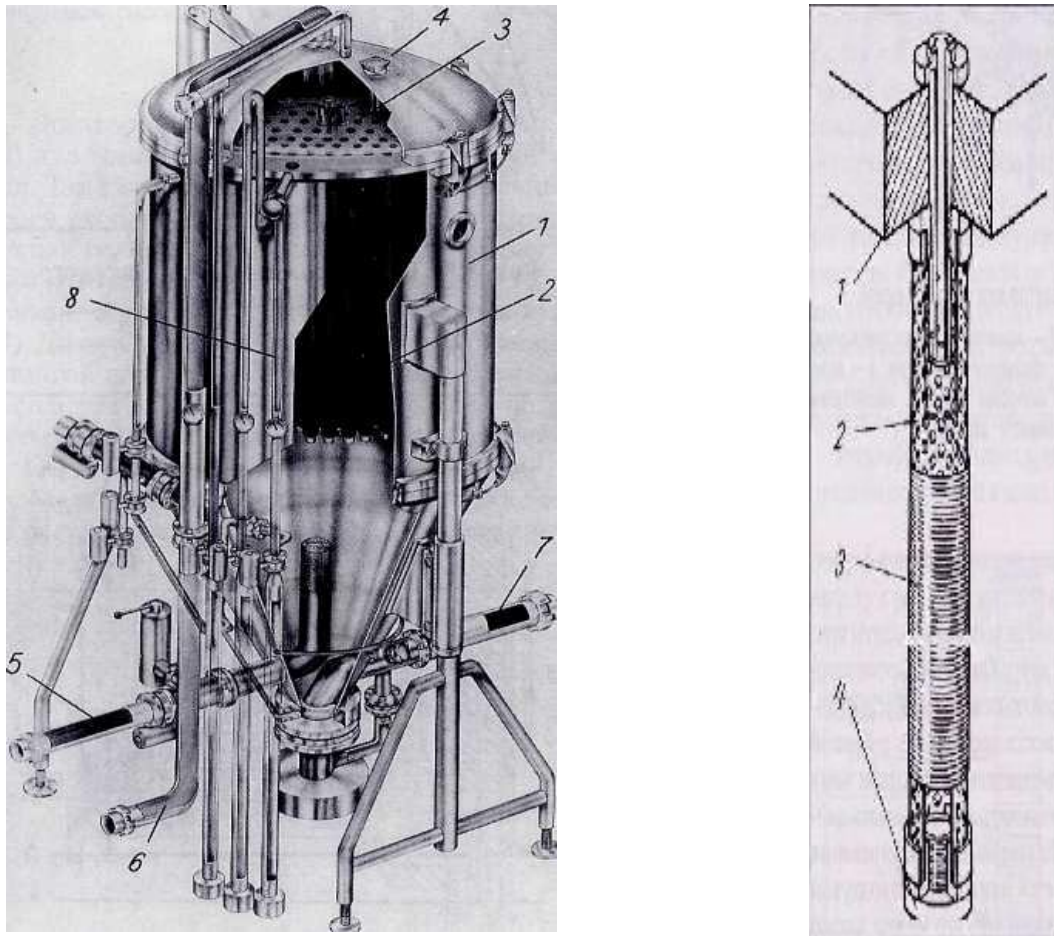


Рис. 1.5. Свічковий фільтр та фільтрувальна свічка (розріз):

1 - корпус фільтра; 2 - підвишені фільтруючі свічі; 3 - перфорована плита для закріплення свічей; 4 - кришка фільтра; 5 - подача нефільтрату; 6 - вихід фільтрату; 7 - викид кізельгуру; 8 - деаераційна лінія.

Пристрій роботи фільтрувальних свічей: навколо каркаса з певною відстанню (50-80 мкм) намотується профільний дріт. Каркас свічі виготовляється у вигляді профільних стрижнів або трубки з перфорованої жести. По всій довжині фільтруючої свічі, що може бути понад 2 м, виникають дуже вузькі щілини. У фільтрі може бути до 700 свіч. Це дає більшу фільтруючу поверхню, що гарантує високу продуктивність фільтра.

На свічковому фільтрі встановлюється ще цілий ряд трубопроводів, з'єднань і контрольних приладів. Всі додаткові елементи фільтра розташовані таким чином, щоб ні за яких умов не допустити влучення в пиво кисню (ні на

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

початку, ні в ході, ні наприкінці фільтрування).

Пластинчастий фільтр-прес - фільтр, що, на відміну від наливного фільтрпреса, не має рам і на противагу йому складається тільки із пластин (брикетів) завтовшки 40...60 мм із бавовняно-паперово-азбестової маси, яку формують за допомогою ручного або гідравлічного преса. Між цими пластинами укладаються фільтруючі шари (фільтр-картон), через які відбувається фільтрація. Пиво підводить зверху й знизу до кожної другої пластини, проникає крізь фільтркартон, і відводиться із сусідньої пластини. Таким чином, між кожною плитою розташований фільтруючий шар. Особливе значення в таких фільтрах має фільтркартон. Він складається із целюлози й кізельгуру рис.1.6.



Рис. 1.6. Фільтр-прес

Пластини мають форму м'яких чаш або тарілок. Чашковий фільтрпрес на металевому візку має фільтрувальні плити у вигляді чаші, що знаходяться на опорних штангах і підігнані одна до одної за допомогою затискача між кришками преса.

Передня кришка затяжним гвинтом притискує чаші одна до одної та до нерухомої. В чашу кожної плити вставляють фільтрувальний брикет і плити ущільнюють між собою гумовими прокладками. Дно плит з обох боків має жолобки, по яким розтікається пиво по всій поверхні плити.

Після збирання для витіснення повітря фільтр заповнюють водою, а потім з'єднують з пиво-проводом; під тиском пива вода витісняється із фільтра.

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

Нефільтроване пиво через кран і канал проходить оглядове віконце і поступає в прокольні канали, звідки через прорізи розподіляється по жолобчатій поверхні плит, і проходячи через брикети, через прорізи поступає в канали фільтрованого пива і далі в збірник фільтрованого пива. По закінченню фільтрування пивний насос виключають, припиняють подачу пива і витісняють залишок пива із фільтра стисненим повітрям або водою. Фільтр розбирають і виймають брикети, дезінфікують і миють холодною водою.

Висока вартість кізельгуру і його утилізації змушують підприємства заощаджувати кізельгур. Одна з таких можливостей, що все частіше застосовується на пивоварних підприємствах (особливо на великих), полягає у використанні сепаратора.

При включенні сепаратора у фільтраційну лінію витрата кізельгуру знижується на 20-50%, а тривалість циклу роботи фільтра подвоюється.

Сепарація не має ніякого негативного впливу на якість пива, якщо не допускати втрат CO₂ і потрапляння O₂.

Для фільтрування з метою зменшення вмісту мікроорганізмів у пиві усе більшою мірою використовуються мембранні фільтри. Під мембранним фільтром розуміють фільтр, у якому пиво проходить крізь мілкопористі мембрани й у значній мірі звільняється від мікроорганізмів та утворюючих муть речовин. Мембрани пропонуються у формі:

- фільтруючих модулів;
- мембранних свічей, а також в інших варіантах.

Під фільтруючим модулем розуміють круглі, відпресовані фільтруючі елементи діаметром до 40 см.

Дистанційна розпірка уможливорює вихід пива в центральну колонку. Фільтрація проходить із зовнішньої до внутрішньої частини. Фільтруючий шар модуля складається із целюлози з добавкою кізельгуру. Існують фільтруючі шари з різною тонкістю фільтрування.

Фільтр складається з великого пакета паралельно з'єднаних модульних елементів, які розташовані в корпусі.

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

Існують фільтруючі модулі, які для одночасного видалення поліфенолів містять ПВПП (полівінілполіпірролідон).

У мембранному свічковому фільтрі фільтрація відбувається крізь фільтруючі свічі, з яких, як правило, кілька свіч паралельно з'єднані й розташовані найчастіше в тому самому корпусі. У фільтруючих свічах є кілька фільтруючих шарів (найчастіше з поліпропілену).

В процесі фільтрації пива для досягнення високої якості за мінімальних фінансових витрат використовують сьогодні декілька видів фільтрів.



Рис.1.7. Тангенційно-потоківий фільтр FCB – crossflow для пива

Найсучаснішим рішенням є мембранний фільтр crossflow FCB. Його ефективність досить висока, а витрати на експлуатацію є мінімальними. Цей тип фільтра працює на постійному фільтраційному наповнювачі – мембранних модулях, які регулярно відновлюються. Таким чином, у процесі фільтрації немає відходів.

Crossflow-фільтр можна застосовувати і для очищення продуктової та технологічної води. Здійснюючи на пивзаводах регенерацію та рециркуляцію води, можна досягти значної економії витрат на її закупівлю та утилізацію. На

					Кваліфікаційна робота	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

виході після первинної та колоїдної фільтрації часто встановлюють захисні фільтри FTR.

1.2. Короткий опис технологічного процесу обраної ділянки

Освітлене сушло, охолоджене в пластинчастому теплообміннику до 8 – 10 °С, подають у конічну частину апарата при відкритому вентилі, що сполучає апарат з атмосферою через гідрозатвор. Апарат заповнюють протягом доби в два або три прийоми по мірі надходження сусла з варильного цеху. Перші 50 % сусла аерують стерильним повітрям (з розрахунку 0,5-0,7 м³ на 1м³ сусла на годину). Така інтенсивність аерування дає можливість мати в суслі перед бродінням 4-6 мг/мл розчиненого кисню.

Спочатку, коли сушлом заповнене тільки 2-3 % робочої місткості, в апарат насосом подають розводку насінневих дріжджів, з розрахунку 0,04 л на 1 дал сусла. Потім апарат заповнюють сушлом на 0,85 його місткості. Відлік тривалості процесу бродіння починають з моменту надходження сусла в апарат.

У перші дві доби температура сусла за рахунок виділення теплоти спиртового бродіння мимовільно підвищується від 8 – 10 до 12 – 14 °С і підтримується в цих межах (шляхом подачі холодоагенту у верхню охолоджуючу сорочку) до досягнення видимої кінцевої ступені зброджування. Процес протікає інтенсивно, бродіння забезпечує зниження концентрації діацетила, що сприяє більш швидкому дозріванню пива.

Охолоджене через верхню сорочку сушло, що бродить опускається вниз, а більш тепле піднімається вгору, чим забезпечується хороше природне перемішування бродячого сусла.

Коли вміст екстрактивних речовин в пиві знизиться до 3,2-3,5 %, апарат зашпунтовують і надалі проводять процес при надмірному тиску 0,04-0,06 МПа, що сприяє кращому насиченню пива діоксидом вуглецю і прискоренню осідання дріжджів. Щоб зброджуване сушло не примерзало до стінок апарату, температура холодоагенту, що подається в сорочки, повинна бути не нижче

					Кваліфікаційна робота	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

– 6 °С . Як холодоагент використовують розсоли (розчин кухонної солі або хлориду кальцію та ін.).

По закінченні інтенсивного бродіння, яке триває близько 7 діб, коли концентрація екстрактивних речовин знизиться до 2,6-2,2 %, його охолоджують у конічної частини апарату до 2,0 – 4,0 °С. Після досягнення цієї температури подачу холодоагенту в сорочку припиняють. У циліндричної частини апарату температуру пива 12 – 14 °С підтримують ще 1,5 – 2 діб для прискорення процесу дозрівання. У конічної частини апарату при низькій температурі відбувається осідання дріжджів і утворення щільного осаду. Відпрацьовані дріжджі з осадом виводять з апарату. Настає стадія добродження (дозрівання), яка триває ще кілька діб. Під час дозрівання потрібно підтримувати стабільну температуру і тиск в ємностях, коливання неприпустимі.

Концентрація сухих речовин в пивному суслі повинна становити 10–12%, а в добродженому пиві 4,0 – 4,2%.

1.3. Розробка завдання на систему автоматизації

Технологічні вимоги до системи автоматизації процесу бродіння та фільтрації наведені в таблиці 1.1.

Технологічні вимоги до системи автоматизації

Таблиця 1.1.

№ п/п	Машина, агрегат, апарат	Пар-р, місце відбору імпульсу	Значення пар-ру, допустимі відхилення	Система автоматизації		
				Вид системи автоматизації	Характер контролю, регулювання, упр-ня	Додаткові вимоги до системи
1	2	3	4	5	6	7
1.	Трубо-від подачі сусла	Кис-ть	4,2-4,6	Контроль	Показання, запис, сигналізація	Світлова

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

2.	ЦКТ	Рівень	0 – 80%	Регулювання	Стабілізація потоку	Дія на клапан подачі пивного суслу
3.		Т-ра верх. частини	12 – 14 °С	Регулювання	Стабілізація потоку	Дія на клапан подачі холодоагенту
4.		Т-ра конічної частини	2 – 4 °С	Контроль	Показання, запис, сигналізація	Світлова
5.		Тиск	0,04-0,06 МПа	Контроль	Показання, запис, сигналізація	Світлова
6.		Вміст CO ₂		Регулювання	Стабілізація потоку	Дія на клапан виведення CO ₂
7.		Трубо-від виходу добродженого пива	% СР	4 – 4,2 %	Контроль	Показання, запис, сигналізація
8.	Трубо-від фільтрованого пива	Освітленість	10 – 14 %	Контроль	Показання, запис, сигналізація	Світлова

Розділ 2

ОПИС СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ

2.1. Аналіз існуючих систем автоматизації

Сьогодні як і раніше основними вимогами до будь якого виробництва є зменшення витрат на матеріальну, енергетичну та сировинну складову, зменшення або хоча б фіксація на існуючому рівні собівартості та паралельно з цим підвищення якості готової продукції. Технічний прогрес, який постійно спостерігаємо, викликаний вимогами енергозбереження, ресурсозаощадження та раціональним їх розподілом на виробництві.

Саме тому зараз склалися умови для широкого використання засобів мікропроцесорної та обчислювальної техніки, які мають широкі можливості для відображення і перетворення інформації про стан технологічного процесу в реальному часі та дозволяють застосувати достатньо складні алгоритми керування.

Зростання показників ефективності пивоварного виробництва на сучасному етапі розвитку систем автоматизації можливе за рахунок розробки і впровадження складних автоматизованих технологічних комплексів, які включають в себе технологічні об'єкти керування (ТОК) і автоматизовані системи управління технологічними процесами (АСУТП).

Якщо раніше на виробництві можна було спостерігати значні складності у взаємодії між окремими відділеннями, відсутність зворотнього зв'язку між керівництвом та простими варщиками, то зараз управління технологічними процесами стало більш ефективним в розрізі автоматизованого технологічного комплексу ТК та міжрівневої взаємодії.

Задля задоволення потреб населення в продукції високої якості необхідно використовувати прогресивні виробничі технології, реконструювати і оновлювати виробництво таким чином, щоб отримати найбільший економічний

					<i>Кваліфікаційна робота</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Навроцький Н.А.</i>			<i>Розробка системи автоматизації процесу дродіння та фільтрація пивного сусла</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Смітюх Я.В.</i>					25	21
<i>Секр. Е.К.</i>		<i>Проскурка Є.С.</i>				<i>НУХТ, АК-4-1</i>		
<i>Зав.кафедри</i>		<i>Смітюх Я.В.</i>						

ефект. Окрім введення у виробництво і покращення систем автоматизованого керування ефективним є вплив на сировину, з якої варять пиво, (солод, пшениця, ячмінь, дріжджові культури, хміль) різноманітними фізичними чинниками. Про це говорять проведені дослідження про вплив на інтенсифікацію процесів пивоваріння впливу фізичних чинників різного роду [5-12].

