

Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет
«Дніпровська політехніка»
Інститут електроенергетики
(інститут)
Електротехнічний факультет
(факультет)
Кафедра кіберфізичних та інформаційно-вимірювальних систем
(повна назва)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
кваліфікаційної роботи ступеню бакалавра

студента Довгого Олександра Сергійовича
(П.І.Б.)
академічної групи 151-20ск-1
(шифр)
спеціальності 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології
(код і назва спеціальності)
за освітньо-професійною програмою 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології
(офіційна назва)
на тему Автоматизація технологічного процесу отримання пивного суслу
(назва за наказом ректора)

Консультанти	Прізвище, ініціали	Оцінка за шкалою		Підпис
		рейтинг.	інституційною	
Керівник кваліфікаційної роботи	ас. Славінський Д.В.			
Провідний консультант	ас. Славінський Д.В.			
Розробка апаратного забезпечення системи керування	доц. Соснін К.В.			
Визначення моделі об'єкта керування	ст. викл. Бойко О.О.			
Економічна частина	ст. викл. Яремчук І.О.			
Охорона праці	проф. Чеберячко Ю.І.			
Рецензент				
Нормоконтролер	ас. Славінський Д.В.			

Дніпро
2023

ЗАТВЕРДЖЕНО:
завідувачем кафедри
кіберфізичних та інформаційно-
вимірвальних систем
(повна назва)

_____ Бубліковим А.В.
(підпис) (прізвище, ініціали)

« _____ » _____ 2023 року

ЗАВДАННЯ на кваліфікаційну роботу ступеню бакалавра

студенту _____ Довгому О.С. _____ академічної групи _____ 151-20ск-1
(прізвище та ініціали) (шифр)

спеціальності 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

за освітньо-професійною програмою 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології
(офіційна назва)

на тему Автоматизація технологічного процесу отримання пивного сусла,
затверджену наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка» від 08.05.2023 р. № 328-с

Розділ	Зміст	Термін виконання
Стан питання та постановка завдання	Вступ. Опис технологічного процесу для об'єкта автоматизації. Огляд існуючих систем автоматизації. Стан питання. Вибір напрямку створення автоматизованої системи.	06.05.2023
Розробка апаратного забезпечення системи керування	Обрання датчиків, виконавчих пристроїв та пристрою керування, розробка структурних схем, функціональної схеми автоматизації та принципової схеми електричної.	12.05.2023
Визначення моделі об'єкта керування	Розробка методики дослідження об'єкта керування. Виконання експерименту. Обробка результатів експерименту. Створення моделі об'єкта керування. Перевірка отриманої моделі на адекватність.	20.05.2023
Економічна частина	Економічне обґрунтування доцільності витрат на створення системи керування.	03.06.2023
Охорона праці	Розробка організаційно-технічних заходів, щодо реалізації правил безпеки при експлуатації системи.	03.06.2023

Завдання видано _____
(підпис п.конс.)

ас. Славінський Д.В.
(прізвище, ініціали)

Дата видачі 28.03.2023

Дата подання до екзаменаційної комісії 14.06.2023

Прийнято до виконання _____
(підпис студента)

Довгий О.С.
(прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка містить: с, рисунків, таблиць, джерел.

Предметом дослідження бакалаврської роботи є автоматизація технологічного процесу отримання пивного сусла

Об'єктом дослідження є технологічний процес охолодження пивного сусла в циліндрично-конічному апараті

Мета дослідження: синтез імітаційної моделі процесу охолодження пивного сусла в циліндрично-конічному апараті під час зброджування пивного сусла. Поставлена мета досягається використанням наступних методів дослідження: аналіз інформаційних джерел, активний експеримент, структурна та параметрична ідентифікація, статистичний аналіз отриманих даних, математичне та імітаційне моделювання.

Виконано аналіз технологічного процесу зброджування пивного сусла, розглянута структура циліндрично-конічного апарату, як об'єкта керування та виокремлені основні особливості його функціонування. З огляду на це, було висунуто вимоги до технічних засобів автоматизації системи керування.

Згідно висунутих вимог, була розроблена схема структурна системи керування, вибрані датчики (температури, тиску, двоокису вуглецю) та виконавчий пристрій (частотний перетворювач). Використовуючи інформацію про технічні характеристики технічних засобів системи, було вибрано пристрій керування – ПЛК VIPA серії 200V з додатковими модулями.. Виконано розробку схем: функціональної автоматизації та електричної принципової.

За результатами активного експерименту отримані дані та виконано структурна і параметрична ідентифікація об'єкта керування. Розроблено імітаційну модель циліндрично-конічного апарату, як об'єкта. Адекватність становить 93,578%.

Ключові слова: ЗБРОДЖУВАННЯ, ПИВО, СУСЛО, ДАТЧИКИ, КОНТРОЛЕР, СИСТЕМА, ІДЕНТИФІКАЦІЯ, МОДЕЛЬ, АДЕКВАТНІСТЬ.

ЗМІСТ

Вступ.....	6
1 Стан питання та постановка завдання.....	8
1.1 Галузь промисловості	8
1.2 Технологічний процес	9
1.3 Об'єкт керування.....	13
1.3.1 Загальна характеристика об'єкта керування	13
1.3.2 Структура об'єкта керування.....	14
1.3.3 Принцип функціонування об'єкта керування	15
1.4 Формулювання задачі дослідження	16
1.5 Висновки по розділу	17
2 Розробка апаратного забезпечення системи керування	18
2.1 Розробка структурної схеми системи керування.....	18
2.2 Вибір апаратного забезпечення системи керування.....	19
2.2.1 Вибір давачів	19
2.2.2 Вибір виконавчих пристроїв	23
2.2.3 Вибір пристрою керування	25
2.2.4 Вибір джерел живлення.....	28
2.3 Розробка функціональної схеми автоматизації.....	29
2.4 Розробка схеми електричної принципової	30
2.5 Висновки по розділу	31
3 Визначення моделі об'єкта керування.....	32
3.1 Розробка структурної схеми інформаційних потоків дослідницької системи	32
3.2 Розробка методики дослідження об'єкта керування	33
3.3 Виконання експерименту	34
3.4 Обробка результатів експерименту.....	37
3.4.1 Підготовка даних.....	37

3.4.2 Структурна ідентифікація	38
3.4.3 Параметрична ідентифікація.....	40
3.5 Розробка моделі об'єкта керування в Simulink.....	42
3.6 Перевірка моделі на адекватність.....	43
3.7 Висновки по розділу	43
4 Економічна частина	45
5 Охорона праці.....	49
5.1 Аналіз шкідливих і небезпечних чинників.....	49
5.2 Інженерно-технічні заходи щодо охорони праці.....	50
5.3 Пожежна профілактика.....	52
5.4 Висновки по розділу	53
Висновки	54
Перелік посилань.....	56
Додаток А – Відомість роботи.....	59

ВСТУП

Пиво — алкогольний напій, отриманий шляхом бродіння. Третій напій у світі за популярністю після води та чаю. За визначенням із Податкового кодексу України, пиво – це насичений діоксидом вуглецю пінистий напій, отриманий під час бродіння охмеленого сусла пивними дріжджами. Характеризується специфічною гіркотою та ароматом, що надає йому хміль, а також здатністю до піноутворення. Процес виробництва пива називається броварством або пивоварінням. [1].

Виробництво пива є одним із найскладніших технологічних процесів харчової промисловості, що вирізняється тривалістю та багатоетапністю.

У кваліфікаційній роботі бакалавра розглядається технологічний процес отримання пивного сусла, а саме процес стабілізації температури пивного сусла в бродильних чанах.

Як було зазначено, виробництво пива є досить складним процесом, і одним з найвідповідальніших етапів, що впливає на якість кінцевого продукту є процес бродіння пивного сусла. Основним фактором, що впливає на якість продукту, що отримується в бродильних чанах, є температура. Під час бродіння сусла виділяється велика кількість тепла і сусло потребує постійного охолодження при постійній температурі [2]. Стабілізація температури під час бродіння сусла здійснюється шляхом зміни подачі холодної води до зовнішнього. Також, під час бродіння, необхідно контролювати концентрацію двоокису вуглецю в чанах, не допускаючи її перевищення поза норми.

Покращення якості пива можливе через вдосконалення системи керування технологічним процесом отримання пивного сусла. Для цього необхідно отримати інформацію про перебіг процесу бродіння та створити математичну модель об'єкту керування – бродильного чану за каналом «Витрата холодоносія - Температура сусла в чані». Завдання розробки нової системи керування технологічним процесом отримання пивного сусла входить

у сферу діяльності фахівця спеціальності “151 Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології”.

Тобто, метою роботи є покращення показників технологічного процесу отримання пивного суслу за рахунок аналізу процесу, вибору технічних засобів контролю та керування, створення математичної моделі об’єкту керування

Також у роботі мають бути розглянуті питання вартості елементів контролю та керування та охорона праці на виробництві пива.

Обрана тема актуальна для підприємств харчової промисловості, а саме заводів з виробництва пива та приватних броварень, та спрямована на підвищення якості та зменшення вартості промислового виробництва пива.

1 СТАН ПИТАННЯ ТА ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ

1.1 Галузь промисловості

Пивоваріння (пивоварство, пивоварна промисловість) або застаріле броварство (ремесло виготовлення пива) є галуззю харчової промисловості. Основним методом виробництва пива є ферментація.

Пивоваріння в Україні було відоме здавна і впродовж тривалого проміжку часу носило переважно домашній характер і, в основному, використовувалось для потреб приватних господарств.

Наразі, пивоварна галузь є однією з провідних галузей промисловості в Україні. Близько 90% пива в Україні – вітчизняного виробництва, адже імпортне пиво є дорожче, тому програє в конкуренції. Українські пивоварні підприємства виготовляють більше 400 видів пивної продукції. За своїми якісними показниками українське пиво не поступається закордонним аналогам і імпортується до 42-х країн світу. Сучасними лідерами серед виробників пива є наступні компанії: «САН ІнБев Україна» («Чернігівське», «Рогань», «Янтар», «Staropramen», «Bud»), «Карлсберг Україна» («Львівське», «Балтика»), «Оболонь» («Оболонь», «Nike», «BeerMix») [4] та та ТзОВ «Перша приватна броварня».

Основним напрямом вдосконалення процесів пивоваріння є автоматизація. Автоматизація самого технологічного процесу знаходиться на стадії розрізнених розробок, що належать до окремих етапів. При цьому осторонь залишаються питання автоматизації біотехнологічних процесів з ферментативними і біохімічними перетвореннями пивоварної сировини, що відбуваються в них, в напівпродукт і кінцевий продукт. [5].

Практично автоматизація пивоварного виробництва нині зведена до двох крайніх рішень: тотальна децентралізація з автоматизованими робочими місцями на кожному технологічному етапі чи централізоване управління станом устаткування.

Поставлено завдання пошуку оптимального рішення автоматизації процесу пивоваріння, орієнтованого виробництва безпечного кінцевого продукту. При вивченні світового досвіду і досягну того передовими країнами виробниками пива науково технічного рівня була виявлена спільність проблем, що ускладнюють не тільки автоматизацію пивоваріння, але й стримують прогресивний розвиток самої технології пивоваріння [5].

1.2 Технологічний процес

Як зазначалося, технологія приготування пива є доволі складним та тривалим процесом (рис. 1).

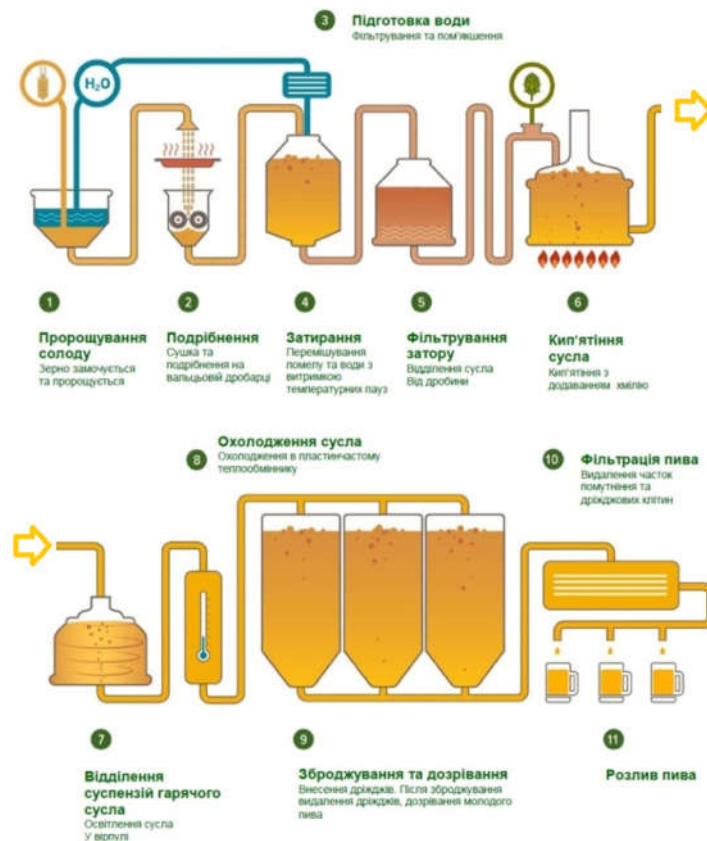


Рисунок 1.1 – Технологічний процес приготування пива

1. Пророщування солоду. Пивоварний солод – це пророщене в штучних умовах і ви-сушене зерно різних видів зернових і бобових культур. Під час пророщування солод збагачується активними ферментами та інши-ми біологічно активними речовинами [2].

2. Подрібнення. Ячмінний солод подрібнюють, але зерна не повинні перетворитися в однорідну масу. У складі сусла обов'язково мають бути великі і дрібні крупинки. Це називається солодовим помелом. У різних сортах пива співвідношення великих і дрібних частинок відрізняється [2].

3. Підготовка води. Склад води для пивоваріння має велике значення. Особливо це стосується областей, для яких характерна надзвичайно жорстка вода, де пивовари змушені використовувати методи пом'якшення або взагалі використовувати воду, щоб отримати напій, що хоча б віддалено нагадує пиво. рН-фактор затора значно впливає на процес затирання в цілому, так само як і на смак готового пива.

4. Солодовий помел змішують з водою. Цей процес називається «затиранням», а отримана суміш - затором. При додаванні води ферменти ячменю починають розщеплювати крохмаль на солодовий цукор. Для прискорення ферментації пивовари нагрівають затор до різних температур в залежності від того який сорт пива вариться [2].

