

**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

\_\_\_\_\_ Форсюк А.В.  
(підпис) (прізвище та ініціали)

« 2 » червень 2021 р.

**«До захисту допущено»**

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ Ельперін І.В.  
(підпис) (прізвище та ініціали)

« 2 » червень 2021 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 систем автоматизації приготування пивного сусла

Виконав: здобувач 4 курсу, групи АК4-Зск

\_\_\_\_\_ Герман Богдан Русланович  
(прізвище, ім'я, по батькові повністю) (підпис)

Керівник \_\_\_\_\_ Кишенько Василь Дмитрович  
(прізвище, ім'я та по батькові повністю) (підпис)

Консультанти \_\_\_\_\_  
(прізвище та ініціали) (підпис)

\_\_\_\_\_ (підпис)

\_\_\_\_\_ (підпис)

Рецензент \_\_\_\_\_ Мошенський А.О.  
(прізвище та ініціали) (підпис)

Засвідчую, що в цій кваліфікаційній  
роботі немає запозичень із праць  
інших авторів без відповідних  
посилань.

Здобувач \_\_\_\_\_  
(підпис)

Київ – 2021 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

І.В.Ельперін

« 29 » квітня 2021 р.

## ЗАВДАННЯ

### НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Герман Богдан Русланович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розробка систем автоматизації процесу приготування пивного сусла.

керівник роботи Кишенько Василь Дмитрович професор, кандидат технічних наук  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від « 29 » квітня 2021 р. № 248-кс

2. Строк подання здобувачем роботи « 2 » червня 2021 р.

3. Вихідні дані до роботи

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

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

Вступ. 1. Опис об'єкта автоматизації. 1.1. Технологічний опис об'єкта автоматизації. 1.2. Розробка завдання на систему автоматизації. 2. Система автоматизації. 2.1. Обґрунтування вибору технічних засобів для вимірювання, виконавчих механізмів (ВМ) та регулюючих органів (РО). 2.2. Схема автоматизації. 2.3. Специфікація засобів автоматизації. 3. Проектне компонування промислового логічного контролера (ПЛК) та схеми підключення. 3.1. Проектне компонування промислового логічного контролера (ПЛК). 3.2. Загальна схема підключення датчиків та ВМ до ПЛК. 3.3. Розширені схеми підключення для окремого контуру. 4. Креслення встановлення технічного засобу.

5. Опис спеціального програмного забезпечення для промислового логічного контролера (алгоритм та програма для ПЛК). 6. Розробка людино-машинного інтерфейсу оператора технолога. 7. Комп'ютерне моделювання системи автоматичного регулювання. 7.1. Постановка задачі дослідження. 7.2. Вибір об'єкта керування та його математичної моделі. 7.3. Моделювання САР. 7.4. Опрацювання результатів моделювання та формулювання висновків.

5. Перелік графічного матеріалу

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

3. Креслення встановлення технічного засобу.

6. Дата видачі завдання 27 квітня 2021 р.

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

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

Здобувач Герман Б.Р.

\_\_\_\_\_ (підпис)

Керівник роботи Кишенько В.Д.

\_\_\_\_\_ (підпис)

## Анотація

В даній кваліфікаційній роботі розглядається розробка системи автоматизації процесу приготування затору при виробництві пива.

В кваліфікаційній роботі представлено опис технологічного процесу, завдання на систему автоматизації, схема автоматизації, специфікація технічних засобів автоматизації, монтажна схема технічного засобу автоматизації – вихрового витратоміра OPTISWIRL 4200, схеми підключення датчиків та виконавчих механізмів до ПЛК та розширені схеми підключення технічного засобу.

Розроблено алгоритм та програма для управління процесом приготування пивного сусла. Програма розроблена для ПЛК 63 від виробника Schneider Electric. Інтерфейс SCADA-програма технологічного процесу розроблено в програмному забезпеченні UNITY PRO SCADA2015 та вигляд дисплейної мнемосхеми представлено в записці.

**Ключові слова:** пиво, сусло, ПЛК 63, OPTISWIRL 4200

					Кваліфікаційна робота	Аркуш
Змін.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		4

## Annotation

In this qualification work the development of the system is considered automation of the process of brewing in the production of beer.

The qualification work presents a description of the technological process, tasks for the automation system, automation scheme, specification of technical means of automation, assembly diagram of technical means of automation - vortex flowmeter OPTISWIRL 4200, connection diagrams of sensors and actuators to the PLC and extended connection schemes.

An algorithm and a program for controlling the process of brewing wort have been developed. The program is designed for PLC 63 from the manufacturer Schneider Electric. The interface SCADA-program of the technological process is developed in the software UNITY PRO SCADA2015 and the appearance of the display mnemonic is presented in the note.

**Keywords:** beer, wort, PLC 63, OPTISWIRL 4200

					Кваліфікаційна робота	Аркуш
						5
Змін.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		

## ЗМІСТ

Розділ 1. Характеристика об'єкта автоматизації .....	9
1.1 Аналіз технологічної ділянки як об'єкта автоматизації .....	15
1.2 Розробка завдання на систему автоматизації.....	17
Розділ 2. Опис системи автоматизації .....	18
2.1 Аналіз існуючих систем автоматизації.....	20
2.2 Вибір технічних засобів .....	28
2.3 Вибір місця розташування технічних засобів.....	40
2.4 Схема автоматизації.....	45
Розділ 3. Опис схем підключення датчиків.....	46
Розділ 4. Опис встановлення технічних засобів .....	55
Розділ 5. Опис спеціального програмного забезпечення.....	57
Розділ 6. Розробка людино-машинного інтерфейсу.....	60
Розділ 7. Комп'ютерне моделювання системи авт регулювання .....	62
7.1 Постановка задачі дослідження.....	66
7.2 Вибір об'єкта керування та його математичної моделі.....	67
7.3 Моделювання САР.....	69
7.4 Опрацювання результатів моделювання .....	71
Висновок .....	73
РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА .....	74

## ВСТУП

Розробка систем автоматизації приготування пивного суслу нерозривно зв'язана з її автоматизацією технологічних процесів. Автоматизація ефективно застосовується на сучасному етапі розвитку людства з метою досягнення зростання показників ресурсозбереження, поліпшення екології навколишнього середовища якості та надійності продукції. В зв'язку з бурхливим розвитком мікропроцесорної техніки і персонально електронно-обчислювальних машин, функціональні можливості яких дають змогу використовувати найдосконаліші методи в рамках сучасних складних систем управління. Мікропроцесорні пристрої та електронно-обчислювальних машини, пов'язані між собою обчислювальними та керуючими мережами з використанням загальних баз даних, дозволяють впроваджувати комп'ютерні технології у нетрадиційній сфері діяльності підприємства, що проявляється в інтеграції виробничих процесів та управління ними.

Головним напрямом автоматизації в агропромисловому комплексі на сучасному етапі є створення модернізованого комп'ютерного та інтегрованого виробництва. Основою систем автоматизації стали функціональні можливості мікропроцесорних систем управління, при створенні яких вирішальну роль відіграють такі фактори, як використання принципів інтеграції, розподіленого управління, програмних комплексів. При автоматизації виробництва об'єктом є не окремий технологічний процес чи агрегат, а технологічний комплекс із складними взаємозв'язками між його підсистемами.

Підвищити оперативність управління, максимально враховувати виробничу ситуацію дає можливість розширення функціональних можливостей сучасних мікропроцесорних систем управління пов'язано із значно зрослою кількістю видів і систем відображення технологічної інформації: використанням динамічних мікросхем; одержанням графіків технологічних параметрів за будь - який відрізок часу; формування передісторії і розвитку процесу; архівування за допомогою таблиць, звітних документів тощо.

					Кваліфікаційна робота	Аркуш
						7
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

При системному підході автоматизація виробництва дає кращі результати, коли досконало вивчаються властивості об'єкта автоматизації, розробляється функціональна структура як сукупність виконуваних системою функцій.

Нині існує велика кількість визначень "система", оскільки в різних ситуаціях в нього вкладається різний зміст, але в будь - якому випадку система являє собою підмножину взаємоз'язаних елементів певної природи, залежно від розв'язуваного завдання.

При створенні систем автоматизації використовують багатоконтурні системи, в яких реалізуються принципи компенсації збурень, адаптації, досконалі структури типу каскадних систем з додатковими сигналами та інше.

Метою данної кваліфікаційної роботи є розробка багатоконтурної системи регулювання процесу бродіння пива на базі мікропроцесорного контролера на ТзОВ ТВК "Перша приватна броварня".

					Кваліфікаційна робота	Аркуш
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		8

## Розділ 1. Характеристика об'єкта автоматизації

Сушло готують у варочному відділенні заводу. При варінні прагнуть якомога повніше витягти цінні речовини солоду, його заміників і хмелю. Солод і ячмінь спочатку очищають від забруднень (полірування), потім подрібнюють. Подрібнене зерно змішують з водою, отримуючи затор, який витримують при температурах, оптимальних для дії ферментів, гідролізують білки та крохмаль. Ця операція називається затиранням. Після повного оцукрювання крохмалю затор фільтрують, відділяючи від сушла нерозчинна частина зерна (дробина). Сушло кип'ятять з хмелем, потім виварений хміль (хмільну дробину) відокремлюють і гаряче охмелене сушло освітлюють, охолоджують і передають на бродіння.

Полірування зерна здійснюється на полірувальній машині. Вона складається з похилих сит, на яких відокремлюються великі домішки, щіткового барабана і вентилятора. Проти щіткового барабана розташований сталевий лист з хвилястою поверхнею. Зерно потрапляє в щілину між щітками і листом і полірується. Пил і дрібні домішки за допомогою вентилятора несуться струменем повітря в циклон. Відходи при поліровці складають 0,2 - 0,5 відсотка до маси солоду, вони використовуються на корм.

Полірувальні машини СП - 54 мають продуктивність 1 тонну за годину, потрібну потужність 0,8 кіловат. Випускаються машини продуктивністю 2 т тонн за годину, з потужністю електродвигуна 1,20 кіловат.

Дроблення солоду і ячменю. Дроблення прагнуть вести так, щоб борошністу частину зерна перетворити в дрібну крупку і борошно, а оболонки зберегти і використовувати в якості фільтруючого шару.

					Кваліфікаційна робота			
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Герман Б.Р.			Розробка систем автоматизації приготування пивного сушла	Літ.	Арк.	Аркушів
Керівник		Кишенько В.Д.					9	9
Зав. Каф.		Ельперін І.В.				НУХТ-АК-4-ЗСК		
Секр. ЕК		Проскурка Є.С.						

Оптимальний склад фракцій помелу при роботі на фільтр-апараті (в відсоткі) наступний: оболонки 15 - 18, велика крупка 18 - 22, дрібна крупка 30 - 35; борошно 25 - 35. При фільтрації на фільтр-пресі зміст борошна підвищується до 45 відсотка. За 2 - 3 години перед дробленням рекомендується зволожити зерно, після чого оболонки стають більш еластичними і їх цілісність краще зберігається.

Для дроблення солоду застосовують чотири або шести вальцеві дробарки. Складні шести вальцеві дробарки використовують на великих заводах, де навіть невелике підвищення виходу екстракту (на 0,5 - 1 відсотка) компенсує високі витрати на їх установку. Фірма «Міаг» (НДР) випускає чотирьох вальцеву дробарку продуктивністю 1 тонну за годину, з потужністю електродвигуна 6,8 кіловат і шести - вальцьову дробарку продуктивністю 2,5 тонну за годину, потужністю електродвигуна 9,5 кіловат. Для підвищення продуктивності варильного відділення на 25 - 30 відсотки запропоновано здійснювати дроблення мокрого солоду на спеціальних дробарках. Ці дробарки складаються з замкового апарату, яке живить вала і дво вальцеві дробарки. Апарат зміцнюється на корпусі дробарки за допомогою фланця. У корпусі дробарки під вулицями встановлений бункер з мішалкою і насос.

Полірований солод завантажується в замковий апарат, куди подається вода температурою 35 - 55 °С. При проходженні через шар солоду частина води всмоктується солодом, а інша стікає в корпус дробарки, звідки разом з знову подається водою насосом повертається в апарат. Рециркуляцію води ведуть до досягнення вологості солоду 30 відсотків, на що витрачається

25 - 30 хвилин. Зайву замкову воду перекачують в заторний апарат. Потім включають дробарку.

Дробарка порціями подає солод на вальці, при проходженні між якими оболонки його знімаються майже без пошкодження, а ендосперм тонко подрібнюється. З дробарки солод надходить в бункер, де змішується з водою і потім насосом передається в заторний апарат. Дроблення триває 30 хв.

					Кваліфікаційна робота	Аркуш
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		10

Дробарки типу «Майшомат», «Мамо- 60» для дроблення мого солоду розроблені Ростовським ВКВ Продмаш, продуктивність їх 3 і 6 тонн за годину, потужність електродвигунів відповідно 20,6 і 26,6 кіловат; витрата води 8 - 14 і 15,6 - 27,6 метрів кубічних за годину. Всі операції по замочуванню і дроблення автоматизовані.

Для дроблення ячменю застосовується млиновий двовальцьовий верстат з рифленою поверхнею вальців, що обертаються з різною частотою обертання. Вальцьовий верстат 3 - М складається з двох самостійних половин, по два вальця в кожній. Продуктивність машини 0,65 тонн за годину, потужність 17 кіловат. Ячмінь подрібнюється з мінімальним руйнуванням оболонок. Помел характеризується наступним фракційним складом (у відсотках): лузга 12 - 22, велика крупка 20 - 40, дрібна крупка

25 - 50, борошно 15 - 20.

Для дробленого солоду і зерна встановлюють бункера, обсяг яких вибирають з розрахунку 3 м<sup>3</sup> на 1 тонну.

Метою затирання зернопродуктів - переклад максимально можливої кількості сухих речовин солоду і несолоджених продуктів у розчинні та воді стан шляху створених сприятливих умов для дії ферментів та солоду.

Для успішного протікання гідролізу необхідна певна кислотність середовища (густини 5,3 - 5,5). При використанні лужної води затор не оцукровується, різко падає вихід екстракту. У цих випадках затор підкисляють молочною кислотою.

Зниження рівня рідини опускається. Для спуску густий частини затору (або всього затору) в нижній частині днища зроблено отвір, що перекривається вентилем. Сферична кришка апарату має витяжну трубу і оглядовий люк з розсувними дверцятам. Залежно від кількості несоложеного зерна і якості солоду режим і порядок затирання дещо змінюються. При переробці солоду з високим оцукровуванням здатністю і заміні до 15 - 20 відсотка солоду.

					Кваліфікаційна робота	Аркуш
						11
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Несоложеним сировиною затирання починають при 50 °С, а несоложеним сировину додають в першу отваркі. При більшій частці несоложеного матеріалу в затор додають приблизно 1 відсотка по масі всього затертого матеріалу ферментного препарату Амільоризін або 0,03 відсотка амилазобутину і підкисляють молочною кислотою до рН 5,6 - 5,3. Затирання починають при температурі 40 °С.

Фільтрація оцукрення затору. Оцукрений затор складається з двох фаз: рідкої (сусла), що містить розчинений екстракт, і твердою (дробини) у вигляді нерозчинених залишків зерна. Відокремлюють сусло фільтрацією, причому дробину використовують в якості фільтруючого матеріалу. Процес ведуть в дві стадії. Спочатку відокремлюють сусло, яке називається першим суслом, а потім гарячою водою вимивають з дробини залишився в ній екстракт. При фільтрації і промиванні температура затору повинна бути 75 °С.

При зниженні температури в'язкість сусла збільшується і фільтрація уповільнюється, а при підвищенні - інактивується амілаза, що може привести до появи клейстерної каламуті в суслі в результаті клейстеризації залишився в дробині крохмалю.

Фільтрацію затору здійснюють двома способами: за допомогою фільтраційного апарату і за допомогою фільтр-преса.

Фільтраційний апарат - сталевий циліндр зі сферичною кришкою, витяжною трубою і плоским дном. На висоті 10 - 12 сантиметрів від дна розташоване орендоване сітчасте дно, складене з окремих сегментів.

Тривалість фільтрації близько 5,5 годин.

Фільтрація з використанням фільтр-преса відбувається за 3,5 годин, внаслідок чого підвищується продуктивність варильного відділення. До того ж застосовується більш тонкий помел солоду і ячменю, і вихід екстракту зростає на 1 відсоток. Випускаються фільтр - преси марки ЗД-100А продуктивністю 1,3 - 2 т і марки ЗД - 100В продуктивністю 3 - 3,5 тонн.