Аналіз робіт по технології та автоматизації пивоварних виробництв показав, що створені необхідні технологічні умови для забезпечення ефективного автоматизованого керування виробничими процесами пивоваріння. Серед таких робіт можна виділити роботи вчених В. Кунце (технологія приготування солоду і пива) [13,14]; Л. Нарциса (вдосконалення технологічних процесів пивоваріння) [15]; В.А. Домарецького (сучасні методи пивоваріння) [16]. В області автоматизації виробничих процесів неоціненним вкладом є роботи П.І. Теліса (автоматизація неперервного процесу затирання в пивоварінні, дослідження оцукрювача для безперервного затирання в пивоварному виробництві як об'єкта автоматизації) [17-18], Л. Н. Третьак (створення передумов автоматизації та комп'ютеризації пивоварного виробництва); [19] Є.В. Єгорова (АСУТП сушварочного виробництва) [20]. Мережноцентричний підхід в області керування розвинутий в роботах С.А. Юдицького (тріадний підхід до моделювання систем мережноцентричного управління) [21]; Ю.С. Затулівітера (комп'ютерний базис мережноцентричного керування) [22], С.А. Куджа (принципи мережноцентричного управління у виробництві) [23]. Використання сценарного підходу при керуванні складними об'єктами обґрунтовано в роботах В.В. Кульби та С.А. Косяченка (моделі та методи аналізу сценаріїв розвитку систем, методи формування сценаріїв розвитку складних систем) [24]; Д.А. Кононова (формування регіональних сценаріїв розвитку взаємозв'язаних об'єктів в АСУ) [25]. Відомі роботи в області пивоварного виробництва з використанням сценарного підходу Місюри М.Д. [26]

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

Традиційна технологія приготування пива з оцінкою якості за органолептичними показниками давно перестала задовольняти як споживачів, так і виробників. Принципові підходи до зміни технології пивоваріння та управління цим виробництвом різні у вітчизняних та зарубіжних фірм-виробників. Опублікована, запатентована або анотована велика кількість пропозицій по модернізації технології як всього процесу, так і практично кожного з компонентів, що входить в дане виробництво [27].

При виборі та підготовці сировини для приготування пива основні пропозиції пов'язані із зниженням собівартості і заміною солоду несолодженими матеріалами, а також способами солодощення. Стан автоматизації цієї стадії знаходиться на рівні локального управління. Процес сушки солоду – це єдиний процес, який став об'єктом автоматизації, для якого розроблювали алгоритми управління. Труднощі управління процесом пророщування ячменю призвели до альтернативних розробок, що не завжди пов'язані з розробками системи автоматизації.

Перші системи автоматизації технологічних ділянок пивзаводу базувались на локальних регуляторах, які підтримували основні технологічні параметри: температура в заторних, сусловарильних котлах, витрати між апаратами, рівні в цих апаратах.

Процеси приготування пива мають високий рівень автоматизації, який може забезпечити необхідну якість управління. Але за рахунок того, що велика кількість якісних показників проміжних продуктів приготування пива вимірюються лабораторними методами та не завжди система вчасно реагує на ту чи іншу зміну в процесі приготування пива, традиційна система управління не завжди ефективна, а мікропроцесорна техніка прив'язана до конкретних алгоритмів, які закладені в пам'ять контролерів і не є гнучкими.

Модернізація технологічних процесів бродіння ведеться в напрямку вибору рас дріжджів, оптимізація і регуляція умов їх метаболізму. Зроблена спроба налагодити повністю автоматизоване управління бродильним виробництвом в залежності від об'єму вуглекислоти, що утворюється в процесі бродіння. Для регулювання росту дріжджів в процесі ферментації пива

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

використані різні автоматичні пристрої типу проточних цитофотометрів для вимірювання частинок, що знаходяться в суспензії. Однак контроль складного біотехнологічного процесу по окремим опосередкованим параметрам безперспективний.

Інші стадії виробництва пива, мають достатньо високий рівень автоматизації. Всі стадії виробництва на сьогоднішній день автоматизуються за допомогою мікропроцесорної та комп'ютерної техніки.

На сьогоднішній день існують різні фірми та проектні організації, які розроблюють АСУТП для конкретного заводу [31].

Наприклад, система Braumat (Siemens), яка реалізована на пивзаводі «Оболонь» (м. Київ) за своєю ідеологічною структурою представляє собою ієрархічну побудову[31].

Найнижчий рівень утворює управління технологічним обладнанням та машинами. Управління технологічним обладнанням може бути, наприклад: управління елеватором, заторними апаратом, тощо. Управліннями машин є, наприклад: управління розливальною машиною, пакувальною, укладальною машиною. Управління технологічним обладнанням структуровані по підрозділах. Це рівень Process Control Unit (PCU).

Наступний рівень складається з керівних управлінь для підрозділів установки, таких як, наприклад, варильної установки, допоміжного виробництва, складу ємкостей тощо. Це рівень Information and Operating System (IOS).

Найвищий рівень утворений EOM-управліннями. Вони зв'язані з усіма ведучими станціями та мають, таким чином, доступ до всіх наявних даних. Це рівень Computer Integrated System (CIS).

Система управління побудована на сучасних мікропроцесорних контролерах SIEMENS SIMATIC S7, які автоматизують кожне відділення, створюючи централізоване управління. Такі контролери об'єднуються в промислову мережу типу PROFIBUS. Це дозволяє обмінюватись даними між різними відділеннями, створюючи розподілену систему управління виробництвом, що дозволяє реалізувати задачу стабілізації потоку, вести облік

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

витрат сировини та готової продукції, а також узгоджене управління рецептурою виробництва різних сортів пива.

Така структура дозволяє реалізувати рецептурне управління на базі програмного забезпечення людино-машинного інтерфейсу (SCADA-програма), яке встановлено на IOS, т.б. на комп'ютерах операторського управління. Подібні системи можна зустріти на різних заводах [31].

Товариство з обмеженою відповідальністю «СВ Альтера» розробили систему автоматизації для міні пивоварні «Шульц 5000» [35]. Система призначена для керування і контролю процесу виробництва пива, візуальне спостереження за процесами, відображення робочих параметрів, температур і стану виконавчих механізмів на панелі оператора. Використано наступне обладнання:

- Частотний перетворювач Lenze серії SMVector 0,75кВт, і 1,1кВт 380В для керування частотою обертів мішалок;
- Промисловий логічний контролер VIPA серії SLIO для виконання програми технологічного процесу варки пива;
- Людино-машинний інтерфейс НМІ VIPA Touch Panel 12" зі встановленим програмним забезпеченням SCADA- програмою Zenon для візуалізації процесу та керування ним.

Інтерфейс програми користувача показані на рис. 2.1

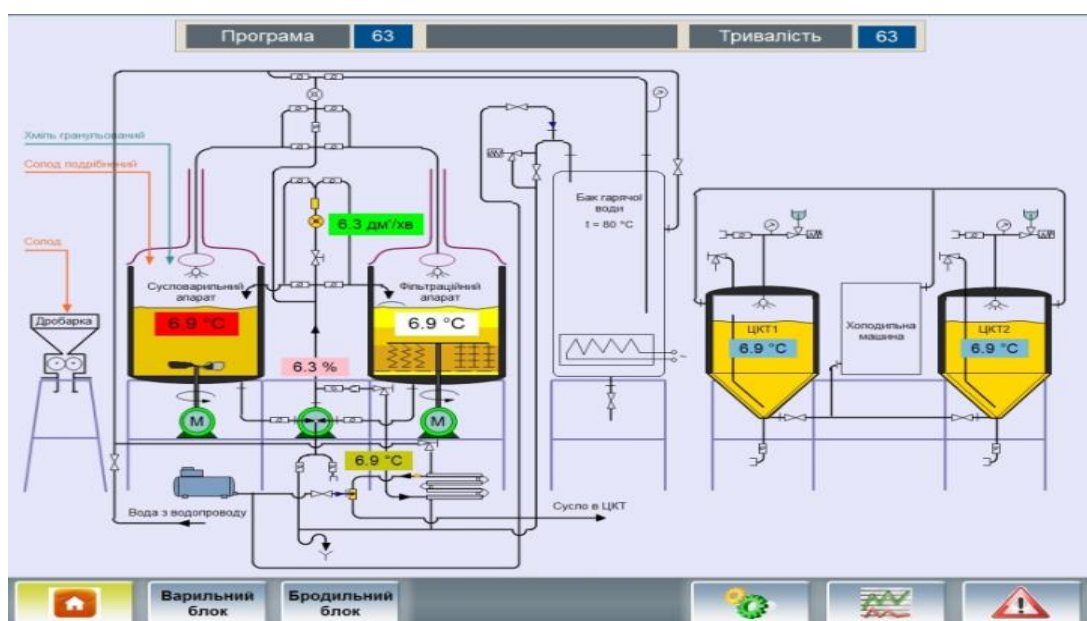


Рис. 2.1. Мнемосхема варильного відділення міні пивоварні Шульц-5000

									Арк.
									29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Кваліфікаційна робота				

- видача необхідної управляючої дії на виконавчі механізми;
- обробка даних для візуалізації технологічних параметрів у вигляді екранних форм та мнемосхем;
- ведення архіву (історія подій та аварій);
- створення трендів;
- видача технологічних, аварійних, попереджувальних повідомлень та діагностичних повідомлень;
- формування та підготовка до друку звітної документації.

Цілями автоматизації систем управління пивоварними заводами та їх окремими процесами є:

- незмінна якість продукції;
- підвищення експлуатаційної безпеки;
- можливість повторювальності рецептів, які добре себе зарекомендували;
- найбільший вихід продукції при використанні різної сировини;
- вивільнення персоналу від виконання рутинних завдань.

Подібні системи автоматизації реалізовані на більшості пивзаводів України.

2.2. Вибір технічних засобів

Для вибору технічних засобів автоматизації ТЗА існують загальні принципи, якими слід керуватися в процесі розробки схеми автоматизації:

1. Рівень автоматизації технологічного процесу в кожен проміжок часу має визначатися не лише доцільністю впровадження певного комплексу технічних засобів і досягнутим рівнем науково-технічних розробок, а й перспективою модернізації та розвитку цих засобів;

2. Під час розроблення схем автоматизації, а також вибираючи ТЗА, слід враховувати:

- вид та характер технологічного процесу;
- умови пожежо- та вибухобезпеки;
- агресивність і токсичність навколишнього та робочого середовищ;

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк. 31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- параметри та фізико-хімічні властивості вимірюваного середовища;
- відстань від місця встановлення датчиків, допоміжних пристроїв, виконавчих механізмів, приводів машин та запірних органів до пунктів керування та контролю;
- потрібну точність та швидкодію засобів автоматизації.

3. Систему автоматизації технологічних процесів потрібно будувати, як правило, на базі засобів автоматизації та обчислювальної техніки, що виробляються серійно. Намагатись застосовувати однотипні засоби автоматизації і віддавати перевагу уніфікованим системам, які характеризуються простотою поєднання, взаємозамінністю та зручністю компонування на дпн-рейці в щитах керування. Використання однотипної апаратури дає значні переваги під час монтажу, налагодження, експлуатації, забезпечення запасними частинами тощо;

4. Добираючи локальні засоби збирання та накопичення первинної інформації (автоматичні датчики), вторинні прилади, регульовальні та виконавчі пристрої використовувати переважно прилади та засоби автоматизації Державної системи промислових приладів і засобів автоматизації;

5. Вибираючи засоби автоматизації, що використовують допоміжну енергію (електричну, пневматичну, гідравлічну), керуватися умовами пожежо - та вибухобезпеки об'єкта, що автоматизується, агресивністю навколишнього середовища, вимогами до швидкодії, дальності передачі сигналів інформації та команд керування тощо;

6. Обмежувати кількість приладів, апаратури керування і сигналізації, які монтуються на оперативних щитах і пультах. Надлишок апаратури ускладнює експлуатацію, відвертає увагу обслуговуючого персоналу від спостереження за основними параметрами, що визначають хід технологічного процесу, збільшує вартість установки, терміни монтажних та налагоджувальних робіт. Прилади і засоби автоматизації допоміжного призначення доцільніше розміщувати на окремих щитах поблизу технологічного устаткування.

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

Наведені принципи є загальними, але не вичерпними для всіх випадків, які можуть траплятися в практиці проектування систем автоматизації технологічних процесів. Однак для кожного конкретного випадку їх треба враховувати у технічному завданні на автоматизацію проектованого об'єкта.

Враховуючи технологічні особливості та технічні характеристики обладнання відділення бродіння та фільтрації, в кваліфікаційній роботі було підбрано та використано наступні ТЗА.

Температура

Для безпосереднього вимірювання температури в верхній та конусній частинах ЦКТ були обрані платинові термометри опору ТСПУ-002 фірми Регмік рис.2.3.



Рис.2.3. Датчик температури ТСПУ-002

Датчик температури з уніфікованим вихідним сигналом ТСПУ-002 призначений для вимірювання, перетворення виміряного значення в сигнал 4..20мА, 0..10В або RS485. ТСПУ- 002 використовуються для вимірювання температури навколишнього середовища, рідких, газоподібних і сипучих середовищ в різних галузях промисловості.

Принцип дії заснований на властивості платини змінювати електричний опір в залежності від температури середовища. Блок перетворення перетворює значення опору в струмовий сигнал (сигнал напруги) пропорційний значенню температури. Зміна сили струму (напруги) реєструється вторинним приладом, в вимірювальну схему якого включений ПТУ. Вихід 4-20 мА (або 0-20 мА) забезпечує підвищену стійкість до електричних перешкод та має малі втрати

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

сигналу при використанні дуже довгих кабелів, він здатний без втрат передаватися на сотні та сотні метрів.

Як додатковий бонус, сигнал 4-20мА забезпечує виявлення стану помилки, так як сигнал, навіть на найнижчому значенні, як і раніше, активний. Тобто в крайньому положенні «нуль» датчик, як і раніше, видає сигнал 4мА і якщо значення коли-небудь переходить у 0мА, то з приладом явно щось не так. Цього не можна сказати для датчиків з виходом 0-10 В, оскільки значення нуль вольт може означати як нульове положення, так і те, що Ваш датчик просто перестав функціонувати.

Особливості датчиків ТСПУ-002

- мінімальна довжина монтажної частини – 60мм;
- струм споживання, не більше – 40мА;
- напруга живлення постійного струму – (20..28);
- матеріал захисної арматури – 12Х18Н10Т;
- зв'язок перетворювача з вимірювальною апаратурою – гальванічний;
- ступінь захисту корпусу – IP54.

Вторинним приладом для індикації та передачі значення температури використано ТРМ200 фірми Овен рис. 2.4.



Рис.2.4. Вимірювальний перетворювач ТРМ200

ТРМ200 – двоканальний вимірювач, що застосовується для вимірювання температури, рівня, тиску, вологості, ваги та інших фізичних параметрів теплоносіїв в різних середовищах (залежно від підключених датчиків). Вимірювальний прилад ТРМ200 має широкий спектр використання. Вимірювальний прилад випускається в корпусах 4-х типів: настінних Н, Н2 та щитових Щ1, Щ2.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

Функціональні можливості ТРМ200

1. Наявність двох універсальних входів для підключення широкого спектра датчиків. Входи забезпечують можливість підключення різних типів датчиків.
2. Наявність функції цифрової фільтрації та корекції вхідного сигналу, а також масштабування шкали для аналогового входу.
3. Обчислення різниці вимірюваних величин.
4. Індикація поточних значень виміряних величин та їх різниці на двох вбудованих 4-х розрядних світлодіодних цифрових індикаторах.
5. Обчислення та індикація квадратного кореня із вимірюваної величини (наприклад, для вимірювання миттєвої витрати)
6. Вбудований інтерфейс RS-485 (протокол OVEN, Modbus ASCII/RTU)
7. Передбачено різні рівні захисту налаштувань приладу для різних груп спеціалістів.
8. Конфігурування вимірювача-регулятора здійснюється на ПК або з лицьової панелі приладу.

Тиск

Для вимірювання тиску в ЦКТ було використано цифровий перетворювач тиску DSP-01 фірми Гремпис.



Рис.2.5. Цифровий перетворювач тиску DSP-01

					Кваліфікаційна робота	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Перетворювач DSP-01 призначений для безперервного перетворення тиску (абсолютного чи надлишкового) або різниці тисків середовища в уніфікований вихідний сигнал постійного струму 4-20 мА. Перетворювач має герметичний захищений металевий корпус і цифровий дисплей який у реальному часі показує значення тиску середовища. Перетворювач оснащено цифровим HART інтерфейсом, що дозволяє отримувати дані про параметр як у аналоговому (4-20мА) так і у цифровому вигляді по тій самій дводротовій лінії.

Основні характеристики DSP-01

- Вихідний сигнал постійного струму 4-20 мА;
- Виконання: надлишковий, абсолютний, різниця тисків, розрідження;
- Діапазон вимірювань тиску: від 0 до 25 МПа (на замовлення);
- Клас точності перетворювачів: 0,25 (на замовлення від 1,5 до 0,1);
- Споживана потужність: не більше 1,0 ВА;
- Ступінь захисту корпусу IP54;
- Живлення від 12 до 36 В;
- Цифровий HART інтерфейс.