5. Фільтрування солоду. Проварений затор переливають з котла в спеціальне сито, закрите знизу. В такому стані затертий солод знаходиться деякий час, поки на дні не осядуть тверді частинки, звані дробиною. Коли сито відкривають, крізь нього і шар дробини починає просочуватися чисте рідке сусло, яке збирається в спеціальному котлі для подальшого варіння [2].

6. Кип'ятіння (Варка сусла). Отримане на попередньому етапі сусло нагрівають, доводять до кипіння і додають хміль. Кількість хмелю залежить від сорту пива і уподобань майстра. У кожній рецептурі використовується різна кількість хмелю.

Варка сусла займає 2-3 години. В ході цього процесу гинуть всі мікроорганізми і руйнуються ферменти, тому подальші хімічні реакції неможливі. Пивовари дотримуються наперед встановленої щільності початкового сусла, яке на етикетці готового продукту позначається як щільність пива.

7. Відділення суспензій гарячого сусла. Зварене сусло фільтрують від залишків хмелю і дають відстоятися. На дні випадають дрібні частинки, які не вдалося відфільтрувати на попередньому етапі. Також на деяких заводах прискорюють видалення небажаних залишків центрифугою [2].

8. Охолодження. Чисте сусло охолоджується та надходить через труби на дно бродильних чанів, званих циліндрично-конічними танками. Після того як рідина охолоне до потрібної температури, в чан додають дріжджі. Для пива верхового бродіння перед додаванням дріжджів сусло охолоджують до 18-22°C, для пива низового бродіння - до 5-10 ° C.

9 Зброджування та дозрівання. Через добу після закладки дріжджів на поверхні бродильного чана з'являється товстий шар піни. Це означає, що дріжджі успішно почали перетворювати цукор в вуглекислий газ і спирт. В ході бродіння виділяється багато тепла, тому сусло потребує постійного охолодження, температура повинна бути стабільною [2].

На етапі бродіння пивовари стежать за концентрацією вуглекислоти в чанах. При досягненні максимально допустимого рівня газ відводять по спеціальних трубах. Бродіння зупиняється після того як весь цукор дріжджі перероблять на спирт.

На попередніх етапах вийшло молоде нефільтроване пиво, яке потребує подальшого дозрівання (не стосується пшеничних сортів). Для дозрівання використовуються великі ємності з нержавіючої сталі, а сам процес триває від декількох тижнів до чотирьох місяців.

Під час дозрівання потрібно підтримувати стабільну температуру і тиск в ємностях, коливання неприпустимі. На сучасних підприємствах технологічний процес контролює спеціальне обладнання, здатне автоматично змінити температуру і тиск [2].

10. Фільтрація пива. Після дозрівання пиво проходить ще одну фільтрацію двома різними фільтрами, призначеними для очищення від великих

і дрібних частинок. Після цього пінний напій стає абсолютно прозорим і готовим до розливу [2].

11. Розлив пива. На заключному етапі виробництва пиво переливають в тару різних видів. Перед розливом пляшки та кеги миють, потім видаляють повітря, що потрапило всередину. Пиво є швидкопсувним алкогольним напоєм, що вимагає стерильних умов. Без стерильності термін придатності готового продукту лише декілька днів [2].

Розглянемо більш докладно процес зброджування пивного суслу в бродильних чанів.

Основний процес при головному бродінні – біохімічне перетворення вуглеводів, що зброджуються, в етиловий спирт і оксид вуглецю. Поряд з основними продуктами бродіння утворюються вторинні та побічні продукти, які значною мірою визначають органолептичні показники пива.

Утворення спирту супроводжується виділенням назовні теплоти, яку необхідно відвести для підтримки заданих температурних умов. На перших етапах бродіння відбувається енергійне розмноження дріжджів, завдяки повноцінному поживному середовищу. У міру збіднення середовища, накопичення продуктів бродіння, створення надлишкового тиску швидкість розмноження дріжджів зменшується [6].

В результаті головного бродіння сусло перетворюється на молоде пиво, яке ще не є товарним продуктом. Тому його спрямовують на дозброджування та дозрівання. При дозріванні переважно мають місце ті самі процеси, як і при головному бродінні, але повільніше. двоокис вуглецю (CO_2), що виділяється в процесі дозрівання, розчиняється і зв'язується в пиві, що призводить до насичення пива вуглекислим газом. При дозріванні пива відбуваються різні окислювально-відновні реакції, внаслідок яких зникають характерні для молодого пива присмак дріжджів та хмелева гіркота [6].

При дозріванні пиво освітлюється. Це обумовлено випадінням в осад дріжджів, які адсорбують на собі каламутну білкову та інші суспензії. Так само

відбуваються коагуляція та осадження хмелевих смол, білкових та дубильних речовин [6].

Таким чином, найбільший вплив на перебіг бродіння мають температура та кількість дріжджів. Розрізняють холодне (7-9 ° C) та тепле (12-14 °C) бродіння. Норма введення дріжджів залежить від способу бродіння і коливається від 0,4 до 1 л на 1 гекалітрів сусла. Сусло має містити достатню кількість цукрів та азотистих речовин, що асимілюються дріжджами. Тобто, вплив також має правильне співвідношення цукрів і нецукрів. рН сусла має перевищувати 5,8. Найкраще зброджується сусло з початковою концентрацією цукру 10...12% [6].

1.3 Об'єкт керування

1.3.1 Загальна характеристика об'єкта керування

Під час виробництва пива на сучасних пивоварних заводах процес зброджування найчастіше відбувається у закритих циліндрично-конічних резервуарах (бродильних чанах, ферментерах). Це циліндричні резервуари з конічним дном, що використовуються для первинної ферментації (рис.2). Потім вторинне бродіння пива зазвичай продовжується в циліндричних резервуарах для дозрівання у льоху пивоварного заводу.



Рисунок 1.2 – Циліндрично-конічні резервуари (бродильні чани)

Головна перевага циліндрично-конічних ферментерів полягає в тому, що вони дозволяють проводити як первинну, так і вторинну ферментацію в тому самому резервуарі без перекачування напою між резервуарами.

Порівняно із традиційними бродильними чанами відкритого типу мають кілька переваг. Серед найбільш важливих - просте автоматичне очищення, можливість повної автоматизації процесу ферментації (менші трудовитрати) та менша площа, яку займають технології ферментації. Ферментація при невеликому надмірному тиску прискорює процес ферментації. Технологія закритої ферментації запобігає зараженню пива чужорідними організмами і не висуває таких високих вимог до стерильності навколишнього середовища, як відкрита ферментація в чанах для ферментації.

Температура суслу в резервуарах ССТ підтримується автоматично з використанням рідкого холодоагенту, необхідного у кількох зонах охолодження.

1.3.2 Структура об'єкта керування

Бродильний апарат (рис. 1.3) являє собою циліндричну посудину 1 зі сферичною кришкою, з сорочками: 2 на циліндричній і 4 на конічній частинах корпусу для охолодження.

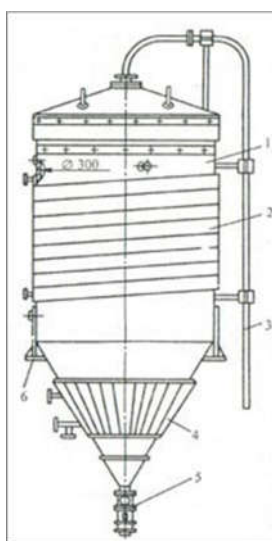


Рисунок 1.3 – Конструкція циліндрично-конічного апарату

У нижній частині бродильного апарату змонтовані дріжджевідділювач та горизонтально розташована мішалка. Апарати має трубопровід 3 для видалення діоксиду вуглецю та подачі миючого розчину та камеру 5 для введення комбінованої закваски та виведення готового продукту. Апарати встановлюється на кільцевих опорах 6.

1.3.3 Принцип функціонування об'єкта керування

Головне бродіння проводять у відкритих або закритих бродильних апаратах періодичним, напівбезперервним або безперервним способом. Останній поки що не знайшов широкого поширення.

При періодичному бродінні пивне сусло температурою 5-7 °С прямує до бродильного апарату. Насінневі дріжджі задають у кількості 0,4-0,5 л на 1 гол сусла. Пивне сусло зброджують протягом 7-11 діб, залежно від концентрації початкового сусла. На третю добу допускається підвищення температури до 8-10°С наступним поступовим зниженням до 4-5°С.

Видимий ступінь зброджування молодого пива має становити 59,1-67,5%. Напівбезперервне бродіння проводять тільки в закритих бродильних апаратах, які комплектують у батареї, що складаються з розбражувача і п'яти бродильних апаратів.

Норма додавання дріжджів 0.6-1 л на 1 гол. Розбражувач заповнюють суслом температурою 6-8°С перемішують протягом 30 хв і зброджують 24 год, а далі половину об'єму з вмістом видимого екстракту 8,4-8,6 перекачують в перший бродильний апарат. Потім обидва апарати доливають свіжим суслом до об'єму. З інтервалом в одну добу заповнюють усі бродильні апарати. Пивне сусло зброджують при надмірному тиску протягом 5-6 діб до вмісту видимого екстракту 4,5-4%.

Дозрівання пива проводять при температурі від 0 до 2°С закритих апаратах під надлишковим тиском 0,03-0,06 МПа. При дозріванні контролюють тиск в апараті, органолептичні показники та ступінь освітлення пива.

Тривалість дображивання залежить від сорту пива і коливається від 21 доби для пива «Жигулівське» до 90 діб для пива «Портер».

Регулюючи температурний режим, можна було поєднати процеси бродіння і дображивання щодо одного апарату. Процес здійснюється в циліндрично-конічних бродильних апаратах, які забезпечені двома-трьома сорочками для охолодження, на циліндричній частині і одній - на нижній конічній частині.

Сусло температурою 7-9 °С подають в апарат і заповнюють його на 85 %. У потік сусла задають дріжджі у кількості 0,5-1 л на 1 гектолітр. Перші 50% сусла аерують із розрахунку 0,5-0,7 м³/г. У першу добу бродіння температура підвищується до 13-14 °С. При цій температурі сусло бродить 6-7 діб. Потім пиво охолоджують у нижній частині апарату до 1-2 °С, у результаті утворюється щільний осад дріжджів, який виводять з апарату.

На восьму добу пиво охолоджують до 3-4 °С, на дев'яту - до 1-2 °С і витримують при цій температурі 5-6 діб для завершення процесів дображивання. Поєднання процесів бродіння та дозрівання дозволило скоротити їх тривалість до 14-18 діб залежно від концентрації початкового сусла. Ця технологія характеризується простотою, а капітальні витрати при встановленні апаратів поза приміщенням істотно скорочуються.

При періодичному способі втрати у відділенні головного бродіння становлять 2,3-2,5% обсягу холодного сусла, а відділенні дозрівання і фільтрування — 2,35-3% обсягу молодого пива. При суміщеному способі сумарні втрати становлять 4,65% обсягу холодного сусла.

1.4 Формулювання задачі дослідження

Мета дослідження у бакалаврській кваліфікаційній роботі – це підвищення швидкості та точності охолодження пивного сусла під час зброджування у циліндрично-конічному бродильному апараті.

Завдання дослідження полягає у вивченні наявних можливостей автоматичного керування охолодженням пивного сусла у бродильному апараті.

Об'єкт керування належить до класу безперервних.

Основним підходом до отримання мат.моделі об'єкта керування є ідентифікація. Ідентифікації має три основні етапи:

визначення структури моделі об'єкта;

визначення параметрів моделі об'єкта;

оцінка адекватності отриманої моделі до справжнього об'єкта.

Адекватність моделі до об'єкта керування має бути не нижче 80%.

1.5 Висновки по розділу

Розглядаючи циліндрично-конічний бродильний апарат в якості об'єкту автоматизації та об'єкту дослідження встановлено:

– об'єкт дослідження – це процес охолодження пивного сусла у циліндрично-конічному бродильному апараті;

– процес керування охолодженням пивного сусла при зброджуванні є предметом дослідження представленої бакалаврської роботи;

– мета роботи – синтез імітаційної моделі циліндрично-конічному бродильному апараті в процесі охолодження пивного сусла;

– за об'єкт керування прийнято циліндрично-конічний бродильний апарат;

– для циліндрично-конічного бродильного апарату, як об'єкта керування вхідним параметром є сигнал на зміну витрати води до контуру охолодження, вихідним параметром є температура пивного сусла в бродильному чані під час зброджування;

– циліндрично-конічний бродильний апарат, як об'єкт керування належить до класу безперервних.

2 РОЗРОБКА АПАРАТНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ

2.1 Розробка структурної схеми системи керування

За результатами аналізу інформаційних джерел щодо особливостей технологічного процесу отримання пивного сусла в якості об'єктом керування був вибраний циліндрично-конічний бродильний апарат. На перебіг процесу збродження (бродиння, ферментації) найбільший вплив має температура сусла – від 7 до 14°C зважаючи на сорт пива. Охолодження сусла в бродильному апараті відбувається за рахунок зміни витрати холодоносія – холодної води до «змієвиків», розташованих на циліндричній та конічній частині апарата. Температура води на вході «змієвика» становить 2°C.

Таким чином, для подальшої розробки, був вибраний контур регулювання температури води на виході системи охолодження циліндрично-конічного апарату для збродження пивного сусла. Вхідним параметром контуру охолодження є витрата холодної води, що коливається в межах 0,1 до 3 м³/хв (в подальшому 0-100%). Витрата холодної води визначається продуктивністю насоса через швидкість обертання двигуна, яка задається за допомогою частотного перетворювача. В діапазоні зміни витрати від 0 до 100%, 0% відповідає мінімальній витраті холодної води до системи охолодження 0,1 м³/хв. Мінімальна циркуляція холодної води запобігає замерзанню та та пошкодженню контуру охолодження. 100% або 3 м³/хв відповідає роботі насоса з повною продуктивністю.

Вихідним параметром циліндрично-конічного бродильного апарату, як об'єкта керування, може бути прийнята температура пивного сусла в бродильному чані, що має становити 10°C. Тобто, основним завданням створюваної системи керування є охолодження пивного сусла в бродильному чані до температури 10°C. Початкова температура пивного сусла становить 35 °C. Температура сусла під час зброджування не має перевищувати 14 °C.