					Кваліфікаційна робота	Аркуш
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		12

Вихід дробини вологістю 80 - 85 відсотка з 100 кілограм затертого сировини становить 125 - 130 кілограм. Її видаляють з варильного відділення або за допомогою насоса, або через монтежу за допомогою пари. При перекачуванні насосом дробину розводять водою у співвідношенні 1 : 3 і подають в роздатковий бункер. При цьому способі кормова цінність дробини дещо знижується, так як вода і разом з нею екстрактивні речовини потім видаляються. При видаленні паром дробину не розбавляють водою, але потрібен пар тиском 0,07 - 0,09 мега паскаль. Витрата його становить близько 2 відсотки до маси дробини.

Кип'ятіння сусла з хмелем. При кип'ятінні сусла з хмелем розчиняються гіркі і ароматичні речовини хмелю і випаровується надлишок води. Крім того, інактивуються ферменти і гинуть мікроорганізми, що потрапляють в сусло з солодом і хмелем, що забезпечує сталість хімічного складу сусла до бродіння і запобігає прокисанню пива. Під впливом високої температури білки випадають в осад у вигляді великих пластівців.

Кип'ятіння сусла починають після закінчення фільтрації затору. До цього моменту температуру сусла в суслотварочному котлі підтримують близько 75 °С, щоб дооцукрити крохмаль, вимити його з дробини. Хміль у сусло вводять декількома способами в залежності від сорту пива. У слабо охмелені темні сорти пива весь хміль задають на початку кипіння. При варінні більш охмелених сортів пива хміль вносять в два або три прийоми.

Для сильно охмелених і ароматизованих сортів пива невелику порцію хмелю не кип'ятять, а задають у хмелевідділяч. Кількість хмелю залежить також від типу і концентрації сусла; з підвищенням концентрації норма внесення хмелю збільшується. Так, при варінні Жигулівського пива (стандартна концентрація сусла - 11 відсотка) задають 22 грам, ризького (12 відсоткове сусло) - 30 грам, авторського (13% -ве сусло) - 36 грам, закарпатського (20 відсоткове сусло) - 45 грам на 1 дал. Для темних сортів пива норма хмелю

					Кваліфікаційна робота	Аркуш
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		13

нижче, наприклад для старого міста (13 відсоткове сусло) - 20 грамм, корона (14,5 відсоткове сусло) - 22 грамм.

Типовий сусловарочний котел влаштований так само, як заторний апарат. Він відрізняється тільки більшою поверхнею парової сорочки і більшої її кривизною, що забезпечує інтенсивне випарювання сусла. Останнім часом стали впроваджувати герметизовані сусловарильні котли, що працюють під тиском 0,02 - 0,03 мега паскаль. При варінні під тиском збільшується розчинність гірких речовин хмелю і зберігається його аромат, що дозволяє знижувати витрати цієї сировини.

Кінець варіння сусла з хмелем визначають за концентрацією сусла і його освітленню. Сусло має мати стандартну для даного сорту пива концентрацію екстракту, бути прозорим і містити швидко осідають пластівці білка. Тривалість кип'ятіння коливається від 1,5 до 2 годин. Після закінчення кип'ятіння вимірюють обсяг гарячого сусла і спускають його в хмелеотборочний апарат.

Заторні апарати, фільтр-апарат або фільтр - прес і сусловарочний котел об'єднані в один єдиний варильний агрегат. Найбільш поширені чотирьох або шестипосудні агрегати. Чотирьохпосудний агрегат складається з двох заторних котлів, фільтр-апарату і сусловарочному котла. В Україні виготовляються агрегати на 1; 1,5; 3 і 5,5 тонн сировини.

Агрегати, розраховані на засип до 3 тонн сировини, забезпечують 4 варіння на добу, а понад 3 т - 3,6 варіння при переробці солоду і 3,5 варіння при заміні 25 - 30 відсотків солоду несолодженим зерном. Якщо фільтр - апарат замінити фільтр - пресом, то число варок на добу збільшується до 5.

У шести - посудні агрегати входять два заторних котла, два фільтр - апарату і два сусловарочні котли. При одночасному затирання до 3 тонн сировини вони дозволяють робити шість варок, при затирання понад 3 тонн 5 варок.

					Кваліфікаційна робота	Аркуш
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		14

## 1.1 Аналіз технологічної дільниці як об'єкта автоматизації

Під час проходження процесу приготування пивного суслу необхідно постійно контролювати такі параметри, як температура суміші на вході в ЦКТ, та виході тиск в котлах та його рівень в котлі. Розглянемо найбільш поширені методи контролю даних параметрів.

Температурою називають величину, що характеризує тепловий стан тіла. Відповідно до кінетичної теорії температуру визначають як міру кінетичної енергії поступального руху молекул. Звідси температурою називають умовну статистичну величину, прямо пропорційну середньої кінетичної енергії молекул тіла. Тепло є енергія, обумовлена різницею температур між тілом чи системою і навколишнім середовищем. Для вимірювання температури існують два основних методи - контактні і безконтактні. Контактні засновані на безпосередньому контакті вимірювального перетворювача температури з досліджуваним об'єктом, в результаті чого домагаються стану теплової рівноваги перетворювача і об'єкта. Цьому способу притаманні свої недоліки. Температурне поле об'єкта спотворюється при введенні в нього термоперетворювача. Температура перетворювача завжди відрізняється від істинної температури об'єкта. Верхня межа вимірювання температури обмежена властивостями матеріалів, з яких виготовлені температурні датчики. Безконтактний спосіб заснований на сприйнятті на певній відстані теплової енергії, отриманої від об'єкту вимірювання. Цей спосіб менш чутливий, ніж контактний. Вимірювання температури у великій мірі залежать від відтворення умов градування при експлуатації, а тому з'являються значні похибки[3].

Вимірювання тиску полягає у встановленні значення тиску у рідкому чи газоподібному середовищі. Це необхідно для керування технологічними процесами та забезпечення безпеки виробництва. Крім цього, цей параметр використовується при непрямих вимірюваннях інших технологічних

					Кваліфікаційна робота	Аркуш
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		15

параметрів: рівня, витрати, температури, густини тощо. В системі СІ за одиницю тиску береться паскаль (Па). У більшості випадків первинні перетворювачі тиску мають неелектричний вихідний сигнал у вигляді сили або переміщення і об'єднані в один блок з вимірювальним приладом. Якщо результати вимірювань необхідно передавати на відстань, то застосовують проміжне перетворення цього неелектричного сигналу в уніфікований електричний або пневматичний. При цьому первинний і проміжний перетворювачі об'єднують в один вимірювальний перетворювач[4]. В нашому випадку виміряний тиск необхідно передати від перетворювача до ПЛК, тобто на відстань. Тому необхідно вибрати перетворювач тиску з вихідним уніфікованим сигналом.

Рівнем називають висоту заповнення технологічного апарата робочим середовищем — рідиною або сипучим тілом. Рівень робочого середовища є технологічним параметром, інформація про нього необхідна для контролю режиму роботи технологічного апарата, а в ряді випадків для керування виробничим процесом і для проведення заходів щодо енерго-аудиту. Шляхом вимірювання рівня можна одержувати інформацію про масу рідини в резервуарах. Подібна інформація широко використовується для керування виробничим процесом. Рівень вимірюють в одиницях довжини. Засоби вимірювання рівня називають рівнемірами. Розрізняють рівнеміри, які призначені для вимірювання рівня робочого середовища; вимірювання маси рідини в технологічному апараті; сигналізації граничних значень рівня робочого середовища — сигналізатори рівня.

За діапазоном вимірювання розрізняють рівнеміри широкого (з межами вимірювання 0,5-20 м) і вузького діапазонів (межі вимірювання (0...±100) мм або (0...±450) мм). На даний час вимірювання рівня в багатьох галузях промисловості здійснюють різними за принципом дії рівнемірами, з яких дістали поширення візуальні, поплавкові, буйкові, гідростатичні, електричні, ультразвукові і радіоізотопні[4]. При цьому

					Кваліфікаційна робота	Аркуш
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		16

необхідно врахувати, що необхідно вимірювати рівень саме гарячої всуміші в котлі.

## 1.2 Розробка завдання на систему автоматизації

	Машина Агрегат установка	Параметр місце відбору сигналу	Припус- тимо значення параметра	Характер контролю чи управління
1	Трубопровід	Облік сусла	3000 л	Відображення реєстрації
2	Ємність 1	Рівень	80%	Стан
		Температура	75°C	Стабілізація
		pH сусла	5,6 од. pH	Відображення реєстрації

## Розділ 2. Опис системи автоматизації

У ході затирання сусла виробляють поступовий нагрів з температурними паузами, необхідними для дії різних ферментів. на сучасному виробництві таких пауз декілька. від 50 °С до 52 °С протягом від 10 хвилин до 15 хвилин (білкова пауза, для розщеплення білків), від 62 °С до 63 °С від 30 хвилин до 40 хвилин (мальтозний пауза, діє фермент бета-амілаза, яка дробить крохмаль на великі фрагменти), від 70 °С до 72 °С від 10 хвилин до 15 хвилин (оцукрення, діє альфа-амілаза, подрібнюючи декстрини на більш дрібні фрагменти - олігосахариди, мальтозу). закінчення процесу оцукровування визначають йодними пробоями (краплі йоду не повинні синіти). потім затор нагрівають до 78 °С (для інактивації ферментів і зниження в'язкості) і подають на фільтрацію. існують технології затирання з от варками, коли частина затору кип'ятиться. зазвичай такий спосіб застосовують при використанні несоложеної сировини - ячменю, рису, кукурудзи, а також при виробництві темних сортів пива.

Фільтрація затору – відбувається шляхом перекачування затору у фільтрчан, де відбувається його поділ на неохмелене сусло і дробину. Дробина – нерозчинні залишки ячменю, одержувані в процесі фільтрації затору. Фільтрація складається з двох стадій. На першій відбирається сусло-самоплив, на другій – дробину промивають гарячою водою. Обидві порції змішуються в суслварочному котлі. Таким чином дробина служить фільтрувальним перегородкою. Також застосовують фільтри, преси в яких роль фільтрувальної перегородки грає синтетичний матеріал, а фільтрація відбувається не під дією тяжіння, а пневматичним стисненням фільтрувальних елементів.

При кип'ятінні сусла – до сусла додається хміль, а також інший інгредієнт який вариться від 1 години до 2 годин. Під час кип'ятіння хміль розчиняється, білкові речовини коагулюють і випадають в осад.

					Кваліфікаційна робота			
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Герман Б.Р.			Розробка систем автоматизації приготування пивного сусла	Літ.	Арк.	Аркушів
Керівник		Кишенько В.Д.					18	28
Зав. Каф.		Ельперін І.В.				НУХТ-АК-4-ЗСК		
Секр. ЕК		Проскурка Є.С.						

Крім того випаровуються різні ароматичні компоненти, що несприятливо впливають на смак пива.

Освітлення сусла – відбувається при перекачуванні у вихрову ванну (вірпул) для відділення нерозчинних залишків ячменю і хмелю. Ці частинки, під дією сили тертя шарів рідини, збираються в центрі дна гідроциклону. Після 30 хвилин відстоювання сусло відділяють від нерозчинного залишку.

Охолодження і аерація сусла - сусло переливають в бродильний резервуар. Протягом перекачування воно охолоджується і насичується киснем, необхідним для розмноження дріжджів.

При бродінні – сусла складові, що містяться в суслі, за допомогою дріжджів перетворюються на спирт і вуглекислий газ. Тривалість процесу (не більше одного тижня) і температура процесу залежать від того, яке пиво хочуть отримати - ель або лагер (від німецького «lagern» «зберігати, витримувати»). Отриманий на цій стадії продукт, так зване «молоде» пиво, потім поміщають в танки табірною відділення для дозрівання. Мета дозрівання - поліпшення органолептичних властивостей напою, розщеплення діацетіла, складних ефірів.

Широке розповсюдження отримали ЦКТ – циліндро-конічні танки, в яких процеси приготування сусла переробка відбувається безперервно, без перекачування, в одній ємності.

					Кваліфікаційна робота	Аркуш
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		19

## 2.1 Аналіз існуючих систем автоматизації

При варінні прагнуть якомога повніше витягти цінні речовини солоду, його заміників і хмелю. Солод і ячмінь спочатку очищають від забруднень (полірування), потім подрібнюють. Подрібнене зерно змішують з водою, отримуючи затор, який витримують при температурах, оптимальних для дії ферментів, гідролізують білки та крохмаль. Ця операція називається затиранням. Після повного оцукрювання крохмалю затор фільтрують, відділяючи від сусла нерозчинна частина зерна (дробину). Сусло кип'ятять з хмелем, потім виварений хміль (хмільну дробину) відокремлюють і гаряче охмелене сусло освітлюють, охолоджують і передають на бродіння.

Полірування зерна здійснюється на полірувальній машині. Вона складається з похилих сит, на яких відокремлюються великі домішки, щіткового барабана і вентилятора. Проти щіткового барабана розташований сталевий лист з хвилястою поверхнею. Зерно потрапляє в щілину між щітками і листом і полірується. Пил і дрібні домішки за допомогою вентилятора несуться струменем повітря в циклон. Відходи приполіровці складають 0,2 - 0,5 відсотка до маси солоду, вони використовуються на корм.

Полірувальні машини СП - 54 мають продуктивність 1 тону за годину, потрібну потужність 0,8 кіловат. Випускаються машини продуктивністю 2 т тонн за годину, з потужністю електродвигуна 1,20 кіловат.

Дроблення солоду і ячменю. Дроблення прагнуть вести так, щоб борошністу частину зерна перетворити в дрібну крупку і борошно, а оболонки зберегти і використовувати в якості фільтруючого шару.

Оптимальний склад фракцій помелу при роботі на фільтр-апараті (в відсоткі) наступний: оболонки 15 - 18, велика крупка 18 - 22, дрібна крупка 30 - 35; борошно 25 - 35.

При фільтрації на фільтр-пресі зміст борошна підвищується до 45 відсотка. За 2 - 3 години перед дробленням рекомендується зволожити зерно,

					Кваліфікаційна робота	Аркуш
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		20

після чого оболонки стають більш еластичними і їх цілісність краще зберігається.

Для дроблення солоду застосовують чотири або шестивалі дробарки. Складні шестивалі дробарки використовують на великих заводах, де навіть невелике підвищення виходу екстракту (на 0,5 - 1 відсотка) компенсує високі витрати на їх установку. Фірма «Міаг» (НДР) випускає чотирьох - вальцову дробарку продуктивністю 1 тонну за годину, з потужністю електродвигуна 6,8 кіловат і шести - вальцову дробарку продуктивністю 2,5 тонну за годину, потужністю електродвигуна 9,5 кіловат. Для підвищення продуктивності варильного відділення на 25 - 30 відсотки запропоновано здійснювати дроблення мокрого солоду на спеціальних дробарках. Ці дробарки складаються з замкового апарату, яке живить вала і двовальцові дробарки. Апарат зміцнюється на корпусі дробарки за допомогою фланця. У корпусі дробарки під вулицями встановлений бункер з мішалкою і насос.

Полірований солод завантажується в замковий апарат, куди подається вода температурою 35 - 55 °С. При проходженні через шар солоду частина води всмоктується солодом, а інша стікає в корпус дробарки, звідки разом з знову подається водою насосом повертається в апарат. Рециркуляцію води ведуть до досягнення вологості солоду 30 відсотків, на що витрачається

25 - 30 хвилин. Зайву замкову воду перекачують в заторний апарат. Потім включають дробарку.

Дробарка порціями подає солод на вальці, при проходженні між якими оболонки його знімаються майже без пошкодження, а ендосперм тонко подрібнюється. З дробарки солод надходить в бункер, де змішується з водою і потім насосом передається в заторний апарат. Дроблення триває 30 хв.

Дробарки типу «Майшомат», «Мамо - 60» для дроблення мокрого солоду розроблені Ростовським ВКВ Продмаш, продуктивність їх 3 і 6 тонн за годину, потужність електродвигунів відповідно 20,6 і 26,6 кіловат; витрата води 8 - 14 і

					Кваліфікаційна робота	Аркуш
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		21

15,6 - 27,6 метрів кубічних за годину. Всі операції по замочуванню і дроблення автоматизовані.

Для дроблення ячменю застосовується млиновий двовальцьовий верстат з рифленою поверхнею вальців, що обертаються з різною частотою обертання. Вальцьовий верстат 3 - М складається з двох самостійних половин, по два вальця в кожній. Продуктивність машини 0,65 тонн за годину, потужність 17 кіловат. Ячмінь подрібнюється з мінімальним руйнуванням оболонок. Помел характеризується наступним фракційним складом (у відсотках): лузга 12 - 22, велика крупка 20 - 40, дрібна крупка

25 - 50, борошно 15 - 20.

Для дробленого солоду і зерна встановлюють бункера, обсяг яких вибирають з розрахунку 3 м<sup>3</sup> на 1 тонну.

