

**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 системи автоматизації процесу охолодження пивного сусла

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

_____ Бик Павло Васильович
(прізвище, ім'я, по батькові повністю) (підпис)

Керівник _____ Іващук В'ячеслав Віталійович
(прізвище, ім'я та по батькові повністю) (підпис)

Консультанти _____
(прізвище та ініціали) (підпис)

(прізвище та ініціали) (підпис)

(прізвище та ініціали) (підпис)

Рецензент _____ Бойко Р.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.

технологічним об'єктом 6. Розробка людино-машиного інтерфейсу оператора технолога. 7. Комп'ютерне моделювання системи автоматичного регулювання

5. Перелік графічного матеріалу

1. Схема автоматизації 2. Схеми підключення датчиків та ВМ до ПЛК. 3. Креслення встановлення технічного засобу.

6. Дата видачі завдання 29 квітня 2021 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
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 Бик П.В.

_____ (підпис)

Керівник роботи Іващук В.В.

_____ (підпис)

Анотація

В даній кваліфікаційній роботі розглядається розробка системи автоматизації процесу охолодження пивного сусла. В кваліфікаційній роботі представлено опис технологічного процесу, завдання на систему автоматизації, схема автоматизації, специфікація технічних засобів автоматизації, монтажна схема технічного засобу автоматизації – датчика тиску МЕТРАН 150CG, схеми підключення датчиків та виконавчих механізмів до ПЛК.

Розроблено алгоритм та програма для управління процесом охолодження пивного сусла. Програма розроблена для ПЛК FX3U від виробника Mitsubishi. Інтерфейс SCADA-програма технологічного процесу розроблено в програмному забезпеченні Vijeo Citect та вигляд дисплейної мнемосхеми представлено в записці.

Ключові слова: охолодження, сусло, FX3U, МЕТРАН 150CG.

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

Annotation

This qualification work considers the development of a system for automating the cooling process of beer wort. The qualification work describes the process, the tasks for the automation system, the automation scheme, the specification of the automation equipment, the wiring diagram of the automation equipment – the pressure sensor МЕТРАН 150CG, the connection schemes of the sensors and actuators to the PLC.

An algorithm and a program for controlling the process of cooling process of beer wort. The program is designed for PLCs from the Mitsubishi FX3U series. The interface SCADA-program of the technological process is developed in the software Vijeo Citect and the form of the display mnemonic is presented in the note.

Keywords: cooling , wort, FX3U, МЕТРАН 150CG.

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

Зміст

Вступ	7
Розділ 1. Опис об'єкта автоматизації	8
1.1 Опис системи автоматизації	8
1.1.1. Вибір регульованих величин і каналів регульованих дій	13
1.1.2. Вибір контрольованих величин	13
1.1.3. Вибір сигналізованих величин.....	13
Розділ 2. Аналіз системи автоматизації	18
2.1.1. Обґрунтування вибору датчика температур	18
2.1.2. Обґрунтування вибору датчика рівня.....	18
2.1.3. Обґрунтування вибору витратоміра	19
2.1.4. Обґрунтування вибору клапана	20
2.2. Опис функціональної схеми автоматизації.....	21
Розділ 3. Опис принципової схеми автоматизації	23
3.1. Специфікація приладів та засобів автоматизації	25
3.2. Специфікація на технічні засоби автоматизації.....	32
Розділ 4. Монтаж технічного засобу	35
Розділ 5. Алгоритм управління технологічним об'єктом	37
Розділ 6. Розробка людино-машинного інтерфейсу оператора технолога ...	40
Розділ 7. Комп'ютерне моделювання системи автоматичного регулювання	42
Висновок	47
Список використаної літератури	48

Вступ

Пиво - це звичайний продукт бродіння. Відомо, що бродіння - процес перетворення цукру під впливом дріжджів в вуглекислий газ і спирт. Нині існують такі пивоварні підприємства, де відсутні автоматизовані засоби контролю температури в заторному чані, а дозування компонентів відбувається в ручну. Керування дозуванням виконується трудомісткими і малоефективними "ручними" (механізованими) методами. При цьому і самі виміри мають значні похибки, адже обладнання, що використовується, застаріле та неточне. Тому, із практичної і наукової точки зору, розробка і створення автоматизованої системи керування процесом варіння, фільтрація, охолодження та бродіння пива є досить доцільною.

Метою даної кваліфікаційної роботи є розробка системи автоматизації процесу охолодження пивного сусла.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розділ 1. Опис об'єкта автоматизації

1.1. Опис системи автоматизації

При охолодженні сусла на холодильних тарілках потрібні великі площі, є небезпека занесення інфекції. Однак у них більш повно в порівнянні з відстійними апаратами виділяються суспензії, що полегшує подальший виробничий процес і поліпшує смак пива.

Застосування відстійних апаратів дає можливість економити виробничі площі, зменшує небезпеку інфікування сусла. Але у відстійному апараті гірше осаджуються суспензії, ніж у холодильній тарілці.

Використання гідро циклонних апаратів полегшує і прискорює процес освітлення сусла та дозволяє застосовувати мелений брикетований хміль.

Так як на міні пивоварнях територія обмежена і для покращення смакових якостей пива застосовують брикетований хміль, то для освітлення застосовують гідро циклонний апарат - вірпул.

Протиточні трубчасті теплообмінники мають низький коефіцієнт теплопередачі, а при охолодженні на зрошувальних холодильниках сусло стикається з повітрям і тому є велика небезпека його інфікування.

Пластинчасті теплообмінники - найбільш досконале устаткування для охолодження сусла. Вони мають більшу площу поверхні теплопередачі та малі розміри. Конструкція теплообмінника дає можливість змінювати схему руху потоків продукту і теплоносія та в одному теплообміннику мати секції різного призначення: для нагрівання, для охолодження, регенерації тепла.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>						
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<i>Розробка системи автоматизації процесу охолодження пивного сусла</i>			Літ.	Арк.	Аркушів	
Розробив	<i>Бик П.В.</i>										
Керівник	<i>Іващук В.В.</i>									8	10
Зав. Каф.	<i>Ельперін І.В.</i>									<i>НУХТ АК4-3ск</i>	
Секр. ЕК	<i>Проскурка Є.С</i>										

Пластинчасті теплообмінники легко розбираються, що дає можливість здійснювати ретельну очистку всіх елементів. Вада пластинчастих теплообмінників - досить швидке спрацювання ущільнювальних прокладок між пластинами. [1]

Через вище перераховані позитивні якості доцільним буде застосування пластинчастого теплообміннику. Так як на міні пивоварні малотоннажне виробництво, то спрацювання прокладок не таке швидке.

Сусло охолоджують до 5-9 °С при низовому і до 14-16 °С при верховому бродінні. Початкова температура бродіння залежить від прийнятої на заводі технології зброджування і від використовуваної раси дріжджів.

Сусло є сприятливим середовищем для розвитку мікроорганізмів: молочнокислих і оцтовокислих бактерій, сарцини, бактерій групи кишкової палички. Оптимальним для розвитку Суислової мікрофлори є інтервал температур 20-40 °С. Тому слід уникати застою сусла при таких температурах.

Охолодження сусла проводять в дві стадії. Першу стадію охолодження за класичною технологією здійснюють у відстійному чані. Вона протікає повільно: сусло охолоджується водою з 95-100 °С до 55-60 °С за 2 години. У другій стадії, небезпечною з точки зору інфікування, сусло охолоджується швидко в теплообміннику. При використанні гідроциклони апаратів на першій стадії температура сусла знижується незначно до 90-95 °С за 20-40 хвилин. Друга стадія охолодження проходить в теплообміннику і триває 60-90 хвилин. [2]

Відстійний апарат (рис. 1) - циліндричний закритий резервуар 3 з плоским похилим днищем і зі сферичною кришкою 4. Вгорі кришки

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

знаходиться паровідвідною трубкою з дросельною заслінкою 7. Для охолодження суслу є зовнішня сорочка, що охоплює циліндричну частину апарату, і плоска охолоджуюча секція 6. Зовнішня сорочка і охолоджуюча секція заповнюються водою через запірний вентиль 1 і колектор 2. Вода відводиться через колектор 10. Для отримання тонкого шару суслу, що стікає по стінах секції, встановлений розподільний жолоб 5.

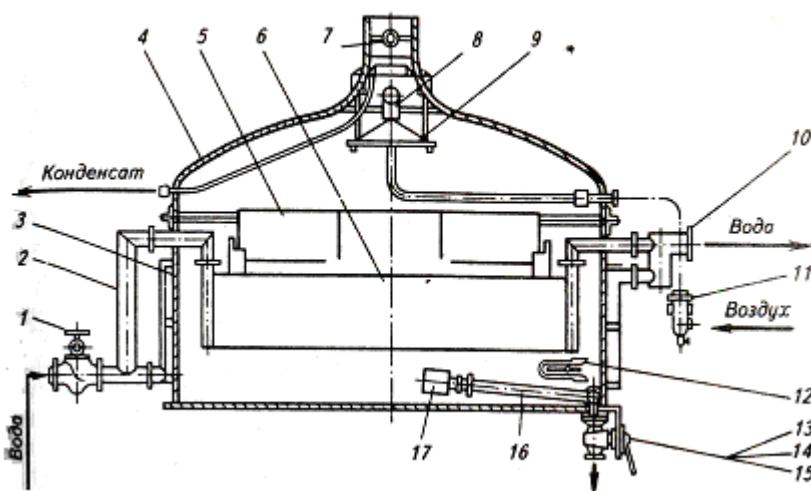


Рисунок 1. Відстійний апарат:

1 - вентиль; 2, 10 - колектори; 3 - корпус; 4 - кришка; 5 - розподільний жолоб; 6 - охолоджуюча секція; 7 - заслінка; 8 - патрубок; 9 - конусний зонт; 11 - знепліднювати фільтр; 12 - термометр; 13, 14, 15 - пробковий кран; 16 - плаваюча труба; 17 – поплавок

Гаряче сушло надходить у верхню частину апарату через патрубок 8, де розташований конусний парасольку 9, що дозволяє подавати сушло тонкими струмками, що сприяє його охолодженню. Для аерації суслу під конус подається повітря, що пройшло через знепліднювати фільтр 11. На днище всередині апарату шарнірно закріплена плаваюча труба 16 з поплавком 17, призначена для спуску охоложеного суслу. На зовнішній поверхні днища

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

встановлені три коркових крана: 13 - для спуску білкового відстою, 14 - для спуску промивних вод у каналізацію і 15 - для регулювання спуску освітленого сусла.