Рівень

В зв'язку з тим, що вільний простір для піни в ЦКТ повинен становити не менш 18-25% від обсягу початкового сула, а також рівень потрібно вимірювати в ємності під тиском, тому для вимірювання рівня був використаний диференційний манометр для гідростатичного методу вимірювання рівня.

Гідростатичні прилади займають важливе місце при вимірюванні густини та рівня агресивних розчинів та речовин, що швидко кристалізуються, і застосовується, в більшості, для вимірювання густини та рівня речовин під тиском, які знаходяться в ємностях.

Принцип вимірювання рівня рідини у цих приладах базується на вимірюванні тиску, який утворюється стовпом рідини. Загальне рівняння для тиску Р стовпа рідини, має вигляд:

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

$$P = \rho * g * H \text{ [Па]}, \quad (2.1)$$

де ρ - густина рідини, кг/м³; H – висота стовпа рідини (рівень), м; g – прискорення вільного падіння, м/с².

В залежності від того, який із двох параметрів підтримують постійним в приладі, розрізняють: густиноміри, в яких $H = \text{const}$, та рівнеміри, в яких, відповідно, $\rho = \text{const}$. Оскільки нам потрібно виміряти рівень, тому константою в нашому випадку буде ρ - густина рідини.

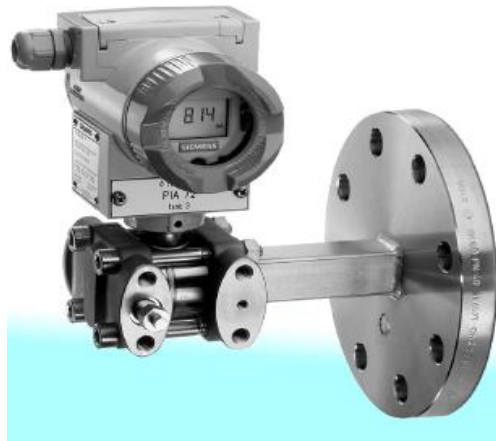


Рис.2.6. Вимірювальний перетворювач SITRANS P, серія DS III

SITRANS P, серія DS III з двопровідною схемою виробництва фірми Siemens. Вихідним сигналом є постійний струм від 4 до 20 mA, який лінійно-пропорційний вхідному тиску. Переваги та технічні характеристики приладу детально наведені в розділі №4 даної кваліфікаційної роботи. Креслення встановлення технічних засобів наведена в графічній частині кваліфікаційної роботи на кресленні №3. Там наведені монтажні розміри та габаритні креслення Sitrans P DS III.

Кислотність

В моїй роботі особлива увага приділена якості готової продукції та відповідно контроль якості на проміжних ділянках. Для цього максимально проведено заміну з лабораторних методів вимірювання на автоматичні потокові датчики. Параметри якісного складу продукту такі як кислотність, освітленість, відсоток сухих речовин в пивному суслі та інші.

Для вимірювання кислотності пивного сусла було обрано комплект, який

					Кваліфікаційна робота	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

складається з електрода рН метра та цифрового багатопараметричного перетворювача рис. 2.7 – 2.9.

Електрод CPS77E – це цифровий датчик для гігієнічних застосувань, нечутливий до бактерій із високостабільним гелем гарантує точні вимірювання. Електрод, що не б'ється, витримує стерилізацію парою та автоклавування, забезпечує високу безпеку продукту. Завдяки технології Memosens 2.0 датчик має збільшений обсяг внутрішньої пам'яті для зберігання даних, що дає змогу вживати профілактичних заходів. Попереднє калібрування в лабораторії та швидка заміна датчика на місці максимально збільшують час безвідмовної роботи.



Рис.2.7. Електрод CPS77E рН метра

Переваги

1. Датчик з технологією Memosens 2.0 має збільшений обсяг внутрішньої пам'яті для зберігання даних калібрування та параметрів процесу, що дає можливість стежити за динамікою стану обладнання, вчасно вживати профілактичних заходів та користуватися розширеним спектром можливостей IoT.
2. Корпус датчика РЕЕК, що не б'ється, забезпечує високу безпеку продукту в умовах, коли пошкодження скла неприпустима.

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

3. За рахунок сертифікованої біосумісності матеріалів та відповідності фармацевтичним вимогам (опція Pharma CoC) цей датчик захистить якість вашої продукції.

4. Датчик витримує очищення в автоклаві та стерилізацію гарячою парою, забезпечуючи довгострокові стабільні вимірювання.

5. Низькі експлуатаційні витрати: технологія ISFET нечутлива до коливань температури та практично не дає кислотних або лужних помилок, що дозволяє збільшити інтервали між калібруванням.

6. У шість разів більш висока стабільність до СІР порівняно із звичайними ISFET датчиками вимірювання рН забезпечує більш тривалий термін служби, навіть коли датчик зазнає очищення на місці.

7. Максимальна безпека процесу: безконтактне індуктивне передавання сигналу усуває всі проблеми, пов'язані з вологістю або корозією.

Сигнал від електрода передається на вторинний перетворювач з цифровою індикацією, електрод з вторинним блоком з'єднаний між собою спеціальним кабелем і має різну довжину.

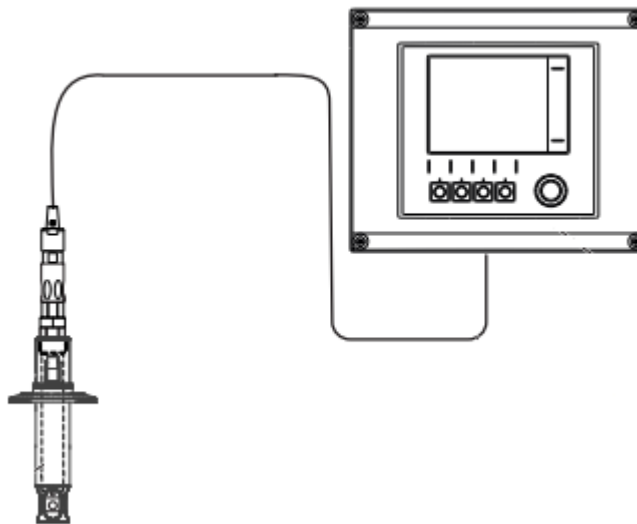


Рис.2.8. Комплект для вимірювання кислотності від Endress+Hauser

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39



***Рис.2.9. Вторинний перетворювач для визначення кислотності
Liquiline CM444***

Liquiline CM444 - цифровий багатопараметричний перетворювач для контролю та управління процесами у всіх галузях. У будь-який час можна збільшити кількість модулів відповідно до потреб. 4-канальний контролер забезпечує економію часу та грошей за рахунок ефективної системної інтеграції, простоти управління та зменшення кількості запасних частин.

Перетворювач Liquiline CM444 має всі переваги в своєму класі: від продуманої простоти до максимальної безпеки.

Liquiline CM444 підходить для використання у всіх основних та допоміжних галузях застосування: харчова промисловість, фармацевтична галузь, енергетична, хімічна промисловість, водоочищення та водовідведення.

Liquiline CM444 підтримує всі стандартні протоколи та інтерфейси зв'язку:

- 0/4...20 мА;
- HART;
- PROFIBUS DP;
- Modbus RS485/RTU;
- PROFINET;
- Modbus TCP;
- EtherNet/IP;
- Веб-сервер.

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

Перетворювач може бути доповнений модулем, сертифікати вибухозахисту якого (IECEx, ATEX та CSA) дозволяють підключати датчики, встановлені у вибухонебезпечних зонах.

Переваги

1. Продумана простота. Просте та безпечне введення в експлуатацію.
2. Єдиний контролер для всіх параметрів та областей застосування, інтуїтивно зрозумілий інтерфейс користувача, автоматичне розпізнавання датчиків, оперативне підключення попередньо відкаліброваних датчиків Memosens за принципом "plug & play".
3. Висока гнучкість.
4. Універсальні модулі для всіх параметрів дозволяють мінімізувати склад запасних частин та розширювати систему до 8 каналів у будь-який час.
5. Системна інтеграція.
6. Унікальний набір стандартів зв'язку забезпечує підключення до будь-яких розподілених систем керування.
7. Збереження конфігурації на картці SD дозволяє швидко виконувати встановлення однакових приладів.
8. Дистанційний контроль процесу. Вбудований веб-сервер дозволяє оператору віддалено переглядати дані діагностики, виконувати конфігурування або отримати доступ до параметрів приладів через будь-який веб-браузер, у тому числі на смартфоні.
9. Висока надійність, низькі витрати.

Освітленість (мутність)

Мутність – це зменшення прозорості речовини, спричинене наявністю нерозчинних речовин. Дана характеристика середовища не є чітко визначеною фізичною величиною, проте посилається на чітко визначений стандарт.

До прикладу, у галузі пивоваріння мутність вимірюють у одиницях ЕВС (англ. European Brewery Convention). Вимірювання мутності можна проводити

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

різними методами: від старовинного найпримітивнішого (коли шкалу з буквами різних розмірів ставили за кювету зі зразком, й найменша буква, яку ще можна було прочитати, і була мірою мутності досліджуваної речовини) до сучасних, більш точних методів, наприклад, за допомогою розсіяння світла. Прилад аналізує світло, яке розсіялося під кутами 90° (для виявлення наявності маленьких частинок), 25° (для виявлення великих частинок) та 0° (для компенсації кольору зразка). Аналіз мутності дає інформацію про ефективність проведення фільтрацій, а також застосовується для визначення якості продукції у різних галузях промисловості.



а) сенсор



б) комплект у складі з сенсором та вторинним перетворювачем

Рис.2.9. In-line турбідиметр Sigrist TurBiScat

Технічні характеристики

Таблиця 2.1.

Принцип вимірювання	Вимірювання розсіяного світла 90°/25° при 650 nm (додаткове вимірювання кольору при 430 nm)
Діапазон вимірювання	2 .. 100 ЕВС помутніння
Кількість каналів	8, вільно налаштовується
Довжина хвилі	650 nm
Точність	0,001 ЕВС каламутність
Лінійність	± 0,5 % від кінцевого значення діапазону вимірювання (повна шкала)
Температура навколишнього середовища	-20 .. 50 °C

2.3. Схема автоматизації

Схема автоматизації (СА) наведена на кресленні №1 графічної частини кваліфікованої роботи, на якому схематично умовними зображеннями показують: технологічне устаткування, комунікації, органи керування і засоби автоматизації із зазначенням зв'язків між технологічним устаткуванням і засобами автоматизації, а також зв'язків між окремими функціональними блоками та елементами автоматики.

СА призначена для визначення основних схем контролю і регулювання основних технологічних параметрів об'єкта. Схема автоматизації процесу бродіння та фільтрації пива складається з контурів контролю, регулювання температури, тиску, рівня, вмісту CO₂ та якісних показників таких як кислотність, відсоток сухих речовин та освітленості (мутність) пива.

Контур регулювання температури

Температура вимірюється в конічній частині ЦКТ і регулюється у верхній частині ЦКТ. Виміряний за допомогою первинного вимірювального перетворювача ТСПУ-002 (3а, 6а) у складі з платиновим термометром опору рt100, сигнал від датчика передається на вторинний перетворювач ТРМ200 (3б, 6б). Далі уніфікований вихідний сигнал передається від датчика до модуля аналогового входу контролера, де сигнал обробляється в програмі, і якщо є розузгодження, то управляючий сигнал подається на електропневматичний перетворювач TRP-8 (3в), де з 4-20 мА перетворюється в пропорційний уніфікований пневматичний сигнал 20-100 кПа, який у свою чергу подається на пневмопривід з клапаном SRN (3г), який регулює подачу холодоагенту в рубашку ЦКТ.

Контур контролю тиску

Вимірювання та контроль тиску відбувається в ЦКТ. Виміряний за допомогою цифрового перетворювача тиску DSP-01-G (5а) уніфікований сигнал передається від датчика на модуль аналогового входу контролера та на автоматизоване робоче місце АРМ, де відбувається індикація, реєстрація та сигналізація критичних значень даного параметру.

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

Контур регулювання рівня

Вимірювання та регулювання рівня відбувається в ЦКТ. Враховуючи викладені в розділі 1 технологічні особливості, було обрано гідростатичний метод вимірювання рівня та реалізовано за допомогою мікропроцесорного вимірювального перетворювача Sitrans P DS III (2а, 2б), сигнал передається від датчика до модуля аналогових входів контролера, де сигнал обробляється в програмі, і якщо є розбіжність із заданим значенням, вихідний управляючий сигнал подається на електропневматичний перетворювач TRP-8 (2в), де з 4-20 мА перетворюється в пропорційний уніфікований пневматичний сигнал 20-100 кПа, який у свою чергу подається на пневмопривід з клапаном SRN (2г), який регулює подачу пивного суслу в ЦКТ.

Контур контролю кислотності

Контроль кислотності пивного суслу реалізовано за допомогою комплексу, який складається з рН електрода CPS77E (1а) та цифрового багатопараметричного перетворювача для кислотності Liquiline CM444 (1б), що перетворює сигнал з первинного датчика (електрода) в одиниці рН. Далі сигнал надходить на вхідний аналоговий модуль контролера та АРМ, де здійснюється індикація, реєстрація та сигналізація даного параметру.

Контур регулювання вмісту CO₂

Контроль регулювання вмісту CO₂ в добродженому пиві проводиться за допомогою високоточного датчика для контролю рівня вуглекислого газу СТН-370 (4а, 4б). Сигнал передається від датчика до модуля аналогових входів контролера, де сигнал обробляється в програмі, і якщо є розбіжність із заданим значенням, вихідний управляючий сигнал подається на електропневматичний перетворювач TRP-8 (4в), де з 4-20 мА перетворюється в пропорційний уніфікований пневматичний сигнал 20-100 кПа, який у свою чергу подається на пневмопривід з клапаном SRN (4г), який регулює відведення CO₂ з ЦКТ.

Контур регулювання відсотку сухих речовин

Контроль концентрації сухих речовин в пиві проводиться за допомогою промислового рефрактометра для вимірювання низькоконцентрованих зразків

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
						44
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

в потоці з великою точністю. Комплект складається з вимірювального блоку та блоку відображення інформації PRM-2000 Alpha (позиція 7а, 7б). Сигнал передається від датчика до модуля аналогових входів контролера, де сигнал обробляється в програмі, і якщо є розузгодження, вихідний управляючий сигнал подається на електропневматичний перетворювач TRP-8 (7в), де з 4-20 мА перетворюється в пропорційний уніфікований пневматичний сигнал 20-100 кПа, який у свою чергу подається на пневмопривід з клапаном SRN (7г), який регулює клапан зливу нефільтрованого пива з ЦКТ.

Контур контролю освітленості (мутності)

Вимірювання освітленості (мутності) пива після фільтрації вимірюємо за допомогою In-Line мутноміра для визначення відсотку освітленості в одиницях ЕВС та кольору рідини TurBiScat (8а, 8б). Далі сигнал надходить на вхідний аналоговий модуль контролера та АРМ, де здійснюється індикація, реєстрація та сигналізація даного параметру.

Управління двигунами М1 і М2 для насосів подачі продукту здійснюється через магнітні пускачі (КМ1, КМ2) та станції перемикання з ручного та автоматичного режиму роботи.

2.4. Специфікація засобів автоматизації

Таблиця 2.2.