З огляду на прийняті вхідні та вихідні параметри, до складу системи керування мають входити: датчик температури пивного сусла в бродильному чані, пристрій регулювання продуктивності насоса подачі холодної води, керуючий пристрій, який задає необхідну продуктивність насосу, а також операторський пульт для контролю та впливу на режими роботи обладнання (рис.2.1). Також в якості додаткових засобів контролю необхідно передбачити встановлення датчику надлишкового тиску ($0,03 \div 0,06$ МПа), датчику концентрації вуглекислого газу.

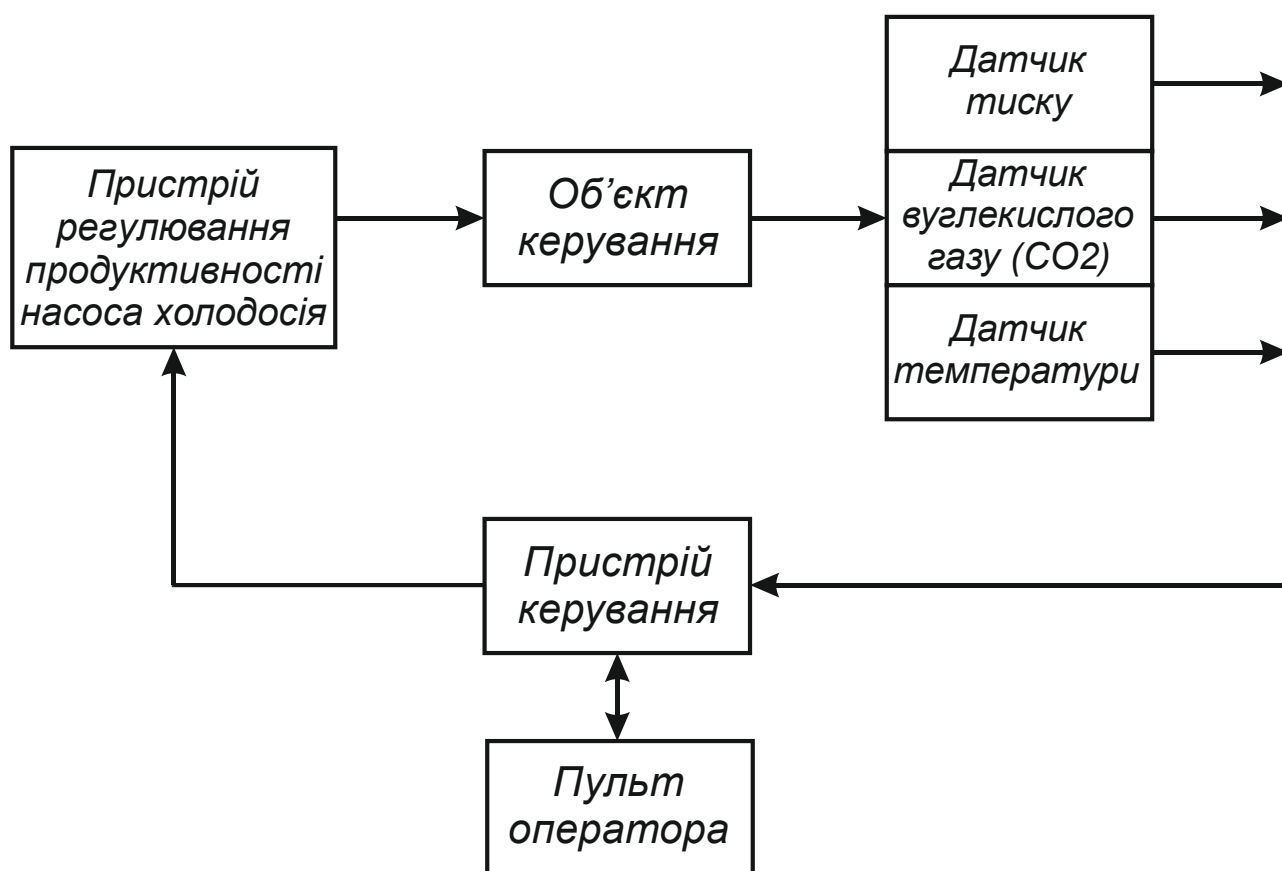


Рисунок 2.1– Схема структурна системи керування

2.2 Вибір апаратного забезпечення системи керування

2.2.1 Вибір давачів

Щоб контролювати температуру пивного сусла в бродильному чані потрібно обрати датчик, який відповідатиме вимогам:

- межі змін контрольованої величини – температури сусла $0 \div 35^{\circ}\text{C}$;

– стандартний вихідний струмовий сигнал 4..20мА;

Порівняння датчиків температури, які можна використати, згідно вимог технологічного процесу представлено в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1– Порівняння датчиків температури

Модель	ДТПЛ 125	ДТПК 125	ТНН-У-1-23
Ном.стат. характеристика (НСХ)	L (ХК) Хромель-Копель	К (ХА) Хромель-Алюмель	N (NiCrSi-NiSi) Ніхросил-нісил
Діапазон вимірювання	-40...+360 °С	-40...+333 °С	-40...375°С
Допуск відхилення	±2,5°С	±2,5 °С	± 1,5°С
Схема з'єднань	2 –х провідна	2 –х провідна	2 –х провідна
Вбудований норм. перетворювач, 4÷20 мА	+	+	+
Вартість, грн	900,00	920,00	1100,00

Вибираємо датчик ТНН-У-1-23 (ТЕРА) завдяки кращим показникам точності в межах робочого діапазону температур (рис. 2.2).



Рисунок 2.2– Датчик ТЕРА ТНН-У-1-23

За принципом дії датчик ТНН-У-1-23 є термопарою, тобто основою його роботи є термоелектричний ефект. В замкнутому колі з двох різнорідних провідників виникає електрорушійна сила (термо-ЕРС), якщо місця їх з'єднання, або спаї, знаходяться при різній температурі. Ефект не виникає у випадку однорідних матеріалів, а також при однакових температурах спаїв. Величина термоелектрорушійної сили залежить від матеріалу провідників і різниці температури контактів, напрямку струму в контурі - від того, температура якого спаю вище.

Матеріал ніхросил-нісил, що використаний у датчику ТНН-У-1-23 має кращі показники стабільності роботи термоелектрода, у порівнянні із сплавами хромель-алюмелевої групи.

Схема підключення датчику температури представлена на рис 2.3.

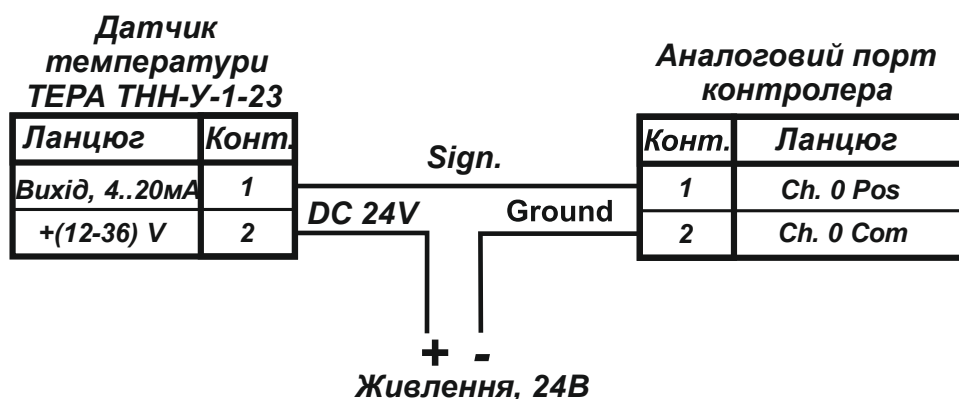


Рисунок 2.3 – Схема підключення датчику температури до контролера

Для контролю тиску в чані під час дозрівання пивного сусла необхідно вибрати датчик тиску що відповідає наступним вимогам:

- робочий діапазон до 0,06 МПа (0,6 бар);
- стандартний вихідний сигнал 4..20мА;

В таблиці 2.2 представлений порівняльний аналіз датчиків тиску, що відповідають вимогам технологічного процесу.

Таблиця 2.2 – Порівняльний аналіз датчиків тиску

Модель	ВСТ22	P16 A3 T3 010 Z1	PT5400
Діапазон вимірювання	0÷1,6 МПа	0÷1,0 МПа	0÷4,0 МПа
Допуск відхилення	0,5 %	< % ±0,5 FS	< ± 0,5%
Схема з'єднань	2 –провідна	2 – провідна	2 – провідна
Вихідний сигнал,	4÷20 мА, 0÷10 В	4÷20 мА	4÷20 мА
Вартість, грн	2537,00	2718,00	5249,00

З огляду на схожість характеристик розглянутих датчиків у робочому діапазоні тиску, було вибрано п'єзорезистивний датчик ВСТ22, як найдешевший з представлених (рис. 2.4).

Принцип дії п'єзорезистивного датчка тиску. Зовнішній тиск викликає деформацію керамічної мембрани, на яку нанесені плівкові резистори. В результаті змінюється величина опору цих резисторів, ввімкнених в мостову схему. Ця зміна опору за допомогою електронної схеми перетворюється в струм, пропорційний значенню тиску.



Рисунок 2.4 – Датчик тиску ВСТ22

Схема підключення датчик тиску ВСТ22 аналогічна представлений на рисунку 2.3

Під час збродження сусла необхідно контролювати концентрацію вуглекислого газу (CO₂), що утворюється, як продукт життєдіяльності дріжджів. Концентрація CO₂ в замкнутому середовищі в бродильному чані може сягати 0,3%, що може значною мірою вплинути на процес збродження/дозрівання пивного сусла (зміна рН сусла).

В таблиці 2.2 представлений порівняльний аналіз датчиків тиску, що відповідають вимогам технологічного процесу.

Таблиця 2.3 – Порівняльний аналіз датчиків вуглекислого газу

Модель	Honeywell Sensepoint XCD	Greisinger GT10-CO2-1R	PCE-FGD
Діапазон вимірювання	0...2% об'єм. CO ₂	0...2000 ppm CO ₂	0...5% об'єм. CO ₂
Допуск відхилення	<±3 ppm ±20%	±50 ppm ±2%	≤2%
Схема з'єднань	2 – провідна	2 – провідна	2 – провідна
Вихідний сигнал,	4÷20 мА, 0÷10 В	4÷20 мА	4÷20 мА, 2÷10 В
Вартість, грн	25000,00	28392,00	39312,00

Для застосування в системі виберемо датчик Greisinger GT10-CO2-1R (рис. 2.5).

Рисунок 2.5 – Датчик CO₂ Greisinger GT10-CO2-1R

Основою датчика концентрації вуглекислого газу є оптичний чутливий елемент (сенсор) типу NDIR (англ. nondispersive infrared sensor) – недиспергуючий інфрачервоний аналізатор

Функціонування сенсора NDIR ґрунтується на законі Бугера-Ламберта-Бера. Принцип роботи сенсора побудований зміні інтенсивності випромінювання в діапазоні від 1 до 15 мкм до і після поглинання двоокису вуглецю.

Схема підключення датчик концентрації CO₂ аналогічна представлений на рисунку 2.3

Технічні характеристики обраних датчиків зведені у таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Зведені технічні характеристики датчиків

№	Параметр	Принцип дії	Тип	Діапазон значень	Точність	Вихід	Період оновлення	Напруга живлення	Споживана потужність
1	Темп-ра	Термопара	аналог.	0÷35 °С	± 1,5°С	4-20mA	0.1с	24В	0,4Вт
2	Тиск	П'єзореzystивний	аналог.	0÷0,06Мпа	0,5 %	4-20mA	0.1с	24В	0,2Вт
3	Конв-ція CO ₂	Інфрачервоний оптич.	аналог.	0÷2000ppm	±50 ppm ±2%	4-20mA	0.1с	24В	0,1Вт

2.2.2 Вибір виконавчих пристроїв

Основним завданням системи керування є необхідність регулювання подачі холодної води в контур охолодження бродильного чану. Це завдання виконується за рахунок зміни продуктивності насоса. В свою чергу керування швидкістю обертання двигуна насоса можливе через зміну частоти струму живлення. Насос для перекачування холодної води має номінальну потужність 0,55 кВт. Згідно вимог, керування має здійснюватися за допомогою стандартного перешкодостійкого струмового інтерфейсу 4..20mA.

З огляду на вище зазначене, можна використати частотний перетворювач VFD-EL_VFD007EL43A фірми Delta Electronics (рис. 2.6) з потужністю 0.75 кВт та токовим інтерфейсом 4-20 mA. Інформація про частотний перетворювач VFD-EL_VFD007EL43A представлена у таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 – Паспортні дані частотного перетворювача VFD-EL_VFD007EL43A

№	Параметр	Значення параметру
1	Тип	Трифазний
2	Потужність	0.75 кВт
3	Число фаз/напруга на вході	3ф/380 (трифазний 380в) В
4	Число фаз/напруга на виході	3ф/380 В
5	Струм номінальний	2.50 А
6	Максимальна вихідна частота	600Гц
7	Число / тип аналогових входів	0÷10В або 0÷20мА
9	Інтерфейс	RS-485/PROFIBUS DP



Рисунок 2.6 – ЧП VFD-EL_VFD007EL43A

Схема підключення частотного перетворювача до контролера представлена на рисунку 2.7



Рисунок 2.7 – Схема підключення частотного перетворювача до контролера

Згідно з обраними виконавчими пристроями складена таблиця 2.6.

Таблиця 2.6– Зведена інформація про виконавчі пристрої

№	Параметр	Принцип контролю	Тип	Діапазон змінення	Лінійність	Вхід	Період оновлення	Потужність споживання
1	Змінний струм	Частота струму	Трифазний насос	4-20 мА	100%	4..20мА	0,1с	0,75 кВт

2.2.3 Вибір пристрою керування

Основою системи керування охолодженням пивного сула в бродильному чані є пристрій керування. Згідно вимог до системи та технічних характеристик вибраних датчики і виконуючого пристрою для подальшої розробки вибрано ПЛК від компанії VIPA.

З огляду на те, що до ПЛК мають бути підключені датчики з аналоговими виходами та пристрій керування з аналоговим входом, необхідно вибрати додаткові модулі, щоб забезпечити підключення вибраного обладнання.

Для підключення пульта оператора, який реалізований у вигляді персонального комп'ютера, необхідна наявність Ethernet інтерфейса у вигляді окремого модуля або вбудованого порту на центральному процесорі ПЛК.

Зважаючи на вимоги було обрано ПЛК серії 200V з модуль центрального процесора 214-2BE03 (рис. 2.8), який має необхідні для роботи технічні характеристики(2.7).