Метою затирання зернопродуктів - переклад максимально можливої кількості сухих речовин солоду і несолоджених продуктів у розчинні та воді стан шляху створених сприятливих умов для дії ферментів та солоду.

Для успішного протікання гідролізу необхідна певна кислотність середовища (густини 5,3 - 5,5). При використанні лужної води затор не оцукровується, різко падає вихід екстракту. У цих випадках затор підкисляють молочною кислотою.

Найбільш поширений спосіб затирання - стягування рідкої частини затору, що містить розчинені ферменти, і кип'ятіння всієї густої частини. В апарат набирають воду температурою 42 - 45 °С (3,5 - 4,5 літрів на 1 кілограм затертого сировини) і при працюючій мішалці вносять солод, ячмінь і ферментний препарат.

Після змішування визначають Ph затору і в разі потреби додають молочну кислоту - приблизно 0,09 відсотка по масі за висипу (при воді середньої жорсткості). При температурі 40 °С затор витримують 15 хвилин, потім повільно (на 1 °С в хвилину) нагрівають до 52 °С і роблять білкову паузу в 20 - 30 хвилин. Потім піднімають температуру (1 °С в хвилину) до 63 °С і

					Кваліфікаційна робота	Аркуш
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		22

витримують 20 - 30 хвилин. Знову нагрівають затор (1 °С в хвилину) до 70 - 72 °С і витримують до повного оцукрювання рідкої частини затору (не менше 40 хвилин). Відстояну рідку частину затору за допомогою стягнутий труби спускають в інший апарат, а гущу нагрівають до кипіння за 30 хв і стільки ж часу кип'ятять, після чого її повільно (за

30 хвилин) перекачують в інший апарат, де змішують з рідкою частиною і при температурі 75 - 76 °С протягом 15 - 20 хвилин оцукрюють весь затор. Оцукрений затор перекачують на фільтрацію.

при підігріві і перекачуванні затору працює мішалка. Загальна тривалість затирання 4,5 - 5 годин.

Зниження рівня рідини опускається. Для спуску густий частини затору (або всього затору) в нижній частині днища зроблено отвір, що перекривається вентилем. Сферична кришка апарату має витягну трубу і оглядовий люк з розсувними дверцятам. Залежно від кількості несоложеного зерна і якості солоду режим і порядок затирання дещо змінюються. При переробці солоду з високою оцукрюючої здатністю і заміні до 15 - 20 відсотка солоду несоложеним сировиною затирання починають при 50 °С, а несоложеним сировину додають до першої отварки. При більшій частці несоложеного матеріалу в затор додають приблизно 1 відсотка по масі всього затертого матеріалу ферментного препарату Амилоризін або 0,03 відсотка амилосубтилина і підкисляють молочною кислотою до рН 5,6 - 5,3. Затирання починають при температурі 40 °С.

					Кваліфікаційна робота	Аркуш
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		23

Фільтрація Оцукрованого затору. Оцукренний затор складається з двох фаз: рідкої (сусла), що містить розчинений екстракт, і твердою (дробини) у вигляді нерозчинених залишків зерна. Відокремлюють сусло фільтрацією, причому дробину використовують в якості фільтруючого матеріалу. Процес ведуть в дві стадії. Спочатку відокремлюють сусло, яке називається першим суслем, а потім гарячою водою вимивають з дробини залишився в ній екстракт. При фільтрації і промиванні температура затору повинна бути 75 °С.

При зниженні температури в'язкість сусла збільшується і фільтрація уповільнюється, а при підвищенні - інактивується амілаза, що може привести до появи клейстерної каламуті в суслі в результаті клейстеризації залишився в дробині крохмалю.

Фільтрацію затору здійснюють двома способами: за допомогою фільтраційного апарату і за допомогою фільтр-преса.

Фільтраційний апарат - сталевий циліндр зі сферичною кришкою, витяжною трубою і плоским дном. На висоті 10 - 12 сантиметрів від дна розташоване орендоване Сітчатє дно, складене з окремих сегментів. Тривалість фільтрації близько 5,5 годин.

Фільтрація з використанням фільтр-преса відбувається за 3,5 годин, внаслідок чого підвищується продуктивність варильного відділення. До того ж застосовується більш тонкий помел солоду і ячменю, і вихід екстракту зростає на 1 відсоток. Випускаються фільтр - преси марки ЗД-100А продуктивністю 1,3 - 2 т і марки ЗД - 100В продуктивністю 3 - 3,5 тонн.

Вихід дробини вологістю 80 - 85 відсотка з 100 кілограм затертого сировини становить 125 - 130 кілограм. Її видаляють з варильного відділення або за допомогою насоса, або через монтежу за допомогою пари.

При перекачуванні насосом дробину розводять водою у співвідношенні 1 : 3 і подають в роздатковий бункер. При цьому способі кормова цінність дробини дещо знижується, так як вода і разом з нею екстрактивні речовини потім видаляються. При видаленні паром дробину не розбавляють водою, але

					Кваліфікаційна робота	Аркуш
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		24

потрібен пар тиском 0,07 - 0,09 мега паскаль. Витрата його становить близько 2 відсотки до маси дробини.

Кип'ятіння сусла з хмелем. При кип'ятінні сусла з хмелем розчиняються гіркі і ароматичні речовини хмелю і випаровується надлишок води. Крім того, інактивуються ферменти і гинуть мікроорганізми, що потрапляють в сусло з солодом і хмелем, що забезпечує сталість хімічного складу сусла до бродіння і запобігає прокисанню пива. Під впливом високої температури білки випадають в осад у вигляді великих пластівців.

Кип'ятіння сусла починають після закінчення фільтрації затору. До цього моменту температуру сусла в сусловарочном котлі підтримують близько 75 °С, щоб до оцукрити крохмаль, вимити його з дробини. Хміль у сусло вводять декількома способами в залежності від сорту пива. У слабо охмелені темні сорти пива весь хміль задають на початку кипіння. При варінні більш охмелених сортів пива хміль вносять в два або три прийоми.

Для сильно охмелених і ароматизованих сортів пива невелику порцію хмелю не кип'ятять, а задають у хмелевідділяч. Кількість хмелю залежить також від типу і концентрації сусла; з підвищенням концентрації норма внесення хмелю збільшується. Так, при варінні Жигулівського пива (стандартна концентрація сусла - 11 відсотка) задають 22 грам, ризького (12 відсоткове сусло) - 30 грам, авторського (13% -ве сусло) - 36 грам, закарпатського (20 відсоткове сусло) - 45 грам на 1 дал. Для темних сортів пива норма хмелю нижче, наприклад для старого міста (13 відсоткове сусло) - 20 грам, корона (14,5 відсоткове сусло) - 22 грам.

Типовий сусловарочний котел влаштований так само, як заторний апарат. Він відрізняється тільки більшою поверхнею парової сорочки і більшою її кривизною, що забезпечує інтенсивне випарювання сусла. Останнім часом стали впроваджувати герметизовані сусловарильні котли, що працюють під тиском 0,02 - 0,03 мега паскаль. При варінні під тиском збільшується

					Кваліфікаційна робота	Аркуш
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		25

розчинність гірких речовин хмелю і зберігається його аромат, що дозволяє знижувати витрати цієї сировини.

Кінець варіння сусла з хмелем визначають за концентрацією сусла і його освітленню. Сусло має мати стандартну для даного сорту пива концентрацію екстракту, бути прозорим і містити швидко осідають пластівці білка. Тривалість кип'ятіння коливається від 1,5 до 2 годин. Після закінчення кип'ятіння вимірюють обсяг гарячого сусла і спускають його в хмелевідборний апарат.

Заторні апарати, фільтр-апарат або фільтр - прес і сусловарочний котел об'єднані в один єдиний варильний агрегат. Найбільш поширені чотирьох або шестипосудні агрегати. Чотирьохпосудний агрегат складається з двох заторних котлів, фільтр-апарату і сусловарочному котлі. В Україні виготовляються агрегати на 1; 1,5; 3 і 5,5 тонн сировини. Агрегати, розраховані на засип до 3 тонн сировини, забезпечують 4 варіння на добу, а понад 3 т - 3,6 варіння при переробці солоду і 3,5 варіння при заміні 25 - 30 відсотків солоду несолодженим зерном. Якщо фільтр - апарат замінити фільтр - пресом, то число варок на добу збільшується до 5.

У шести - посудні агрегати входять два заторних котла, два фільтр - апарату і два сусловарочні котли. При одночасному затирання до 3 тонн сировини вони дозволяють робити шість варок, при затирання понад 3 тонн 5 варок.

У відділенні хмелевої дробини у сусловарочному котлі охмелене сусло, що містить виварений хміль (хмільну дробину), самопливом надходить в хмелевідбірний апарат, в якому хміль затримується на ситі; пройшовши крізь нього сусло відкачують насосом і передають в наступне відділення заводу для освітлення та охолодження. після відкачування всього сусла хмільну дробину промивають гарячою водою до тих пір, поки концентрація екстракту у воді не знизиться до 2,5 відсотка. промивну воду приєднують до сусла, а дробину заливають водою і разом з нею видаляють в спеціальний бункер.

					Кваліфікаційна робота	Аркуш
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		26

Хмелевідбірний апарат виконаний зі сталі. він зроблений у вигляді циліндра з конічним дном і конічної кришкою. усередині чана встановлені розбірний конічний сітчатий кошик і лялечка - розпушувач з верхнім приводом. до днища апарату прикріплено розвантажувальний пристрій, за допомогою якого одним і тим же насосом відкачують сусло і видаляють дробину.

Хмелвідбірні апарати випускають в трьох моделях: хц для виручених агрегатів на 0,5 і 1 тонн засипу, хч - на 1,5 т і хч-5 - на 3 і 5,5 тонн засипу. потужність електродвигуна у всіх моделей 1,3 кіловат..

Вихід екстракту в варочном відділенні. цей показник є основним техніко-економічним показником, що характеризує роботу варильного відділення і якість солоду. під виходом екстракту е розуміють кількість (у відсотках) сухих речовин солоду і несоложеним сировини, яке перейшло в сусло при затирання.

Залежно від якості сировини вихід екстракту становить 70 - 72 відсотки. втрати екстракту в варильному відділенні коливаються в межах 1,5 - 2 відсотка. розрізняють два види втрат екстракту в дробини: вимиває екстракт, що міститься в останній промивної воді (0,5 - 0,6 відсотки), і невимиваючий екстракт, що міститься в погано роздроблених кінчиках зерен (1 - 1,5 відсотки).

Витрата пари та води в варочном відділенні. Варильне відділення є головним споживачем тепла на заводі. Тепло витрачається на підігрівання води, використовуваної на затирання і промивання солодовою і хмільний дробини, на підігрівання і кип'ятіння затору і на кип'ятіння сусла з хмелем. В середньому для двухвідварного способу затирання витрата пара для наближених розрахунків приймають кратним 2,8 - 3,3 масі сировини, що переробляється.[9]

					Кваліфікаційна робота	Аркуш
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		27

## 2.2 Вибір технічних засобів

Для вимірювання температури суміші обираємо Датчик температури Pt100 (рисунок 2.1).



Рисунок 2.1– Датчик температури Pt100

Призначений для вимірювання температури нейтральних і агресивних середовищ, по відношенню до яких матеріал захисної арматури є корозійностійким.

Характеристика:

- Виробник ТЕРА
- Країна виробник Україна
- Мінімальний діапазон вимірювань  $-50.0\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Максимальний діапазон вимірювань  $500.0\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Похибка,  $\pm 0.1$

Додаткова характеристика:

- Матеріал захисної арматури: сталь 12X18H10T

					Кваліфікаційна робота	Аркуш
						28
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Тип конструктиву погрузной:

- Клас допуску В
- Схема з'єднання 3 (трехпроводная)
- Довжина монтажної частини L, мм 160
- Діаметр монтажної частини, мм 6
- Різьба штуцера M20x1,5
- Довжина зовнішньої частини, мм 70
- Матеріал головки склопластик (250 ° C)
- Показник інерції, з 18 ... 25
- Робочий тиск, МПА 0 ... 6,3[7].

Для вимірювання ваги Zemic H3-C3-2.0t-6B (рисунок 2.2)



Рисунок 2.2 – Датчик ваги Zemic H3-C3-2.0t-6B

Датчик ваги Zemic H3-C3-2.0t-6B призначений для вимірювання ваги,

Технічні характеристики:

Навантаження: від 0.025т до 30т

Матеріал виконання: Сталь з нікелевим покриттям

Клас захисту: IP67

Описання приладу:

НЗ - тензометричний датчик S - образного типу.

S - подібний тип застосовується для виготовлення підвісних бункерних ваг, кранових ваг, тестових систем, розривних машин, а також при модернізації механічних ваг.

Завдяки високим метрологічним характеристикам цей тип датчиків знаходить широке застосування в багатьох промислових системах весоизмерения.

Корпус НЗ виконаний зі сталі з нікелевим покриттям, клас захисту тензодатчика IP67.

Датчик додатково може комплектуватися шарнірними підвісами, що забезпечують захист від "зламів" і дозволяють істотно зменшити час установки і запуску обладнання [8].

Перемикач рівня Siemens Sitrans LVL100



Рисунок 2.3 – Перемикач рівня Siemens Sitrans LVL100

					Кваліфікаційна робота	Аркуш
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		30

Характеристики перемикача:

Діапазон вставки 40 мм (1,5 ")

Температура процесу від -40 до 150 ° C (від -40 до 302 ° F)

Тиск процесу від -1 до 64 бар (-14,5 до 928 фунтів / кв.дюйм)

Описання приладу:

SITRANS LVL100 - це компактний перемикач рівня, призначений для промислового використання у всіх областях технологічних процесів і може використовуватися з рідинами та суспензіями. Завдяки вставній довжині лише 40 мм (1,57 дюйма), SITRANS LVL100 можна встановлювати в невеликих трубах і обмеженому просторі. Це також практично не впливає на хімічні та фізичні властивості рідини. LVL100 також може використовуватися в складних умовах, включаючи турбулентність, повітряні бульбашки, генерацію піни, накопичення або сильну зовнішню вібрацію.

Камертон п'єзоелектрично напружений і вібрує при своїй частоті механічного резонансу приблизно 1200 Гц. Частота коливань змінюється, коли камертон покривається середовищем. Ця зміна виявляється інтегрованим осцилятором і перетворюється в команду перемикачання. Інтегрована електроніка оцінює сигнал рівня і виводить сигнал перемикачання, безпосередньо працює на підключених пристроях.

Основні застосування: Для використання в рідинах і шламах, для вимірювання рівня, переповнення і захисту від сухого ходу[9].

					Кваліфікаційна робота	Аркуш
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		31

Спиртометр автоматичний СА-2 призначений для виміру вміст спирту в одиниці % об.



Рисунок 2.4 – Спиртометр автоматичний СА-2

**Характеристика:**

Область вимірювань,% об.	від 30 до 100
Ширина діапазону вимірювань,% об.	min 1 max 50
Наведена похибка, %	± 5
Вихідний аналоговий сигнал, мА	0 - 5, 4 - 20
Габаритні розміри, мм	
Блоку датчика з проточною камерою	320x220x160
блоку електронного	160x220x140
пульт сигналізації	190x310x195
Маса комплекту,	кг 12
Температура спирту в місці установки блоку датчика, ° С	від 5 до 85
Харчування від мережі змінного струму	220В, 50Гц

**Призначення:**

Автоматичний спиртометр СА - 2 призначений для безперервного контролю концентрації етилового спирту в технологічних розчинах спиртового виробництва.

Спиртометр дозволяє проводити вимірювання безпосередньо в гарячому потоці і в реальному масштабі часу.

Об'єктом контролю може бути ректифікований спирт (до і після холодильника), спирт-сирець, паливний етанол, епюрат і інші продукти спиртового виробництва.

Принцип дії приладу - акустичний.

Інформація про концентрацію етилового спирту, перетворюється в аналоговий сигнал постійного струму і показання цифрового індикатора, що виражаються в об'ємних частках вмісту етилового спирту, наведені до температури 200 °С.

Вихідний сигнал постійного струму може подаватися на АСУ ТП, комп'ютер або інші вторинні пристрої.

У спиртометром передбачена світлова і релейний сигналізація, яка спрацьовує при зміні концентрації спирту нижче (вище) встановленого значення.

В системі автоматичного регулювання технологічним процесом спиртометр використовується як датчик концентрації, а при ручному управлінні як інформаційний засіб для корекції технологічного процесу.

Використання спірометра дозволяє підвищити якість продукту, що випускається і знизити енерговитрати за рахунок оптимального управління технологічним процесом.