№ п. п.	№ Позиції за схемою	Найменування і технічна характеристика виробу	Тип, марка	К-ть, шт.	Примітка
1	1а	pH електрод для харчової промисловості. Діапазон вимірювання 0...14 од., робоча тем-ра -15..+135°C	CPS77E	1	Endress+Hauser
2	1б	Цифровий багатопараметричний перетворювач для кислотності. 1-4 цифрових входів. Вих. сигнал 4-20мА. Протокол Hart, Profibus DP/	Liqui-line CM444	1	Endress+Hauser
3	2а, 2б	Мікропроцесорний вимірювальний перетворювач з двопровідною схемою. Діапазон вимірювання: 0,025-5бар. Вих. сигнал 4-20мА. Протоколи: HART, Profibus.	Sitrans P, серія DS III	1	Siemens

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

№ п. п.	№ Позиції за схемою	Найменування і технічна характеристика виробу	Тип, марка	К-ть, шт.	Примітка
4	3а, 6а	Платиновий термометр опору. Діапазон вимірювання -50..+500°С. Вих. сигнал 4-20МА.	ТСПУ-002	2	Регмік
5	3б, 6б	Двухканальний вимірювач. Вих. сигнал: 4-20 МА. Інтерфейс RS485, Modbus.	TRM200	2	Овен
6	4а, 4б	СО ₂ монітор для контролю рівня вуглекислого газу. Діапазон 0-5000ppm (мг/л). Час відгуку 1-10с. Вих. сигнал 4-20МА. Живлення 24В.	СТН-370	1	Ezodo
7	5а	Цифровий перетворювач призначений для безперервного вимірювання абсолютного чи надлишкового тиску. Діапазон вимірювання 0..25МПа. Вих. сигнал 4-20МА. Клас точності 0,25. HART протокол.	DSP-01-G	1	НВП Гремпис
8	7а, 7б	Промисловий рефрактометр для вимірювання низькоконцентрованих зразків в потоці з великою точністю. Комплект в складі вимірювального блоку та блоку відображення інформації. 0-100% Вгіх. Вих. сигнал 4-20МА.	PRM-2000 Alpha	1	АТАГО
9	8а, 8б	In-Line мутномір для визначення відсотку освітленості. Діапазон вимірювання 2-100 ЕВС. Вих. сигнал: 4- 20 МА.	Tur BiScat	1	Sigrist
10	2в, 3в, 4в 7в	Електропневмо перетворювач. Макс. тиск 8 бар. Вх. сигнал 4-20МА, вих. сигнал 20-140 кПа.	TRP-8	4	Camozzi
11	2г, 3г, 4г, 7г	Пневмопривід з односторонньою дією. Робочий тиск - 5,6 бар, максимальний 8 бар.	SRN001 5401S	4	Camozzi
12	КМ1, КМ2	Магнітний пускач. 3-х і 4-х полюсний виконання, струмові номінали від 9 до 630А, вбудована пара додаткових контактів 1НВ+1НЗ, котушки управління на різну напругу від 24 до 415В змінного струму і від 24 до 110 В постійного струму .	SCM/SC G	1	SIGMA

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

Розділ 3

СХЕМИ ПІДКЛЮЧЕННЯ ДАТЧИКІВ ТА ВМ ДО ПЛК

3.1. Проектне компонування мікропроцесорного контролера

В кваліфікаційній роботі використовується мікропроцесорних контролер фірми Schneider Electric, які останнім часом широко використовуватись вітчизняними інжиніринговими фірмами при розробці та впровадження систем автоматизації в різних галузях промисловості. Концерном Schneider Automation випускається велика гама ПЛК, які умовно поділяють на дві гілки. До першої гілки відносять ПЛК Modicon TSX Nano, Modicon TSX Micro, Modicon TSX Premium, а до другої- Modicon TSX Quantum.

Конструктивно Modicon M340 може складатись з таких основних елементів (рис.3.1):

1. Шасі, на яких встановлюються модулі.
2. Модуль живлення, який обов'язково повинен бути присутнім в кожному шасі, і який встановлюється на спеціально відведеному місці у шасі.
3. Модуль розширення для контролерів побудованих на базі декількох шасі.
4. Кабелі розширення BusX, що з'єднує модулі розширення на суміжних шасі.
5. Термінуючі резистори в кінцевих модулях розширення архітектури M340.
6. Процесорний модуль, який обов'язково розміщується в посадочному місці з номером 00 у шасі, яке має номер 0.
7. Модулі вводу/виводу та модулі спеціального призначення, які розміщуються в будь-якому посадочному місці.

					Кваліфікаційна робота			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Навроцький Н.А.			Розробка системи автоматизації процесу дродіння та фільтрація пивного сусла	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Смітюх Я.В.					47	9
Секр. Е.К.		Проскурка Є.С.				НУХТ, АК-4-1		
Зав.кафедри		Смітюх Я.В.						

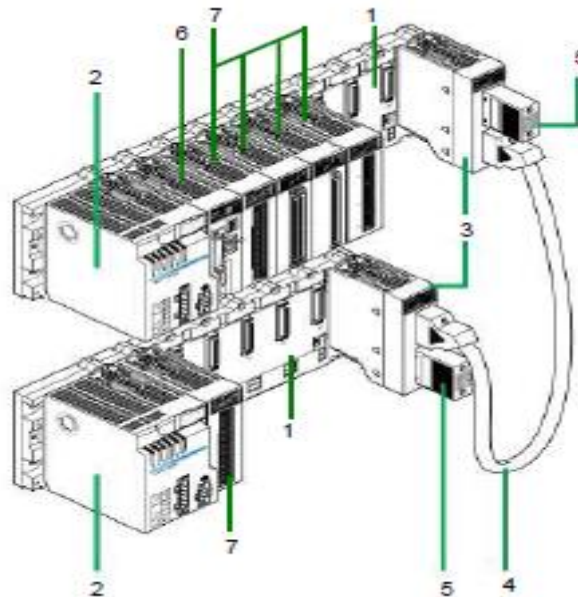


Рис. 3.1. Будова промислового контролера M340

Процесорні модулі M340 відрізняються функціональними можливостями, швидкістю обробки інструкцій, кількістю входів/виходів, які може обробляти контролер, кількістю спеціальних каналів, об'ємом доступної оперативної пам'яті та вбудованими в модуль ЦПУ комунікаційними засобами.

У кожному процесорному модулі M340 є вбудований USB-інтерфейс, який призначений для підключення терміналу програмування (комп'ютер зі встановленим UNITY PRO), а також для з'єднання зі операторськими станціями з встановленим програмним забезпеченням SCADA/HMI, а також з операторськими панелями. Для цього можна використати спеціальний екранований кабель, який поставляється у комплекті з процесорним модулем M340, або стандартний USB кабель з роз'ємом mini B. У будь якому випадку довжина кабелю не може перевищувати 5 м.

У спеціальному слоті розміщується SD-карта пам'яті. На карті, що входить у комплект стандартної поставки M340 (об'ємом 8 Мбайт), зберігаються загрузочний проект, вбудовані діагностичні Web-сторінки, а також при необхідності вихідний код проекту, константи та діалогові таблиці. Альтернативний варіант – використання карти обсягом 128 Мб, з підтримкою збереження даних користувача з прикладної програми, а також файлових операцій через FTP Сервер. Кожний процесорний модуль може вміщувати один

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

або два вбудовані комунікаційні канали з комбінації: послідовний Modbus Serial RS-232/RS- 485, Ethernet TCP/IP та CANOpen. Крім функцій обміну з іншими пристроями системи, Modbus RTU (Serial) та Modbus TCP/IP (Ethernet) забезпечують доступ терміналу програмування UNITY PRO до контролера.

Споживана потужність, яка необхідна для модулів, встановлених на монтажному шасі, залежить від типу даних модулів. Тому для того щоб вірно вибрати модуль живлення, який забезпечить необхідне споживання необхідно проводити розрахунок енергоспоживання. Живлення модулів по шасі проводиться через два виходи модуля живлення 24 В (24V_BAC) та 3,3 В (3V3_BAC). Вихід 24V_BAC використовується для живлення встановлених на монтажному шасі модулів входів-виходів та процесорного модуля, а вихід 3V3_BAC використовується тільки для живлення модулів входів-виходів.

Модулі живлення, що живляться напругою 100...240VAC (BMX CPS 2000 та BMX CPS 3500), додатково мають зовнішній вихід 24 В (24V_SENSORS), який можна використати для живлення датчиків або виконавчих механізмів.

Модулі дискретних входів/виходів M340 являють собою стандартні модулі, які займають один слот. Ці модулі відрізняються за типом каналів (вхідні, вихідні, змішані), за кількістю каналів, за типом вхідних та вихідних каналів і за способом підключення. Ці модулі можна встановлювати у будь-яке посадочне місце шасі, окрім місця для живлення (PS) та процесорного модуля. Дозволяється гаряча заміна модулів (при включеному живленні).

Дискретні модулі можуть мати входи/виходи постійного струму (DC) на 24 VDC та 48 VDC з позитивною (sink) або негативною (source) логікою підключення, або змінного струму (AC) на 100-240 VAC.

Доступні модулі з транзисторними або релейними виходами. Виходи можуть бути захищені від короткого замикання. Всі дискретні входи та виходи ізолювані від внутрішньої шини.

Модулі аналогових входів/виходів M340 являють собою стандартні модулі, які займають один слот. Як і дискретні модулі, аналогові відрізняються

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
						49
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

за типом каналів (вхідні, вихідні, змішані), за кількістю каналів, за характеристикою і діапазоном сигналів (напруга, струм, термометри опору, тощо), наявністю гальванічного розподілення і за способом підключення. Ці модулі можна встановлювати у будь-яке посадочне місце шасі, окрім місця для живлення (PS) та процесорного модуля. Дозволяється гаряча заміна модулів (при включеному живленні).

Аналогові вхідні модулі Modicon M340 виконують наступні функції:

- сканування вхідних каналів різного діапазону за допомогою безконтактного мультиплексування;
- аналогово-цифрове перетворення;
- фільтрація сигналів;
- моніторинг модуля: тестування ланок перетворення, вхідний контроль перевищування рівня сигналу, тест наявності клемної колодки.

Модулі аналогових виходів виконують функції:

- цифро-аналогове перетворення;
- захист каналів модулів від перевантаження;
- моніторинг модуля: тест перетворення, тест виходу за межі, тест наявності клемної колодки.

Реалізація алгоритму управління процесом бродіння та фільтрації пива потребує:

- Дискретні виходи 2;
- Аналогові входи 8;
- Аналогові виходи 4.

Контролер Modicon M340 модульного типу. На першому місці модуль живлення, далі процесорний модуль, наступними йдуть модулі аналогових входів та аналогових виходів, закривають компоновку дискретні входи та виходи.

В кваліфікаційній роботі наш ПЛК компонуємо відповідно до необхідної кількості аналогових та дискретних сигналів за допомогою Unity Pro з наступних модулів (рис. 3.2):

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

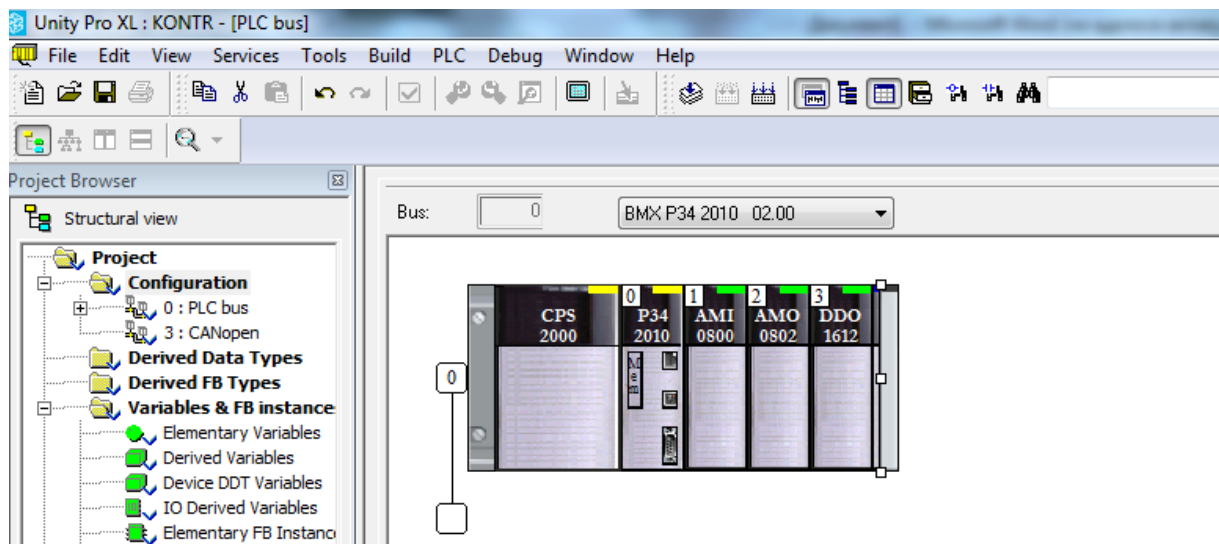


Рис. 3.2. Компонування контролера Modicon M340

Специфікація на обладнання для компонування ПЛК М340

Таблиця 3.1.

Найменування	Кількість	Примітка
BMX CPS 2000	1	Модуль живлення 100...240 VAC, 20 Вт
BMX P34 2010	1	Процесорний модуль
BMX AMI 0800	1	Модуль аналогових входів на 8 каналів
BMX AMO 0802	1	Модуль аналогових виходів на 8 каналів
BMX DDO 1612	1	Модуль дискретних виходів на 16 каналів
BMX FTB 2820	1	28 контактна з'ємна клемна колодка

Принципова схема регулювання, управління та сигналізації реалізована на кресленні №2 графічного матеріалу, де зображено підключення датчиків та виконавчих механізмів до відповідних модулів контролера. На цій схемі кожний провід промаркований (має свою нумерацію) для полегшення в підключенні. При виборі даної системи технічних засобів автоматизації було враховано структурні та алгоритмічні особливості об'єкта, умови роботи та вимоги до якості роботи проекрованої системи.

Зокрема, враховані такі вихідні дані, як локальність системи, необхідна серійність та однорідність апаратури. Також враховано невелика інерційність

об'єкта, велика частота збурень, необхідна дистанційність передачі сигналів.

Розглянувши всі переваги і недоліки сучасних систем автоматизації та вивчивши вихідні дані по даному об'єкту, нами було обрано пневматичну систему технічних засобів з урахуванням її малої інерційності, простоти живлення, а також мінімальних затрат на її впровадження.

За схемою управління електродвигунами М1 та М2 при живленні ланцюга управління фазною напругою здійснюється місцеве управління відповідними приводами.

В ручному режимі роботи електродвигуна М1 при натисканні кнопки SB1.2 (кнопка "Пуск") напруга 220 В подається на магнітний пускач КМ1, як наслідок замикається його контакт КМ1, що забезпечує блокування кнопки "Пуск", тобто при відпусканні цієї кнопки схема продовжує працювати. Це явище називається самопідхватом. Магнітний пускач, в свою чергу, і запускає двигун.

При натисканні кнопки SB1.1 (кнопка "Стоп") електричний ланцюг розривається, на магнітний пускач не надходить струм, розмикається його само підхват, електродвигун зупиняється.

При перемиканні на автоматичний режим роботи електродвигуна М1 за допомогою ключа SA1, управління відбувається дискретним виходом з промислового контролера KV1.

Двигун оснащений тепловим реле для захисту від перегріву. Отже, коли двигун перегрівається, розмикаються нормально замкнені контакти теплових реле КК1, розривається ланцюг і двигун зупиняється.