Рисунок 2.8– Центральний процесор 214-2BE03

Таблиця 2.7– Характеристики модуля ЦП 214-2BE03

№	Параметр	
1	Тип	CPU 214NET
2	Оперативна пам'ять	96кБайт
3	Пам'ять	144кБайт
4	Час виконання команди над бітом	0,18 мкс
5	Час виконання команди над байтом	0,78 мкс
6	Час виконання команди над словом	1,8 мкс
7	-//- над двійковим словом	40,0 мкс
8	Інтерфейс	Ethernet
9	Живлення	24В
10	Потужність	6Вт
11	Кількість модулів	32 од.

Датчики температури ТНН-У-1-23, тиску ВСТ22 та концентрації CO2 GT10-CO2-1R підключаються до ПЛК за допомогою аналогового модуля VIPA231-1BD40, який має чотири аналогові входи 4..20 мА (рис. 2.9).

Характеристики модуля VIPA231-1BD40 надані в таблиці 2.8.

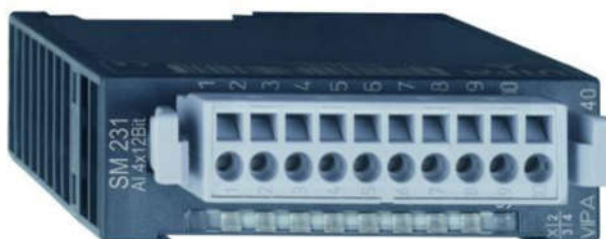


Рисунок 2.9– VIPA231-1BD40

Таблиця 2.8– Характеристики VIPA231-1BD40

№	Параметр	Значення
1	Кількість входів	4
2	Тип входу	аналоговий
3	Діапазон сигналу	+/-20мА, +/-10V
4	Екранований провідник	200м
5	Потужність	0,6Вт

Частотний перетворювач VFD-EL VFD007EL43A підключено до контролера за допомогою модуль аналогового виводу VIPA 232-1BD40, що містить 4 аналогові порти з виходами 4..20 мА (рис. 2.10). Характеристики VIPA 232-1BD40 надані у таблиці 2.9.

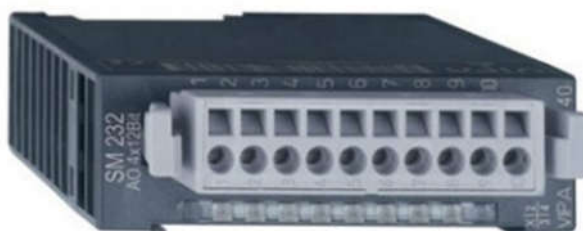


Рисунок 2.10 – Модуль 232-1BD40

Таблиця 2.9 – Характеристики 232-1BD40

№	Параметр	Значення
1	Кількість виходів	4
2	Діапазон вихідного сигналу	4÷20мА, -20÷+20мА
3	Тип входів	аналоговий
4	Споживана потужність модуля	1,5Вт

Система керування температурою пивного сусла в бродильному чані має можливість моніторингу перебігу технологічного процесу. Ця реалізовано на основі персонального комп'ютера. Зв'язок з контролером 241-2BE03 здійснюється через інтерфейс Ethernet (рис.2.11).

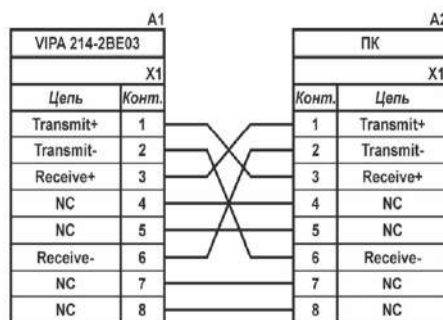


Рисунок 2.11 – Підключення Ethernet

Характеристики обраного ПЛК і його модулів наведені в таблиці 2.10.

Таблиця 2.10 – Характеристики ПЛК і модулів

№	Назва	Модуль	Споживана потужність
1	214-2BE03 VIPA	Центральний процесор	6Вт
2	231-1BD40 VIPA	Аналоговий ввід	0.6Вт
3	232-1BD40 VIPA	Аналогового вивід	1.50Вт

2.2.4 Вибір джерел живлення

ПЛК 241-2BE03 з додатковими модулям живляться від напруги +24 В. Споживана потужність контролера складає:

$$P=6 + 0.6 + 1.5=8,1 \text{ Вт} \quad (2.1)$$

Враховуючи загальну споживану потужність датчиків температури, тиску та концентрації CO2 на рівні 0,7Вт необхідна потужність джерела живлення має бути не меншою за 8,8Вт

Джерелом постійної напруги для ПЛК було вибрано блок SPD24301, технічні характеристики якого представлені в таблиці 2.11.



Рисунок 2.12– Блок SPD24301

Таблиця 2.11 – Паспортні характеристики блоку SPD24301

№	Найменування параметру	Значення
1	Живлення, В	~85÷~264
2	Напруга на виході, В	24
3	Потужність, Вт	30
4	Вихідний струм, макс., А	1,25

Схема підключення блоку SPD24301 до ПЛК представлена на рисунку 2.13

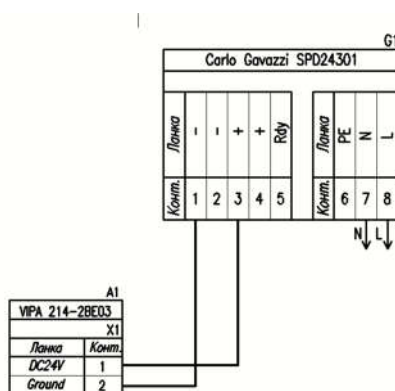


Рисунок 2.13 –Схема підключення блоку SPD24301 до ПЛК

2.3 Розробка функціональної схеми автоматизації

З огляду на вибрані технічні засоби було розроблено функціональну схему автоматизації(2.14).

Пристрій керування на схемі - контролер з додатковим модулями позначено UY5. Інформація про перебіг технологічного процесу відображується на операторському пульті – UYR6.

Температура пивного суслу в бродильному чані визначається використовуючи датчик температури (TE1-1 - датчик ТНН-у-1-23), контроль тиску виконується датчиком ВСТ22 – РЕ2-1, концентрація вуглекислого газу – QE3-1. Всі датчики мають струмовий вихід 4..20 мА. ПЛК (пристрій керування - UY5) на підставі температури в бродильному чані, визначає необхідну витрату холодної води та відповідне значення сигналу керування на частотний

перетворювач SC4-2. В свою чергу частотний перетворювач, змінюючи частоту трифазного току, впливає на продуктивність насосу (M1).

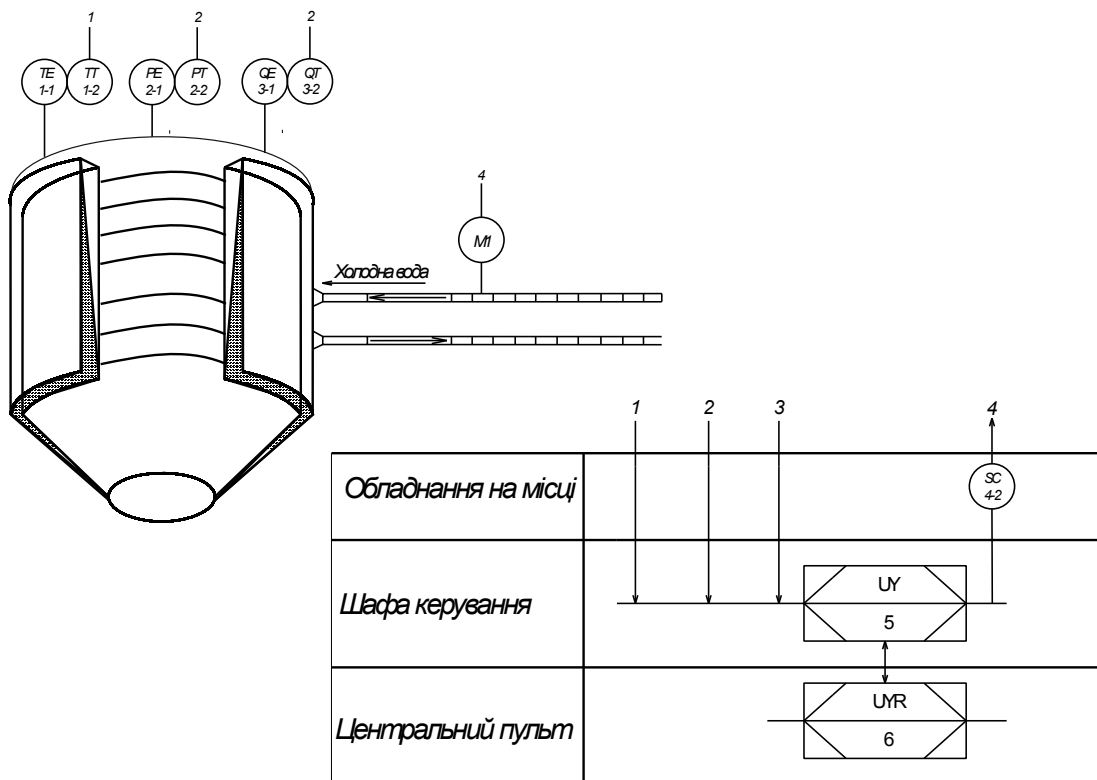


Рисунок 2.14-Функціональна схема автоматизації

2.4 Розробка схеми електричної принципової

Згідно технічних характеристик засобів автоматизації розроблено електричну принципову схему системи керування температурою пивного сусла в бродильному чані на рисунку 2.15.

На схемі показане блок SPD24301 (G1), який живить центральний процесор контролера (A1), а також модулі: 231 - 1BD40 (AI – analog input) та 232 - 1BD40 (AO – analog output), датчик температури (BK1) датчик тиску (PK2) та датчик концентрації CO₂ (QK3). За допомогою пульта оператора (поз.А2) виконується спостереження за роботи системи керування та можливе втручання у перебіг технологічного процесу. Канал зв'язку між контролером та пультом виконано через інтерфейс передачі даних Ethernet.

Керування витратою холодної води до контуру охолодження бродильного чану виконано опосередковано через частотний перетворювач VFD-EL VFD007EL43A (A3) та трифазний електродвигун насосу (M1).

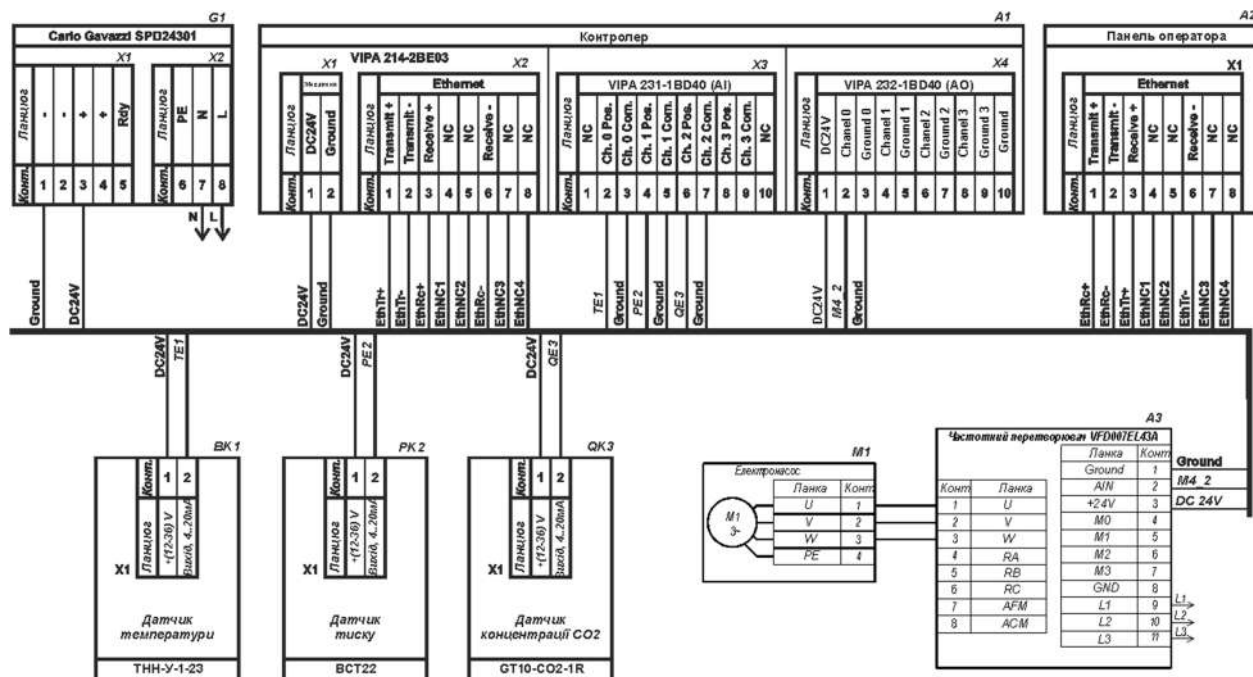


Рисунок 2.15–Схема електрична принципова

2.5 Висновки по розділу

1. В роботі було розроблено схему структурну системи керування.
2. Вибрано датчики, виконуючий пристрій, пристрій керування.
3. Розроблені схеми функціональна автоматизації та електрична принципова для системи керування вертикальним циліндрично-конічним бродильним чаном.

3 ВИЗНАЧЕННЯ МОДЕЛІ ОБ'ЄКТА КЕРУВАННЯ

3.1 Розробка структурної схеми інформаційних потоків дослідницької системи

Дослідження роботи конічно-циліндричного бродильного чану, як об'єкту керування будуть виконуватись в scada zenon (рис. 3.1).

ЛМІ має можливість змінювати діапазони сигналу керування та дійсного значення та дозволяє відображати ці значення у вигляді трендів.