Спиртометр складається з трьох блоків: блок датчиків (встановлюється в технологічному трубопроводі), блок електронний (встановлюється у вибухонебезпечній зоні) і пульт сигналізації (встановлюється поза вибухонебезпечною зоною) [10].

виратомір OPTISWIRL 4200

					Кваліфікаційна робота	Аркуш
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		33



Рисунок 2.5 – Вихровий витратомір OPTISWIRL 4200

Характеристики витратоміра:

-Для рідин, (вологих) газів, насиченого і перегрітого пара (+240 ° C)

-Вбудоване вимір P + T: прямий вихід даних по масі, номінальному витраті і / або енергії, сумарною / корисної теплової енергії

-Фланець: DN15 ... 300 / 1/2 ... 12 ; безфланцева версія: макс. DN100 4

-2-дротовий, 4 ... 20 мА, HART®

Описання приладу:

OPTISWIRL 4200 являє собою вихровий витратомір з вбудованою температурою. Використовується вихровий датчик температури. Він призначений насамперед для вимірювання витрати рідин, сухих або вологих газів і насиченого або перегрітої пари в системах технологічного забезпечення (допоміжних контурах) і розподільних мережах. Цей прилад є також оптимальним рішенням для вдосконалених систем управління енергоспоживанням (відповідно до ISO 50001), так як доступний з функцією вбудованого вимірювання сумарної і корисної теплової енергії для пари і конденсату. Для вимірювання витрати газу і пари при нестабільних робочих умовах вихровий витратомір може оснащуватися опціонально доступним вбудованим датчиком тиску[11].

					Кваліфікаційна робота	Аркуш
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		34

Для запуску двигунів будуть використовуватися магнітні пускачі ПМ ПМ 1-09:8 (рисунок 2.6).



Рисунок 2.6 – Магнітний пускач ПМ1-09

Пускачі цієї серії призначені для застосування головним чином в стаціонарних установках для дистанційного пуску безпосереднім підключенням до мережі, зупинки і реверсування трифазних асинхронних електродвигунів з короткозамкненим ротором при напрузі до 660 В змінного струму частотою 50 Гц і 60 Гц[12].

Для регулювання потоку води та повітря необхідно використати двигун. Для цього підійде електродвигун АИР 132 (рисунок 2.4) [12].



Рисунок 2.4 – Електродвигун АІР 1Е 80 Ф2 Б4

Електродвигун трифазний АІР132М2 (АІР 132 М2) відноситься до серії загальнопромислових асинхронних електродвигунів змінного струму з короткозамкненим ротором. Цей електродвигун має дві схеми підключення (трикутник і зірка) в залежності від напруги струмоподаючої мережі – 380/660 В. Потужність асинхронний електродвигуна АІР 132М2 становить 11,0 кВт, а частота обертів – 3000 об/хв. Висота осі обертання (габарит) електродвигуна АІР132 М2 – 112 мм, діаметр вала - 38 мм. Двигун АІР132 М2 призначений для роботи в режимі S1 – тривалий режим роботи, при якій навантаження на електродвигун незмінна тривалий час. Ступінь захисту IP55 – підвищений захист електродвигуна від вологи і пилу. Клас ізоляції обмоток статора "F" – пікова температура нагріву 150 °С[10].

Блок БРУ-7 в ручному режимі РУЧ, за допомогою ручки управління на передній панелі, управляє виконавчим механізмом клапана, тим самим, змінюючи значення рівня в ємності (рисунок 2.8). [13].

					Кваліфікаційна робота	Аркуш
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		36



Рисунок 2.8 – Блок управління БРУ-7

Значення рівня перетворюється датчиком і вимірюється аналоговим входом блоку БРУ-7, а також регулятором або програмованим контролером. Перехід в автоматичний режим АВТ здійснюється натисненням клавіші АВТ на передній панелі БРУ-7 або зовнішньою командою АВТ (імпульс = 24В). В автоматичному режимі регулятор (контролер) через контакти блоку БРУ-7 управляє виконавчим механізмом. Через контакти реле сигнал про режим РУЧ-АВТ передається регулятору. Також за допомогою додаткових контактів реле можна організувати блокування керуючих сигналів в різних режимах[14].

Для збільшення кількості аналогових виходів необхідно використати модуль ОВЕН МВ110-8А



Рисунок 4.3 – Модуль ОВЕН МВ110-8А

Характеристика модуля розширення:

- 8 універсальних каналів аналогового введення
  - Типи вхідних сигналів: термоперетворювачі опору, термопари, уніфіковані сигнали напруги та струму (вимагають використання зовнішнього резистора 50 Ом), опір до 5 кОм.
    - Термопари: L, J, N, K, S, R, B, T, A-1, A-2, A-3
    - Термоперетворювачі опору: 50М, Cu50, 50П, Pt50, Ni100, 100М, Cu100, 100П, Pt100, Ni500, 500М, Cu500, 500П, Pt500, Ni1000, 1000М, Cu1000, 1000П, Pt1000
    - Уніфіковані сигнали: 4-20 мА, 0-20 мА, 0-5 мА, +/- 50мВ, 0-1 В
    - Напруга живлення: ~ 220 В або = 24 В (універсальне джерело живлення)
- [16].

Для вирішення проблеми з нестачею аналогових виходів буде використовуватися модуль ОВЕН МУ110-224.рН. Як і попередній модуль він може автоматично оприділяти протокол. Також у нього є можливість діагностувати обрив інтерфейсної лінії і переводити виходи у безпечний стан, попередньо визначений користувачем.



Рисунок 4.4 – Модуль ОВЕН МУ110-224.рН.

МУ110 працює в мережі RS-485 за протоколами ОВЕН, ModBus-RTU, ModBus-ASCII, DCON. Не є Майстром мережі, тому мережа RS-485 повинна мати Майстер мережі, наприклад, ПК із працюючою на ньому SCADA-системою, контролер або регулятор. Напряга живлення – 230 В змінної напруги та 24 В постійної напруги. Використання даного модуля дозволяє отримати для використання 8 аналогових виходів[17].

					Кваліфікаційна робота	Аркуш
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		39

### 2.3 Вибір місця розташування технічних засобів

Позиція	Пара метр	Місце установки	Найменування і коротка технічна характеристика приладу	Тип, модель	Кількість	Завод-виготовлювач
1а, 2а, 3а, 4а, 5а	Температура	За місцем	Матеріал захит-ной арматуры сталь AISI321(12X18H10T),сталь AISI316Ti (10HX17H13M2T) Діапазон темп, °С-50...150 (для ТСМ) -50...250, - (для ТСП) -40...250,-40...250, -40...600(для ТХК)-40...250, - 40...500 (для ТЖК)	Tera Pt100	5	Tera
6а, 7а,16а, 17а	Вага	За місцем	Датчик ваги Zemic НЗ-СЗ-2.0т-6В призначений для вимірювання ваги, Технічні характеристики: Навантаження: від 0.025т до 30т	Zemic НЗ	4	Zemic

25а	Вміст спирту	За місцем	Область вимірювань,% об. від 30 до 100 Ширина діапазону вимірювань,% об. min 1 max 50 Наведена похибка, % $\pm 5$  Вихідний аналоговий сигнал, мА 0 - 5, 4 - 20	СА-2	1	УКРМАРШП РОМ
8а, 9а, 10а, 11а, 12а	Перемикач рівня	За місцем	Діапазон вставки 40 мм (1,5 ") Температура процесу від -40 до 150 ° С (від -40 до 302 ° F) Тиск процесу від -1 до 64 бар (-14,5 до 928 фунтів / кв.дюйм)	Siemens Sitrans LVL100	5	Siemens Sitrans
26а	Витрата	За місцем	Для рідин, (вологих) газів, насиченого і перегрітого пара (+240 ° С) -Вбудований вимір Р + Т: прямий вихід даних по масі, номінальному витраті і / або енергії, сумарною / корисної теплової енергії -Фланець: DN15 ... 300 / 1/2 ... 12 "; безфланцева версія: макс. DN100 / 4" -2-дротовий, 4 ... 20 мА, HART®	L 4200	3	KROHNE OPTISWRL

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

76	Витрата	За місцем	<p>Регулюючий пристрій співвідношення</p> <p>Клас точності – 0,5.</p> <p>Вхідний сигнал(мА; В): 4-20 mA</p>	Sipard DR21	1	Siemens
27a	Тиск	За місцем	<p>Робоче середовище: хімічно нейтральні по відношенню до нержавіючої сталі AISI 316L (AISI 304S) газу, пар і слабоагресивні рідини.</p> <p>Тип вимірюваного тиску: надмірне.</p> <p>Основна приведена похибка: 0,5; 1,0% ВП</p> <p>Перетворення надлишкового тиску в уніфікований сигнал 4 ... 20 мА постійного струму.</p> <p>Верхня межа вимірюваного тиску (ВП): 16 кПа ... 40 МПа.</p> <p>Перевантажувальна здатність: не менше 200% ВП.</p> <p>Ступінь захисту корпусу та електророз'єма датчика: IP65.</p> <p>Перешкодостійкість відповідає вимогам до обладнання класу А по ГОСТ Р МЭК 61326-1-2014.</p>	ПД100-ДИ		Овен

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

16,26,36 ,46,56	Управління	За місцем	1 AI: уніфіковані ГОСТ26.011-80 0-5 мА, R <sub>вх</sub> = 400 Ом 0-20 мА, R <sub>вх</sub> = 100 Ом 4-20 мА, R <sub>вх</sub> = 100 Ом 0-10, R <sub>вх</sub> = 25 кОм Інтерфейс /протокол: - RS-485 / ModBus. 1 AO: 0-5 мА, R <sub>н</sub> ≤ 2000 Ом 0-20 мА, R <sub>н</sub> ≤ 500 Ом 4-20 мА, R <sub>н</sub> ≤ 500 Ом 0-10, R <sub>н</sub> ≥ 2000	БРУ-7	5	Мікрол
1в, 2в, 3в, 4в, 5в, 166, 186, 19, 206, 216, 226, 236	Редукторний електроприві д	За місцем	<ul style="list-style-type: none"> <li>• час переміщення штока приводу на 1 мм: 1 с (для AMV 323), 3 с (для AMV 423) і 11 с (для AMV 523);</li> <li>• напруга живлення (для різних версій приводів): 230 або 24 В пер. струму;</li> <li>• хід штока: 0-50 мм;</li> <li>• можливість роботи з функціональними блоками АМЕК (з додатковими кінцевими вимикачами), АМЕР (з функцією П- або ПІ-регулювання), АМЕС (керуваним сигналом 0-10 В або 0-20 мА).</li> </ul>	DANFO SS AMV 423	3	DANFOSS

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

3а, 4а, 5а, 28а, 76	Магнітний пускач	За місцем	Тип: Силові Виконання: Відкриті Номинальний струм, А: 9 Номинальна напруга, В: 220/380 Номинальна напруга котушок, В: 24; 36; 42; 110; 220; 380 Додаткові контакти: 1 але IP 20	ПМ 1- 09	5	Аско
---------------------------	---------------------	-----------	---	-------------	---	------

					Кваліфікаційна робота	Аркуш
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		44

## 2.4 Схема автоматизації

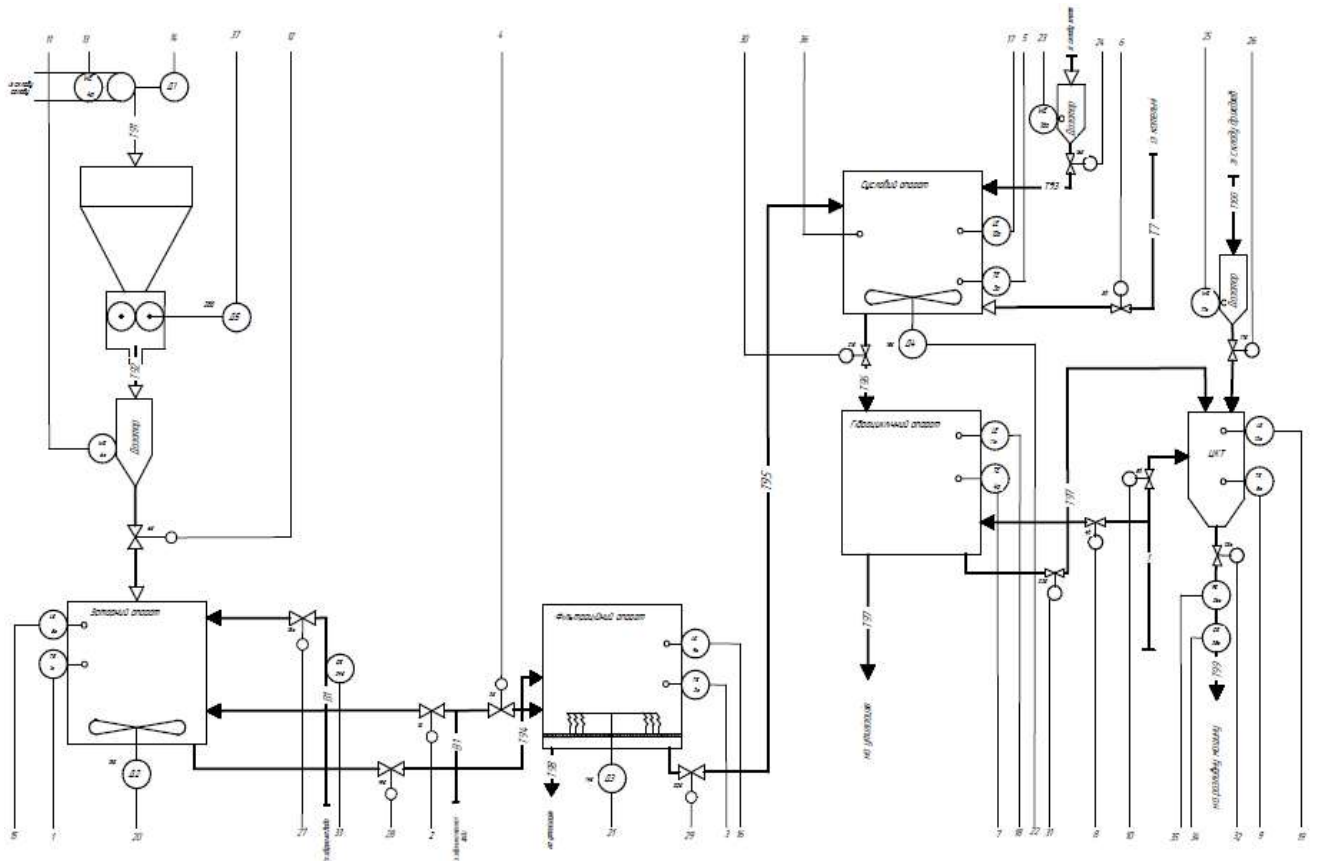


Рисунок 2.1 Схема автоматизації

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

### Розділ 3. Опис схем підключення датчиків та виконавчих механізмів до мікропроцесорного контролера

Таблиця 3.1

Номер	Звідки йде	Куди йде
101	Тера Pt100:1	MB110-8A:3
102	Тера Pt100:2	MB110-8A:4
103	Тера Pt100:3	MB110-8A:5
104	Тера Pt100:1	MB110-8A:6
105	Тера Pt100:2	MB110-8A:7
106	Тера Pt100:1	MB110-8A:8
107	Тера Pt100:2	MB110-8A:9
108	Тера Pt100:3	MB110-8A:10
109	Тера Pt100:1	MB110-8A:11
110	Тера Pt100:2	MB110-8A:12
111	Тера Pt100:1	MB110-8A:14

					Кваліфікаційна робота			
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Герман Б.Р.			Розробка систем автоматизації приготування пивного сусла	Літ.	Арк.	Аркушів
Керівник		Кишенько В.Д.					46	9
Зав. Каф.		Ельперін І.В.				НУХТ-АК-4-3СК		
Секр. ЕК		Проскурка Є.С.						