Сигналізація технологічних параметрів реалізована за допомогою SCADA програми на персональному комп'ютері АРМ.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
						52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.2. Загальна схема підключення

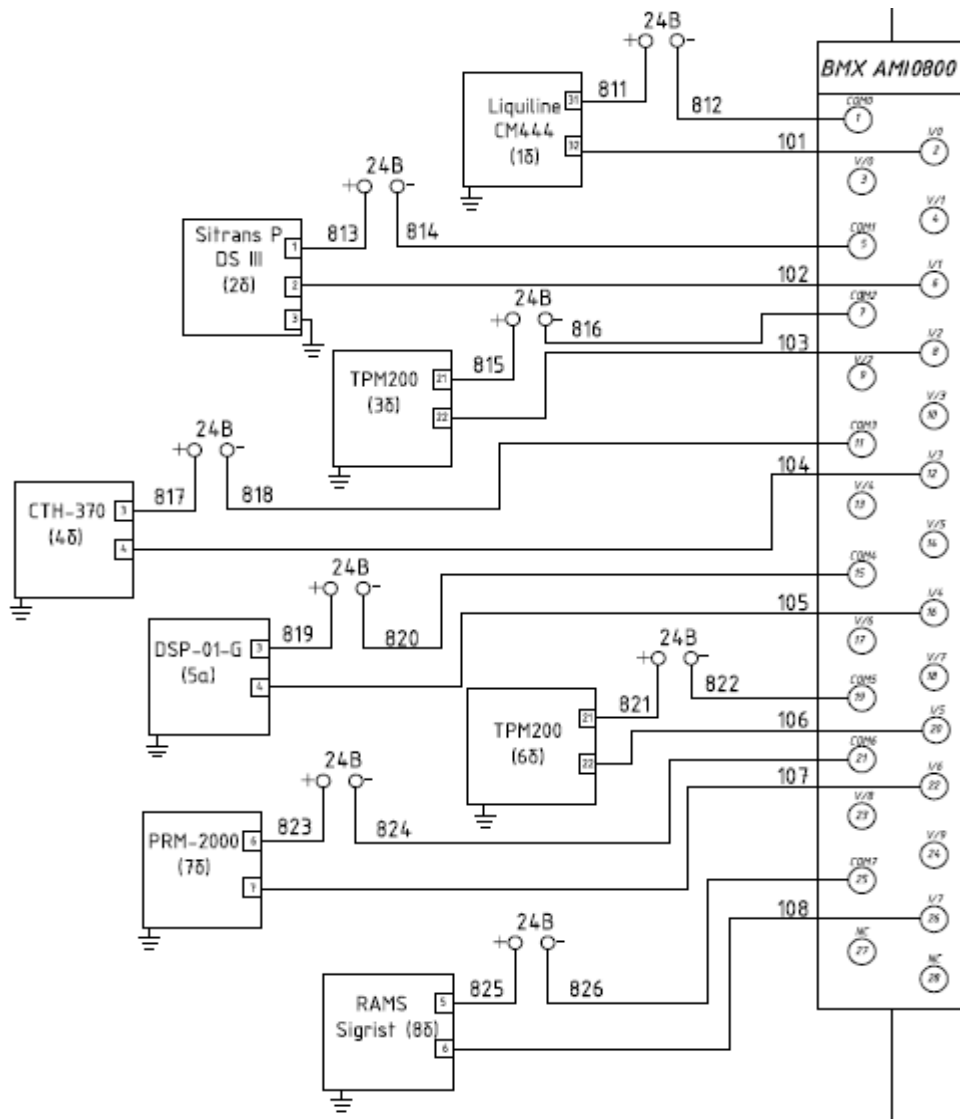


Рис.3.3. Підключення датчиків до модуля аналогових входів

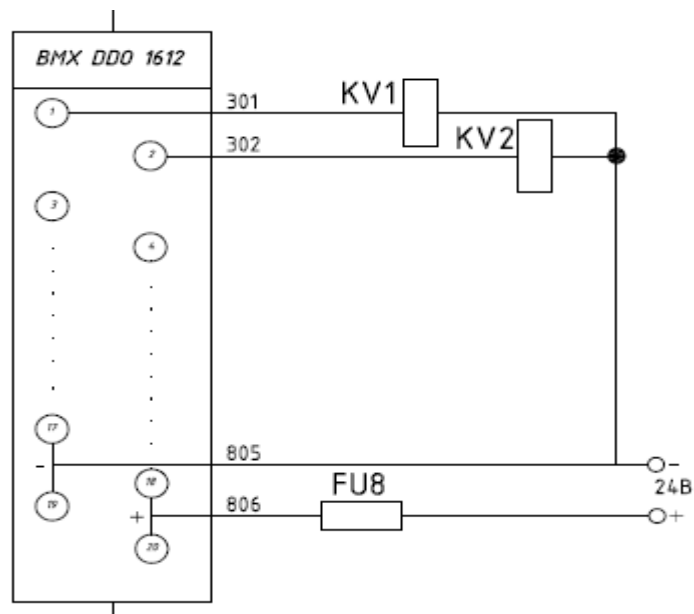


Рис.3.4. Підключення до модуля дискретних виходів

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

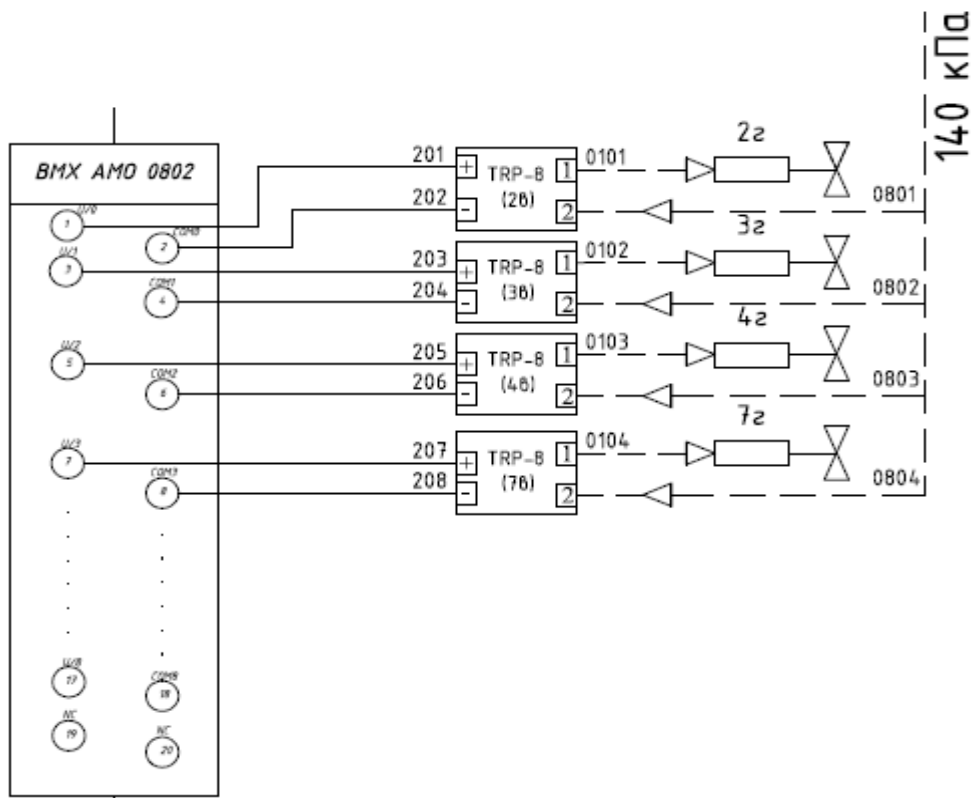


Рис.3.5. Підключення електронневно перетворювачів та виконавчих механізмів до модуля аналогових виходів

Вторинні вимірювальні перетворювачі температури, тиску, рівня, кислотності, освітленості вмісту сухих речовин підключаємо до модуля аналогових входів BMX AMI 0800 на клеми I/0..I/7. Після отримання інформації на аналоговий вхід модуля від датчиків інформація передається в центральний процесор CPU, де залежно від отриманої інформації та написаної програми обробляється, реєструється і формується керуючий вихідний сигнал і передається на модуль аналогових виходів BMX AMO 0802, де до нього на клемах U/0..U/7 підключений електронневно пневматичний перетворювач (2в, 3в, 4в, 7в), який керує пневмоприводом з клапаном (2г, 3г, 4г, 7г), що відриває чи закриває подачу, відведення чи злив продукту.

3.3. Розширені схеми підключення для окремих контурів

Розширений контур регулювання рівня в ЦКТ

Вимірювальний перетворювач тиску для гідростатичного вимірювання рівня в ємностях під тиском Sitrans P DSIII (2а, 2б) підключений до модуля аналогових входів BMX AMI 0800 на клемі I/1 та COM1. Після отримання інформації на аналоговий вхід модуля BMX AMI 0800 від датчика рівня інформація передається на центральний процесорний модуль BMX P342010, де залежно від отриманої інформації та написаної програми обробляється, реєструється і формується керуючий вихідний сигнал і передається на модуль аналогового виходу BMX AMO 0802. В свою чергу до нього на клемі U0 та COM0 підключений електропневматичний перетворювач TRP-8(2в), який керує пневматичним приводом з клапаном SRN-101 (2г), який відкриває чи закриває подачу пивного суслу в ЦКТ. Датчик Sitrans P DSIII та ЕПП додатково живляться від блока живлення. Причому деякі модулі контролера живляться як від окремого блока живлення так і від модуля живлення BMX CPS 2000.

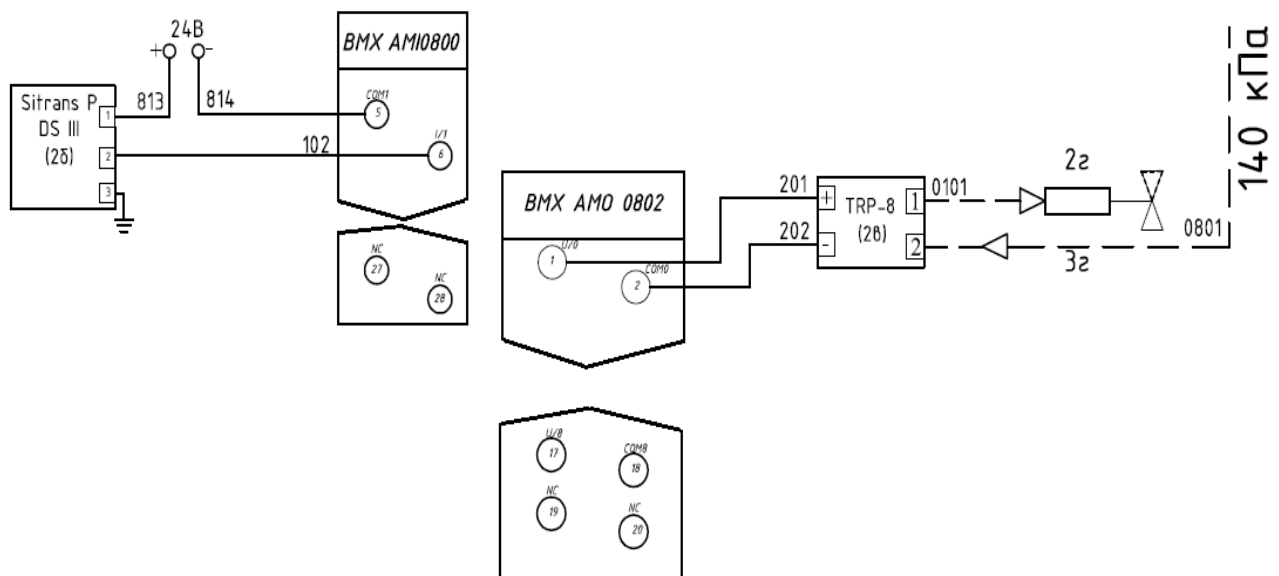


Рис.3.6. Підключення датчика рівня, ЕПП та ВМ до модулів контролера

					Кваліфікаційна робота	Арк.
						55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

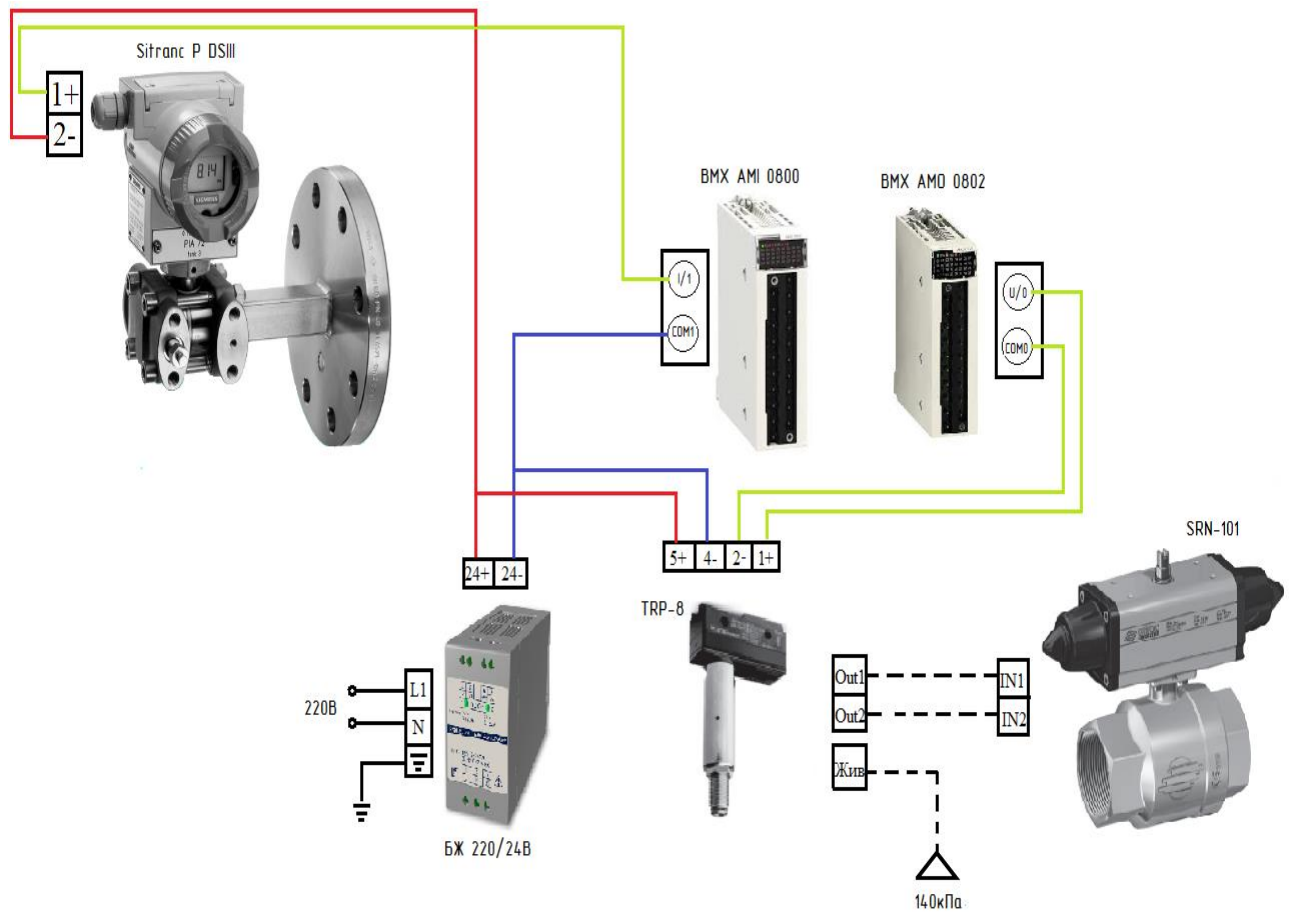


Рис.3.7. Графічне зображення підключення контуру контролю та регулювання рівня в ЦКТ

Аналогічним чином реалізовано підключення інших контурів контролю та регулювання основних та якісних параметрів процесу бродіння та фільтрації

Розділ 4

ОПИС ВСТАНОВЛЕННЯ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ

Вимірювальні перетворювачі SITRANS P, серії DS III для надлишкового тиску, абсолютного тиску, диференціального тиску, витрати та рівня, з цифровим індикатором. Є різні види вимірювальних перетворювачів SITRANS P, серія DS III, з двопровідною схемою. Вихідним сигналом є постійний струм від 4 до 20 мА, який лінійно-пропорційний вхідному тиску.

Для особливих випадків використання, наприклад для вимірювання високов'язких матеріалів, передбачені вимірювальні перетворювачі з розподільниками тиску різних конструкцій.

Програмування вимірювального перетворювача може здійснюватися на місці через три клавіші керування або зовні через HART протокол.

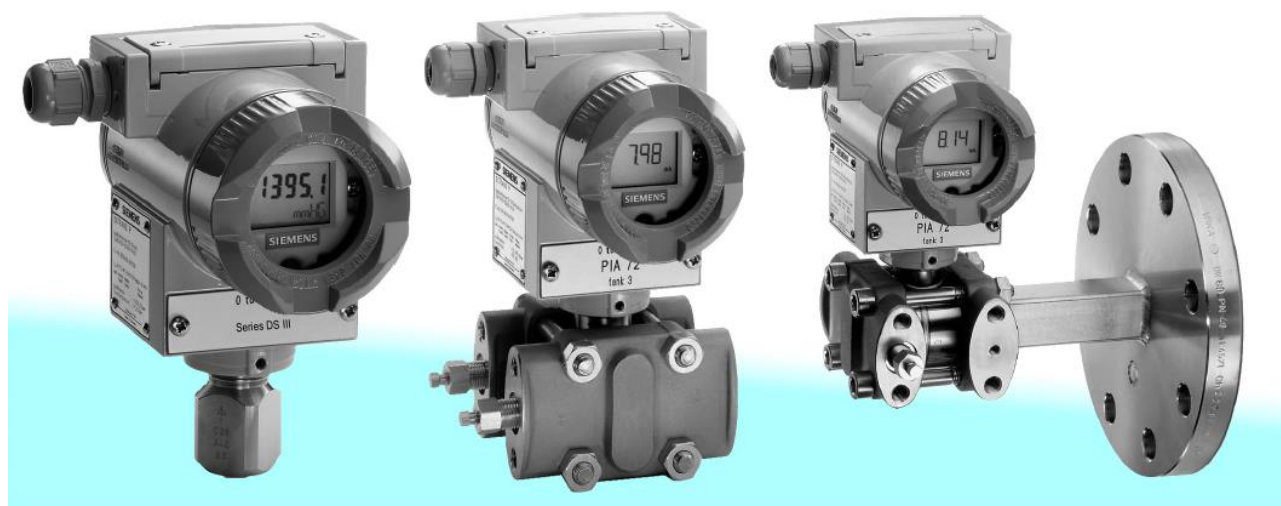


Рис.4.1. Зовнішній вигляд Sitrans P DS III

Sitrans P DS III використовується для вимірювання рівня гідростатичним методом. Вхідний тиск (гідростатичний тиск) через розділювальну мембрану на навісному фланці 2 (рис.4.2.) гідравлічно впливає на вимірювальний осередок. Виникає на вимірювальному осередку диференціальний тиск передається через розділові мембрани 3 та наповнювальну рідину 9 на кремнієвий сенсор тиску 6.