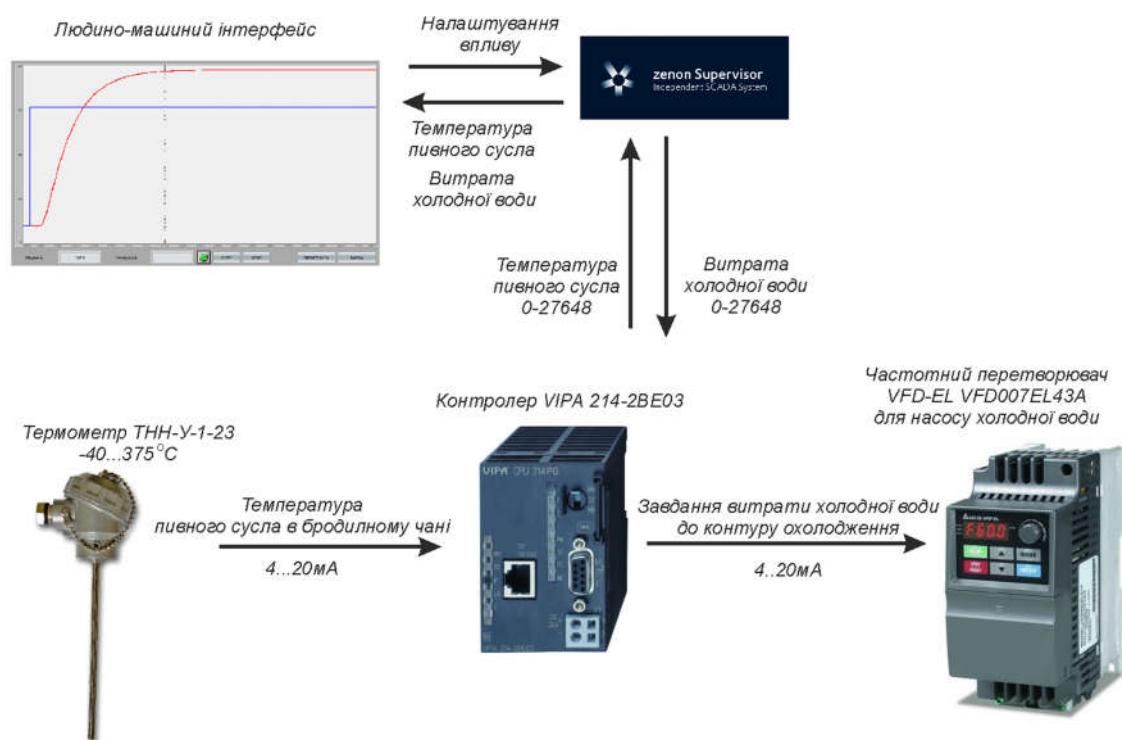


Рисунок 3.1 – Структурна схема дослідницької системи

Сигнал керування перетворюється в середовищі виконання з фізичних одиниць у цифрове значення (0..27648) і по каналу зв'язку надходить до ПЛК. ПЛК, формуючи керуючий вплив на частотний перетворювач і далі на насос, керує витратою холодної води до контуру охолодження бродильного чану. Температура пивного сусла в чані контролюється датчиком температури ТНН-У-1-23, що має діапазон вимірювання від -40 до 375°C. Сигнал з датчика за допомогою аналого-цифрового перетворювача ПЛК перетворюється у цифрову форму (0..27648), що передається до середовища виконання каналом зв'язку. У

середовищі виконання сигнал перетворюється у фізичне значення та відображується за допомогою ЛМІ.

3.2 Розробка методики дослідження об'єкта керування

За попереднім описом, система дослідження об'єкта керування – конічно-циліндричного бродильного чану, дає можливість створювати необхідну форму керуючого впливу і дозволяє подавати цей вплив до входу об'єкту керування. Таким чином, робота конічно-циліндричного бродильного чану буде досліджуватися методом активного експерименту. Складемо план експериментальних досліджень для отримання необхідних характеристик:

1. Динамічна характеристика:
 - 1.1 Початковий стан об'єкту. Температура пивного сусла в чані 35°C;
 - 1.2 Починаємо реєстрацію зміни вхідного та вихідного параметрів;
 - 1.3 Зміна витрати холодної води зі значенням 100 %;
 - 1.4 Очікуємо встановлення постійного значення температури сусла;
 - 1.5 Завершуємо реєстрацію зміни вхідного та вихідного параметрів
2. Дані для статичної характеристики:
 - 2.1 Початковий стан об'єкту. Температура пивного сусла в чані 35°C;
 - 2.2 Починаємо реєстрацію зміни вхідного та вихідного параметрів;
 - 2.3 Зміна витрати холодної води зі значенням 20 %;
 - 2.4 Очікуємо встановлення постійного значення температури сусла;
 - 2.5 Зміна витрати холодної води зі значенням 40 %;
 - 2.6 Очікуємо встановлення постійного значення температури сусла;
 - 2.7 Зміна витрати холодної води зі значенням 60 %;
 - 2.8 Очікуємо встановлення постійного значення температури сусла;
 - 2.9 Зміна витрати холодної води зі значенням 80 %;
 - 2.10 Очікуємо встановлення постійного значення температури сусла;
 - 2.11 Зміна витрати холодної води зі значенням 100 %;
 - 2.12 Очікуємо встановлення постійного значення температури сусла;

- 2.13 Завершуємо реєстрацію зміни вхідного та вихідного параметрів.
3. Реакція на П-подібний вплив:
- 3.1 Початковий стан об'єкту. Температура пивного сусла в чані 35°C;
 - 3.2 Починаємо реєстрацію зміни вхідного та вихідного параметрів;
 - 3.3 Зміна витрати холодної води зі значенням 100 %;
 - 3.4 Очікуємо встановлення постійного значення температури сусла;
 - 3.5 Зміна витрати холодної води зі значенням 0 %;
 - 3.6 Очікуємо встановлення постійного значення температури сусла;
 - 3.7 Завершуємо реєстрацію зміни вхідного та вихідного параметрів.
4. Перевірочні дані:
- 4.1 Початковий стан об'єкту. Температура пивного сусла в чані 35°C;
 - 4.2 Починаємо реєстрацію зміни вхідного та вихідного параметрів;
 - 4.3 Зміна витрати холодної води на випадково вибране значення від 40 до 100 % тривалістю 60хв загальна тривалість 12 годин.
 - 4.4 Завершуємо реєстрацію зміни вхідного та вихідного параметрів.

3.3 Виконання експерименту

Згідно плану експериментів приводимо об'єкт у початковий стан - встановлюємо температура пивного сусла в чані 35°C; починаємо реєстрацію зміни вхідного та вихідного параметрів; змінюємо витрату холодної води зі значенням 100 %; очікуємо встановлення постійного значення температури сусла; завершуємо реєстрацію зміни вхідного та вихідного параметрів та отримаємо дані динамічної характеристики (рис 3.2).

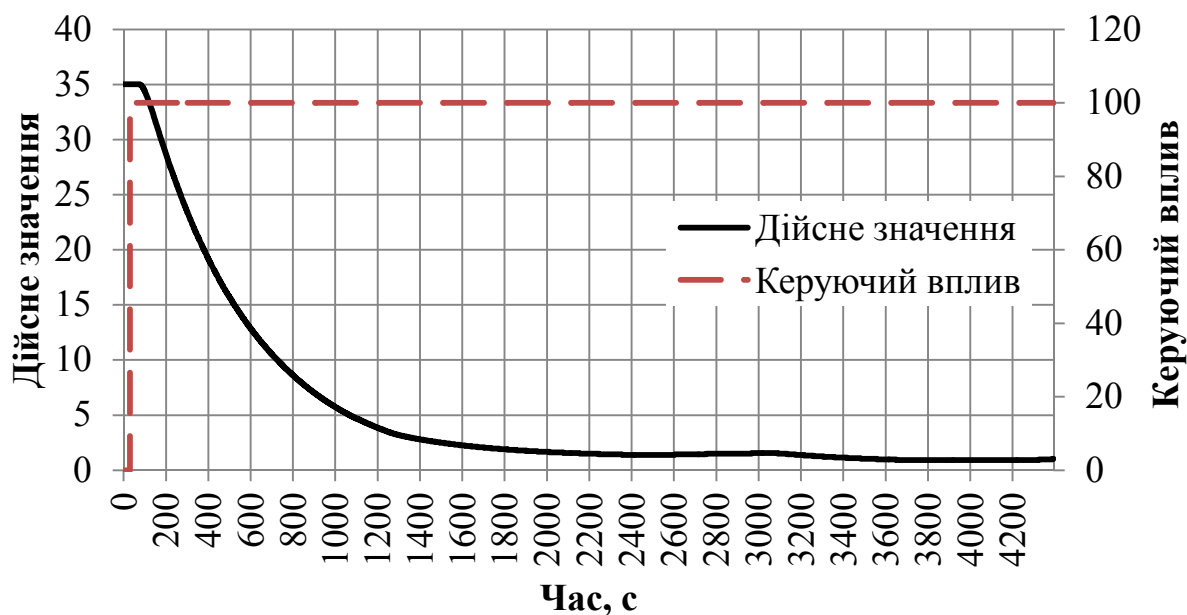


Рисунок 3.2– Динамічна характеристика

Далі, згідно плану експериментів приводимо об'єкт у початковий стан - встановлюємо температура пивного сусла в чані 35°C; починаємо реєстрацію зміни вхідного та вихідного параметрів; поступово змінюємо витрату холодної води зі значеннями 20 %, 40 %, 60 %, 80 % та 100 %; очікуємо встановлення постійного значення температури сусла на кожному етапі; завершуємо реєстрацію зміни вхідного та вихідного параметрів та отримуємо дані для побудови статичної характеристики (рис. 3.3).

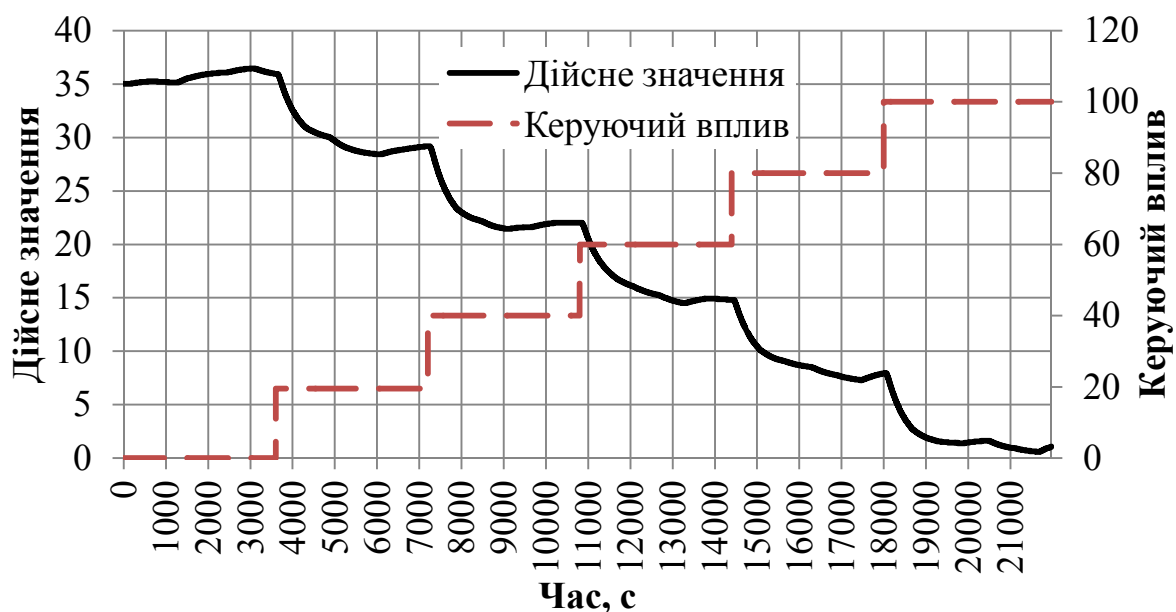


Рисунок 3.3 – Данні для побудови статичної характеристики

Згідно плану експериментів наступною отримаємо характеристику, що є відповіддю на П-подібний вплив: приводимо об'єкт до початкового стану - встановлюємо температура пивного сусла в чані 35°C; починаємо реєстрацію зміни вхідного та вихідного параметрів; змінюємо витрату холодної води зі значенням 100 %; очікуємо встановлення постійного значення температури сусла; змінюємо витрату холодної води зі значенням 0 %; очікуємо встановлення постійного значення температури сусла; завершуємо реєстрацію зміни вхідного та вихідного параметрів та отримуємо реакцію на П-подібний вплив (рис 3.4).

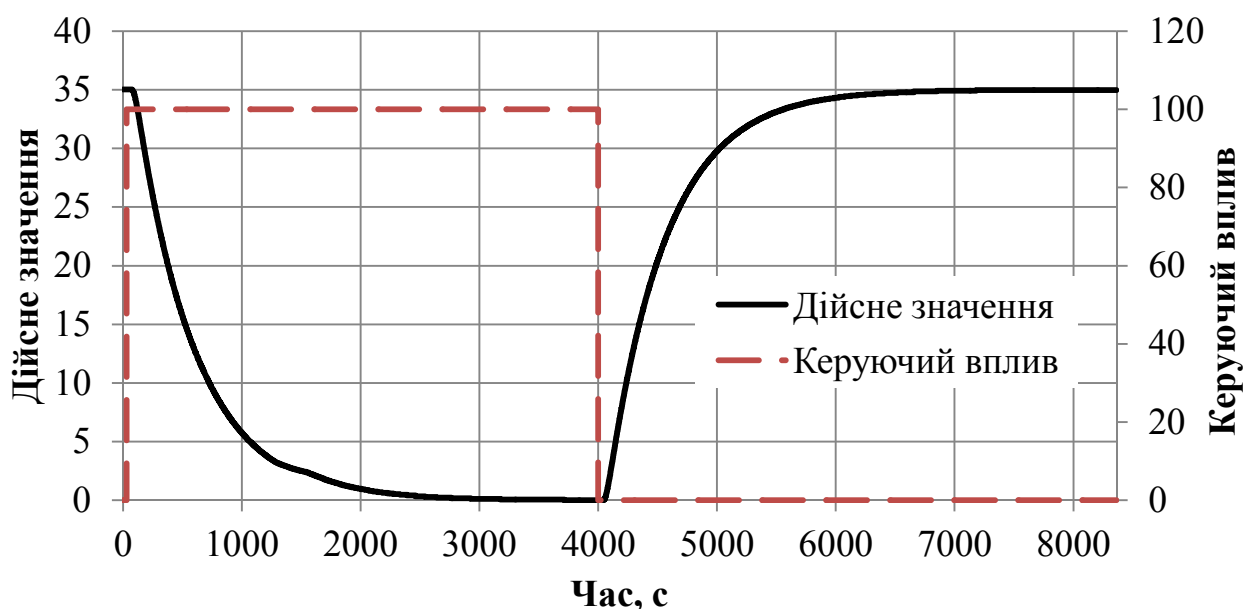


Рисунок 3.4 – Реакція об'єкта на П-подібний вплив

Перевірочні дані: приводимо об'єкт до початкового стану - встановлюємо температура пивного сусла в чані 35°C; починаємо реєстрацію зміни вхідного та вихідного параметрів; змінюємо витрату холодної води із псевдовипадковими значеннями від 40 % до 100 %, та періодом змін 60 хв; очікуємо встановлення постійного значення температури сусла; завершуємо реєстрацію зміни вхідного та вихідного параметрів та отримуємо перевірочні дані (рис. 3.5).