Апарат заповнюють гарячим суслим на висоту до 0,9 м. Тривалість охолодження не перевищує 120 хвилин. Протягом цього часу температура сусла знижується до 55 °С. Контроль за режимом охолодження здійснюється за допомогою термометра 12. Подальше охолодження сусла проводять у теплообміннику.

Для охолодження сусла раніше застосовували зрошувальні теплообмінники, теплообмінники типу «труба в трубі» і пластинчасті охолоджувачі. В даний час зрошувальні теплообмінники вже не застосовуються. Практично повсюдно використовуються пластинчасті теплообмінники.

На окремих старих заводах продовжують експлуатуватися теплообмінники типу «труба в трубі» (рис. 2).

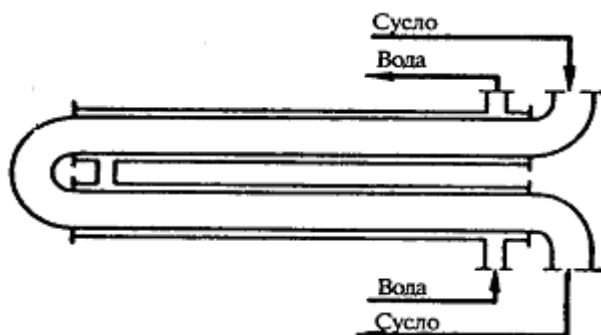


Рисунок 2. Теплообмінник "труба в трубі»

Теплообмінник "труба в трубі» складається з послідовно з'єднаних мідних труб, в які подається сусло. Труби з охолоджуваним продуктом знаходяться в

сталевих трубах більшого обсягу, за якими в протилежному напрямку тече охолоджуюча рідина.

Сусло з відстійного чана охолоджується з 60 °С до початкової температури бродіння в дві стадії. У верхній секції теплообмінника воно охолоджується з 60 °С до 20 °С водопровідною водою, а в нижній секції - з 20 °С до 5-8 °С розсолем або переохолодженою водою. Такі теплообмінники мають низький коефіцієнт теплопередачі, утруднений процес їх миття та дезінфекції. Найбільш досконалим і поширеним апаратом для охолодження сусла є пластинчастий теплообмінник (рис. 3).

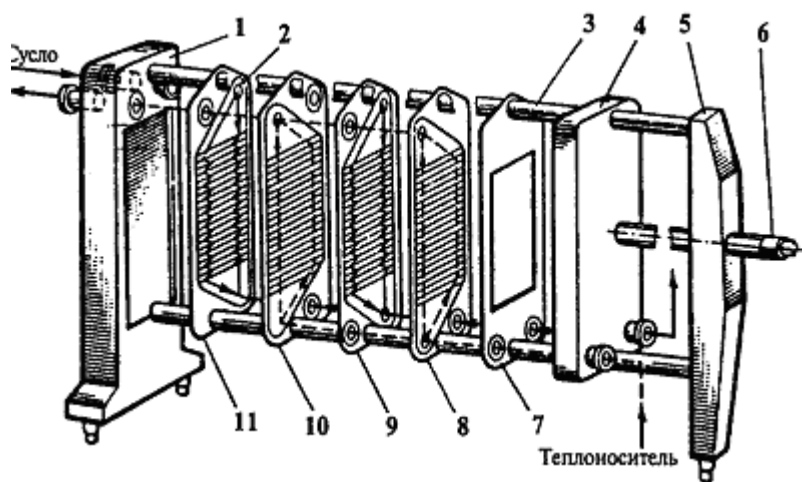


Рисунок 3. Пластинчастий теплообмінник:

1, 5 - стійки; 2 - канал для подачі сусла; 3 - штанга; 4 - плита;

6 - гвинт; 7 - канал для хладагента; 7, 8, 9, 10, 11 - пластини

Пластинчастий теплообмінник складається з тонких сталевих пластин 7, 8, 9, 10, 11, які встановлюються на штангах 3 за допомогою гвинта 6 і плити 4 так, що між кожною парою пластин утворюється простір, по якому протікає рідина. Ущільнення пластин створюється за допомогою гумових прокладок. Пластини збираються таким чином, що утворюються дві системи

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

каналів: канал для охолоджуваного продукту 2 і канал для хладагента 7. Потоки продукту і теплоносія чергуються таким чином, що теплообмін у кожного з них відбувається з обох сторін через дві пластини.

Пластинчасті теплообмінники компактні, відрізняються великою поверхнею теплопередачі, завдяки чому процес охолодження йде швидко і ефективно, легко розбираються і миються. [3]

1.1.1. Вибір регульованих величин і каналів регулювальних дій

Параметри, які характеризують керований процес, ті, котрі підлягають регулюванню (регульовані параметри), та ті, зміна яких супроводжується максимальною і швидкою зміною регульованої величини, тобто щоб коефіцієнт підсилення об'єкта у цьому каналі був максимальним. Такими параметрами на даній ділянці є: Витрата холодоагенту, який подається у відстійник, температура охолоджуваного середовища.

1.1.2. Вибір контрольованих величин

Параметри контролю - параметри, за значеннями яких здійснюється оперативне керування технологічним процесом, а також його пуск і зупинення. До таких параметрів належать усі режимні та вихідні параметри, а також вхідні параметри, у разі зміни яких в об'єкт будуть надходити збурення. Такими параметрами є: Рівень сусли в відстійнику, температура сусли, за рахунок холодоагенту.

1.1.3. Вибір сигналізованих величин

Параметри сигналізації вибирають після аналізу технологічних об'єктів щодо його вибухо- та пожежонебезпеки, токсичності й агресивності перероблюваних речовин, можливих аварій і нещасних випадків.

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

Сигналізації підлягає факт зміни кількісних і якісних характеристик цільових продуктів, а також не передбачене технологічним регламентом зупинення окремих агрегатів.

До таких величин відносяться: рівень у відстійнику, температура сусла, витрата холодоагенту.

1.2. Розробка завдання на систему автоматизації

Завдання на систему автоматизації являє собою таблицю, в якій представлено умови експлуатації технологічного об'єкту та способи контролю та регулювання технологічних параметрів технологічного об'єкту.

Таблиця 1 – Завдання на розробку системи автоматизації

№	Машина, агрегат, установка	Параметр, місце відбору сигналу	Позначення параметра	Вид автоматизації	Характер контролю чи управління	Засоби управління та контролю, реалізації управляючої дії
1	Трубопровід	Витрата холодоагенту	1 м ³ /с	Регулювання	С	Вплив на клапан подачі холодоагенту
2	Відстійник	Рівень	1,5 м	Управління	С	Вплив на клапан подачі сусла
		Температура	9 0-55 °С	Регулювання	С	Вплив на клапан подачі холодоагенту
3	Теплообмінник	Клапан подачі Холодоагенту	5 5-10 °С	Регулювання	С	Вплив на клапан подачі холодоагенту

1.3. Технологічні вимоги до системи автоматизації вибраної технологічної ділянки

Процес охолодження пивного сусла проходить у відстійнику за рахунок процесу теплообміну з охолоджуючою секцією яка вмонтована у відстійний апарат.

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

Відстійний апарат показаний на рисунку 4.