При перевищенні меж вимірювання переваантажувальна мембрана 5

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Кваліфікаційна робота			
Розроб.		Навроцький Н.А.			Розробка системи автоматизації процесу бродіння та фільтрація пивного сусла	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Смітюх Я.В.					57	4
Секр.		Проскурка Є.С.				НУХТ, АК-4-1		
Зав.кафедри		Смітюх Я.В.						

відхиляється до торкання розділової мембрани корпусу вимірювальних осередків 4, захищаючи тим самим крем'яний сенсор тиску від навантажень. Завдяки виникаючому диференційного тиску вимірювальна мембрана відхиляється. Чотири встановлені на вимірювальну мембрану за бруківкою п'єзо-опір змінюють через це свою величину опору. Ця зміна опору викликає мостову вихідну напругу, пропорційну диференційного тиску.

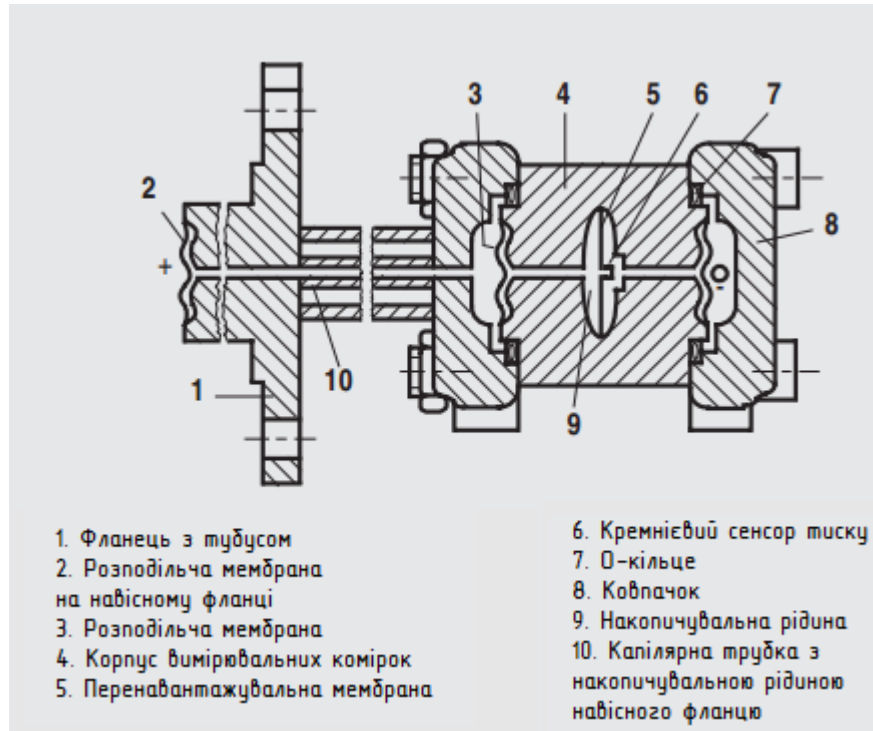


Рис.4.2. Будова первинного вимірювального перетворювача диференційного манометра Sitrans P DS III

Структурна схема вимірювального перетворювача **DS III** приведена на рис.4.3. Вхідний вимірювальний тиск, або різниця тисків, перетворюється в сенсорі **1** (тензомодулі) в електричний сигнал, який підсилюється в **2** та перетворюється в цифровий код в **АЦП 3**. Цифрова інформація опрацьовується в мікроконтролері **4** з одночасною корекцією характеристики перетворення по температурі та лінійності, і перетворюється в **ЦАП 5** в вихідний уніфікований струмовий сигнал, що об'єднується одночасно із струмом живлення. Тобто, вимірювальний перетворювач виготовляється по двопроводовій схемі живлення, яка одночасно є лінією як живлення, так і отримання уніфікованого вихідного сигналу 4-20 мА про значення тиску в об'єкті. Специфічні параметри налаштування сенсора та параметри налаштування мікропроцесорного

					Кваліфікаційна робота	Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

контролера, зберігаються в двох енергонезалежних ППЗП 6. Перший ППЗП з'єднаний з сенсором, другий – з платою електроніки. Таке розділення пам'яті дозволяє незалежну заміну сенсора та плати електроніки.

Налаштування перетворювача DS III можливе за допомогою клавіш 8 за місцем або за допомогою HART - модему 7, що дозволяє виконувати конфігурування приладу через протокол HART - специфікації.

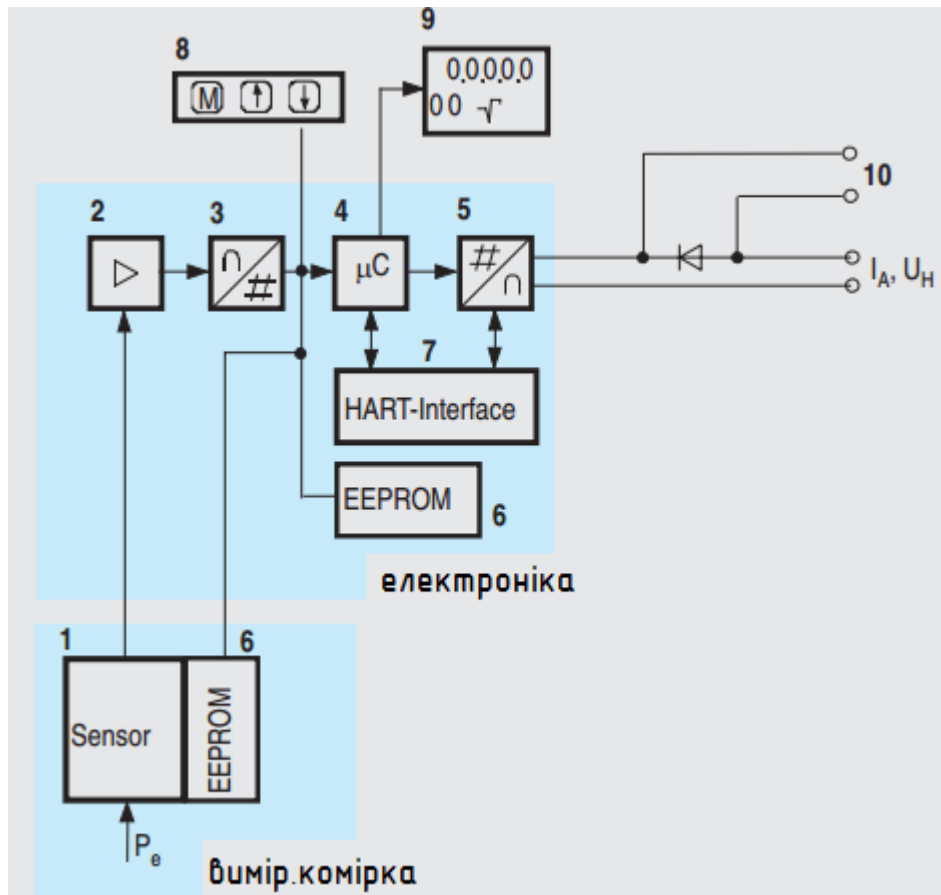


Рис.4.3. Структурна схема ПВП Sitrans DS III

Основні складові перетворювача:

1. Сенсор вимірювальної комірки;
2. Вимірювальний підсилювач;
3. Аналого-цифровий перетворювач;
4. Мікроконтролер;
5. Цифро-аналоговий перетворювач;
6. Енергонезалежна пам'ять (одна для мікроконтролера, друга для сенсора);
7. HART –інтерфейс;
8. Клавіші налаштування

9. Цифровий індикатор;

10. Діодна схема та підключення зовн. амперметра

I_A – вихідний струм;

U_H – допоміжне живлення;

P_e – вхідна величина.

При конфігуруванні (налаштуванні) перетворювача через **HART** – комунікацію, здійснюється проміжне під'єднання **HART** – модему 7 безпосередньо до його лінії живлення в два проводи та конфігурування здійснюється за допомогою ноутбука або PC-комп'ютера рис. 4.4.

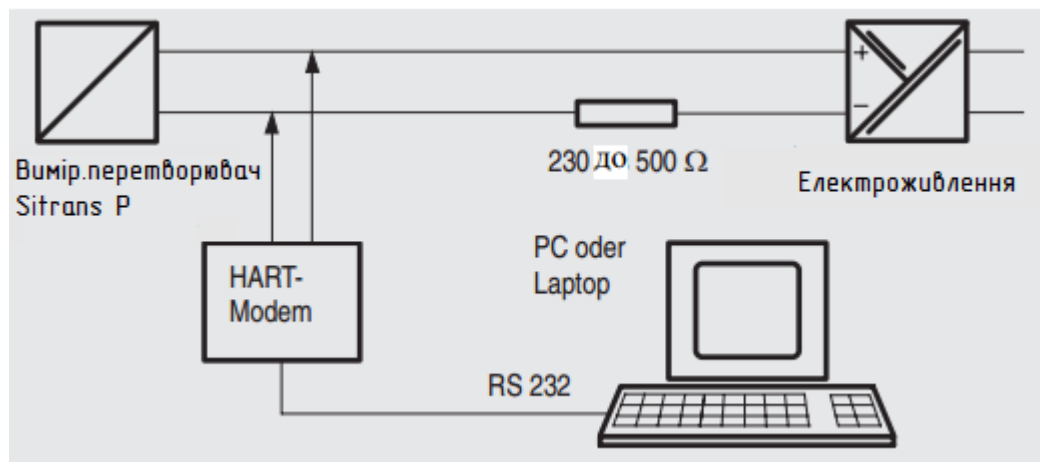


Рис.4.4. Комунікація Sitrans P DS III та PC

Технічні характеристики Sitrans P DS III

Таблиця 4.1.

Параметр	Значення
Вхід	Вимір-на величина рівень
Діапазон вимір-ня	25 mbar до 5 bar
Вихідний сигнал	4 до 20 mA
Точність вимір-ня	$\leq 0,15 \%$
Умови монтажу	Задається фланцем
Зовнішні умови	-40 до +85 °C
Наповнювач вимір.комірки	Силіконове масло
U_H	DC 10,5 до 45 V
Кліматичний клас	IP 54

Креслення встановлення технічних засобів наведена в графічній частині кваліфікаційної роботи на кресленні №3. Там наведені монтажні розміри та габаритні креслення Sitrans P DS III.

Наведемо наступні розяснення до наведеного матеріалу кресленні №3

1. Підключення до процесу: мінусова сторона 1/4-18 NPT (DIN 19213).
2. Заглушки.
3. Електричне з'єднання:
 - різьбове з'єднання PG13,5 (адаптер) (тільки DS III)²⁾³⁾
 - різьбове з'єднання M20x1,5
 - різьбове з'єднання 1/2-14NPT або штепсель Nap 7D/Nap 8U (для DSIII)²⁾³⁾ або штепселя PROFIBUS M12 (для DS III PA)
4. Сторона з'єднання.
5. Сторона електроніки, цифровий індикатор (велика довжина біля кришки з оглядовим вікном).
6. Захисний кожух клавіш керування.
7. Монтажний куточок.
8. Заглушки з вентиляем.
9. Запобіжний куточок гвинтової кришки (тільки для герметичного кожуха, не показаний на малюнку).
 - 1) Передбачити додатково близько 20мм (0,79 дюйма) довжини різьблення.
 - 2) Не для типу вибухозахисту "вибухонепроникний корпус".
 - 3) Не для типу вибухозахисту "FM + CSA {is + xp}".
 - 4) 92 мм (3,63 дюйма) мін. відстань для обертання без індикатора.
 - 5) Для PG13,5 з адаптером близько 45 мм (1,77 дюйма).

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

Розділ 5

ОПИС СПЕЦІАЛЬНОГО ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ МІКРОПРОЦЕСОРНОГО КОНТРОЛЕРА (АЛГОРИТМ ТА ПРОГРАМА ДЛЯ ПЛК)

На сьогоднішній день для програмування контролерів Modicon Quantum, Premium, Atrium та M340 використовується єдине програмне забезпечення UNITY PRO. Цей інструментарій дає користувачу такі можливості:

1. Створення апаратної конфігурації та програми користувача для контролерів Modicon, а саме:

- використання мультизадачного режиму: одна MAST, одна FAST, декілька EVT, одна AUX (тільки для QUANTUM та PREMIUM);
 - використання 5-ти мов програмування згідно стандарту MEK 61131-3: LD, ST, IL, FBD, SFC;
 - поділу програми користувача на секції (Section), кожна з яких може бути написана на різних мовах програмування MEK;
 - використання підпрограм (SR);
 - функціональне структурування проекту користувача;
 - доступу до великої бібліотеки функцій та функціональних блоків (FFB), які доступні на будь якій мові програмування;
 - створення функціональних блоків користувача (DFB);
 - використання поряд з локалізованими (located, прив'язаними до конкретної комірки пам'яті) та нелокалізованих (unlocated, не прив'язаних до конкретної комірки) даних;
 - використання масивів, структурних типів користувача;
2. Відлагодження програми користувача, а саме:
- використання програмного емулятору (simulator) контролера з

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Кваліфікаційна робота			
Розроб.		Навроцький Н.А.			Розробка системи автоматизації процесу бродіння та фільтрація пивного сусла	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Смітюх Я.В.					62	4
Секр. Е.К.		Проскурка Є.С.				НУХТ, АК-4-1		
Зав.кафедри		Смітюх Я.В.						

підтримкою більшості функцій UNITY та можливості доступу з інших програмно-технічних засобів до нього по Modbus/TCP;

- анімації змінних безпосередньо в редакторах за допомогою кольору, відображення числових та текстових значень;

- управління та контролю змінних за допомогою таблиць анімацій (Animation Table);

- перегляду стану кроків мови SFC;

- використання точок переривання (Break Point), покрокового виконання програми, точки спостереження (Watch point);

- зміни програми користувача в режимі виконання контролером програми управління.

3. Експлуатації та обслуговування, а саме:

- створення та використання графічних сторінок (Operator Screens) з анімацією технологічного процесу (подібно засобам HMI);

- використання вбудованих діагностичних засобів для контролю стану будь якої частини контролера;

- використання вбудованого вікна тривоги Alarm Viewer для перегляду стану діагностичного буферу контролера;

4. Автоматичного створення документації по проекту.

5. Імпорту та експорту частин проекту в форматі *.XML для можливості їх використання в інших програмних засобах.

Програма користувача може оперувати локалізованими та нелокалізованими даними. Розміщення *локалізованих даних (located data)* у пам'яті наперед визначене, що дає можливість звернутися до них за адресою.

При створенні змінних, можна вказати комірку розміщення даних для неї в конкретній області, що дає можливість оперувати з локалізованими даними не за адресою, а за символічним ім'ям змінної. Процес прив'язки змінних до конкретної комірки пам'яті будемо називати *локалізацією*. Змінні, які прив'язані до локалізованої області пам'яті будемо називати *локалізованими змінними*.

					Кваліфікаційна робота	Арк.
						63
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У залежності від призначення, локалізовані дані розміщені в декількох областях:

- **%M** – область даних для внутрішніх булевих (Boolean) змінних;
- **%MW** – область даних для внутрішніх числових змінних;
- **%S** – область даних для системних булевих змінних;
- **%SW** – область даних для системних числових змінних;
- **%I, %IW, %Q, %QW** – область даних асоційованих з каналами модулів ПЛК;
- **%KW** – область констант.

Перелік аналогових вхідних змінних випарної установки

Перелік змінних процесу випарювання представлено на рис.5.1., з використанням програмного забезпечення Unity Pro XL.