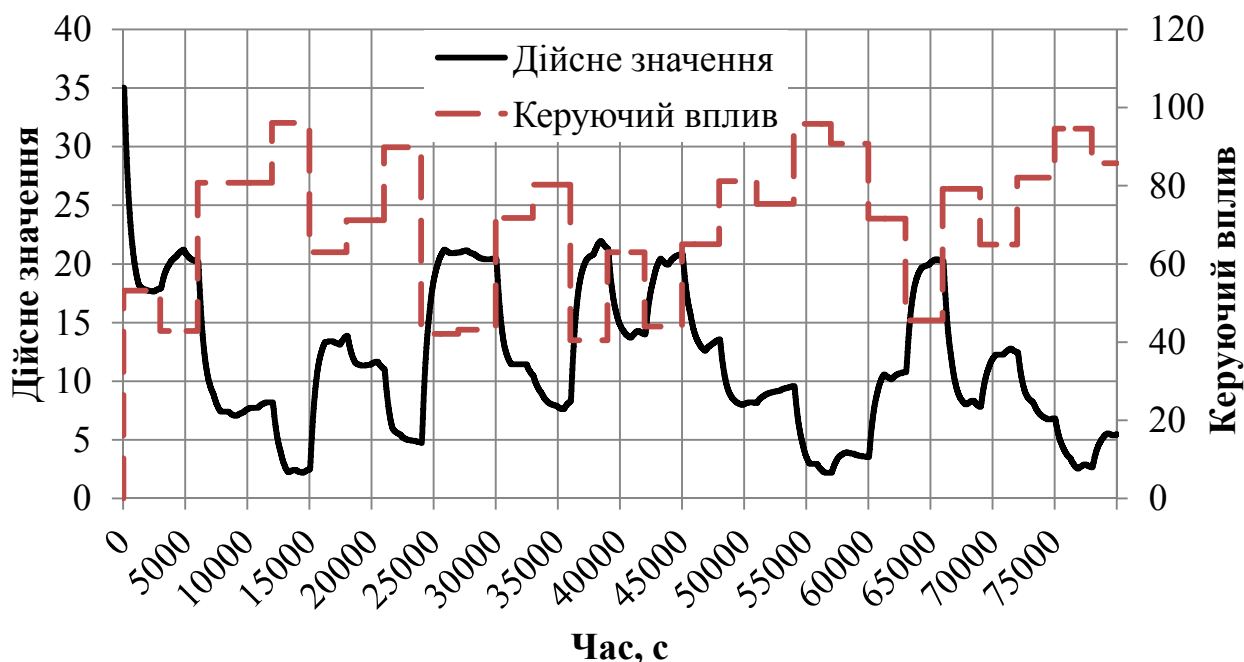


Рисунок 3.5– Експериментальні перевіірочні дані

3.4 Обробка результатів експерименту

3.4.1 Підготовка даних

Ідентифікація об'єкта буде виконана за допомогою математичного пакету MATLAB. Дані, що були отримані при проведенні експериментальних досліджень за допомогою scada zenon були імпортовані до ППП MATLAB у вигляді змінних. Підготовка та конвєтація даних виконана з використанням команди «`iddata`»:

```
>>Dynamic_Raw = iddata(Dynamic_Output, Dynamic_Input, 1.0);
>>Static_Raw = iddata(Static_Output, Static_Input, 1.0);
>>P_Raw = iddata(P_Output, P_Input, 1.0);
>>Check_Raw = iddata(Check_Output, Check_Input, 1.0);
```

Ще одним з етапів підготовки даних до обробки, є поділ вектору значень отриманих при подачі П-подібного впливу на 2 частини: при збільшенні впливу керування та при його зменшенні.

3.4.2 Структурна ідентифікація

З вигляду динамічної характеристики (рис. 3.6) визначено час подачі керуючого впливу - 30 секунд, час початку реакції об'єкта - 75 секунд. Тобто, об'єкт має запізнення у 45 секунд.

Динамічна характеристика (рис. 3.6) має мінімум один чітко виражений перегин. Тобто модель об'єкта представляє собою аперіодичну ланку 1-го, 2-го чи більшого порядку.

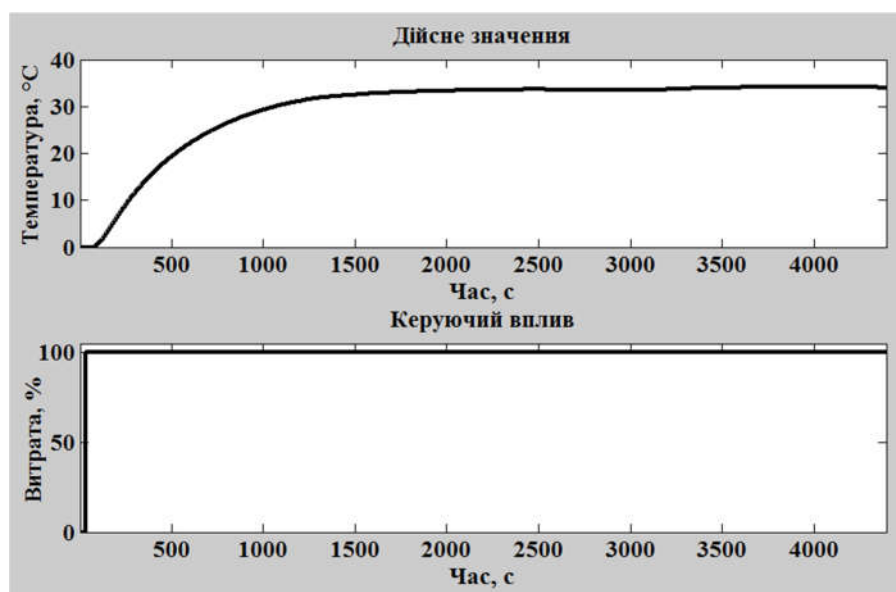


Рисунок 3.6 –Динамічна характеристика

Розглянувши результати поділу вектору значень отриманих при подачі П-подібного впливу на 2 частини та побудови відповідних характеристик (рис.3.7) встановлено, що при зміні вхідного значення від 0 до 100% дійсне значення зростає, а при зміні вхідного значення від 100% до 0 – зменшується. Тобто об'єкт має властивість самовирівнювання і в об'єкта відсутні інтегруючі властивості.

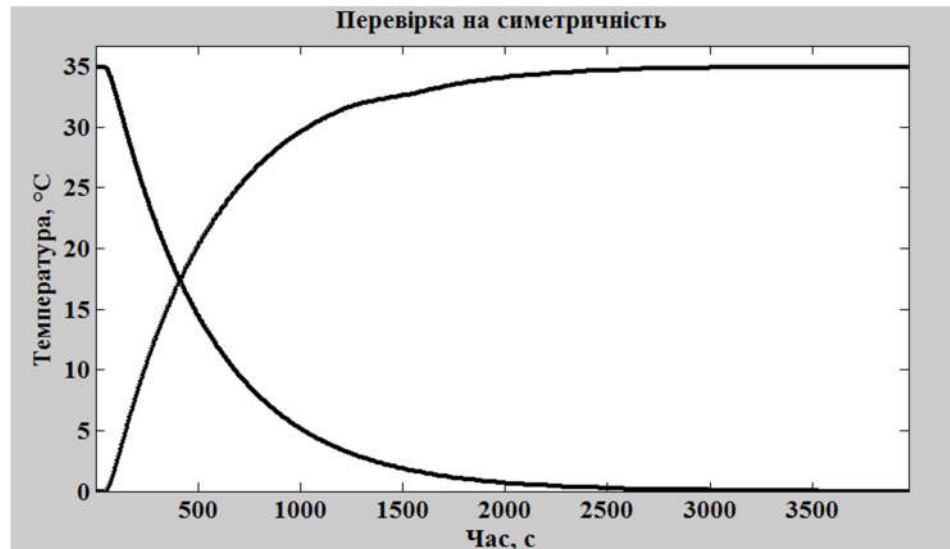


Рисунок 3.7 – Аналіз П-подібної характеристики

Симетричність об'єкту доведено через порівняння стандартних відхилень двох векторів за допомогою функції «std».

```
>>std(P_First)-std(P_Second)
```

```
ans =
```

```
1.24
```

На підставі даних, отриманих під час виконання активного експерименту (рис.3.3) було побудовано статичну характеристику об'єкта керування (рис.3.8):

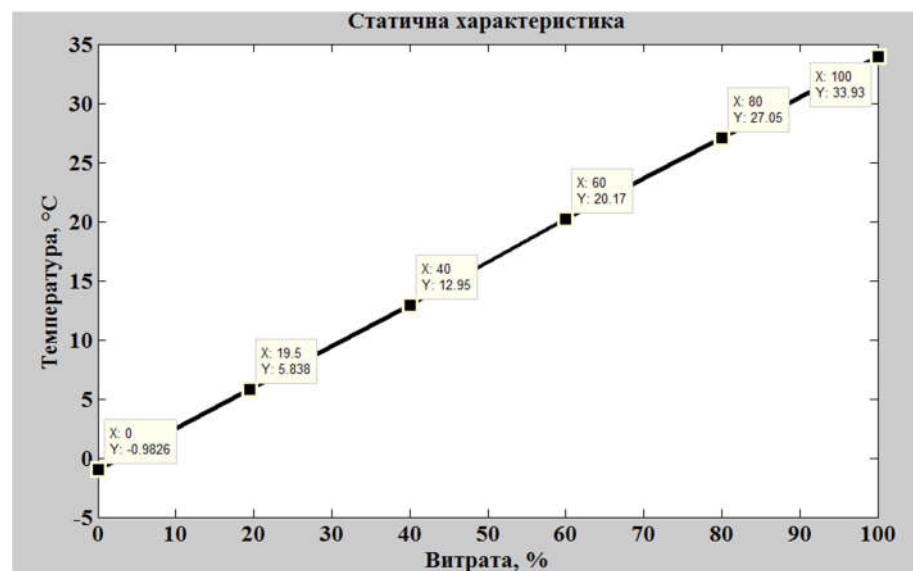


Рисунок 3.8 –Статична характеристика

Отримана статична характеристика (рис. 3.8) є лінійною. Лінійність статичної характеристики свідчить про те, що об'єкт керування є лінійним у при будь-яких значеннях керуючого впливу в межах від 0 до 100%.

Таким чином, циліндрично-конічний апарат, як об'єкт керування може бути описаний аперіодичною ланкою 1-го, 2-го або 3-го порядку з запізненням:

3.4.3 Параметрична ідентифікація

Параметричну ідентифікацію виконаємо для аперіодичних ланок 1-го, 2-го або 3-го порядку з/без запізненням (рис. 3.9 – 3.11):

Paramet	Know	Value	Initial	Bounds
K	<input type="checkbox"/>	0.34026	Auto	[-Inf Inf]
Tp1	<input type="checkbox"/>	494.260	Auto	[0 54757]
Tp2	<input type="checkbox"/>	0	0	[0 Inf]
Tp3	<input type="checkbox"/>	0	0	[0 Inf]
Tz	<input type="checkbox"/>	0	0	[-Inf Inf]
Td	<input type="checkbox"/>	0	0	[0 Inf]

Рисунок 3.9 - Параметри для ланки 1-го порядку з/без запізнення

Paramet	Know	Value	Initial	Bounds
K	<input type="checkbox"/>	0.3388	Auto	[-Inf Inf]
Tp1	<input type="checkbox"/>	443.863	Auto	[0 54757]
Tp2	<input type="checkbox"/>	68.4908	Auto	[0 61170]
Tp3	<input type="checkbox"/>	0	0	[0 Inf]
Tz	<input type="checkbox"/>	0	0	[-Inf Inf]
Td	<input type="checkbox"/>	0	0	[0 Inf]

Рисунок 3.10 - Параметри для ланки 2-го порядку з/без запізнення

Paramet	Know	Value	Initial	Bounds
K	<input type="checkbox"/>	0.33836	Auto	[-Inf Inf]
Tp1	<input type="checkbox"/>	393.718	Auto	[0 54757]
Tp2	<input type="checkbox"/>	326.179	Auto	[0 61170]
Tp3	<input type="checkbox"/>	115.004	Auto	[0 29414]
Tz	<input type="checkbox"/>	0	0	[-Inf Inf]
Td	<input type="checkbox"/>	0	0	[0 Inf]

Рисунок 3.11- Параметри для ланки 3-го порядку з/без запізнення

Результати розрахунку параметрів моделей 1-го, 2-го або 3-го порядку з/без запізненням представлені на рисунку 3.12.

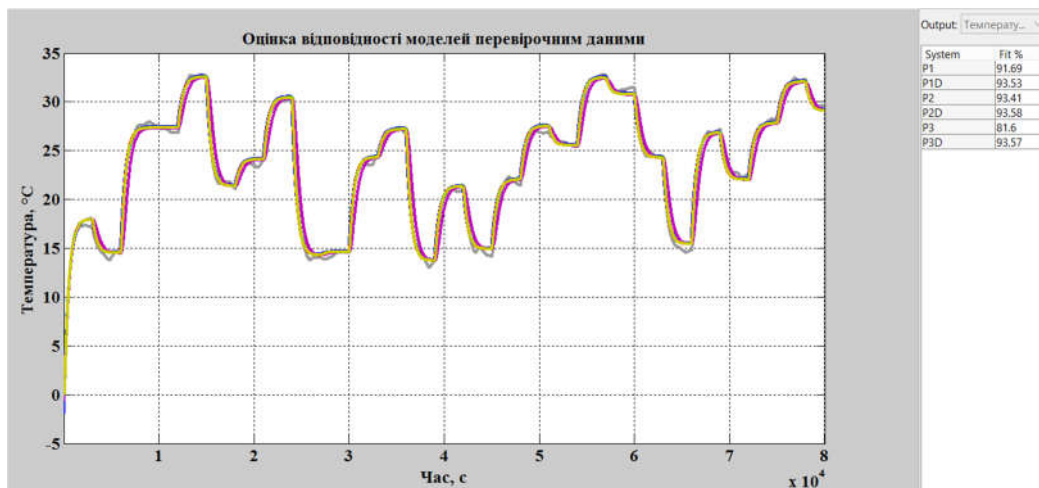


Рисунок 3.13 – Порівняння результатів розрахунку параметрів моделей 1-го, 2-го або 3-го порядку з/без запізненням з перевірочними даними

Параметри моделей 1-го, 2-го або 3-го порядку з/без запізненням, зведені для порівняння в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Порівняння результатів розрахунку параметрів

	K	T1	T2	T3	tau	FitD	FPE	MSE	FitC
P1	0,340	494,2	0	0	0	93,687	0,274	0,274	91,691
P1D	0,3391	457,94	0	0	77,594	97,448	0,0448	0,0448	93,534
P2	0,339	443,86	68,49	0	0	97,707	0,0362	0,0361	93,406
P2D	0,339	446,338	59,55	0	20,045	97,7259	0,0356	0,03558	93,578
P3	0,338	393,718	326,179	115,00	0	97,253	0,1392	0,05190	81,599
P3D	0,338	444,413	68,51	2,815	8,345	97,7101	0,0365	0,0360	93,570

Порівнюючи результати, отримали, що модель 2-го порядку «P2 D» з запізненням краще описує об'єкт керування за модель 3-го порядку «P3 D» (97,7259% проти 97,7101%) і, виходячи з того, що оцінка моделей до перевірочних даних, також приблизно однакова – 93,578% та 93,570%, відповідно приймаємо до подальших досліджень модель на основі аперіодичної ланки 2-го порядку з запізненням, як простішу за структурою.