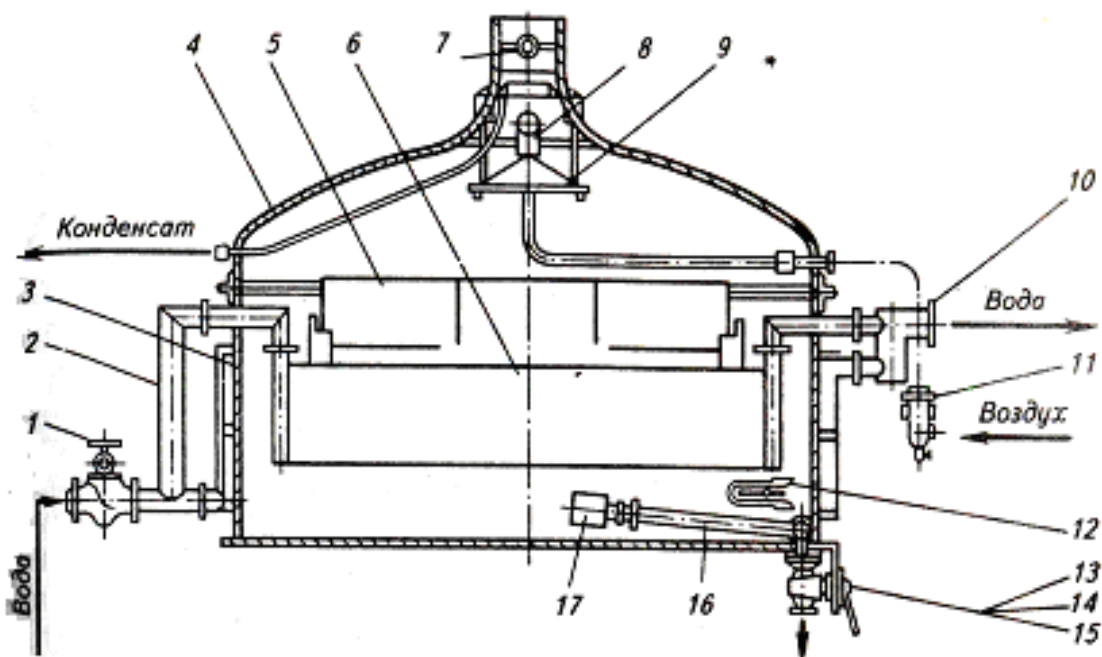


Рисунок 4. Відстійний апарат:

1 - вентиль; 2, 10 - колектори; 3 - корпус; 4 - кришка; 5 - розподільний жолоб; 6 - охолоджуюча секція; 7 - заслінка; 8 - патрубок; 9 - конусний зонг; 11 - знепліднювати фільтр; 12 - термометр; 13, 14, 15 - пробковий кран; 16 - плаваюча труба; 17 – поплавок

Застосування відстійних апаратів дає можливість економити виробничі площі, зменшує небезпеку інфікування суслу.

Охолодження суслу проводять в дві стадії. Першу стадію охолодження за класичною технологією здійснюють у відстійному чані. Вона протікає повільно: сусло охолоджується водою з 95-100 °С до 55-60 °С за 2 години. У другій стадії, небезпечною з точки зору інфікування, сусло охолоджується швидко в теплообміннику. Друга стадія охолодження проходить в теплообміннику і триває 60-90 хвилин.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Сусло з відстійного чана охолоджується з 60 °С до початкової температури бродіння. У верхній секції теплообмінника воно охолоджується з 60 °С до 5-8 °С розсоллом або переохолодженою водою.

Зміна параметрів процесу охолодження сусли – недопустима тому, що буде порушуватись протікання технологічного процесу, саме тому є важливим підтримувати їх на заданому значенні.

Номінальні значення були підібрані для даного процесу .

– номінальне значення рівня сировини - 1.5 м з допустимим відхиленням ± 0.1 м;

– номінальне значення тиску – 100 кПа з допустимим відхиленням ± 5 кПа;

– номінальне значення витрати холодоагенту – 1 м³/с з допустимим відхиленням $\pm 0,1$ м³/с;

– номінальне значення температури середовища на вході в відстійник – 85 °С з допустимим відхиленням ± 5 °С;

– номінальне значення температури середовища на вході виході з відстійника – 60 °С з допустимим відхиленням ± 3 °С;.

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

На основі аналізу та обґрунтування номінальних значень параметрів процесу розроблено технологічну карту, яка наведена в таблиці 2.

Таблиця 2 – Технологічна карта процесу

Назва параметру	Одиниці вимірювання	Номінальне значення	Допустимі відхилення
Рівень	м	1,5	0,1
Тиск	кПа	100	5
Витрата холодоагенту	м ³ /с	1	0,1
Температура на вході	°С	85	5
Температура на виході	°С	60	3

При зміні даних параметрів якісного протікання процесу не відбудеться.

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

Розділ 2. Аналіз системи автоматизації

2.1.1. Обґрунтування вибору датчика температури

Термоперетворювач ТСМУ-205, показаний на рисунку 9, призначений для перетворення значення температури різнорідних середовищ в уніфікований вихідний сигнал 4...20 мА.

Основні характеристики термоперетворювача ТРСМУ-205:

- номінальні статичні характеристики (НСХ): 100М;
- вихідний сигнал: від 4мА до 20 мА;
- клас точності: від 0.25;
- діапазон вимірювань: від 0°C до 150°C;
- степінь захисту від пилу і вологи: IP65;
- напруга живлення: від 12В до 36 В;

По всім параметрам термоперетворювач відповідає вимогам щодо експлуатації в даному процесі.

2.1.2 Обґрунтування вибору датчика рівня

Датчик рівня SITRANS LC300, показаний на рисунку 10, призначений для достовірної і точної реєстрації рівня.

Основні технічні характеристики:

- вхідний сигнал: 4 мА ...20 мА;
- діапазон дії - стержень: від 0,3м до 5,5м; кабель: від 1м до 25м;
- діапазон робочих температур: від -40°C до 200°C;
- робочий тиск: до 35 бар атм.;

Датчик рівня зі своїми характеристиками задовольняє дану систему автоматизації і може бути використаний на даній ділянці.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<i>Розробка системи автоматизації процесу охолодження пивного сусла</i>	Літ.	Арк.	Аркушів
Розробив		<i>Бик П.В.</i>						
Керівник		<i>Іващук В.В.</i>					18	6
						<i>НУХТ АК4-3ск</i>		
Зав. Каф.		<i>Ельперін І.В.</i>						
Секр. ЕК		<i>Проскурка Є.С</i>						

2.1.3 Обґрунтування вибору витратоміра

Витратомір УРСВ-510ц призначений для виміру витрати різних рідин(горячі, холодні, стічні води, кислоти, луги, харчові продукти и т.д.).

Даний прилад має наступні характеристики:

Номинальний діаметр, DN:..... від 10 до 5 000

.....(від 150 до 10 000)

Діапазон температури рідини, °С: від мінус 30 до 160

Температура навколишнього середовища

для вторинного перетворювача (ВП), °С: ..від 0 до 50

.....(від мінус 40 до плюс 65)

Тиск в трубопроводі для різних

перетворювачів електроакустичних (ПЕА), МПа: не більше 2,5

Ступінь захисту ВП / ПЕА:..... IP54 / IP68

Живлення:24В

Споживана потужність, Вт: не більше 12

Середнє напрацювання на відмову, год:75 000

Середній термін служби, років: 12

Гарантійний термін експлуатації, міс.: 25

Маса вторинного перетворювача, кг:..... не більше 3

Габаритні вторинного перетворювача, мм: 250x154x75

Витратомір УРСВ-510ц повністю задовольняє вимоги щодо використання в даному процесі.

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

2.1.4 Обґрунтування вибору клапана

Клапан InterApp 314 призначений для використання в агресивних середовищах, харчовій промисловості. Клапан також підходить для використання в середовищах чутливих до зараження.

Клапан InterApp 314 має наступні характеристики:

- діапазон робочих температур: від -40°C до 200°C ;
- максимальний робочий тиск: 16 бар/ 20 бар в залежності від середовища;
- клас протікання: по EN 12266/P12, клас А.

Клапани відповідають вимогам щодо безпеки для середовища в якому працюють і для обладнання в цілому.

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

2.2. Опис функціональної схеми автоматизації

Функціональна схема показана на рисунку 5.