Name	Type	Address	Value	Comment	Time stamping
L_syslo_CKT	REAL	%IW0.1.0			
T_verh_CKT	REAL	%IW0.1.1			
Q_vmist_CO2	REAL	%IW0.1.2			
T_niz_CKT	REAL	%IW0.1.3			
Q_syhi_rechovini	REAL	%IW0.1.4			
Q_osviti_beer	REAL	%IW0.1.5			
kl2g	REAL	%QW0.5.0			
kl3g	REAL	%QW0.5.1			
kl4g	REAL	%QW0.5.2			
kl7g	REAL	%QW0.5.3			
KV1	BOOL	%Q0.7.0			
KV2	BOOL	%Q0.7.1			

Рис.5.1. Перелік змінних процесу бродіння та фільтрації

Фрагмент програми роботи процесу бродіння в ЦКТ та фільтрації пива має наступний вигляд та реалізована за допомогою мови програмування структурованого тексту ST та функціональних блоків FBD.

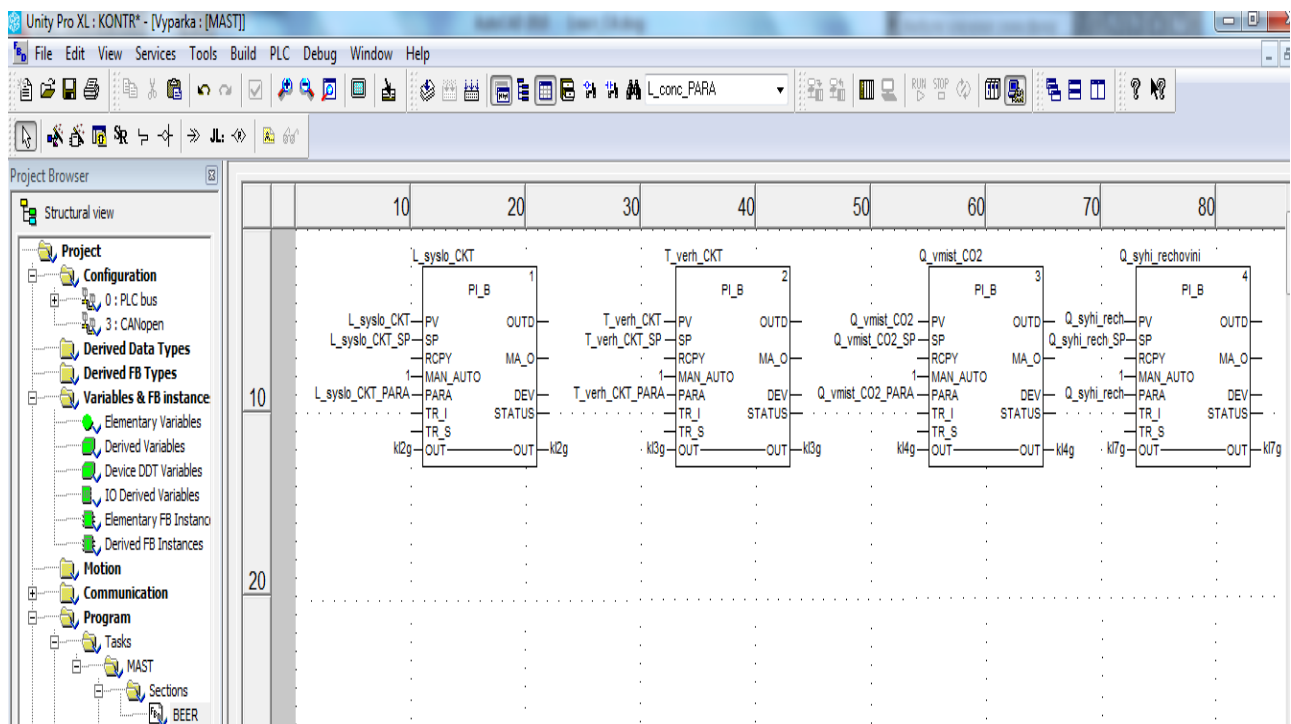


Рис.5.2. Фрагмент програми на мові FBD

Мова FBD була використана для реалізації контурів регулювання рівня, температури та якісних параметрів. Основна програма процесу написана на мові структурованого тексту.

```

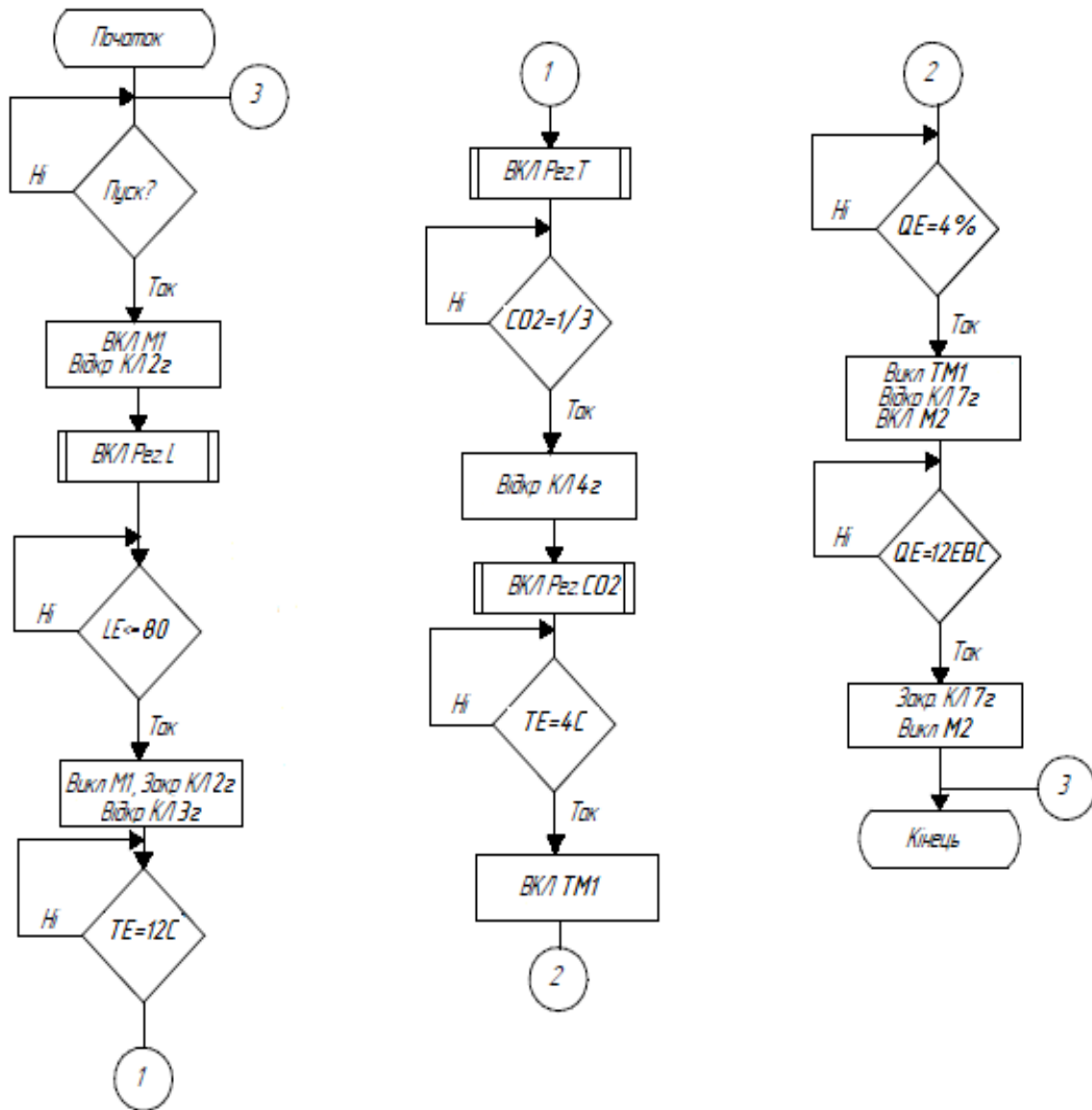
MainContr x Reg_time GVL
1 PROGRAM MainContr
2 VAR
3
4
5
6
7
8
9
10
11 IF pysk THEN
12     m1:=TRUE;
13     k12g:=TRUE;
14 END_IF;
15
16 IF le <=8000 THEN
17     k12g:=FALSE;
18     m1:=FALSE;
19     k13g:=TRUE;
20 END_IF;
21
22 IF tel=1200 THEN
23     k13g:=FALSE;
24 END_IF;
25
26 IF qe1<=0003 AND te2<=0002
27     k14g:=FALSE;
28     t1str:=TRUE;
29 END_IF;
30
31 IF qe2=0004 THEN
32     t1str:=FALSE;
33     k17g:=TRUE;
34     m2:=TRUE;
35
36 IF qe3=1400 THEN
37     m2:=FALSE;
38     k17g:=FALSE;
39 END_IF;
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65

```

Рис.5.3. Фрагмент програми на мові ST

До однієї із найважливіших задач технологічних процесів пивоварного виробництва відноситься прийняття рішення. Своєчасна реакція системи дозволяє підвищити якість кінцевого продукту і зменшити втрати на виробництві. Забезпечити досить високий рівень керованості системи можна за допомогою чітко продуманого алгоритму.

Алгоритм програми



Розділ 6

РОЗРОБКА ЛЮДИНО-МАШИННОГО ІНТЕРФЕЙСУ ОПЕРАТОРА ТЕХНОЛОГА

Інтерфейс людино-машинного інтерфейсу ЛМІ або ж на англійській HMI для нашої системи автоматизації розроблено з використанням програмного забезпечення Zenon Scada від COPA-DATA.

Zenon — це програмне забезпечення для візуалізації, контролю, збору та аналізу даних. Система Zenon SCADA є основним продуктом австрійської компанії COPA-DATA GmbH. Розроблена в середині 1980-х років, це було перше інтегроване рішення для візуалізації графіки для систем Windows. Завдяки постійній модернізації, вдосконаленню та впровадженню новітніх технологій, Zenon займає лідируючі позиції на ринку HMI/SCADA систем. Zenon повністю вирішує всі можливі завдання, які стоять перед системами HMI / SCADA. Дозволяє здійснювати зручне і наочне управління, чітку взаємодію всіх інженерних комплексів, автоматичну адаптацію, інтелектуалізацію режимів роботи підсистем. Заснована на стандартній технології Outdoor і пропонує величезний набір простих у використанні графічних функцій для створення систем візуалізації.

Переваги Zenon:

- Висока надійність;
- Велика гнучкість;
- Можливість децентралізованої розробки;
- Високу швидкодію;
- Ефективність і масштабованість;
- Використовується в сфері автоматизації наступних галузей:
 - Промислове виробництво;
 - Енергетика;

					<i>Кваліфікаційна робота</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Навроцький Н.А.</i>			<i>Розробка системи автоматизації процесу бродіння та фільтрація пивного сусла</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Смітюх Я.В.</i>					67	5
<i>Секр. Е.К.</i>		<i>Проскурка Є.С.</i>				<i>НУХТ, АК-4-1</i>		
<i>Зав.кафедри</i>		<i>Смітюх Я.В.</i>						

- Транспорт;
- Нафтогазовий комплекс;
- Споруди.

Автоматичне проектування

Завдяки великій кількості заздалегідь визначених шаблонів стандартних зображень (будильників, подій, тенденцій тощо) і користувацьких форм - майстрів, проектування може виконуватися автоматично.

Відкрита архітектура

Можливість використання при розробці незалежних зовнішніх програм, створення VBA-макросів, збереження онлайн та архівних даних в MS SQL Server, використання технології ActiveX.

Широкі комунікаційні можливості

Маючи понад 300 розроблених драйверів, Zenon може легко підключатися до найпоширенішого обладнання. Системний редактор підтримує велику кількість інтерфейсів і протоколів зв'язку. За допомогою спеціальної технології можна передавати файли часу виконання по мережі на віддалену цільову станцію.

Розрахована на багато користувачів розробка

Система дозволяє розподілену розробку, тому немає жорсткої прив'язки до одного робочого місця. Дизайнери, які створюють проект, можуть ділитися обсягом роботи та займатися конкретно своєю частиною проекту. Це значно прискорює час розробки.

Гнучкість

Технологія XML дозволяє імпортувати/експортувати в систему управління як окремі частини проекту, так і весь проект. Система розширюється без необхідності модифікації або переробки існуючого проекту.

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

6.1. Переліки вхідних та вихідних сигналів для SCADA/HMI

Аналогові входи

Таблиця 6.1.

Назва сигналу	Позначення на СА	Адреса
Кислотність пивного сусла перед бродінням	QE 1a	%MW0
Рівень в ЦКТ	LT 2a	%MW2
Температура в верхній частині ЦКТ	TE 3a	%MW4
Вміст CO ₂ в пиві	QE 4a	%MW6
Тиск в ЦКТ	PT 5a	%MW8
Температура в конусній частині ЦКТ	TE 6a	%MW10
Вміст сухих речовин в добродженому пиві	QE 7a	%MW12
Освітленість пива після фільтрації	QE 8a	%MW14

Аналогові виходи

Таблиця 6.2.

Назва сигналу	Позначення на СА	Адреса
Клапан подачі пивного сусла в ЦКТ	2Г	%MW16
Клапан подачі холодоагента в рубашку ЦКТ	3Г	%MW18
Клапан виведення CO ₂	4Г	%MW20
Клапан зливу нефільтрованого пива	7Г	%MW22
Управління двигуном насоса подачі пивного сусла в ЦКТ	M1	%M1

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

Управління двигуном насосу подачі нефільтрованого пива в фільтр

M2

%M2

6.2. Відеокадри дисплейних мнемосхем оператора

На рис.6.1. зображений головний екран на АРМ процесу бродіння та фільтрації пива, де відображені всі контролюючі та регулюючі параметри процесу та їх значення в реальному часі, візуально зображено відкриття чи закриття клапанів, вимкнення/вмикнення двигунів насосів. Бачимо нормальний стан системи автоматизації, що всі параметри в межах норми.

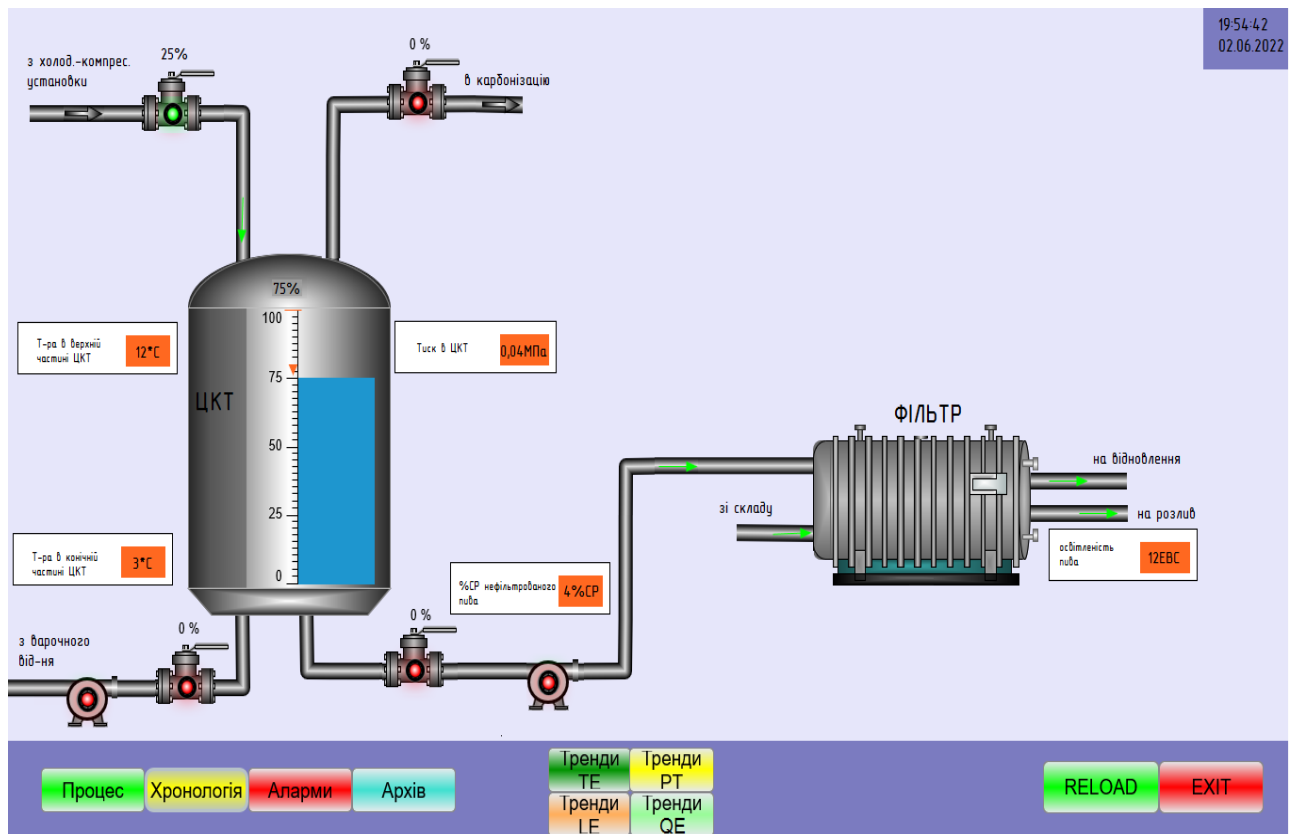


Рис.6.1. Головна мнемосхема процесу бродіння та фільтрації пива

В системі автоматизації є відхилення від норми, SCADA показує повідомлення про відхилення у верхній частині екрана оператора, і вказує, який параметр виходить за межі норми.