Продовження таблиці 3.1

Номер	Звідки йде	Куди йде
112	Тера Pt100:2	МВ110-8А:15
113	Тера Pt100:3	МВ110-8А:16
114	Zemic H3:1	МВ110-8А:17
115	Zemic H3:2	МВ110-8А:18
116	Zemic H3:1	МВ110-8А:20
117	Zemic H3:2	МВ110-8А:21
118	Zemic H3:2	ОВЕН ПЛК-63:46
119	Simens Sitrans LVL100:1	ОВЕН ПЛК-63:47
120	Simens Sitrans LVL100:1	ОВЕН ПЛК-63:48
121	Simens Sitrans LVL100:1	ОВЕН ПЛК-63:49
122	Simens Sitrans LVL100:1	ОВЕН ПЛК-63:50
123	Simens Sitrans LVL100:1	ОВЕН ПЛК-63:51
124	Simens Sitrans LVL100:2	ОВЕН ПЛК-63:55
125	Zemic H3:1	МВ110-8А:23
126	Zemic H3:2	МВ110-8А:24
127	Zemic H3:1	ОВЕН ПЛК-63:12
128	Zemic H3:2	ОВЕН ПЛК-63:13
129	Електрод HI 2910:1	МВ110-224Ph
130	Електрод HI 2910:2	МВ110-224Ph
131	Спиртометр СА-2:1	ОВЕН ПЛК-63:15
132	Спиртометр СА-2:2	ОВЕН ПЛК-63:16
133	Спиртометр СА-2:1	ОВЕН ПЛК-63:18
134	Спиртометр СА-2:2	ОВЕН ПЛК-63:19
135	Овен ПД100-ДИ:1	ОВЕН ПЛК-63:21
136	ОВЕН ПЛК-63:3	ПМ 1-09:7
137	ОВЕН ПЛК-63:4	ПМ 1-09:8

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

Кваліфікаційна робота

Аркуш

47

Продовження таблиці 1

Номер	Звідки йде	Куди йде
138	ОВЕН ПЛК-63:6	ПМ 1-09:7
139	ОВЕН ПЛК-63:7	ПМ 1-09:8
140	ОВЕН ПЛК-63:8	ПМ 1-09:7
141	ОВЕН ПЛК-63:9	ПМ 1-09:8
142	МУ 110-8И:5	БРУ-7:1
143	МУ 110-8И:6	БРУ-7:2
146	МУ 110-8И:7	БРУ-7:1
147	МУ 110-8И:8	БРУ-7:2
150	МУ 110-8И:9	БРУ-7:1
151	МУ 110-8И:10	БРУ-7:2
154	МУ 110-8И:11	БРУ-7:1
155	МУ 110-8И:12	БРУ-7:2
158	МУ 110-8И:17	БРУ-7:1
159	МУ 110-8И:18	БРУ-7:2
162	ОВЕН ПЛК-63:15	ПМ 1-09:7
163	ОВЕН ПЛК-63:16	ПМ 1-09:3
164	ОВЕН ПЛК-63:17	АИР 1Е 80 Ф2 Б4:1
165	ОВЕН ПЛК-63:18	АИР 1Е 80 Ф2 Б4:2
166	МУ 110-8Р:3	DANFOSS AMV 423:1
167	МУ 110-8Р:4	DANFOSS AMV 423:2
168	МУ 110-8Р:6	DANFOSS AMV 423:1

Продовження таблиці 1

169	МУ 110-8Р:7	DANFOSS AMV 423:2
170	МУ 110-8Р:8	DANFOSS AMV 423:1
171	МУ 110-8Р:9	DANFOSS AMV 423:2
172	МУ 110-8Р:11	DANFOSS AMV 423:1
173	МУ 110-8Р:12	DANFOSS AMV 423:2

Продовження таблиці 1

Номер	Звідки йде	Куди йде
174	МУ 110-8Р:15	DANFOSS AMV 423:1
175	МУ 110-8Р:16	DANFOSS AMV 423:2
176	МУ 110-8Р:17	DANFOSS AMV 423:1
177	МУ 110-8Р:18	DANFOSS AMV 423:2
178	МУ 110-8Р:15	DANFOSS AMV 423:1
179	МУ 110-8Р:16	DANFOSS AMV 423:2
180	МУ 110-8Р:17	DANFOSS AMV 423:1
181	МУ 110-8Р:18	DANFOSS AMV 423:2
801	БЖ1:4	Zemic H3:3
802	БЖ1:5	Zemic H3:4
803	БЖ1:6	Zemic H3:3
804	БЖ1:7	Zemic H3:4
805	БЖ1:8	Zemic H3:3
806	БЖ1:9	Zemic H3:4
807	БЖ1:10	Zemic H3:3
808	БЖ1:11	Zemic H3: 4
809	БЖ1:12	Спиртометр СА-2:3
810	БЖ1:13	Спиртометр СА-2:4
811	БЖ1:14	Спиртометр СА-2:1
812	БЖ1:15	Спиртометр СА-2:2
813	БЖ2:4	Овен ПД100-ДИ:2
814	БЖ2:5	DANFOSS AMV 423:3

Продовження таблиці 1

815	БЖ2:6	DANFOSS AMV 423:4
816	БЖ2:7	DANFOSS AMV 423:3
817	БЖ2:8	DANFOSS AMV 423:4

818	БЖ2:9	DANFOSS AMV 423:3
819	БЖ2:10	DANFOSS AMV 423:4
820	БЖ2:11	DANFOSS AMV 423:3
821	БЖ2:12	DANFOSS AMV 423:4
822	БЖ2:13	DANFOSS AMV 423:3
823	БЖ2:14	DANFOSS AMV 423:4
824	БЖ2:15	DANFOSS AMV 423:3
825	БЖ2:16	DANFOSS AMV 423:4
826	БЖ2:	DANFOSS AMV 423:3
827	БЖ2:	MB110-224Ph 423:1
828	БЖ2:	MB110-224Ph 423:2

Принципова схема — схема, що визначає повний склад елементів і зв'язків між ними і, як правило, дає детальне уявлення про принципи роботи виробу (установки)

Для зображення на принципових схемах елементів і пристроїв використовують умовні графічні позначення, встановлені відповідними стандартами ЄСКД. На принциповій схемі зображують всі елементи і пристрої, необхідні для здійснення і контролю заданих процесів, всі зв'язки між елементами, а також елементи, якими закінчуються вхідні і вихідні каскади.

Принципові схеми виконують без дотримання масштабу, дійсне просторове розташування складових частин не враховується, або враховується приблизно.

Кожний елемент, зображений на принциповій схемі, повинен мати літерно-цифрове позиційне позначення. Для позиційних позначень використовують переважно літери латинського алфавіту та арабські цифри, які проставляють на схемі поряд з умовними графічними позначеннями елементів з правої сторони або над ними. Позиційне позначення елемента в загальному випадку складається з трьох частин, які вказують вид елемента, його номер і функцію. Вид і номер — обов'язкова частина літерно-цифрової позиційної позначки. Вони повинні бути надані всім елементам. Показчик функції елемента не призначений для ідентифікації елемента і не є обов'язковим.

На даній принциповій схемі зображені первинні перетворювачі, блок живлення, пневмоклапан, мікропроцесорний контролер, електро-пневно перетворювач, магнітний пускач. Подається сигнал управління (4...20 мА) з контролера ОВЕН ПЛК-63 (кл.80, 81) на клапан впуску сусла (поз. 1в), який має пневматичне живлення. Одночасно з тим сигнал управління з дискретного виходу контролера (кл. 51, 52) 4...20 мА йде на магнітний пускач (поз. КМ1) і вмикається двигун подачі сусла в камеру.

					Кваліфікаційна робота	Аркуш
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		52

Подача сусла відбувається до тих пір, поки воно не заповнить камеру. Цей процес контролюється витратоміром УРСВ-510ц, сигнал з якого (4...20) мА поступає на аналоговий вхід контролера (кл. 33, 34). Живлення витратоміра (24 В) йде від блока живлення Метран 602м, який підключається до електромережі. При заповненні певної частини камери сусллом, сигнал управління 4...20 мА з контролера ОВЕН ПЛК-63 (кл. 78, 79) подається на клапан подачі дріжджів (поз. 2б). Одночасно з тим сигнал управління з дискретного виходу контролера подається на магнітний пускач (поз. КМ2), який вмикає двигун Д2, що закачує дріжджі.

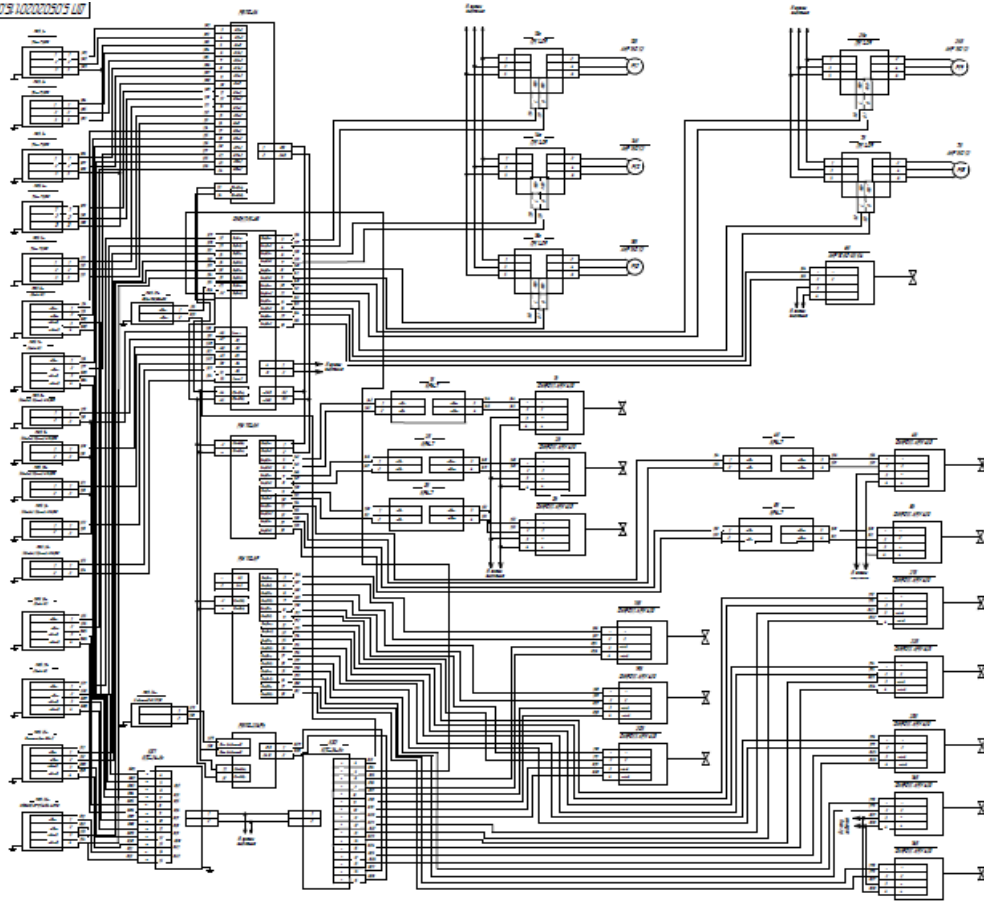
Температура в камері бродіння вимірюється за допомогою датчика температури ТСМУ-205 (поз. 3а), уніфікований сигнал з якого (4...20 мА) подається на аналогові входи контролера (кл. 31,32).

При перевищенні тиску в камері подається сигнал управління (4...20 мА) з контролера ОВЕН ПЛК-63 (кл.117, 118) на клапан зтралювання газу (поз. 4в), який має пневматичне живлення.

По досяганні пива подається сигнал управління (4...20 мА) з контролера ОВЕН ПЛК-63 (кл.74, 75) на клапан відкачки пива (поз. 5г), який має пневматичне живлення. Одночасно з тим сигнал управління з дискретного виходу контролера (кл. 55, 56) 4...20 мА йде на магнітний пускач (поз. КМ3) і вмикається двигун відкачки пива з установки.

					Кваліфікаційна робота	Аркуш
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		53

7 603 100002003 107



№	Назва	К-т	Познач
1-10	Датчик температури палив. М-100	2	Кодовий знак 4.204
11-12	Температурний датчик ДТ-100-120-02	1	Кодовий знак 4.204
13-14	Автоматичний регулятор швидкості обертання ДР-100	2	Кодовий знак 4.204
15	Система автоматичної СЧ-2	1	Кодовий знак 199
16	Автоматичний регулятор швидкості обертання ДР-100	1	Кодовий знак 4.204
17	Датчик палив. палив. ДТ-100-120	1	Кодовий знак 4.204
18-20	Варіанти управління палив. ДР-100	2	Кодовий знак 199
21-22	Паливний насос АР-100-120	2	Кодовий знак 199
23-24	Паливний насос ДР-100-120	2	Кодовий знак 199
25-26	Паливний насос ДР-100-120	2	Кодовий знак 199
27-28	Паливний насос ДР-100-120	2	Кодовий знак 199
29-30	Паливний насос ДР-100-120	2	Кодовий знак 199
31-32	Варіанти управління палив. ДР-100-120	2	Кодовий знак 199

ДП 5.0502020115.03.Е3			
№	Ім'я	Підп.	Дата
1	Скелюга І.В.		
2	Скелюга І.В.		
3	Скелюга І.В.		
4	Скелюга І.В.		
5	Скелюга І.В.		
6	Скелюга І.В.		
7	Скелюга І.В.		
8	Скелюга І.В.		
9	Скелюга І.В.		
10	Скелюга І.В.		
11	Скелюга І.В.		
12	Скелюга І.В.		
13	Скелюга І.В.		
14	Скелюга І.В.		
15	Скелюга І.В.		
16	Скелюга І.В.		
17	Скелюга І.В.		
18	Скелюга І.В.		
19	Скелюга І.В.		
20	Скелюга І.В.		
21	Скелюга І.В.		
22	Скелюга І.В.		
23	Скелюга І.В.		
24	Скелюга І.В.		
25	Скелюга І.В.		
26	Скелюга І.В.		
27	Скелюга І.В.		
28	Скелюга І.В.		
29	Скелюга І.В.		
30	Скелюга І.В.		
31	Скелюга І.В.		
32	Скелюга І.В.		
33	Скелюга І.В.		
34	Скелюга І.В.		
35	Скелюга І.В.		
36	Скелюга І.В.		
37	Скелюга І.В.		
38	Скелюга І.В.		
39	Скелюга І.В.		
40	Скелюга І.В.		
41	Скелюга І.В.		
42	Скелюга І.В.		
43	Скелюга І.В.		
44	Скелюга І.В.		
45	Скелюга І.В.		
46	Скелюга І.В.		
47	Скелюга І.В.		
48	Скелюга І.В.		
49	Скелюга І.В.		
50	Скелюга І.В.		
51	Скелюга І.В.		
52	Скелюга І.В.		
53	Скелюга І.В.		
54	Скелюга І.В.		
55	Скелюга І.В.		
56	Скелюга І.В.		
57	Скелюга І.В.		
58	Скелюга І.В.		
59	Скелюга І.В.		
60	Скелюга І.В.		
61	Скелюга І.В.		
62	Скелюга І.В.		
63	Скелюга І.В.		
64	Скелюга І.В.		
65	Скелюга І.В.		
66	Скелюга І.В.		
67	Скелюга І.В.		
68	Скелюга І.В.		
69	Скелюга І.В.		
70	Скелюга І.В.		
71	Скелюга І.В.		
72	Скелюга І.В.		
73	Скелюга І.В.		
74	Скелюга І.В.		
75	Скелюга І.В.		
76	Скелюга І.В.		
77	Скелюга І.В.		
78	Скелюга І.В.		
79	Скелюга І.В.		
80	Скелюга І.В.		
81	Скелюга І.В.		
82	Скелюга І.В.		
83	Скелюга І.В.		
84	Скелюга І.В.		
85	Скелюга І.В.		
86	Скелюга І.В.		
87	Скелюга І.В.		
88	Скелюга І.В.		
89	Скелюга І.В.		
90	Скелюга І.В.		
91	Скелюга І.В.		
92	Скелюга І.В.		
93	Скелюга І.В.		
94	Скелюга І.В.		
95	Скелюга І.В.		
96	Скелюга І.В.		
97	Скелюга І.В.		
98	Скелюга І.В.		
99	Скелюга І.В.		
100	Скелюга І.В.		

Рисунок 3.1 Схема автоматизації

## Розділ 4. Опис встановлення технічних засобів

Для вимірювання ваги Zemic H3-C3-2.0t-6B (рисунок 2.2)



Рисунок 2.2 – Датчик ваги Zemic H3-C3-2.0t-6B

Датчик ваги Zemic H3-C3-2.0t-6B призначений для вимірювання ваги,

Технічні характеристики:

Навантаження: від 0.025т до 30т

Матеріал виконання: Сталь з нікелевим покриттям

Клас захисту: IP67

Описання приладу:

H3 - тензометричний датчик S - образного типу.

S - подібний тип застосовується для виготовлення підвісних бункерних ваг, кранових ваг, тестових систем, розривних машин, а також при модернізації механічних ваг.

Завдяки високим метрологічним характеристикам цей тип датчиків знаходить широке застосування в багатьох промислових системах весоизмерения.

					Кваліфікаційна робота			
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Герман Б.Р.			Розробка систем автоматизації приготування пивного суслу	Літ.	Арк.	Аркушів
Керівник		Кишенько В.Д.					55	2
Зав. Каф.		Ельперін І.В.				НУХТ-АК-4-ЗСК		
Секр. ЕК		Проскурка Є.С.						