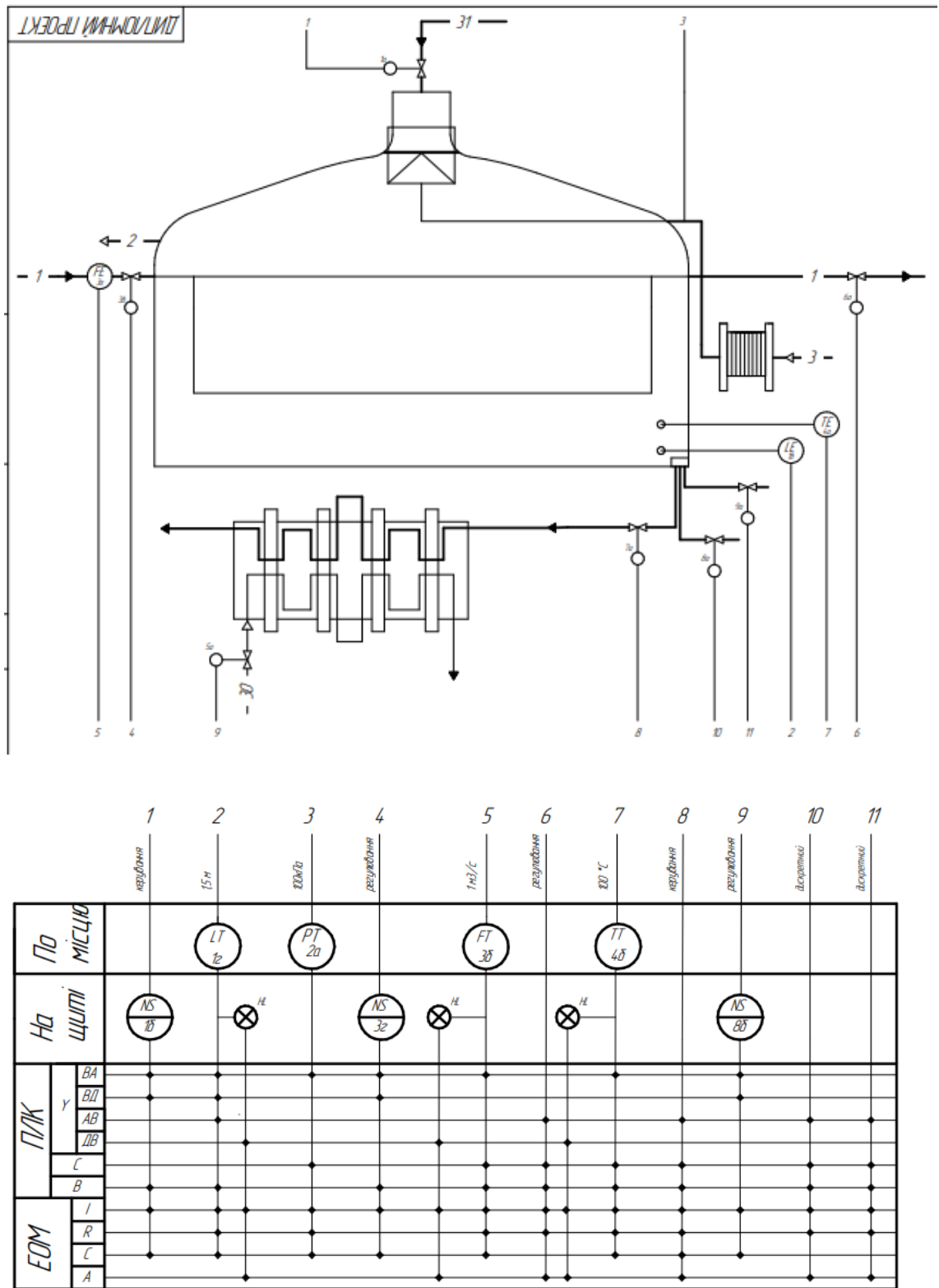


Рисунок 5 – Функціональна схема

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

На відстійну установку подається сусло. Процес подачі сировини контролюється клапаном InterApp-314(поз. 1а). Всередині відстійника розташована конусна парасолька, через яку сусло потрапляє в апарат. Для аерації сусла під конус подається повітря, що пройшло через знепліднювальний фільтр. Тиск подачі повітря контролюється манометром Метран-150 CG (поз. 2а) сигнал з якого подається на контролер, де обробляється по заданій програмі та ЕОМ.

Рівень сусла в апараті контролюється рівнеміром SITRANS-LC300(поз.1в) сигнал з якого подається на контролер, де обробляється по заданій програмі та ЕОМ.

Після заповнення апарату подається холодоагент(вода (В3)) і проходить перша стадія охолодження пивного сусла. Подача холодоагенту контролюється витратоміром УРСВ - 510ц (поз. 3а).

Температура в відстійнику контролюється термометром опору ТСМУ-205 100М (поз.4а) сигнал з якого подається на контролер, де обробляється по заданій програмі та ЕОМ.

Коли температура сусла досягла 55⁰С, його зливають з відстійника через клапан InterApp-314(поз. 7а) і далі воно проходить через теплообмінник, де проходить друга стадія охолодження. В теплообмінник через InterApp-314(поз. 5а) подається холодоагент. Після процесу охолодження сусло потрапляє в освітлювальну установку.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розділ 3. Опис принципової схеми автоматизації

На даній принциповій схемі зображені мікропроцесорний контролер, додатковий аналоговий модуль, клапани, датчик тиску, датчик температури, витратомір та датчик рівня.

Подається сигнал управління (4...20 мА) з контролера CPU FX3U-16MR/ES (кл.1) на клапан впуску сусла (поз. 1а). Подача сусла проводиться через конусну парасольку під тиском. Датчик тиску МЕТРАН150 CG (поз.2а). підключений до додаткового модуля контролера FX3U-4AD (кл.14,15). Рівень в відстійнику контролюється датчиком рівня SITRANS-LC300(поз.1б), який підключений до додаткового модуля контролера FX3U-4AD (кл. 8, 9). Коли апарат заповнився до заданого рівня з контролера на клапан(поз. 1а) подається дискретний сигнал і подача сусла зупиняється.

Після того, як апарат заповнився до потрібного рівня з контролера подається дискретний сигнал на клапан (поз. 3в) і в охолоджуючу секцію апарату подається холодоагент. Клапан (поз. 3в) підключений до контролера(кл. 2). Подача холодоагенту контролюється витратоміром УРСВ510ц (поз. 3а), який підключений до додаткового модуля контролера FX3U-4AD (кл. 10,11). Температура в відстійнику контролюється термометром опору ТСМУ-205 100М (поз.4а), який підключений до додаткового модуля контролера FX3U-4AD (кл. 12,13).

Після охолодження до заданої температури сигнал з контролера йде на клапан (поз. 7а) і сусло надходить в теплообмінник. Клапан (поз. 7а) підключений до контролера(кл. 4). Одночасно з цим процесом контролер подає сигнал(кл.5) на клапан(поз. 5а) і в теплообмінник подається холодоагент.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>						
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<i>Розробка системи автоматизації процесу охолодження пивного сусла</i>			Літ.	Арк.	Аркушів	
Розробив		<i>Бик П.В.</i>								23	12
Керівник		<i>Іващук В.В.</i>									
Зав. Каф.		<i>Ельперін І.В.</i>									
Секр. ЕК		<i>Проскурка Є.С</i>									
								<i>НУХТ АК4-3ск</i>			

Клапан(поз.6а) підключений до контролера(кл.3) і слугує для спуску холодоагенту з охолоджуючої секції відстійника.

Клапан(поз.8а) підключений до контролера(кл.6) і слугує для спуску білкового відстою.

Клапан(поз.9а) підключений до контролера(кл.7) і слугує для спуску промивних вод у каналізацію.

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

3.1. Специфікація приладів та засобів автоматизації

Мікропроцесорний контролер MITSUBISHI FX3U-16MR/ES представлений на рисунку 6. Конструктивне виконання: уніфікований корпус для кріплення на DIN-рейку, має 16 входів/виходів. Розміри мм: 130x90x87 [4].



Рисунок 6 – Мікропроцесорний контролер MITSUBISHI FX3U-16MR/ES

Напруга живлення:

- від 100 В до 240 В постійного струму ;
- Кількість входів: 8;
- Кількість виходів: 8;
- Потужність живлення, Вт: 20;
-

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

- Об'єм пам'яті: 8000 операцій;
- Швидкість опрацювання команд: 0,55-0,7 мс/операція;
- Температура навколишнього середовища: 0-55 С;
- Відносна вологість: 35-85%4
- Клас захисту: IP20;
- Вага, кг: 0,6.

З контролером можуть з'єднуватися модулі розширення з додатковими аналоговими а дискретними входами/виходами.

Аналоговий модуль розширення FX3U-4AD показаний на рисунку 7.

[5]



Рисунок 7 – Аналоговий модуль розширення FX3U-4AD

Каналів аналогового входу: 4

Діапазон вхідного сигналу: -10...+10В, -20...+20мА, 4...20мА

Розрядність АЦП, біт: 16

Похибка: 0,5%

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

Датчики тиску серії МЕТРАН-150 CG, показані на рисунку 8, призначені для безперервного перетворення значення вимірюваного параметра (абсолютного, надлишкового тиску, розрідження) в уніфікований струмовий сигнал в системах автоматичного управління[6].



Рисунок 8 – Датчик тиску МЕТРАН-150 CG

Основні характеристики перетворювача тиску МЕТРАН-150 CG:

- межі вимірювання: від $-0,025$ до 68 МПа;
- мінімальна ширина діапазону $2,5$ кПа;
- вихідний сигнал: $(4...20)$ мА;
- висока стабільність характеристик;
- вибухобезпечне виконання.

Враховуючи, що перетворювач має невелику масу, він монтується безпосередньо на об'єкті.

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

Термоперетворювач ТРСМУ-205, показаний на рисунку 9, призначений для перетворення значення температури різнорідних середовищ в уніфікований вихідний сигнал 4...20 мА. [7].



Рисунок 9 – Термоперетворювач ТРСМУ-205

Основні характеристики термоперетворювача ТРСМУ-205:

- номінальні статичні характеристики (НСХ): 100М;
- вихідний сигнал: від 4мА до 20 мА;
- клас точності: від 0.25;
- діапазон вимірювань: від 0°С до 150°С;
- степінь захисту від пилу і вологи: IP65;
- напруга живлення: від 12В до 36 В;

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Датчик рівня SITRANS LC300, показаний на рисунку 10, призначений для достовірної і точної реєстрації рівня. [8].



Рисунок 10 – Датчик рівня SITRANS LC300

Основні технічні характеристики:

- вхідний сигнал: 4 мА ...20 мА;
- діапазон дії - стержень: від 0,3м до 5,5м; кабель: від 1м до 25м;
- діапазон робочих температур: від -40⁰С до 200⁰С;
- робочий тиск: до 35 бар атм.;

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

Витратомір УРСВ-510ц, показаний на рисунку 11, має такі характеристики [9]



Рисунок 11 – Витратомір УРСВ-510ц

Номінальний діаметр, DN:..... від 10 до 5 000

.....(від 150 до 10 000)

Діапазон температури рідини, °С: від мінус 30 до 160

Температура навколишнього середовища

для вторинного перетворювача (ВП), °С: ..від 0 до 50

.....(від мінус 40 до плюс 65)

Тиск в трубопроводі для врізних

перетворювачів електроакустичних (ПЕА), МПа: не більше 2,5

Ступінь захисту ВП / ПЕА:.....IP54 / IP68

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

Живлення:24В
Споживана потужність, Вт: не більше 12
Середнє напрацювання на відмову, год:75 000
Середній термін служби, років: 12
Гарантійний термін експлуатації, міс.: 25
Маса вторинного перетворювача, кг: не більше 3
Габаритні вторинного перетворювача, мм: 250x154x75

Клапан InterApp 314, представлений на рисунку 12[10].



Рисунок 12 – Клапан InterApp 314

діапазон робочих температур: від -40°C до 200°C ;
максимальний робочий тиск: 16 бар/ 20 бар в залежності від середовища;
клас протікання: по EN 12266/P12, клас А.