Остаточний вигляд передаточної функції:

$$W(s) = \frac{0.33885 e^{-20.05s}}{(446.34s + 1)(59.56s + 1)} \quad (3.1)$$

3.5 Розробка моделі об'єкта керування в Simulink

Використовуючи передаточну функцію (3.1) створимо імітаційну модель в середовищі моделювання Simulink/MATLAB (рис.3.14). Порівняємо результати моделювання об'єкта керування з експериментальними даними (рис.3.15).

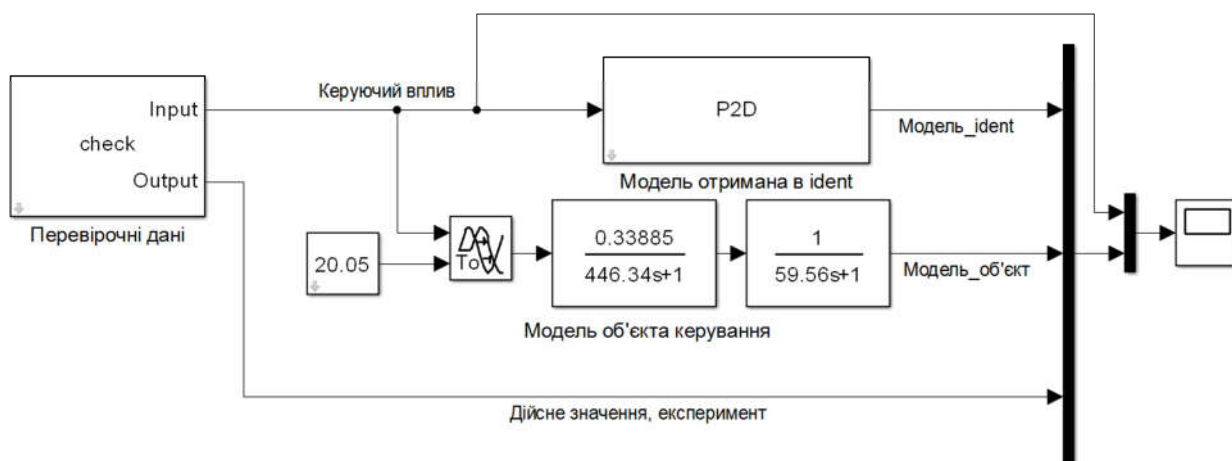


Рисунок 3.14– Імітаційна модель об'єкта керування у Simulink/MATLAB

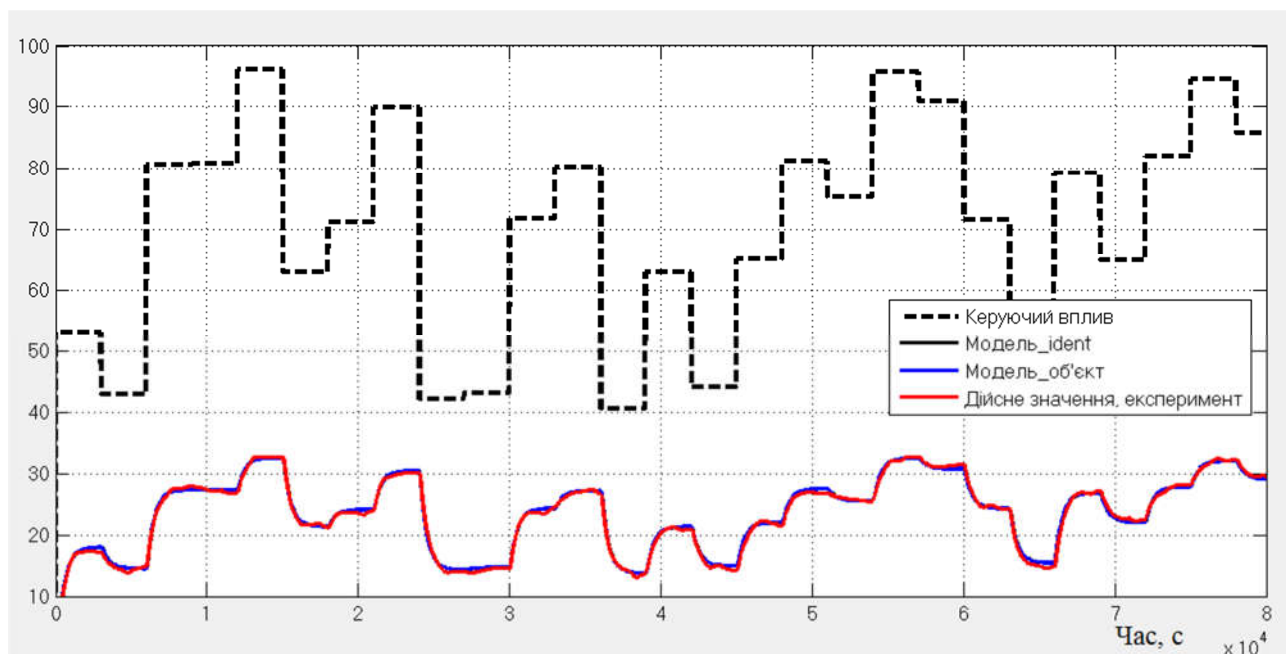


Рисунок 3.15– Результати роботи моделі об'єкта керування та експериментальні перевіірочні дані

3.6 Перевірка моделі на адекватність

Адекватність моделі об'єкта керування до експериментальних перевірочних даних склала 93,578%. Тобто, модель може використовуватись у подальших дослідженнях об'єкта керування і для синтезу системи керування.



Рисунок 3.16 – Модель Simulink об'єкта керування

Результати роботи моделі при подачі східчастого керуючого впливу представлені на рисунку 3.17.

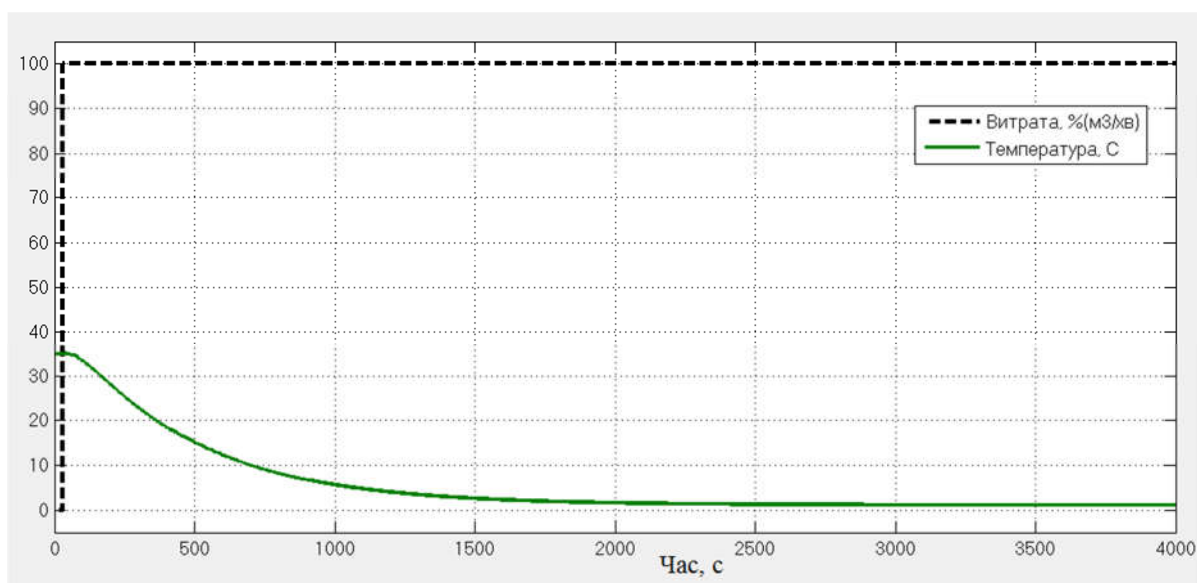


Рисунок 3.17– Результати роботи моделі при подачі східчастого керуючого впливу

3.7 Висновки по розділу

1. Розглянуто структуру інформаційних потоків та розроблено відповідну схему для дослідницької системи.

2. Проведено низку досліджень за методом активного експерименту та отримано дані для процедури ідентифікації.

3. Виконано структурна та параметричну ідентифікацію та отримано передаточну функцію об'єкта керування у вигляді аперіодичної ланки 2-го порядку з запізненням.

4. Адекватність моделі об'єкта керування до експериментальних перевірочних даних склала 93,578%. Тобто, модель може використовуватись у подальших дослідженнях об'єкта керування і для синтезу системи керування.

4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

Представлені у кваліфікаційній роботі розробка і дослідження системи керування технологічним процесом отримання пивного сусла потребують розрахунку витрат на впровадження, а саме обчислення капітальних витрат на технічні засоби автоматизації, вартості робіт на монтаж компонентів системи керування, та коштів на підтримку обладнання в робочому стані при експлуатації. Згідно вимог до системи керування температурою пивного сусла в циліндрично-конічному бродильному чані було вибрано наступне обладнання: ПЛК VIPA 200V, що складається з модуля центрального процесора 214-2BE03, модуля аналогового вводу VIPA 231-1BD40 та модулю аналогового виводу VIPA 232-1BD40, блоку живлення SPD24301, термоперетворювач ТЕРА ТНН-У-1-23, п'єзорезистивний датчик тиску ВСТ22, датчик концентрації вуглекислого газу Greisinger GT10-CO2-1R та частотний перетворювач Delta Electronics VFD-EL VFD007EL43A.

4.1 Розрахунки капітальних витрат

Капітальні витрати, або CAPEX (скороч. від англ. capital expenditure), це витрати на придбання необоротних активів, а також на їх модифікацію (добудову, дообладнання, реконструкцію) та модернізацію.

Капітальні витрати на придбання обладнання системи керування температурою пивного сусла під час зброджування, зведені в таблиці 4.1.

$$K = K_{об} + K_{тр} + K_{мн}, \quad (4.1)$$

де $K_{об}$ – витрати на придбання обладнання,

$K_{тр}$ – витрати на транспортування обладнання;

$K_{мн}$ – витрати на монтаж і налагодження системи керування.

Таблиця 4.1 – Капітальні витрати, грн.

№ п/п	Найменування статей витрат	Кіл. шт.	Вартість за од., грн.	Загальна вартість, грн.	Транспортні витрати, грн.
1	ПЛК VIPA 200V:		-	27592,0	400
	Модуль ЦП 214-2BE03	1	12627,0	12627,0	-
	Модуль 231-1BD40	1	6620,0	6620,0	-
	Модуль 232-1BD40	1	8345,0	8345,0	-
2	Б/живлення SPD24601	1	1270,0	1270,0	200
3	ТНН-У-1-23	1	1100,0	1100,0	200
4	ВСТ22	1	2537,0	2537,0	200
5	GT10-CO2-1R	1	28392,0	28392,0	600
6	ЧП VFD007EL43A	1	8 665,0	8 665,0	200
	Разом			69556,0	1800

Роботи, пов'язані з демонтажем обладнання шафи керування, транспортування та монтаж системи керування температурою пивного сусла виконується власними силами підприємства. Таким чином, витрати на пуск та налагодження системи керування будуть складатися з коштів на заробітну плату монтажника електричного обладнання та інженера з автоматизації. Термін виконання роботи 4 дні.

Таблиця 4.2 - Заробітна плата, пов'язана з витратами на монтаж та наладку систем керування

№	Найменування професії	Розряд	Кіл-ть людей	Тариф (грн/день)	Кіл. днів	Фонд зар. плати (грн)
1	Монтажник ел. обл.	5	1	350,0	4	1400,0
2	Інженер з автоматизації	6	1	500,0	4	2000,0
	Разом:					3400,0
	ЄСВ (22%):					748,0
	Усього:					4148,0

Капітальні витрати, складають:

$$K = 69556,0 + 1800,0 + 4148,0 = 75504,0 \text{ грн}$$

4.2 Розрахунок експлуатаційних витрат на утримання апаратури у споживача

Таблиця 4.3 - Витрати на ремонт обладнання

№	Найменування професії	Розряд	Кіл-ть людей	Тариф (грн/год)	Кіл. годин	Фонд зар. плати (грн)
1	Слюсар	6	1	45,0	168	7560,0
2	Інженер з автоматизації	-	1	55,0	168	9240,0
	Разом:					16800,0
	ЄСВ (22%):					3696,0
	Усього:					20496,0

Амортизація нового обладнання обчислюється за допомогою лінійного способу:

$$A = P_{\text{ст}} * N_a / 100\%, \quad (4.2)$$

де $P_{\text{ст}}$ – початкова коштовність обладнання, N_a – норма амортизації.