Корпус НЗ виконаний зі сталі з нікелевим покриттям, клас захисту тензодатчика IP67.

Датчик додатково може комплектуватися шарнірними підвісами, що забезпечують захист від "зламів" і дозволяють істотно зменшити час установки і запуску обладнання.

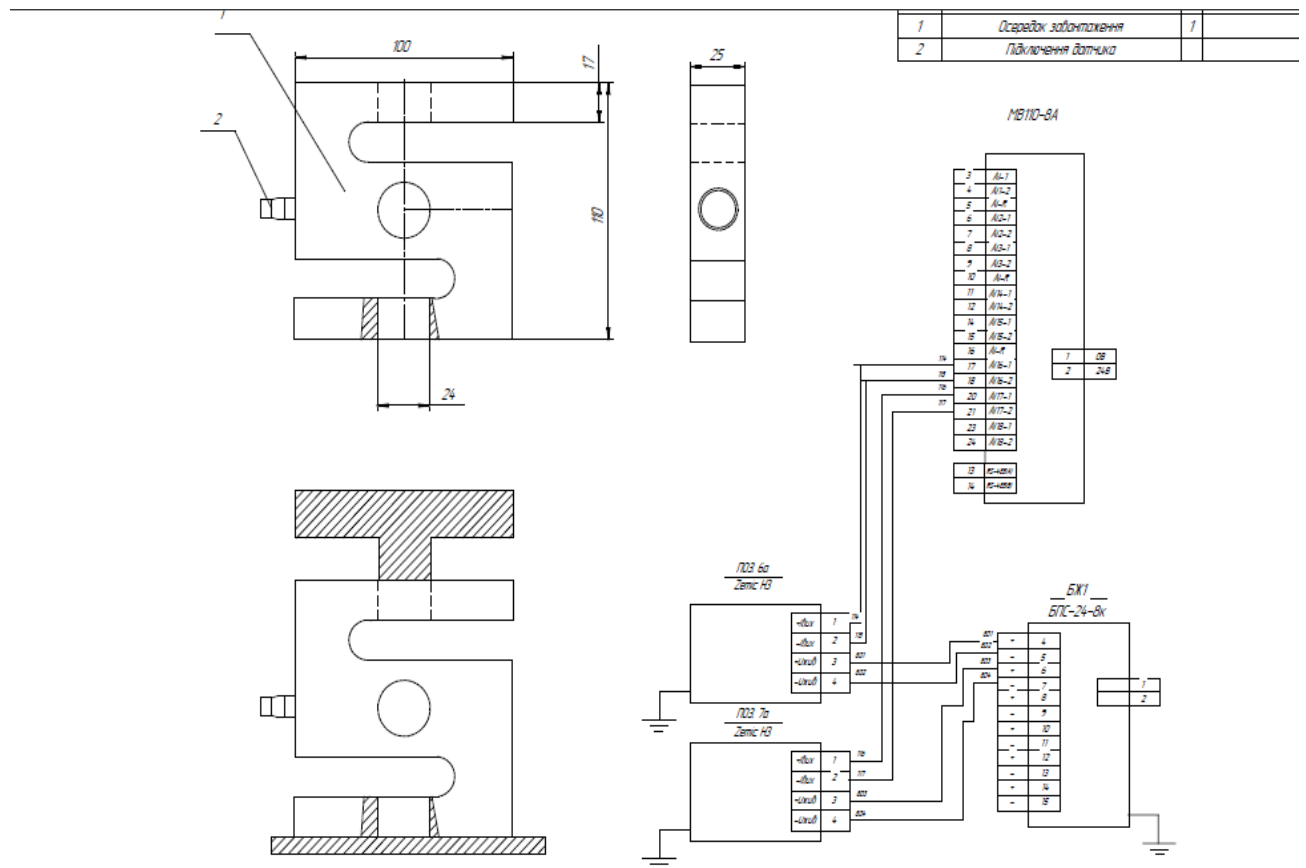


Рисунок 4.3 Встановлення та схема підключення датчика Zemic N3-C3

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

## Розділ 5. Опис спеціального програмного забезпечення для мікропроцесорного контролера (алгоритм та програма для МПК)

1. Вихідний стан обладнання – всі клапани закриті. Клапани 6б,18а,19б,16,2б,20б,21б, 16б,3в,22б – дискретні.

2. Відкривається клапан 6б і солод заповнює заторний апарат на 70%.

3. Коли рівень досягне заданого значення клапан 18а відкривається і подається вода зі збірника закрити, відкрити клапан 19б подає масу до фільтраційного апарату після фільтрації суспензія подається до руслового апарату клапан 20б.

4. В суловий апарат подається з дозатору хміль клапан 16б перекривається жде часу переливу до гідро циклічного апарату за допомогою клапану 21б. Рівень вимірюється рівнеміром 10а та температура 3а.

5. Після заповнення гідроциклічного Відходи виходять з апарату, а сусло переливається до ЦКТ

6. З дозатору подаються дріжджі клапан 17б при достатній кількості клапан перекривається.

7. Відкривається клапан 23а і готове сусло рухається на розлив машину.

					Кваліфікаційна робота			
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Герман Б.Р.			Розробка систем автоматизації приготування пивного сусла	Літ.	Арк.	Аркушів
Керівник		Кишенько В.Д.					57	3
Зав. Каф.		Ельперін І.В.				НУХТ-АК-4-ЗСК		
Секр. ЕК		Проскурка Є.С.						

Програма показана на рисунках 5.1,5.2,5.3.

	Class	Label Name	Data Type	Co	Device	Address	Comment
1	VAR_GLOBAL	Var_dint1	Double Word[Signed]	...	D10	%MD0.10	
2	VAR_GLOBAL	Var_dint2	Double Word[Signed]	...	D20	%MD0.20	
3	VAR_GLOBAL	PUSK1	Bit	...			кнопка старт
4	VAR_GLOBAL	STOP1	Bit	...			кнопка стоп
5	VAR_GLOBAL	LE_1	FLOAT (Single Precision)	...			сигналізатор рівня
6	VAR_GLOBAL	VA1	Bit	...			дискретний клапан 1
7	VAR_GLOBAL	VA2	Bit	...			дискретний клапан 2
8	VAR_GLOBAL	VA3	Bit	...			дискретний клапан 3
9	VAR_GLOBAL	VA4	Bit	...			дискретний клапан 4
10	VAR_GLOBAL	VA5	Bit	...			дискретний клапан 5
11	VAR_GLOBAL	VA6	Bit	...			дискретний клапан 6
12	VAR_GLOBAL	TE	FLOAT (Single Precision)	...			датчик температури
13	VAR_GLOBAL	FE	FLOAT (Single Precision)	...			датчик витрати
+ 14	VAR_GLOBAL	SML	Bit	...			=1 включення режиму
+ 15	VAR_GLOBAL	LEVEL1	FLOAT (Single Precision)	...			змінна, яка
+ 16	VAR_GLOBAL	STEP1	Word[Signed]	...			змінна стану програми
17				...			
18				...			
19				...			
20				...			

Рисунок 5.1 – Глобальні змінні програми

CASE step1 OF

0:

VA1:=FALSE; VA2:=FALSE; VA3:=FALSE; VA4:=FALSE; VA5:=FALSE; VA6:=FALSE; TE:=90.0;  
STEP1:=1;

1:

IF PUSK1 THEN VA1:=TRUE; STEP1:=2; END\_IF;

2:

IF LEVEL1>=70.0 THEN VA1:=FALSE; VA2:=TRUE; STEP1:=3; END\_IF;

3:

IF FE>=250.0 THEN STEP1:=4; END\_IF;

4:

TON\_1(IN:=SML, PT:=T#10s);

IF TON\_1.Q AND TE<=55.0 THEN VA5:=TRUE; VA2:=FALSE; VA4:=TRUE; STEP1:=5; END\_IF;

5:

TON\_1(IN:=FALSE);

VA3:=TRUE;

IF LEVEL1<=5.0 THEN VA5:=FALSE; VA6:=TRUE; STEP1:=6; END\_IF;

6:

IF LEVEL1=0.0 THEN STEP1:=0; END\_IF;

ELSE STEP1:=0;

END\_CASE;

Рисунок 5.2 – Програма автоматизації

На рисунку 5.3 показана симуляція процесу

```
IF SML THEN  
  
IF VA1 THEN LEVEL1:=LEVEL1+1.0; END_IF;  
  
IF VA5 THEN LEVEL1:=LEVEL1-1.0; TE:=TE-2.0; END_IF;  
  
IF VA6 THEN LEVEL1:=LEVEL1-0.2; END_IF;  
  
IF LEVEL1>70.0 THEN LEVEL1:=70.0; ELSIF LEVEL1<0.0 THEN LEVEL1:=0.0;END_IF;  
  
IF VA2 THEN FE:=FE+10.0; END_IF;  
  
IF VA4 THEN FE:=FE-10.0; END_IF;  
  
IF FE>250.0 THEN FE:=250.0; ELSIF FE<0.0 THEN FE:=0.0;END_IF;  
  
IF VA2 THEN TE:=TE-0.3; END_IF;  
  
IF TE<55.0 THEN TE:=55.0; END_IF;  
  
END_IF;
```

Рисунок 5.3 – Симуляція процесу

					Кваліфікаційна робота	Аркуш
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		59

## 6 Розробка людино-машинного інтерфейсу оператора технолога

СКАДА — програмний пакет, призначений для розробки або забезпечення роботи в реальному часі систем об'єкта управління.

Мнемосхема являє собою зображення різних об'єктів, що належать до певної установки задача яких, в залежності від стану змінних програми керування змінюються.

Мнемосхема оператора показана на рисунку 6.1

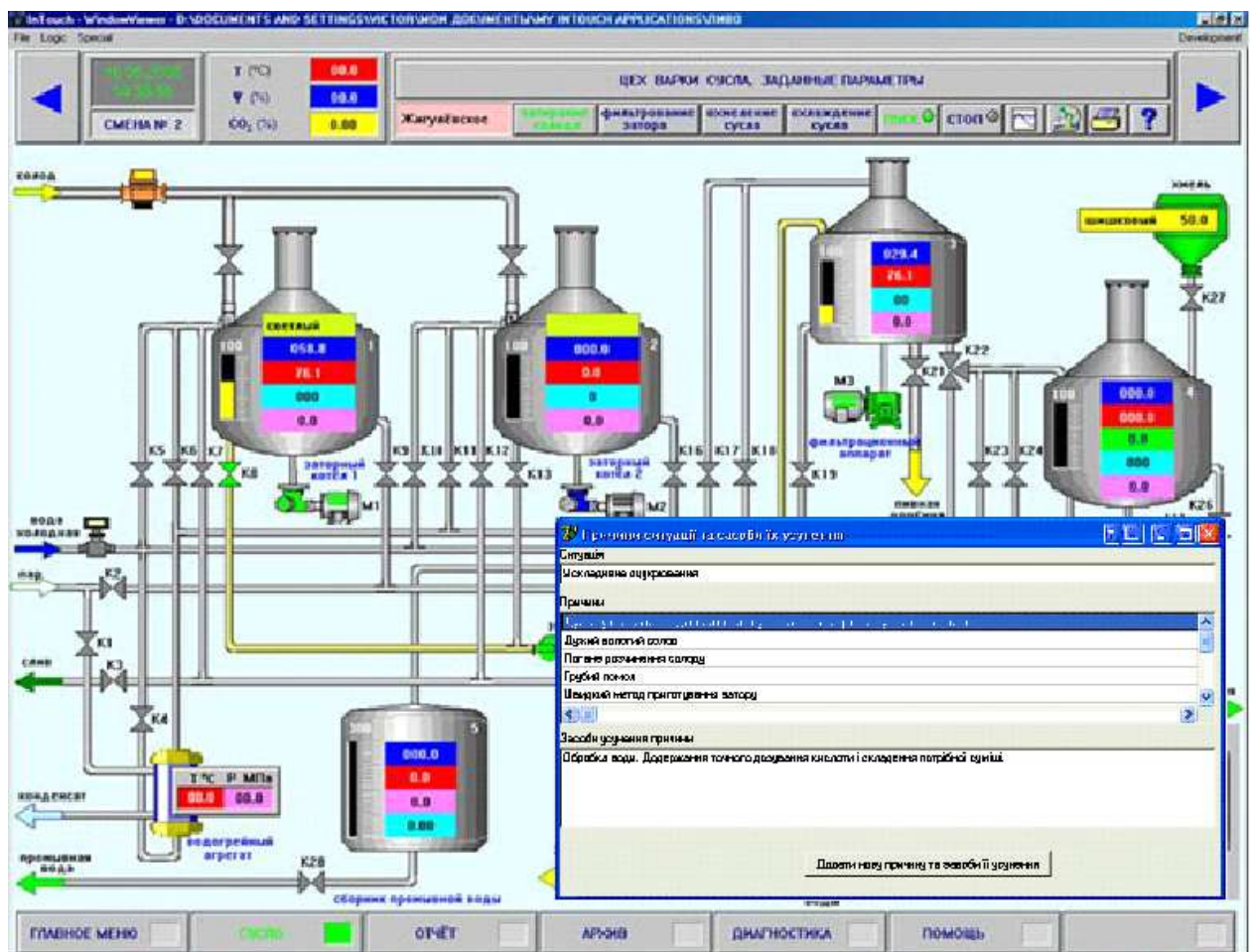


Рисунок 6.1 – Мнемосхема оператора

					Кваліфікаційна робота			
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Розробка систем автоматизації приготування пивного сусла	Літ.	Арк.	Аркушів
Розроб.		Герман Б.Р.					60	2
Керівник		Кишенько В.Д.						
Зав. Каф.		Ельперін І.В.						
Секр. ЕК		Проскурка Є.С.				НУХТ-АК-4-ЗСК		

На даній схемі описано повний процес приготування пивного сусла та прилади для контролювання та регулювання процесу.

Окремо в таблиці праворуч можливо додати причину та усунення її. Таблиця наведена на рисунку 6.2.

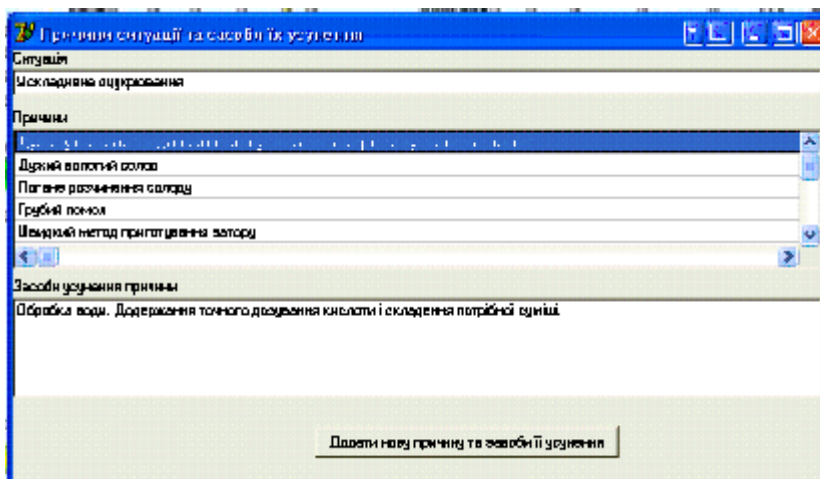


Рисунок 6.2 – Причини симуляції та засоби усунення

Використовуючи дану мнемосхему є можливість легко стежити за показниками процесу і в разі відхилення можна швидко зрозуміти в чому проблема та своєчасно усунути її.

## Розділ 7. Комп'ютерне моделювання системи автоматичного регулювання

Розглянемо окремий процес системи управління приготування пивного сусла, а саме процес подачі води при затиранні сусла. З довідникової літератури взято передавальні функції контуру системи, а саме:

- $W_M(s) = \frac{1}{6s + 1}$  - передавальна функція механізму керування;
- $W_{ок}(s) = \frac{16}{12s + 1}$  - передавальна функція об'єкту керування;
- $W_{п}(s) = 1$  - загальна передавальна функція датчиків та підсилювачів.

В нашому випадку датчики керування не задають ніякого впливу системі, тому ми можемо ними просто знехтувати.

Схема контуру системи, побудовано в середовищі MatLab (рисунок 7.1)

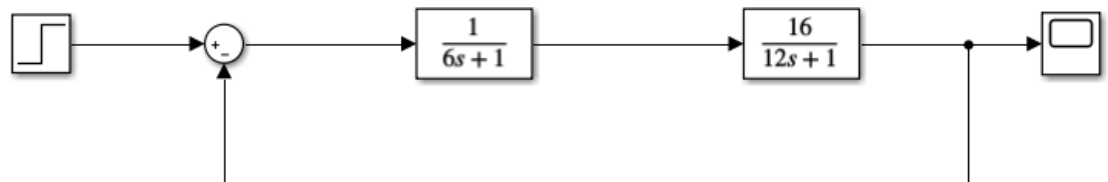


Рисунок 7.1 - Схема контуру системи

					Кваліфікаційна робота			
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Герман Б.Р.			Розробка систем автоматизації приготування пивного сусла	Літ.	Арк.	Аркушів
Керівник		Кишенько В.Д.					62	11
Зав. Каф.		Ельперін І.В.				НУХТ-АК-4-ЗСК		
Секр. ЕК		Проскурка Є.С.						