Клапани відповідають вимогам безпеки для обладнання, яке працює під тиском.

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

3.2. Специфікація на технічні засоби автоматизації

Таблиця 3 – Специфікація на ТЗА

о з и ц ія	Па раметр	п т и м ал ь н е зн ач е н н я п ар а м ет р у	М ісце уста новл ення	Найменува ння і коротка технічна характеристика приладу	Т ип, модель	і л ь і с т ь	Завод- вигото влюва ч
а, 3 в, 5 а, 6 а, 7 а, 8 а,	кла пан	-1	3 а місц ем	клапан	I nterApp 314	O	FEST

9							
а.							
в	Рівень	,5 м	3 а місц ем	Датчик рівня вхідний сигнал: 4 мА ...20 мА діапазон дії: від 0,3 до 25м	S ITRANS LC300		Siemens
а	Тиск	0 0 к П а	3 а місц ем	Датчик тиску Діапазон вимірювання: Від 0,025кПа до 68 МПа. Вихідний сигнал 4-20 мА	M ETPАН- 150 CG		Emerson
а	Витрата	м 3/ с	3 а місц ем	Датчик витрати Діапазон температури рідини, °С: від мінус 30 до 160	У РСВ- 510ц		ВЗЛЕ Т МР
а	Температура	0 ° С	3 а місц ем	Термо перетворювач опору Діапазон	T СМУ- 205		ГК Теплоприбор

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

				вимірюваних температур: від 0 до +150°C Статична характеристика 100М			
--	--	--	--	--	--	--	--

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

Розділ 4. Монтаж технічного засобу

Приклад монтажу датчика тиску МЕТРАН-150 СГ показаний на
рисунок 13

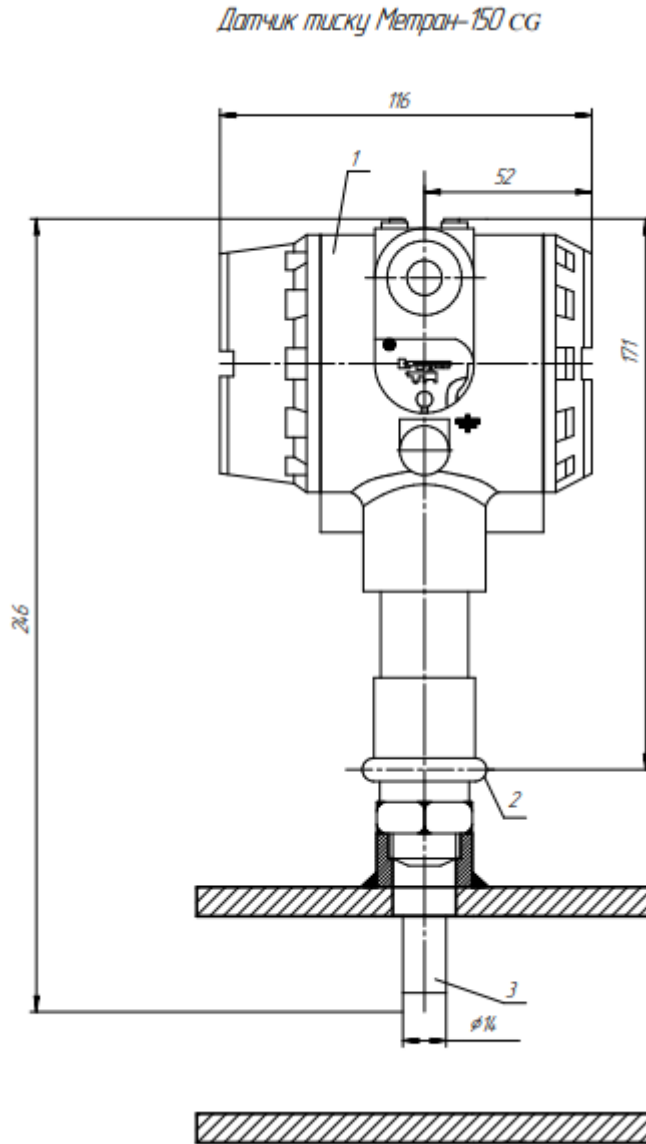


Рисунок 13 – Монтаж датчика тиску МЕТРАН-150 СГ

Монтаж датчика тиску може бути виконаний двома шляхами:

					<i>Кваліфікаційна робота</i>		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розробив		<i>Бик П.В.</i>			Літ.	Арк.	Аркушів
Керівник		<i>Іващук В.В.</i>				35	2
Зав. Каф.		<i>Ельперін І.В.</i>			<i>НУХТ АК4-3ск</i>		
Секр. ЕК		<i>Проскурка Є.С</i>					
					<i>Розробка системи автоматизації процесу охолодження пивного суслу</i>		

1. Вмонтований безпосередньо в об'єкт з застосуванням ущільнюючого матеріалу та прикручений з середини установки.

2. Монтаж приладу проводиться в завчасно вварену в об'єкт бобишку, також з застосуванням ущільнюючого матеріалу.

Так як в даному випадку монтаж проводиться в трубопроводі і ми не маємо змоги прикрутити датчик зсередини, в трубопровід було вварено бобишку.

Датчик вкручується в бобишку так щоб чутливий елемент безпосередньо контактував з середовищем для точного вимірювання тиску.

Датчик тиску підключається до аналогового модуля розширення FX3U-4AD(Рисунок 14), а саме на клеми I4+ та COM4. Живлення датчика 24V проводиться від блока живлення, який переводить 220В в 24В.

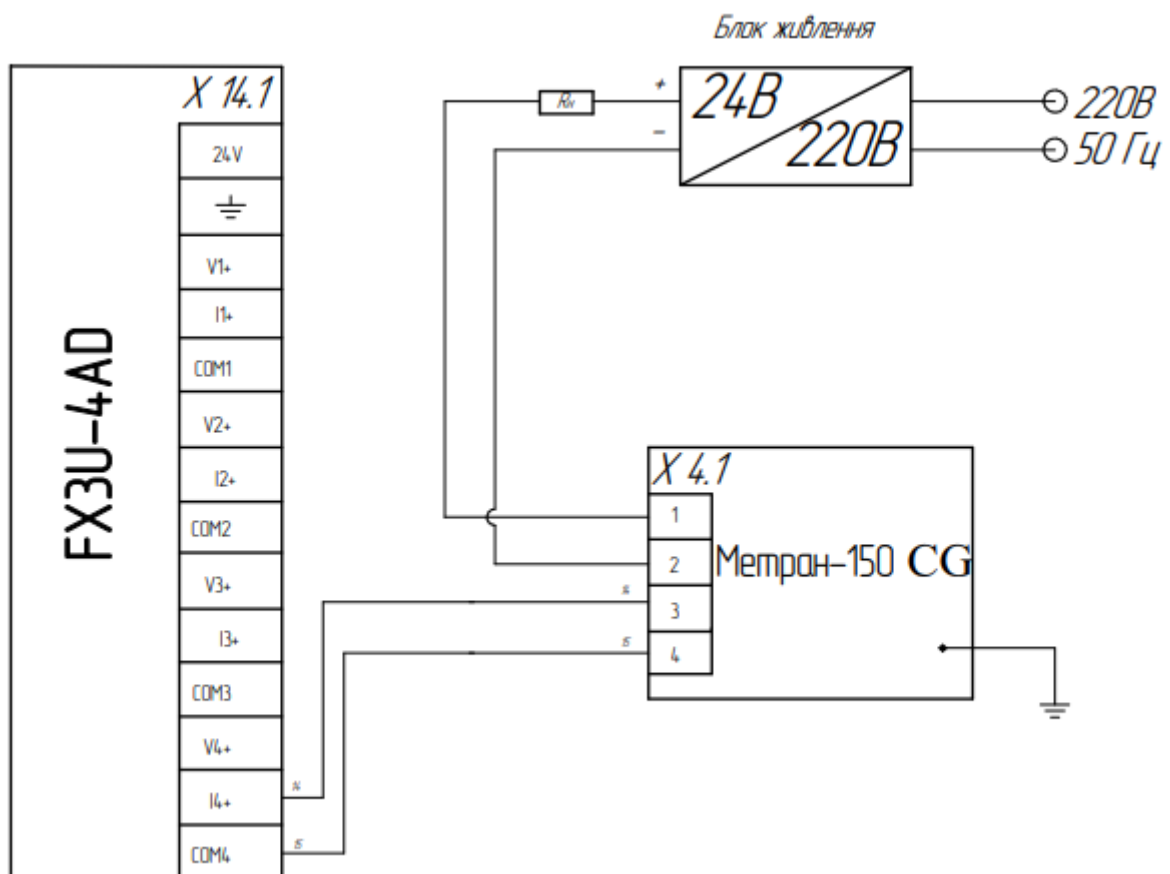


Рисунок 14 – Підключення датчика тиску МЕТРАН-150 СГ

Розділ 5. Алгоритм управління технологічним об'єктом

1. Вихідний стан обладнання – всі клапани закриті. Клапани 1б,3в,5а,6а,7а,9а – дискретні.
2. Відкривається клапан 1а і сусло заповнює апарат на 70%.
3. Коли рівень досягне заданого значення клапан 1а закрити, відкрити клапан 3в для подачі холодоагенту.
4. В апарат подається 250 літрів холодоагенту. Витрата концентрату вимірюється витратоміром.
5. Після заповнення апарату холодоагентом рідина відстоюється в апараті ще протягом 120 хвилин і охолоджується до температури 55⁰С.
6. Коли термін часу вичерпався і температура досягла потрібної , відкривається клапан 7а і сусло потрапляє в теплообмінник. Клапан 3а закривається, відкривається клапан 6а і холодоагент зливають з апарату.
7. Відкривається клапан 5а і в теплообмінник подають холодоагент.
8. Коли рівень в відстійнику досягне 5% закривається клапан 7а, відкривається клапан 9а і з апарату зливають білковий відстій.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						
Розробив		<i>Бик П.В.</i>			<i>Розробка системи автоматизації процесу охолодження пивного сусла</i>	Літ.	Арк.	Аркушів		
Керівник		<i>Іващук В.В.</i>					37	3		
Зав. Каф.		<i>Ельперін І.В.</i>				<i>НУХТ АК4-3ск</i>				
Секр. ЕК		<i>Проскурка Є.С</i>								

Програма показана на рисунках нижче.