Усі події відображаються в хронологічному порядку (наприклад, зміни параметрів або дії оператора). Вікно вкладки хронології часу системи автоматизації можна переглянути в будь який час рис. 6.2.

					Кваліфікаційна робота	Арк.
						70
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

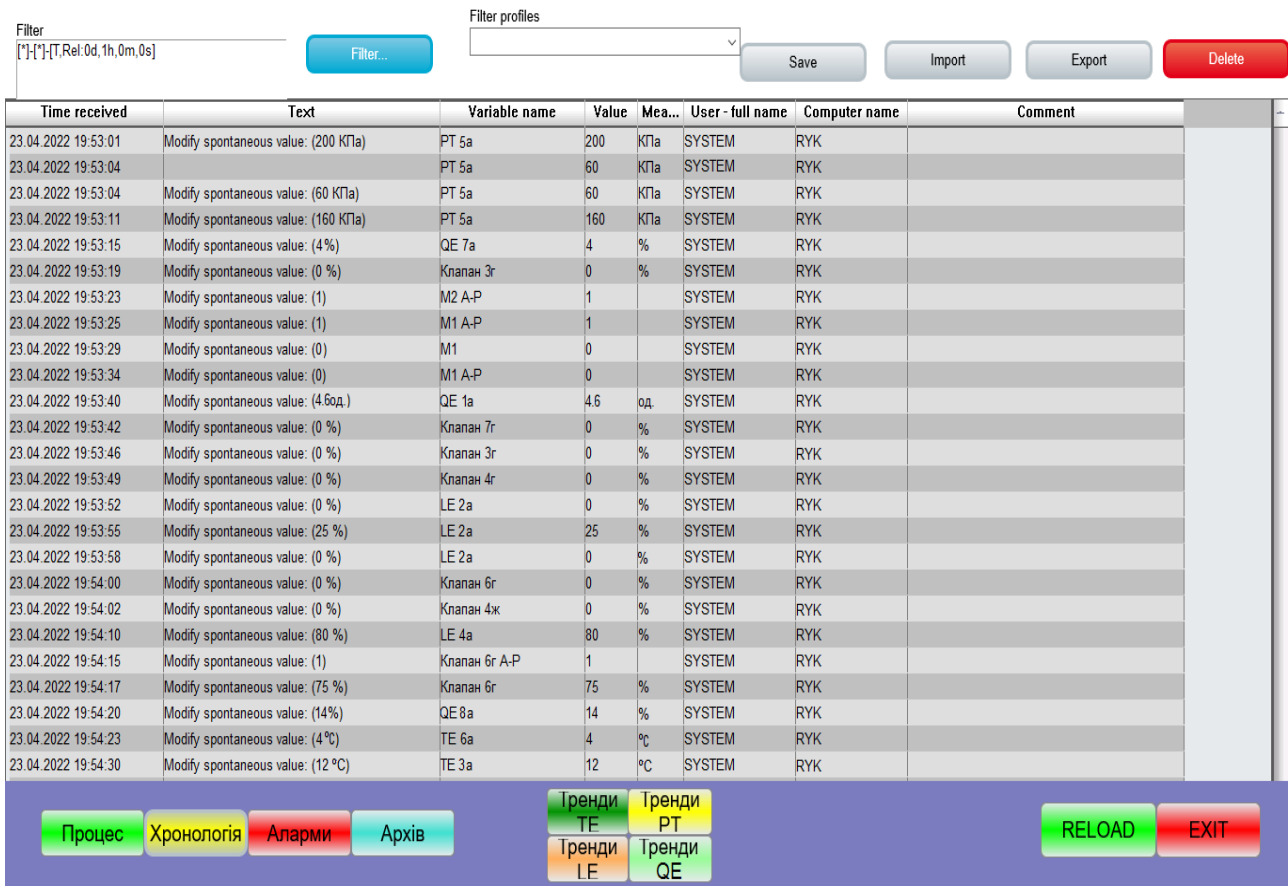


Рис.6.2. Вікно хронології

Вікно вкладки тривоги системи автоматизації (ALARM). Тут відображаються всі тривоги які виникли, який параметр, коли усунутий чи є дійсним.

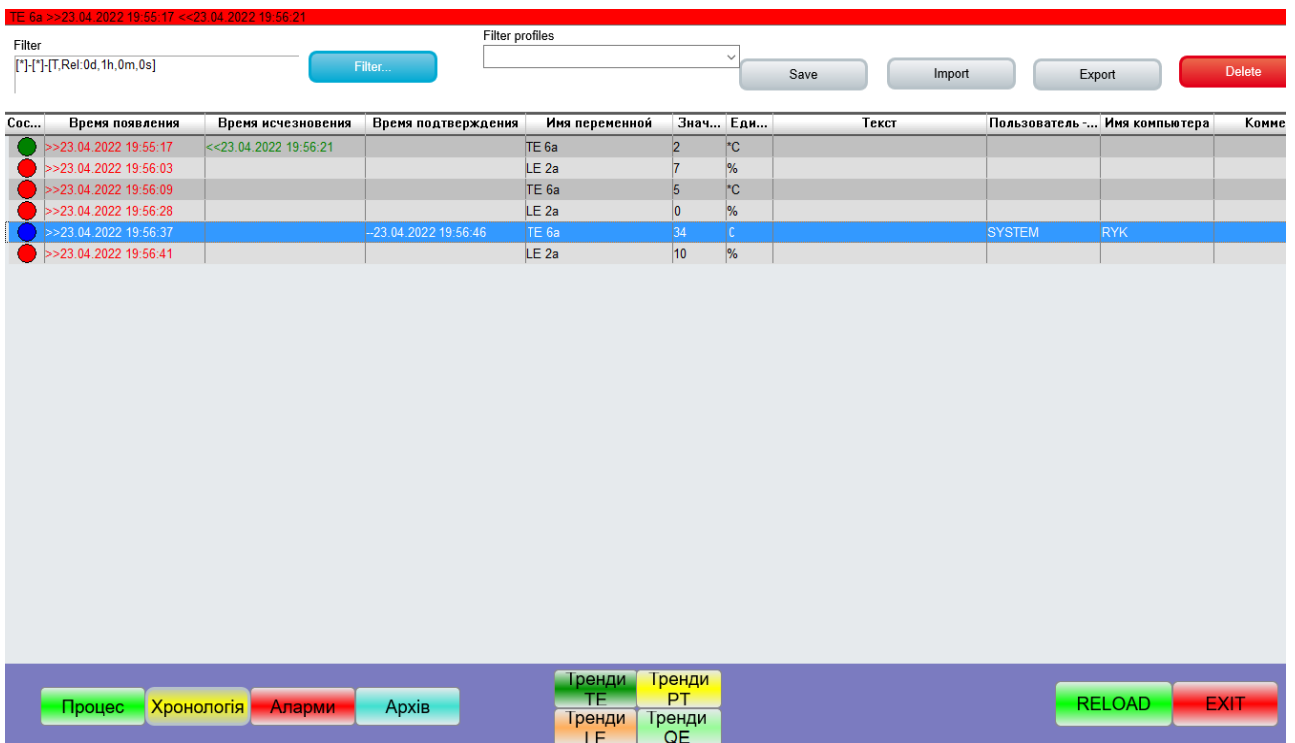


Рис.6.3. Вікно тривоги (ALARM)

Дія тривоги та відображення в списку тривожної інформації визначається індивідуально для кожної змінної в межах (вкладка «Обмеження»). При досягненні рівня верхнього граничного значення (у діапазоні, визначеному нами для конкретної змінної), спрацьовує тривожний сигнал, який відобразиться в журналі тривог. Він матиме статус «Активний» (червоне коло). Якщо рівень впаде нижче граничного значення, він змінить свій статус на «Неактивний» (зелене коло). Також сигнал може змінити свій статус на «Підтверджено» (синє коло), якщо оператор натисне кнопку «Підтвердити». Оскільки ми активували опцію Видалити, цей запис зникне зі списку, лише якщо ми видалимо його вручну за допомогою відповідної кнопки.

Вікна вкладок трендів системи автоматизації. Тут представлені у вигляді графіків всі зміни котруючих параметрів (можна побачити навіть миттєві зміни).

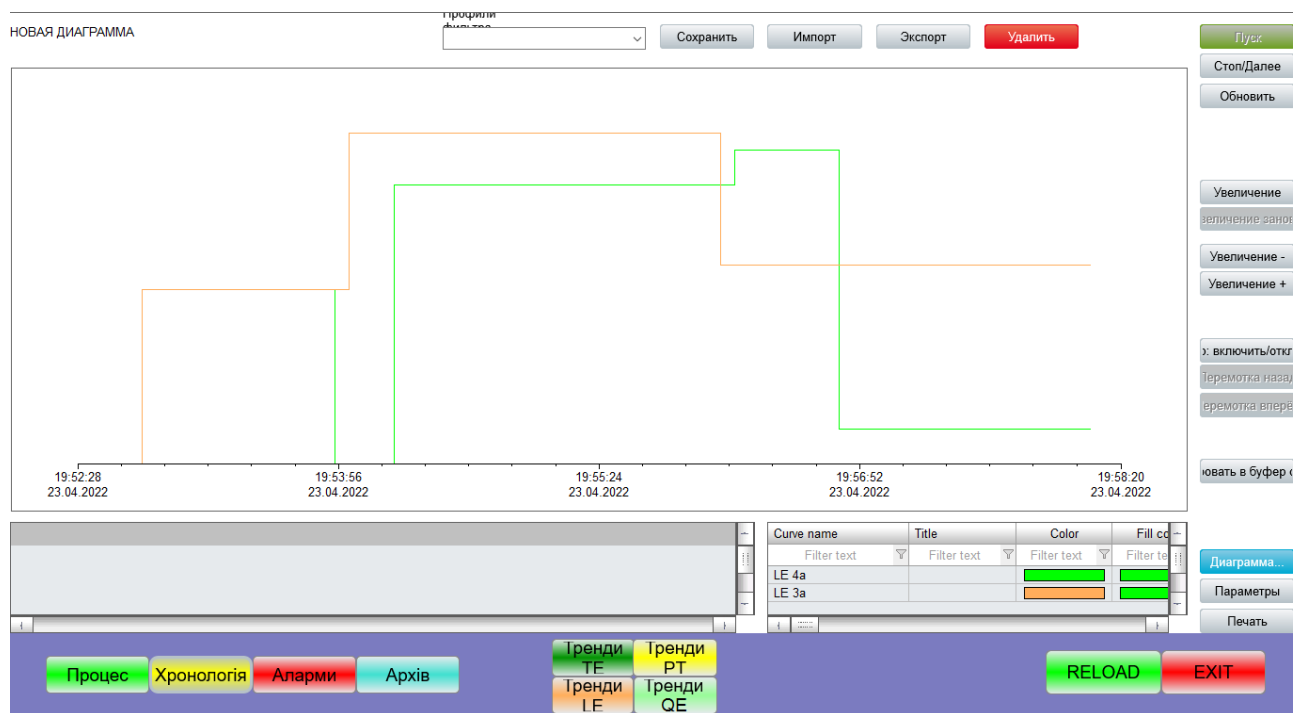


Рис.6.4. Вікно трендів рівня та вміст сухих речовин

ВИСНОВКИ

У цій кваліфікаційній роботі розглянуто систему автоматизації процесу бродіння та фільтрації пива. Була розроблена АСУ на базі контролера Modicon M340 від Schneider Electric, використано сучасні мікропроцесорні вторинні прилади на чутливі елементи (датчики) для вимірювання температури, рівня, тиску. Проведено заміну лабораторних методів вимірювання якісних параметрів на промислові потокові датчики кислотності, вмісту CO_2 , вмісту сухих речовин, освітленості.

Всі пристрої з уніфікованим вихідним сигналом 4-20 мА, тому сумісні з контролером, що дозволило реалізувати візуалізацію всього об'єкта на автоматизованому робочому місці оператора АРМ.

Розроблено алгоритм роботи процесу бродіння та фільтрації пива, реалізовано програму та змодельовано роботу об'єкта.

Система автоматизації розрахована на можливість її розширення та відповідає поставленому технічному завданню.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
						73
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Кунце, В. Технология солода и пива [Текст] / В. Кунце – 3-е изд., перераб. и доп. пер. с нем. 9-го изд. СПб.: Профессия, 2009 – 1064 с.

2. Ермолаева, Г.А. Технология и оборудование производства пива и безалкогольных напитков [Текст]: Учеб. для нач. проф. образования/ Г.А. Ермолаева, Р.А. Колчева – М.: ИРПО; ИЗД. ЦЕНТР «Академия», 2000. – 416 с.

3. Ельперін, І.В. Автоматизація виробничих процесів: підручник / І.В. Ельперін, О.М. Пупена, В.М. Сідлецький, С.М. Швед. — К.: Ліра-К, 2015. — 378 с.

4. Трегуб, В.Г. Проектування систем автоматизації: навч. посібник / В.Г. Трегуб. — Київ: Ліра-К, 2014. — 344 с.

5. Пупена, О.М. Контролери та їх програмне забезпечення. Курс лекцій для студ. напр. 6.050202 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» денної та заочної форм навчання. Частина 3. / О.М. Пупена, І.В. Ельперін. – К.: НУХТ, 2011. – 48 с.

6. Ельперін, І.В. Програмування промислових контролерів у середовищі UnityPro: навч. посібник / О.М. Пупена, І.В. Ельперін. — Київ: Ліра-К, 2013. — 340 с.

7. Сідлецький, В.М. Основи автоматизації теплоенергетичних процесів та установок: навч. посібник / О.І. Левченко, В.М. Сідлецький. – Київ: НУХТ, 2014. – 227 с.

8. Ладанюк, А.П. Системний аналіз складних систем управління: навч. посібник / А.П. Ладанюк, Я.В. Смітюх, Л.О. Власенко. – Київ: НУХТ, 2013. – 274 с.

9. Трегуб, В.Г. Основи комп'ютерно-інтегрованого управління: навч. посібник / В.Г. Трегуб. – Київ: НУХТ, 2006 – 139 с.

10. Пупена, О.М. Промислові мережі та інтеграційні технології в автоматизованих системах: навч. посібник / О.М. Пупена, І.В. Ельперін, Н.М. Луцька, А.П. Ладанюк. – Київ: Ліра-К, 2011. – 552 с.

11. Виробництво пива. URL: <https://studfile.net/preview/5200884/page/4/>

					Кваліфікаційна робота	Арк.
						74
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

12. Технологічна схема виробництва пива. URL:

https://studopedia.su/14_52519_etapi-virobnitstva.html

13. Zenon SCADA. URL: <https://www.copa-data.com.ua/> .

14. Методичні рекомендації до виконання випускної кваліфікаційної роботи на здобуття освітнього ступеня «бакалавр» спеціальності 151 “Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології” денної та заочної форм навчання : уклад. І.В. Ельперін, В.М. Сідлецький, Н.М. Луцька, Є.С. Проскурка. – НУХТ, 2020. – 73 с.

15. Документація на контролери фірми Schneider Electric.

16. Документація на датчик мутності TurBiScat фірми Sigrist.

17. Документація на датчик тиску Sitrans P DSII фірми Siemens.

18. Документація на датчик мутності Liquiline CM444 фірми Endress+Hauser.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
						75
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		