Знайдемо перехідну характеристику об'єкта керування. Перехідна характеристика - це реакція ланки системи на одиничний стрибок.

$$h(t) = L^{-1}\left\{\frac{W(s)}{s}\right\}$$

Вона знаходиться за формулою: (7.1)

L – оператор перетворення Лапласа.

Результат моделювання можна побачити далі (рисунок 7.2).

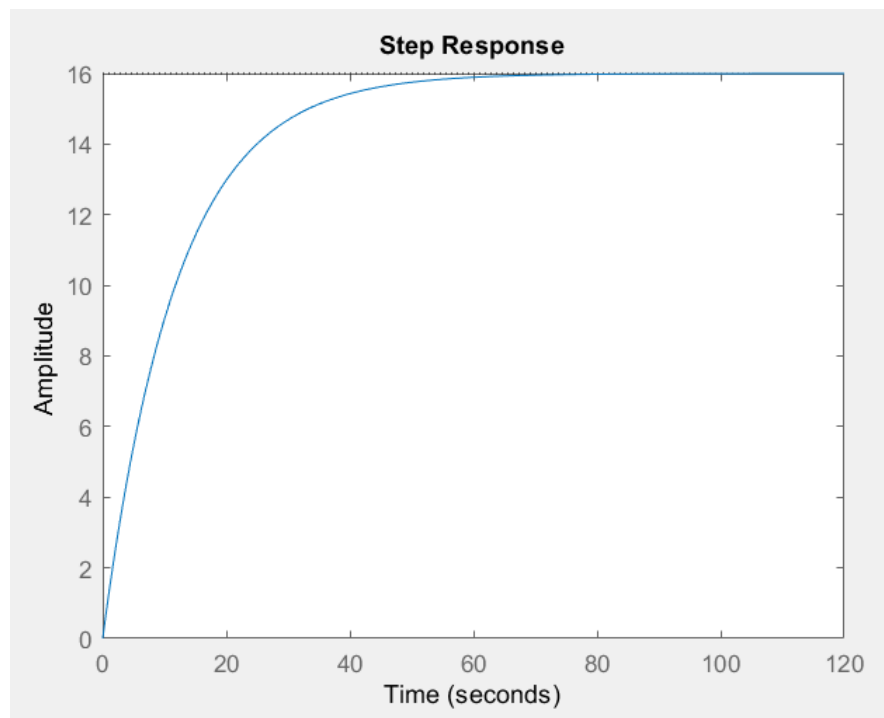


Рисунок 7.2 – Перехідна характеристика об'єкта керування

Імпульсна характеристика - це реакція ланки системи на дельта-функцію.

Загальна формула 7.2 знаходження імпульсної характеристики:

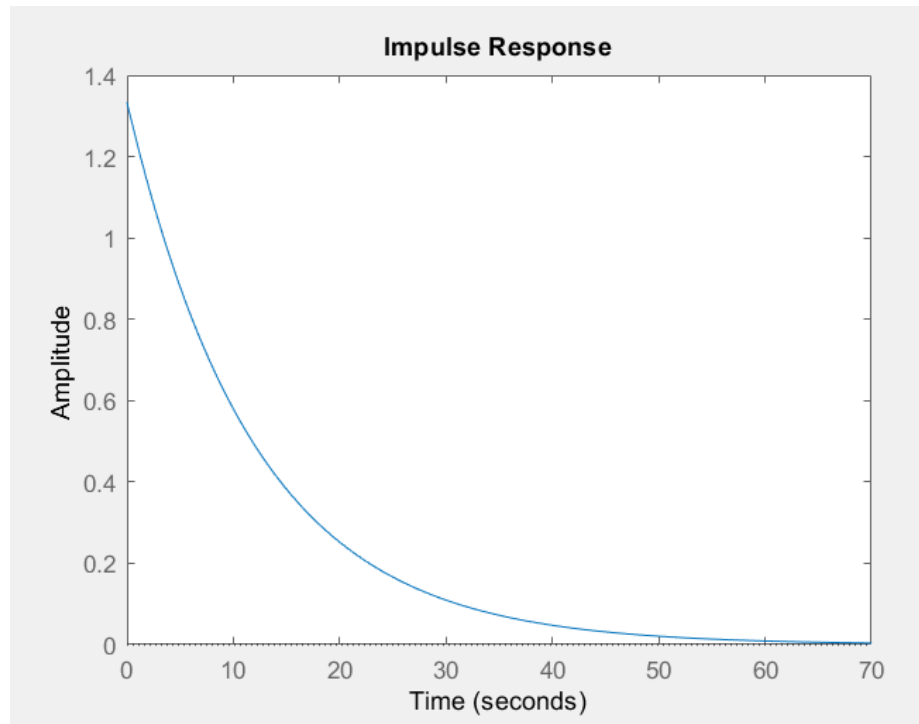


Рисунок 7.3 – Імпульсна характеристика

$L$  – оператор перетворення Лапласа.

Результат моделювання можна побачити далі (рисунок 7.3).

Частотна характеристика зображується у вигляді амплітудо-фазо-частотної характеристики (АФЧХ). АФЧХ - це крива, що описується кінцем вектору комплексної передавальної функції при зміні частоти  $\omega$  від 0 до  $\infty$ . Амплітудно-фазово-частотна характеристика системи показана далі (рисунок 7.4).

За умовою:

- нахил – 0 дБ/декаду;
- рівень –  $20 \lg k = 20 \lg 12 = 21.6$ ;
- спряжена частота –  $1/T = 1/16 = 0.075$ .

Фазова характеристика:

$$\varphi(\omega) = -\arctg(T\omega) = -\arctg(0,075\omega),$$

(7.4) де  $T = 0,075$  – спряжена частота.

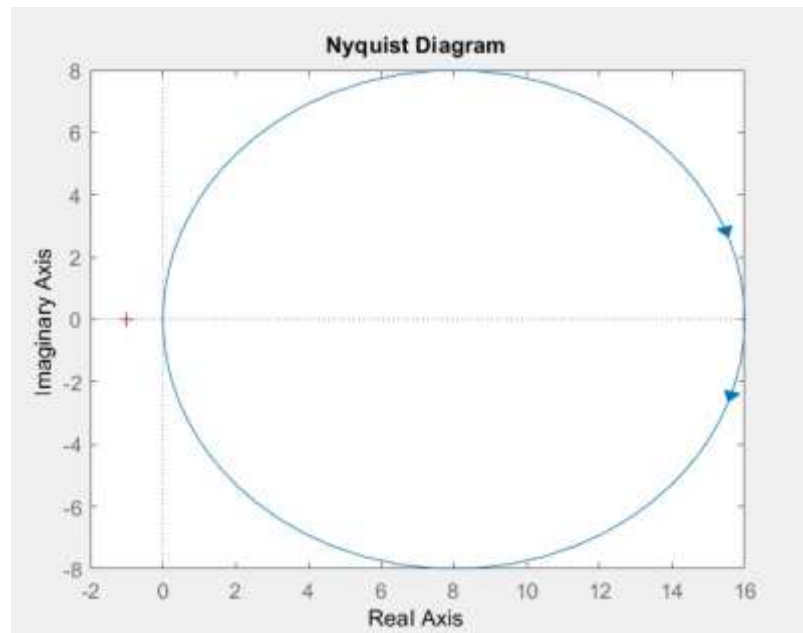


Рисунок 7.4 – Амплітудно-фазово-частотна характеристика

Логарифмічна частотна характеристика зображується у вигляді логарифмічної амплітудо-фазо-частотної характеристики (ЛАФЧХ). ЛАФЧХ будується на логарифмічній сітці по передавальній функції системи. Результат (рисунок 7.5).

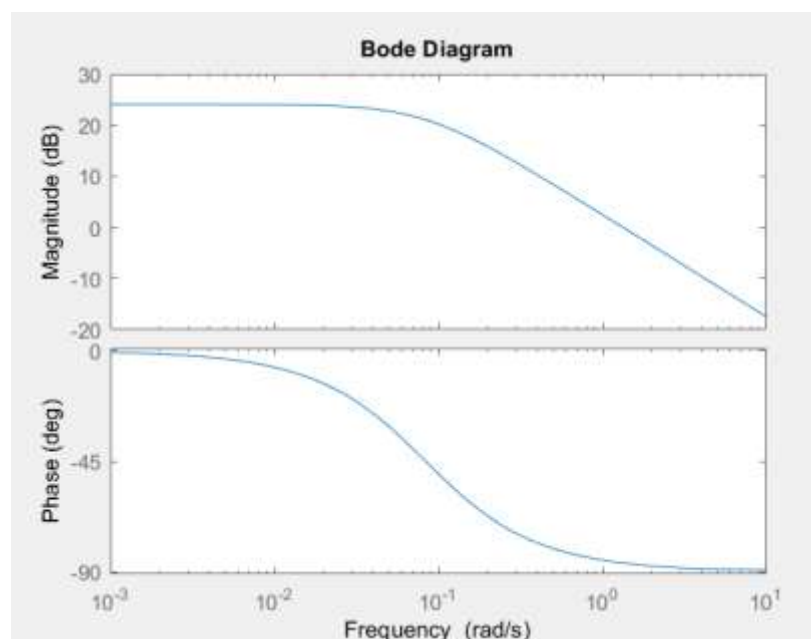


Рисунок 7.5 – ЛАФЧХ

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

## 7.1 Постановка задачі дослідження.

Якість САУ - це показник перехідного процесу і помилка в сталому. За допомогою моделювання в MatLab, отримуємо перехідну характеристику системи. Визначимо показники якості перехідного процесу за перехідною характеристикою системи (рисунок 7.6).

Для проведення аналізу стійкості, необхідно використати два методи перевірки. Такими методами є застосування критеріїв Гурвіца та Михайлова. Знайдемо передавальну функцію розімкненої системи. Вона матиме вигляд:

$$W_p(s) = W_{вв}(s) * W_{оо}(s) = \frac{1}{6s+1} * \frac{16}{12s+1} = \frac{16}{72s^2 + 18s + 1}$$

Передавальна функція замкненої системи:

$$W_3(s) = \frac{W_p(s)}{1 + W_p(s)} = \frac{16}{72s^2 + 18s + 17}$$

Характеристичний поліном матиме вигляд:

$$D(s) = 72s^2 + 18s + 17.$$

За методом Гурвіца:

Оскільки характеристичний поліном – поліном другого порядку, тоді умова стійкості – коефіцієнти повинні бути більші нуля. Розглянемо:

$$a_2 = 17 > 0, a_1 = 18 > 0, a_0 = 72 > 0$$

Оскільки коефіцієнти характеристичного поліному більші нуля, система є стійкою.

					Кваліфікаційна робота	Аркуш
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		66

## 7.2 Вибір об'єкта керування та його математичної моделі.

За методом Михайлова:

Система є стійкою, якщо при зростанні частоти нулі уявної та дійсної функції чергуються. Характеристичний поліном:

$$D(s) = 72s^2 + 18s + 17.$$

Комплексний вигляд даного поліному матиме вигляд:

$$D(j\omega) = 72\omega^2 + 18\omega + 17.$$

Необхідно виділити дійсну та уявну частини. Маємо:

$$U(\omega) = 17 - 72\omega^2.$$

$$V(\omega) = 18\omega.$$

Нулі дійсної частини:

$$U(\omega) = 17 - 72\omega^2 = 0,$$

$$\omega_{1,2} = \pm \sqrt{\frac{17}{72}} = \pm 0,4859.$$

Нулі уявної частини:

$$18\omega = 0 \Rightarrow \omega_1 = 0.$$

Для перевірки чергування нулів побудуємо таблицю. Результати показані нижче (таблиця 7.1).

Таблиця 7.1 – Результат перевірки стійкості методом Михайлова

$\omega$	-0,4859	0	0,4859
$V(\omega)$	0	-	0
$U(\omega)$	-	0	-

В таблиці 7.1 показано, що при збільшенні частоти  $\omega$  нулі уявної  $V(\omega)$ , та дійсної  $U(\omega)$  частин чергуються, отже система є стійкою.

Наша система побудована без використання регулятора. Знайдемо її основні показники якості (рисунок 7.6):

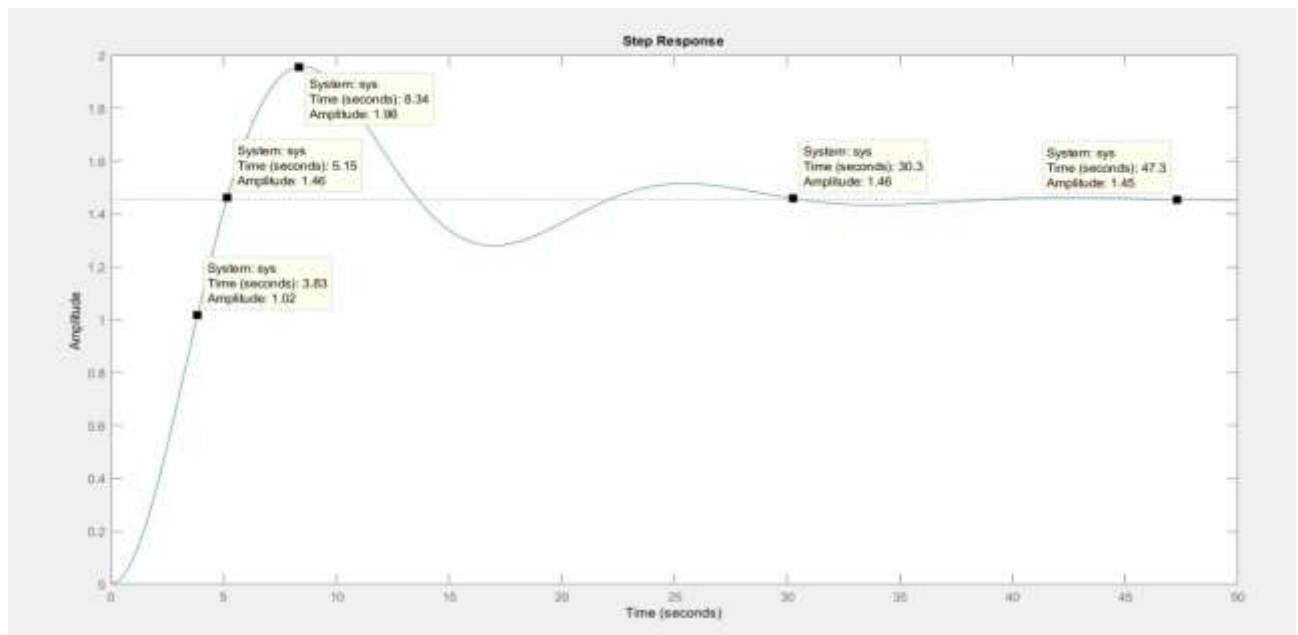


Рисунок 7.6 – Перехідна характеристика без регулятора

Показники якості системи:

$$h_{\max} = 1.96;$$

$$h_{уст} = 1$$

$$.45;$$

$$t_{уст} =$$

$$5.15$$

$$c; t_{пер} =$$

$$30;$$

$$\delta = \frac{h_{\max} - h_{см}}{h_{см}} * 100\% = \frac{0.51}{1.45} * 100\% = 35.2\% .$$

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

### 7.3 Моделювання САР

Для поліпшення отриманих результатів необхідно покращити систему регулювання. Для цього, до нашої системи необхідно під'єднати цифровий регулятор. Для синтезу систем такого типу найкраще підходить пропорційно – інтегрально – диференціальний регулятор, далі (ПІД – регулятор).

Передавальна функція ПІД – регулятора, формула 7.3:

$$W_{\text{під}}(s) = K_p + K_i / S + K_d * S \quad (7.3)$$

$K_p$  – коефіцієнт пропорційності,

$K_i$  – коефіцієнт інтегральної

частини,  $K_d$  – коефіцієнт

диференціальної частини.