	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 15 – 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 16 – Текст програми

На рисунку 17 показана симуляція процесу для демонстрації роботи програми.

```
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 17 – Симуляція процесу

Розділ 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 властивості яких, в залежності від стану змінних програми керування змінюються.

Дана мнемосхема виконана в середовищі Vijeo Citect. Це середовище було обране тому що під нього легко адаптувати програму даного проекту. У програмі Vijeo Citect можна створювати СКАДА системи різних ступенів складності. В програмі широкий вибір елементів яким можна задати певні параметри які легко налаштовуються і, за потреби, змінюються.

Мнемосхема оператора показана на рисунку 18

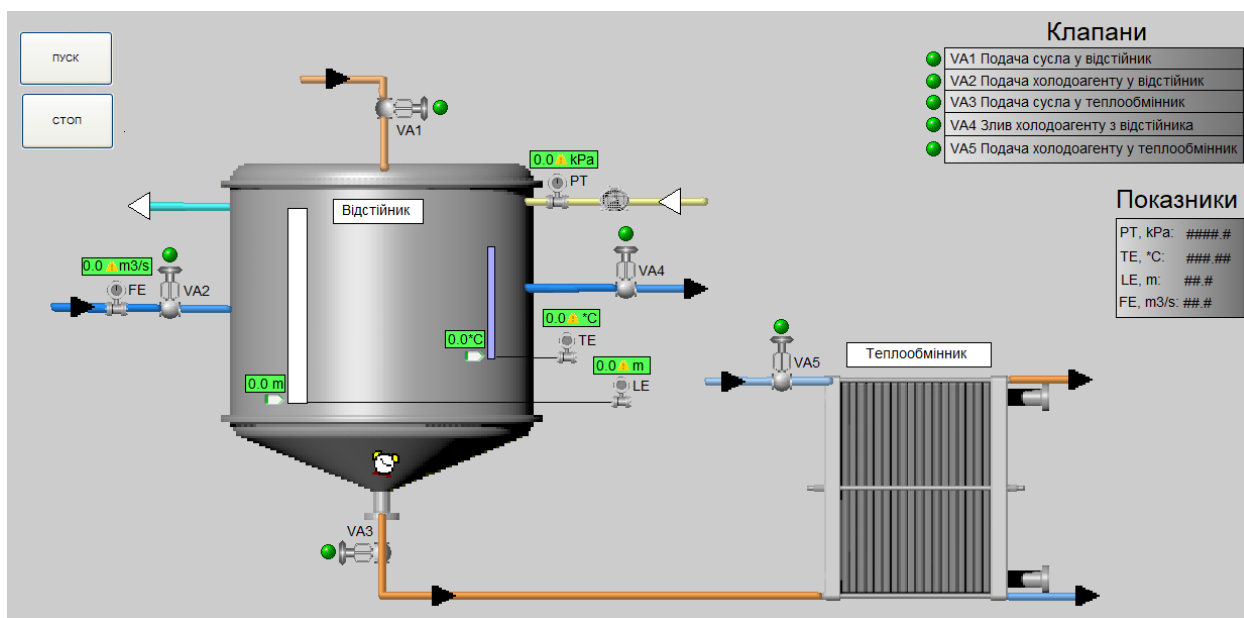


Рисунок 18 – мнемосхема оператора

					<i>Кваліфікаційна робота</i>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив	Бик П.В.				Розробка системи автоматизації процесу охолодження пивного суслу	Літ.	Арк.	Аркушів
Керівник	Іващук В.В.						40	2
Зав. Каф.	Ельперін І.В.				<i>НУХТ АК4-3ск</i>			
Секр. ЕК	Проскурка Є.С							

На даній схемі зображено відстійний апарат, теплообмінник та прилади для контролювання та регулювання процесу.

Окремо в таблиці праворуч показано стан клапанів. Якщо світиться індикатор зеленого кольору, то клапан відкритий, а якщо прозорий кружечок, то клапан закритий. Табличка наведена на рисунку 19.

Клапани	
●	VA1 подача сусли у відстійник
●	VA2 подача холодоагенту у відстійник
●	VA3 подача сусли у теплообмінник
●	VA4 злив холодоагенту з відстійника
●	VA5 подача холодоагенту у теплообмінник

Рисунок 19 – Таблиця стану клапанів

Для слідкування за аналоговими показниками, які впливають на процес, всі значення були виведені в окремому вікні. Вікно аналогових показників показано на рисунку 20.

Показники	
PT, kPa:	####.#
TE, *C:	###.##
LE, m:	##.#
FE, m ³ /s:	##.#

Рисунок 20 – Вікно аналогових показників

Мнемосхема виконана у відповідності до стандартів, в тонах, кольорова гамма яких не привертає лишньої надмірної уваги. Кольори, які привертають увагу, такі як червоний, використовуються лише при виникненні неполадок, відхилень чи тривоги. На схемі відсутні лишні елементи, в ній легко орієнтуватися, всі показники легко помітні та читаємі.

Використовуючи дану мнемосхему легко стежити за показниками процесу і в разі відхилення можна швидко зорієнтуватися в чому причина і своєчасно усунути її.

7 Комп'ютерне моделювання системи автоматичного регулювання

Метою даного розділу є дослідження стійкості САР.

В якості об'єкта керування взято контур регулювання рівня в відстійному апараті.

Обираємо наступну математичну модель: $W_M(s)$ $W_{OK}(s)$ $W_{П}(s)$.

Схема контуру системи, побудовано в середовищі MatLab і показано на рисунку 21.

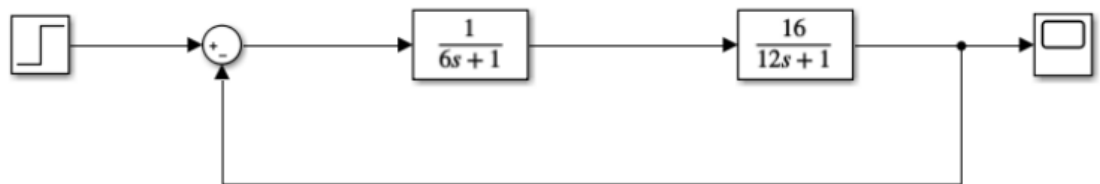


Рисунок 21 – Схема контуру системи

Знайдемо перехідну характеристику об'єкта керування. Перехідна характеристика - це реакція ланки системи на одиничний стрибок. Вона знаходиться за формулою:

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

L – оператор перетворення Лапласа.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розробив	Бик П.В.				Літ.	Арк.	Аркушів
Керівник	Іващук В.В.					42	5
Зав. Каф.	Ельперін І.В.				<i>НУХТ АК4-3ск</i>		
Секр. ЕК	Проскурка Є.С						
					<i>Розробка системи автоматизації процесу охолодження пивного суслу</i>		

Результат моделювання показаний на рисунку 22.

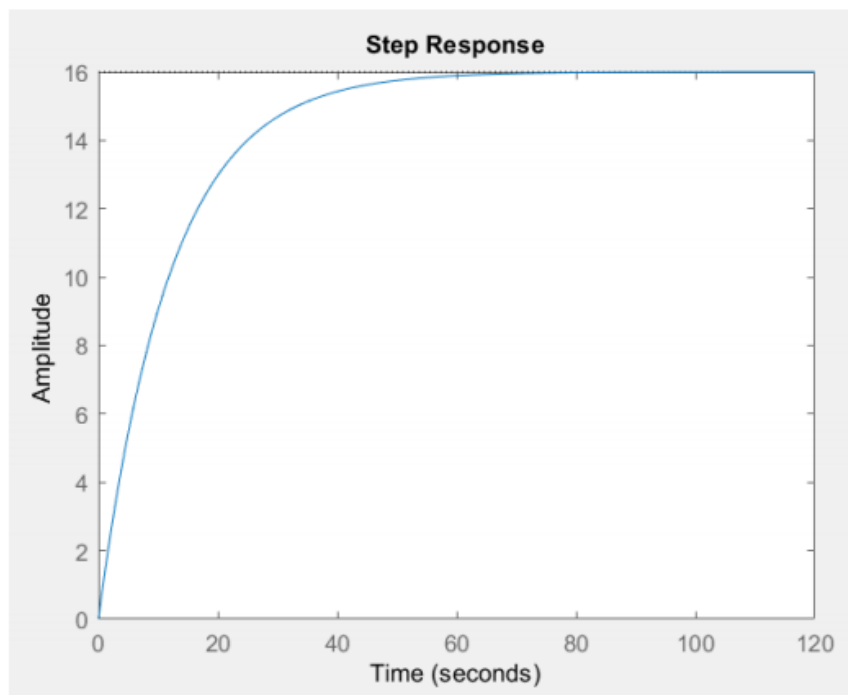


Рисунок 22 – перехідна характеристика об’єкта керування

Логарифмічна частотна характеристика зображується у вигляді логарифмічної амплітудо-фазо-частотної характеристики (ЛАФЧХ). ЛАФЧХ будується на логарифмічній сітці по передавальній функції системи. Результат показаний на рисунку 23.

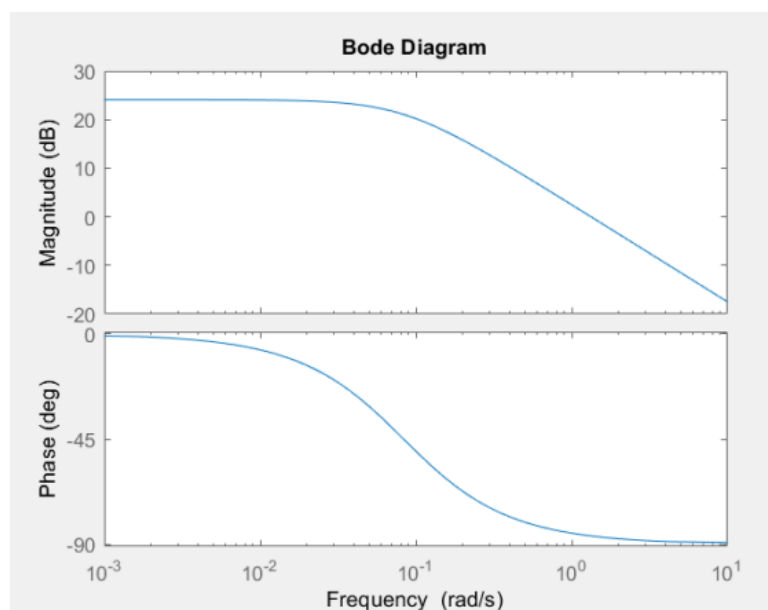


Рисунок 23 – ЛАФЧХ

Для проведення аналізу стійкості, необхідно використати два методи перевірки. 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:

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

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.

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:

$$W_{\text{ПІД}}(s) = K_p + \frac{K_i}{s} + K_d * s$$

K_p – коефіцієнт пропорційності, K_i – коефіцієнт інтегральної частини, K_d – коефіцієнт диференціальної частини.

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

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

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

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

Запишемо характеристичний поліном замкненої системи. Маємо:

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

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

Для точної перевірки отриманих результатів необхідно побудувати систему з ПД-регулятором, та порівняти отримані показники. Побудована система показана на рисунку 24 і має вигляд:

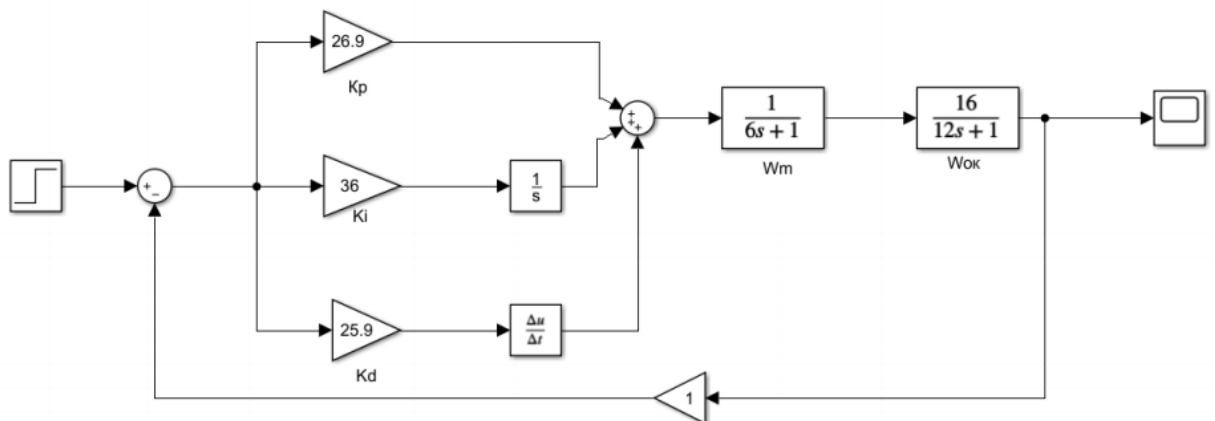


Рисунок 24 – Система з ПД – регулятором