Для побудови такої системи необхідно знайти передавальні функції замкненої та розімкненої систем. Маємо:

$$W_{\text{роз}}(s) = \frac{W_{\text{під}}(s) * W_{\text{об}}(s)}{W_{\text{роз}}(s) + 1} = \frac{(K_p + \frac{K_i}{s} + K_d * s) * \frac{16K_d s^2 + 16K_p s + 16K_i}{72s^3 + (16K_d + 18)s^2 + (16K_p + 1)s + 16K_i}}{72s^3 + (16K_d + 18)s^2 + (16K_p + 1)s + 16K_i}$$

$$W_{\text{роз}}(s) = W_{\text{під}}(s) * W_{\text{об}}(s) = (K_p + \frac{K_i}{s} + K_d * s) * \frac{16}{72s^2 + 18s + 1} = \frac{16K_d s^2 + 16K_p s + 16K_i}{72s^3 + 18s^2 + 1}$$

Запишемо характеристичний поліном замкненої системи. Маємо:

$$D(s) = 72s^3 + (16K_d + 18)s^2 + (16K_p + 1)s + 16K_i, \text{ звідси}$$

$$D(s) = s^3 + (\frac{2K_d}{9} + \frac{1}{4})s^2 + (\frac{2K_p}{9} + 72)s + \frac{2K_i}{9}$$

Запишемо характеристичний поліном в загальному вигляді маємо:

$$s^3 + 3\eta * s^2 + 3\eta^2 * s + \eta^3,$$

					Кваліфікаційна робота	Аркуш
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		69

де  $\eta$  – запас стійкості.

Знайдемо:

$$\frac{2K_i}{9} = \eta^3 \Rightarrow K_i = \frac{9\eta^3}{2};$$

$$\frac{2K_p}{9} + \frac{1}{72} = 3\eta^2 \Rightarrow K_p = \left(3\eta^2 - \frac{1}{72}\right) * \frac{9}{2};$$

$$2K_d + \frac{1}{9} = 3\eta \Rightarrow K_d = \left(3\eta - \frac{1}{9}\right) * \frac{9}{2}.$$

Визначимо коефіцієнти ПДД-регулятора при запасі стійкості  $\eta = 2$ :

$$K_i = 36;$$

$$K_p = 26.9;$$

$$K_d = 25.9.$$

Для точної перевірки отриманих результатів необхідно побудувати систему з ПДД-регулятором, та порівняти отримані показники. Побудована система (рисунок 7.7) має вигляд:

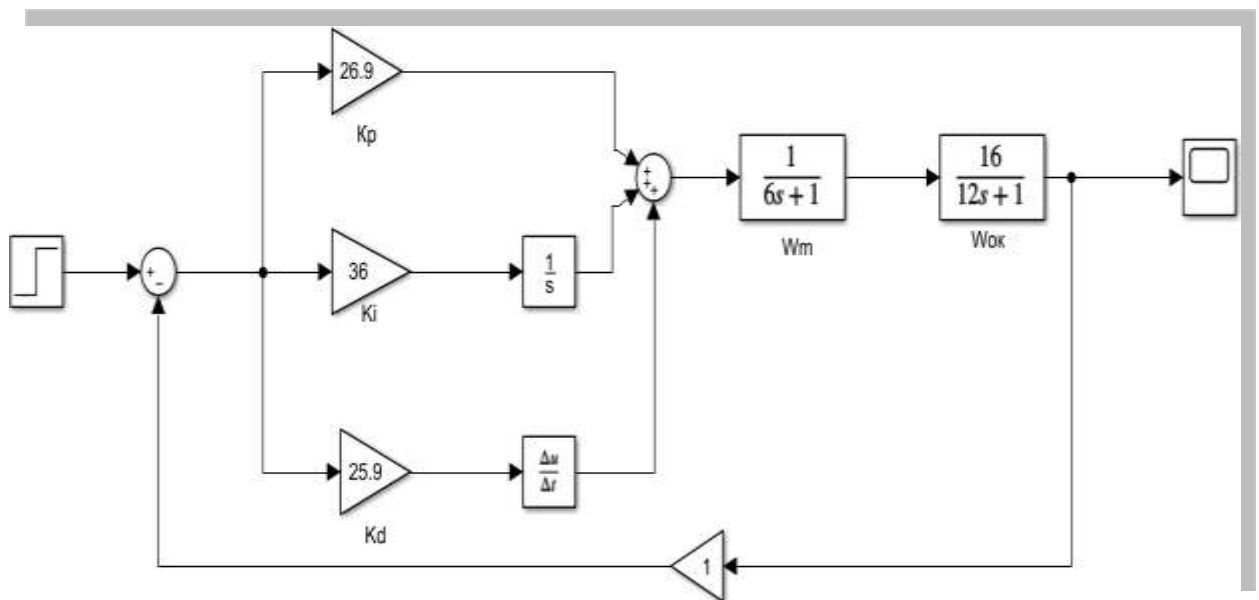


Рисунок 7.7 – Система з ПДД – регулятором

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

## 7.4 Опрацювання результатів моделювання та формулювання висновків.

Подивившись на результати (рисунок 7.8) можна побачити, що наша система значно покращилась. Розглянемо отримані результати докладніше (рисунок 7.9).

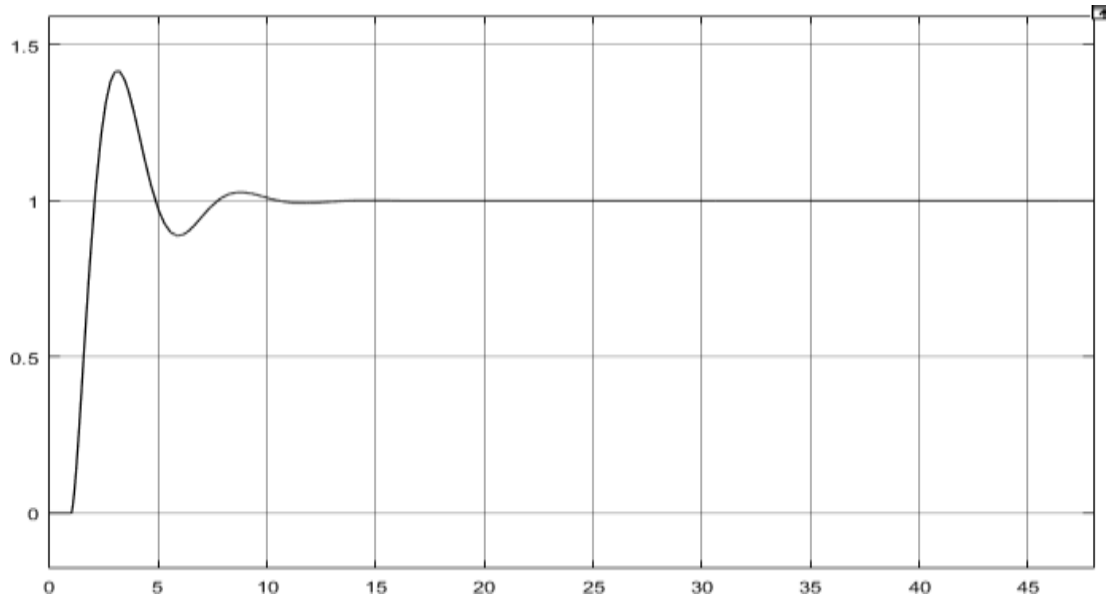


Рисунок 7.8 – Результат моделювання системи з ПД-регулятором

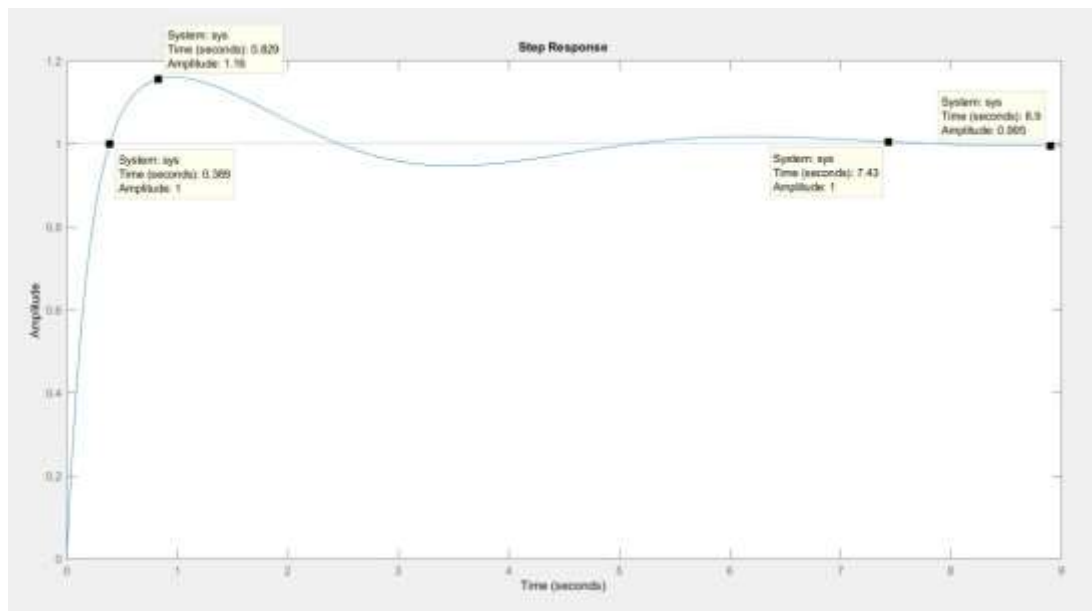


Рисунок 7.6 – Перехідна характеристика системи

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

Отже, ми отримали наступні показники:

$$h_{\max} = 1.16;$$

$$h_{уст}$$

$$= 1;$$

$$t_{уст} =$$

$$0,4;$$

$$t_{рег} = 7,43 \text{ с};$$

$$\delta = \frac{h_{\max} - h_{уст}}{H_{ст}} * 100\% = \frac{0.16}{1} * 100\% = 16\% \text{ - пере регулювання.}$$

Для порівняння результатів побудуємо таблицю 7.2. Маємо:

Таблиця 7.2 – Порівняння показників регулювання

Показник якості	Система без регулятора	Система з регулятором
$h_{\max}$	1.96	1.16
$h_{уст}$	1.45	1
$t_{уст}$	5.15	0.4
$t_{рег}$	30.3	7.43
$\delta, \%$	35.2	16

Порівнявши отримані результати, можна зробити висновок, що усі якісні показники системи покращилися. Синтез ПІД-регулятора покращує не лише якість роботи, ще й швидкість, що є важливою характеристикою в нашій системі. Це забезпечить рівну подачу води в систему в потрібний момент часу, що напряду впливає на якість пивного сусла на виході.

## ВИСНОВКИ

Відповідно до завдання кваліфікаційної роботи розроблено автоматизовану систему процесу приготування пивного сусла, характеристики якої повністю відповідають поставленій задачі.

Система дає змогу злагоджено управляти всіма процесами ділянок приготування пивного сусла від змішування зернових культур до отримання готового кінцевого продукту, тобто готового сусла до слідуючих етапів. Також, система дає можливість контролювати не лише якість процесів, а й забезпечує економічну складову.

У кваліфікаційній роботі розроблена узагальнена структурна схема управління виробництвом по приготуванні сусла та деяких складових процесів. Основним з таких процесів є затирання пивного сусла. Також, було розроблено структурну схему управління системою в цілому.

Підсистему затирання пивного сусла було удосконалено, методом синтезу ПД- регулятора внутрішнього контуру ділянки та показано результати роботи. Також були обрані потрібні елементи управління та контролю за процесами.

Також в розробленій системі передбачена можливість розширення системи, шляхом підключення до неї різних нових компонентів, які можуть здійснювати додаткові функції, а також управління і контроль практично будь - яких об'єктів і їх параметрів. Отримана система може бути легко інтегрована до структури системи управління підприємством.

					Кваліфікаційна робота	Аркуш
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		73

## РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1 Інформаційні технології. Урок 3. Автоматизація виробництва [Електронний ресурс]: – Текст. дані. – Режим доступу: <http://infohmc4.blogspot.com/p/3.html> (дата звернення: 20.01.2021). – Назва з екрана.

2 Методичні вказівки до виконання курсових проектів з дисципліни "Технічні засоби автоматизованих та робототехнічних систем" для студентів спец. 5.05020102 "Обслуговування комп'ютеризованих інтегрованих і робототехнічних систем"/Уклад.: О.М. Кикоть, О.К. Круть – Сміла: СКХТ НУХТ, 2016. –с.

3 Методи і засоби вимірювання температури [Електронний ресурс]: – Текст. дані. – Режим доступу: <http://ukrbukva.net/116756-Metody-i-sredstva-izmereniya-temperature.html> (дата звернення: 27.01.2021). – Назва з екрана.

4 Класифікація методів вимірювання тиску [Електронний ресурс]: – Текст. дані. – Режим доступу: [http://wiki.tntu.edu.ua/Класифікація\\_методів\\_вимірювання\\_тиску](http://wiki.tntu.edu.ua/Класифікація_методів_вимірювання_тиску) (дата звернення: 27.01.2021). – Назва з екрана.

5 Методи вимірювання рівня [Електронний ресурс]: – Текст. дані. – Режим доступу: [http://wiki.tntu.edu.ua/Методи\\_вимірювання\\_рівня](http://wiki.tntu.edu.ua/Методи_вимірювання_рівня) (дата звернення: 27.01.2021). – Назва з екрана.

6 Регулюючі органи [Електронний ресурс]: – Текст. дані. – Режим доступу: <https://studopedia.org/3-131810.html> (дата звернення: 08.02.2021). – Назва з екрана.

7 Аналоговые преобразователи температуры с унифицированным выходным сигналом ТХАУ Метран-271, ТСМУ Метран-274, ТСПУ Метран-276 [Електронний ресурс] : – Текст. дані. – Режим доступу: [http://www2.emersonprocess.com/siteadmincenter/PM%20Metran%20Documents/Catalog/Catalogues/DT/%D0%9C%D0%B5%D1%82%D1%80%D0%B0%D0%BD-271\\_274\\_276.pdf](http://www2.emersonprocess.com/siteadmincenter/PM%20Metran%20Documents/Catalog/Catalogues/DT/%D0%9C%D0%B5%D1%82%D1%80%D0%B0%D0%BD-271_274_276.pdf) (дата звернення: 08.02.2021). – Назва з екрана.

					Кваліфікаційна робота	Аркуш
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		74

8 WIKA Украина. Модель А-10. Датчик преобразователь давления для общепромышленных применений [Электронный ресурс]: – Текст. дані. – Режим доступу: [https://www.wika.ua/a\\_10\\_ru\\_ru.WIKA](https://www.wika.ua/a_10_ru_ru.WIKA) (дата звернення: 08.02.2021). – Назва з екрана.

9 СВ АЛЬЕРА. Емкостной датчик уровня L=1,5м, 4...20 мА [Электронный ресурс]: – Текст. дані. – Режим доступу: <https://avr.in.ua/p357494239-емkostnoj-datchik-urovnya.html> (дата звернення: 0708.02.2021). – Назва з екрана.

10. ООО «СИСТЕМАКС» - ТОЛЬКО ЛУЧШЕЕ ПРОМЫШЛЕННОЕ ОБОРУДОВАНИЕ. Электродвигатель АИР132S6 (АИР 132 S6) 5,5 кВт 1000 об/мин [Электронный ресурс]: – Текст. дані. – Режим доступу: <https://systemax.com.ua/p22840406-elektrodvigatel-air132s6-air.html> (дата звернення: 08.02.2021). – Назва з екрана.

11. Прибор контроля факела ПКФ-М02. Руководство по эксплуатации вер. 1.02. ОКП 42 1878 0322 01

12. ЗАВОД ЭЛЕКТРОКОНТАКТОР. Пускатели ПМ 12 [Электронный ресурс]: – Текст. дані. – Режим доступу: <https://www.elektrokontaktor.ru/catalog/puskatel-pm> (дата звернення: 08.02.2021). – Назва з екрана.

13. Завод исполнительных механизмов «ПРОМПРИВОД». ИСПОЛНИТЕЛЬНЫЕ МЕХАНИЗМЫ МЭО 100 [Электронный ресурс]: – Текст. дані. – Режим доступу: <http://td-prom.ru/produksiya/ispolnitelnye-mekhanizmu111/277-ispolnitelnye-mekhanizmu-meo-100> (дата звернення: 08.02.2021). – Назва з екрана.

14 МІКРОЛ. БЛОК РУЧНОГО УПРАВЛЕНИЯ БРУ-7, БРУ-7К1 [Электронный ресурс]: – Текст. дані. – Режим доступу: [http://www.microl.ua/index.php?page=shop.product\\_details&flypage=garden\\_flypage.tpl&product\\_id=59&category\\_id=95&option=com\\_virtuemart&Itemid=71](http://www.microl.ua/index.php?page=shop.product_details&flypage=garden_flypage.tpl&product_id=59&category_id=95&option=com_virtuemart&Itemid=71) (дата звернення: 08.02.2021). – Назва з екрана.

					Кваліфікаційна робота	Аркуш
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		75