Подивившись на результати(Рисунок 25) можна побачити, що наша система значно покращилась.

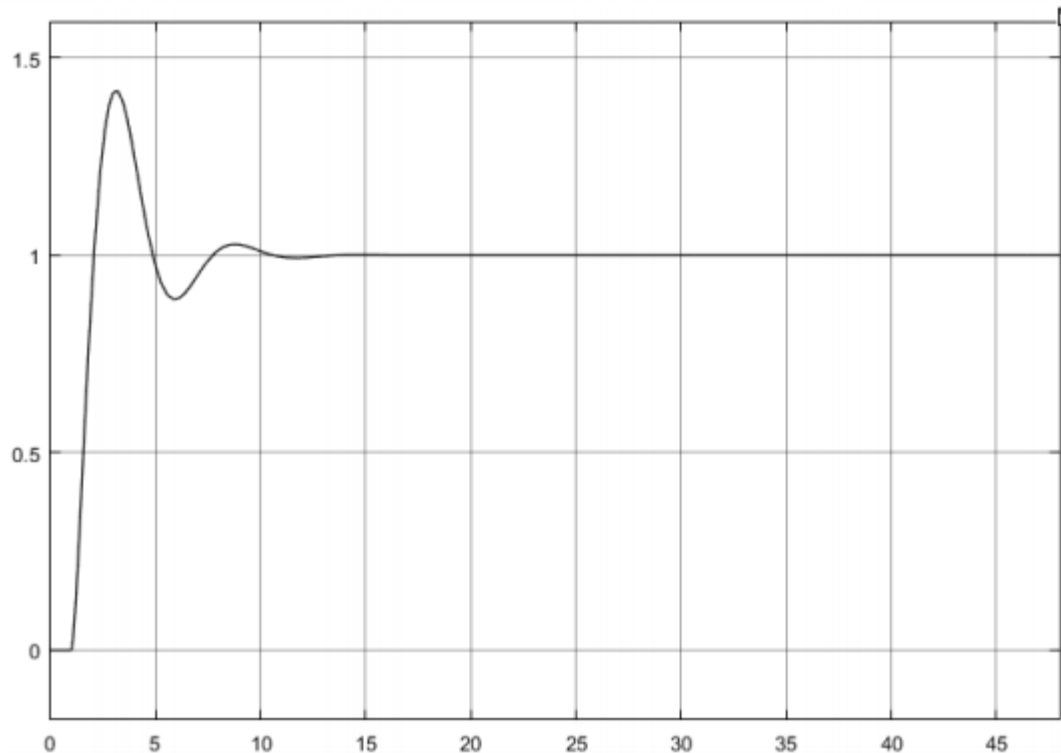


Рисунок 25 – Результат моделювання системи з ПІД-регулятором

Синтез ПІД-регулятора покращує не лише якість роботи, але 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 продукту на виході.

Висновок

Дану кваліфікаційну роботу виконано з застосуванням мікропроцесорного контролера Mitsubishi серії FX та з використанням новітніх технічних засобів. Система автоматизації спроектована на базі сучасних засобів вимірювань та мікропроцесорної техніки і відповідає вимогам завдання на проектування.

Впровадження проєкту автоматизації на виробництві дасть змогу покращення протікання процесу охолодження пивного сусла. Застосування ЕОМ дає можливість контролю, керування, обміну даними, обробки, накопичення і зберігання інформації, формування сигналізації, побудови графіків та звітів. Крім того система надає можливість збереження отриманих результатів в вигляді файлу, скоротяться витрати робочого часу пов'язані з пошуком, ручною обробкою інформації.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Список використаної літератури

- 1 ОХОЛОДЖЕННЯ І ОСВІТЛЕННЯ СУСЛА. URL: <https://ukrdoc.com.ua/text/8531/index-1.html?page=4/>(дата звернення: 20.05.21).
- 2 Охолодження сусла URL: http://elib.tsatu.edu.ua/dep/mtf/ophv_18/page9.html (дата звернення: 21.05.21).
- 3 Процессы осветления и охлаждения пивного сусла URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/protsessy-osvetleniya-i-ohlazhdeniya-pivnogo-susla/viewer> (дата звернення: 22.05.21).
- 4 Программируемые контроллеры Руководство по эксплуатации URL: http://cde.nuft.edu.ua/pluginfile.php?file=%2F98239%2Fmod_resource%2Fcontent%2F4%2FFX3U-opisanie%20apparatnoy%20chasti.pdf(дата звернення: 23.05.21).
- 5 Программируемые контроллеры Руководство по эксплуатации аналоговие модуля URL: http://www.esspb.ru/Documents/FX3U_analog_modules.pdf (дата звернення: 24.05.21).
- 6 Метран 150 датчик давления TG CD CG CGR TGR CDR L TA TAR URL: <http://teplomehanika.ru/metran150.htm> (дата звернення: 25.05.21).
- 7 ТСМУ-205 термопреобразователь с унифицированным выходным сигналом URL: <https://www.teplocontrol-sm.ru/TSPY-205--TSMY-205--THAY-205.html> (дата звернення: 26.05.21).
- 8 Руководство по измерению уровня URL: https://www.siemens-pro.ru/docs/kip/Level/Broshures/Level_Guide_EN_2013_rus_v2.pdf (дата звернення: 26.05.21).
- 9 ВЗЛЕТ МР (УРСВ-510ц, -520ц, -530ц, -540ц, -522ц, -542ц, -544ц) - ультразвуковые расходомеры Подробнее: URL: <https://sv-engin.com.ua/p10916498-vzlet-ursv-510ts.html> (дата звернення: 26.05.21).
- 10 FESTO InterApp_брошюра URL: https://www.festo.com/net/SupportPortal/Files/430007/InterApp_брошюра_2015.pdf (дата звернення: 26.05.21).

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

11. Автоматизація виробничих процесів: підручник / І.В. Ельперін, О.М. Пупена, В.М. Сідлецький, С.М. Швед. — К. : Видавництво Ліра-К, 2015. — 378 с.
12. Ладанюк А.П. Теорія автоматичного керування технологічними об'єктами: навчальний посібник / А.П. Ладанюк, Архангельська К.С., Власенко Л.О.— К.: НУХТ, 2014. —274 с.
13. Трегуб В.Г. Проектування систем автоматизації: навчальний посібник / В.Г. Трегуб. — К. : Видавництво Ліра-К, 2014. — 344 с.
14. Трегуб В.Г. Основи комп'ютерно-інтегрованого управління: навчальний посібник / В. Г. Трегуб.— К.: НУХТ, 2006 – 139 с.
15. Гончаренко Б.М. Автоматизація виробничих процесів харчових технологій [Текст]: підручник / Б.М. Гончаренко, А.П. Ладанюк. — К. : НУХТ, 2014. – 600 с.
16. Системний аналіз складних систем управління: навчальний посібник / А.П. Ладанюк, Я.В. Смітюх, Л.О. Власенко, Н.А. Заєць, І.В. Ельперін. – К., НУХТ, 2013. – 276 с.
17. Ладанюк А.П. Конспект лекцій з дисципліни «Теорія автоматичного керування», ч.1 / А.П. Ладанюк. – К.: НУХТ, 2004. – 184 с.
18. Ладанюк А.П. Конспект лекцій з дисципліни «Теорія автоматичного керування», ч.2 / А.П. Ладанюк. – К.: НУХТ, 2005. – 115 с.
19. Гончаренко Б.М. Цифрові системи керування: навчальний посібник / Б.М. Гончаренко, О.П. Лобок, А.П. Ладанюк. – Вінниця: Нова книга, 2007.– 160 с.
20. Автоматизоване управління технологічними процесами. Конспект лекцій до вивчення дисципліни для студентів спеціальності 6.08040 „Інформаційні управляючі системи та технології” напряму підготовки 0804 “Комп'ютерні науки” ден. та заоч. форм навчання/ Уклад.: І.В.Ельперін, С.М.Швед – К: НУХТ, 2007. – 71 с.

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

21. Луцька Н.М. Оптимальні та робасні системи керування технологічними об'єктами : монографія / Н.М.Луцька, А.П.Ладанюк. – К. : Видавництво Ліра-К, 2015. – 288 с.

22. Ельперін І.В. Промислові контролери [Текст]: навчальний посібник / І.В. Ельперін. – К.: НУХТ, 2003. – 320 с.

23. Пупена О.М. Контролери та їх програмне забезпечення. Курс лекцій для студ. напр. 6.50202 "Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології" денної та заочної форм навчання. Частина 3. / О.М. Пупена, І.В. Ельперін. – К.: НУХТ, 2011. – 48 с.

24. Промислові мережі та інтеграційні технології в автоматизованих системах [Текст]: навчальний посібник / А.М. Пупена, І.В. Ельперін, Н.М. Луцька, А.П. Ладанюк. – К.: Вид-во «Ліра-К», 2011. – 552 с.

25. Пупена О.М. Програмування промислових контролерів у середовищі UNITY PRO [Текст]: Навч. посібник / О.М. Пупена, І.В. Ельперін. – К.: Видавництво Ліра – К, 2013. – 376 с.

26. Пупена О.М. Промислові мережі та інтеграційні технології: курс лекцій для студ. напряму 6.050202 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» денної та заочної форм навчання. / О.М. Пупена. – К.: НУХТ, 2011. – 67 с.

27. Ладанюк А.П. Сучасні технології конструювання систем автоматизації складних об'єктів (мережеві структури, адаптація, діагностика та прогнозування) : монографія / А.П.Ладанюк, Заєць Н.А., Л.О.Власенко. – К. : Видавництво Ліра-К, 2016. – 312 с.

28. Трегуб В.Г. Автоматизація об'єктів періодичної дії: підручник / В.Г. Трегуб. – Київ: Видавництво Ліра-К, 2017. – 136 с.

29. Інноваційні технології в управлінні складними біотехнологічними об'єктами агропромислового комплексу [Текст]: монографія / А.П. Ладанюк, В.М. Решетюк, В.Д. Кишенько, Я.В. Смітюх. – Київ: Центр учбової літератури, 2014. – 280 с.

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

30. Innovative energy-saving technologies in biotechnological objects control / A. Chochowski, I. Chernyshenko, V. Kozyrskiy, V. Kyshenko, A. Ladaniuk, V. Lysenko, V. Reshetiuk, I. Smitiukh, V. Shtepa, V. Shcherbatiuk. - K.: Tsentr Uchbovovii Literatury, 2014.- 240 p.

31. Сучасні методи автоматизації технологічних об'єктів [Текст] : монографія / А.П. Ладанюк, О.А. Ладанюк, Р.О. Бойко, В.В. Іващук, Д.О. Кроніковський, Д.А. Шумигай. – К.: Інтер Логістик Україна, 2015. – 408 с.

32. Ладанюк А.П. Сучасні технології конструювання систем автоматизації складних об'єктів (мережеві структури, адаптація, діагностика та прогнозування) [Текст]: монографія / А.П. Ладанюк, Н.А Заєць, Л.О. Власенко. - К.: Видавництво Ліра-К, 2016. – 312с.

33. Методи сучасної теорії управління [Текст]: навчальний посібник / А.П. Ладанюк, В.Д. Кишенько, Н.М. Луцька, В.В. Іващук.– К.: НУХТ, 2010. – 196 с.

34. Системний аналіз складних систем управління [Текст]: навчальний посібник / А.П. Ладанюк, Я.В. Смітюх, Л.О. Власенко, Н.А. Заєць, І.В. Ельперін. - К.: НУХТ, 2013. – 274 с.

35. Системний аналіз складних систем управління. Практикум. [Текст]: навчальний посібник / А.П. Ладанюк, Я.В. Смітюх, Л.О. Власенко, Н.А. Заєць, І.В. Ельперін. – К.: НУХТ, 2014. – 157 с. (№37.49 - 02.07.2014)

36. Методи сучасної теорії управління [Текст] : підручник / А.П. Ладанюк Н.М. Луцька, В.Д. Кишенько, Л.О. Власенко, В.В. Іващук. – К.: Видавництво Ліра-К, 2018. – 368 с.

37. Ладанюк А.П. Методологія наукових досліджень [Текст]: навчальний посібник / А.П. Ладанюк, Л.О. Власенко, В.Д. Кишенько. – К.: Видавництво Ліра-К, 2018. – 352 с.

38. Пупена О. М. Програмування промислових контролерів у середовищі Unity Pro [Текст]: навчальний посібник / О. М. Пупена, І. В. Ельперін. — Київ : Ліра-К, 2015. — 376 с.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

39. Сценарний підхід при автоматизації технологічних процесів [Текст]: монографія / Я.В. Смітюх, А.П. Ладанюк, В.Д. Кишенько, Б.М. Гончаренко . – LAP LAMBERT Academic Publishing, 2019. – 173 с. – ISBN: 978-613-9-87035-6

40. Оптимізація процесів переробки сільськогосподарської сировини [Текст]: монографія / В.О. Мірошник В.О., М.А. Гачковська, В.Д.Кишенько, О.В. Грабовська.– К.:ЦП “Компринт”, 2019.– 479 с.

41. Кишенько В. Д. Ідентифікація та моделювання об'єктів автоматизації [Текст]: конспект лекцій для студ. спец. 6.092500 "Автоматизовані системи управління технологічними процесами", 6.092500 "Комп'ютерно- інтегровані процеси та виробництва" напряму 0925 ден. та заоч. форм навч. / В. Д. Кишенько. – К. : НУХТ, 2007. — 102 с.

42. Кишенько В. Д. Інтелектуальні системи [Текст]: конспект лекцій для студ. спец. 6.092500 "Автоматизовані системи управління технологічними", 6.092500 "Комп'ютерно-інтегровані процеси та виробництва" напряму 0925 "Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології" ден. та заоч. форм навч. / В. Д. Кишенько. – К. : НУХТ, 2008. — 133 с.

43. Кишенько В.Д. Інтелектуальні системи. Практикум [Електронний ресурс]: навчальний посібник / В. Д. Кишенько, Ю. О. Самойленко, Я. В. Смітюх. – Київ : НУХТ, 2017. — 67 с.

44. Кишенько В.Д. Моделювання систем [Електронний ресурс]: конспект лекцій для студ. освіт. ступ. "Магістр" спец. 151 "Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології" спеціал. "Автоматизація та інтелектуальні системи керування технологічними комплексами" ден. форми навч. / В. Д. Кишенько. – К. : НУХТ, 2016. — 205 с.

45. Романов М.С. Синергетичні основи сталого інноваційного розвитку харчової промисловості [Текст]: концептуальний підхід, наукове видання / М.С. Романов. – К.: НУХТ, 2019. – 71 с.

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

46. 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.

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