Маємо:

$$A = 75504,0 * 20 / 100 = 15100,8 \text{ грн} \quad (4.3)$$

Вартість електроенергії розраховується виходячи з того, що вартість 1 кВт год = 1,80 грн та загальна потужність блоків живлення 60Вт:

$$V_{\text{ел}} = Z_p * V_{1\text{кВт}}, \quad (4.4)$$

де Z_p – річні витрати електроенергії,

$V_{1\text{кВт}}$ – вартість 1кВт електроенергії

Маємо:

$$V_{\text{ел}} = 60 * 8 * 250 * 1.80 = 216 \text{ грн} \quad (4.5)$$

Таблиця 4.4 - Річні витрати на експлуатацію нового обладнання

Найменування статей витрат	Сума (грн у рік)
Амортизація обладнання (20%)	15100,8
Поточний ремонт	20496,0
Витрати на електроенергію	216
Разом	35812,8

4.3 Висновки по розділу

Капітальні витрати склали 75504,0грн, та експлуатаційні– 35812,8грн. Зважаючи на результати розрахунку отримані в економічному розділі щодо вартості оновленого обладнання та вартість експлуатації цього обладнання, можна сказати, що значні витрати в матеріальному плані при використанні розробленої системи керування з погляду покращення умов праці персоналу та підвищення якості продукту є виправданими.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1 Аналіз шкідливих і небезпечних чинників

Під час виконання своїх обов'язків на виробництві пива на працівників можуть впливати як небезпечні чинники так і шкідливі чинники, такі як:

1. фізичні чинники:

транспортні засоби, що рухаються, машини, механізми;

частини обладнання, що рухаються (механічні мішалки, робочі органи солододорошувачів, вальці, скребки);

вироби, що пересуваються, заготівлі, матеріали (розлив у пляшки);

підвищення запиленості повітря робочої зони (склади зерна, підробне, солодосушильне та дробильне відділення);

підвищена загазованість повітря робочої зони (діоксид вуглецю в цехах бродіння та дозрівання, аміак у холодильно-компресорних станціях);

підвищення температури поверхонь обладнання (сусловарні апарати, трубопроводи пари, гарячої води, сусла);

підвищення температури повітря у робочій зоні (варильні, купажні цехи);

знижена температура повітря робочої зони (цехи бродіння, дозрівання та готової продукції, склади тари, відкриті майданчики);

підвищення рівня шумів (цехи розливу, компресори, відділення дроблення);

підвищення рівню вібраційних навантажень на операторів;

підвищення вологості повітря в робочій зоні (цехи виробництва солоду, цехи з обладнанням для бродіння та дозрівання сусла, мийні відділення);

збільшена напруга в електричному ланцюзі;

накопичення статичної напруги;

недостатня освітленість робочої зони;

значна висота розташування робочих місць відносно підлоги;

2. хімічні фактори:

токсичний та дратівливий вплив аміаку, миючих та дезінфікуючих засобів на органи дихання, шкірні покриви та слизові оболонки;

3. психофізіологічні фактори:

фізичні навантаження;

нервово-психічні навантаження (монотонність праці).

Окрім того, одним із специфічних шкідливих чинників на виробництві пива є солодовий пил. Вплив даного типу пилу на організм працівників може призвести до професійних захворювань: «короста солодівників», «зернова лихоманка», «легені фермера».

«Короста солодовиків» – ураження шкіри, що виникає при контактуванні з пилом і супроводжується свербінням і дрібнопухирцевим висипом.

Основні симптоми захворювання «зерновою лихоманкою» – сильний головний біль, запаморочення, пришвидшене серцебиття, різка задишка та інші.

"Легені фермера" - гострий мікоз з паралельною алергічною реакцією.

Дані види захворювань виникають при тривалому впливі пилу на організм людини, у зв'язку зі знаходженням у пилу, що містить суперечки актиноміцетів та грибів. Плісняві гриби виділяють гістамін і є токсичними та сенсibiliзуючими. Небезпека впливу збільшується під час постійної травмування слизової оболонки дихальних шляхів пиловими частинками.

До хронічних захворювань, що виникають під час впливу пилу, можна віднести: риніт; фарингіт; бронхіт.

5.2 Інженерно-технічні заходи щодо охорони праці

Згідно аналізу шкідливих і небезпечних чинників на виробництві пива було розроблено низку заходів, що мають попереджати можливі травми та аварійні ситуації (табл.5.1).

Таблиця 5.1 – Заходи щодо захисту працівників від впливу механічних чинників на виробництві

Встановлене обладнання	Небезпечні зони	Технічні методи та засоби захисту
Сепаратори та дробарки зерна	Рухомі частини виробничого встаткування (мішалка, елементи привода)	Віддалене керування обладнанням; захист кожухами частин привода, обертаються.
Електронасоси	Підвищений рівень вібрації	Застосування вібропоглиначі
Резервуари, чани	Рухомі частини виробничого встаткування (мішалки, елементи привода)	Віддалене керування обладнанням; контроль закриття люків; захист кожухами частин привода, обертаються.

Виробничі приміщення пивоварного виробництва з огляду на небезпеку ураження персоналу електричним струмом належать до категорії «Особливо небезпечних приміщень» та мають наступні ознаки:

струмопровідна підлоги (залізобетонні),

пил,

можливість одночасного дотику працюючого персоналу до частин металоконструкції приміщення, що мають контакт із землею, технологічними апаратами, механізмами чи іншим обладнання, та до металевого корпусу електрообладнання [29].

Виробничі приміщення мають трифазну чотиріпровідну електричну мережу з напругою 380/220В, 50Гц із заземленням нейтралю.

Для зниження шкідливого впливу на працівників шуму передбачаються засоби індивідуального захисту (ЗІЗ) - протишумні навушники. Вони надаються всім працівникам цеху з переробки солоду. Їх характеристика відповідає необхідним вимогам, тобто захисту органів слуху від шуму з рівнем 85 дБ

Для запобігання розповсюдженню пилу у виробничих приміщеннях технологічне обладнання, що використовується для дроблення солоду та інших

зернопродуктів, має герметизоване виконання. Також для зменшення впливу солодового пилу виконано низку заходів, а саме модернізовано систему припливно-витяжну вентиляції зі збільшенням обміну повітря у 2 рази і, крім того, захист працівників від впливу шкідливих речовин забезпечується використанням ЗІЗ, респіратора 3М 6200 з протиаерозольним фільтром 5939, класу захисту Р3R, що застосовується в харчовій промисловості. Протиаерозольний фільтр 5939 є універсальним. Він захищає від газів, пари та пилу шкідливих речовин.

Зброджування сусла здійснюється в герметично закритих ємностях, що запобігають попаданню діоксиду вуглецю в повітря робочої зони. Також додатково у бродильному відділенні влаштовано припливно-витяжну вентиляцію. Для контролю повітряного середовища у приміщенні встановлені газоаналізатори для визначення концентрації діоксиду вуглецю.

На бродильних, лагерних чанах та збірниках фільтрованого пива нанесено напис «Обережно! Вуглекислий газ».

У цехах бродіння та дозрівання пива в наявності є засоби індивідуального захисту органів дихання та страховочні прив'язі. Вхід у приміщення цехів бродіння та дозрівання пива особам, які не пов'язані з роботою в них, заборонено.

5.3 Пожежна профілактика

Приміщення пивоварного виробництва по класу пожежонебезпечних зон відносяться до класу В – Па.

Відділення дроблення солоду належить категорії Б, тобто «Горючі пилу або волокна, що мають температуру спалаху більшою 28 °С, горючі рідини в кількості, яка може утворити вибухонебезпечний пилоповітряні та/або пароповітряні з'єднання, при займанні яких, в приміщенні виникає вибух з надлишковим тиском, більшим за 5кПа.

Пожежонебезпечність технології виготовлення пива визначається залежно від ступіню вогнебезпечності властивостей речовин, що застосовуються у його виробництві.

Однією з основних причин виникнення пожежі є наявність зернового пилу в повітрі робочою зони. Причина появи зернового пилу – дроблення солоду. Одним з напрямків зменшення концентрації зернового пилу є збільшення продуктивності аспірації, що є необхідною складовою у забезпеченні пожежної безпеки, оскільки ступінь концентрації зернового пилу в зоні дроблення піднімається до нижньої концентраційної межі поширення полум'я. Обов'язковою вимогою є дотримання чистоти в цехах подрібнення. Апарати також необхідно регулярно очищати.

Крім цього, необхідно запобігати появі джерел загоряння пального пилу. Так, іскріння в дробарці може спричинити вибух пилу. Слід встановити перед дробаркою потужний постійний магніт для запобігання іскрінню через потрапляння до дробарки металевих предметів.

Оскільки існує підвищена небезпека загоряння зернового пилу, в приміщенні, де виконується процес дроблення, гідранти та ручні вогнегасники підтримуються у постійній та повній готовності. В приміщенні в наявності є вогнегасники ОХП – 10. Також на підприємстві застосовується система автоматичного пожежогасіння за допомогою рідкого діоксиду вуглецю для гасіння рідких та твердих матеріалів.

5.4 Висновки по розділу

В розділі було розглянуто наявність та вплив різних небезпечних та шкідливих чинників, які мають місце при роботі обладнання пивоварного виробництва. Було розроблено низку інженерно-технічних заходів для унеможливлення появи цих чинників або зменшення впливу цих чинників на робочий персонал. Описано заходи, що стосуються профілактики пожеж на підприємстві.

ВИСНОВКИ

1. Розглядаючи циліндрично-конічний бродильний апарат в якості об'єкту автоматизації та об'єкту дослідження встановлено:

– об'єкт дослідження – це процес охолодження пивного сусла у циліндрично-конічному бродильному апараті;

– процес керування охолодженням пивного сусла при зброджуванні є предметом дослідження;

– мета роботи – синтез імітаційної моделі циліндрично-конічному бродильному апараті в процесі охолодження пивного сусла;

– за об'єкт керування прийнято циліндрично-конічний бродильний апарат;

– для циліндрично-конічного бродильного апарату, як об'єкта керування вхідним параметром є сигнал на зміну витрати води до контуру охолодження, вихідним параметром є температура пивного сусла в бродильному чані під час зброджування;

– циліндрично-конічний бродильний апарат, як об'єкт керування належить до класу безперервних.

2. В роботі було розроблено схему структурну системи керування. Вибрано датчики, виконуючий пристрій, пристрій керування. Розроблені схеми функціональна автоматизації та електрична принципова для системи керування вертикальним циліндрично-конічним бродильним чаном.

3. Створено структурну схему інформаційних потоків для дослідницької системи. Проведено низку досліджень за методом активного експерименту та отримано дані для процедури ідентифікації.

Виконано структурна та параметрична ідентифікацію та отримано передаточну функцію об'єкта керування у вигляді аперіодичної ланки 2-го порядку з запізненням. Адекватність моделі об'єкта керування до експериментальних перевірочних даних склала 93,578%. Тобто, модель може

використовуватись у подальших дослідженнях об'єкта керування і для синтезу системи керування.

4. Капітальні витрати склали 75504,0грн, та експлуатаційні– 35812,8грн. Зважаючи на результати розрахунку отримані в економічному розділі щодо вартості оновленого обладнання та вартість експлуатації цього обладнання, можна сказати, що значні витрати в матеріальному плані при використанні розробленої системи керування з погляду покращення умов праці персоналу та підвищення якості продукту є виправданими.

5. Розглянуто наявність та вплив шкідливих та небезпечних чинників, які мають місце при роботі обладнання пивоварного виробництва. Було розроблено низку інженерно-технічних заходів для усунення цих чинників або зменшення їх впливу на обслуговуючий персонал. Описано заходи, що стосуються пожежної профілактики.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Пиво. Матеріал з Вікіпедії: [сайт]. – Режим доступу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%B8%D0%B2%D0%BE> (дата звернення 03.04.2023)
2. Технологія виробництва пива. – URL: <https://riven.com.ua/ru/production> (дата звернення: 04.04.2023).
3. Пивоваріння. Матеріал з Вікіпедії: [сайт]. – Режим доступу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%B8%D0%B2%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D1%80%D1%96%D0%BD%D0%BD%D1%8F> (дата звернення 07.04.2023)
4. В.О. Білінчук, О.А. Соболева-Терещенко, Сучасний стан та перспективи розвитку пивного ринку в Україні. № 1(17) (2019): *Проблеми і перспективи економіки та управління* [https://doi.org/10.25140/2411-5215-2019-1\(17\)-122-131](https://doi.org/10.25140/2411-5215-2019-1(17)-122-131)
5. Головацька С.І., Попович М.П. Облікова політика підприємств з виробництва пива: вплив організаційно-технологічних особливостей *Інфраструктура ринку* Випуск 14. 2017, с.332-336. – Режим доступу: http://www.market-infr.od.ua/journals/2017/14_2017_ukr/59.pdf (дата звернення 07.04.2023)
6. Гніцевич В.А., Никифоров Р.П., Слащева А.В. Харчові технології. Технологія продуктів рослинного походження [Текст] : навч. посібник. – Кривий Ріг : ДонНУЕТ, 2021. – 267с.
7. Положення про навчально-методичне забезпечення освітнього процесу Національного технічного університету «Дніпровська політехніка» / Укладачі: Ю.О. Заболотна, Є.А. Коровяка, В.О. Салов; М-во освіти і науки України, Нац. техн. ун-т. «Дніпровська політехніка» – Д. : НТУ «ДП», 2018. – 23 с.
8. Положення про організацію атестації здобувачів вищої освіти НТУ «Дніпровська політехніка» / Укладачі: Ю.О. Заболотна, О.О. Конопльова, В.О.

Салова, В.О. Салов; М-во освіти і науки України, Нац. техн. ун-т. «Дніпровська політехніка» – Д. : НТУ «ДП», 2018. – 40 с.

9. Стандарт вищої освіти України. Рівень вищої освіти перший (бакалаврський) рівень. Ступінь вищої освіти бакалавр. Спеціальність 151 Автоматизації та комп'ютерно-інтегровані технології. МОН України. – Київ. – 2018. – 17 с.

10. ДСТУ 3008:2015. Звіти у сфері науки і техніки. Структура та правила оформлювання / Нац. стандарт України. – Вид. офіц. – [чинний від 2017-07-01]. – Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2016. – 27 с.

11. ДСТУ 1.5:2015. Правила розроблення. Викладання та оформлення національних нормативних документів оформлювання / Нац. стандарт України. – Вид. офіц. – [чинний від 2017-02-01]. – Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2016. – 61 с.

12. ДСТУ 8302:2015. Бібліографічне посилання. Загальні положення та правила складання / Нац. стандарт України. – Вид. офіц. – [Уведено вперше ; чинний від 2016-07-01]. – Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2016. – 17 с.

13. ДСТУ Б А.2.4-16:2008. Система проектної документації для будівництва. Автоматизація технологічних процесів. Зображення умовні приладів і засобів автоматизації в схемах / Нац. стандарт України. – Вид. офіц. – [Уведено вперше ; чинний від 2010-01-01]. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2008. – 10

14. Кваліфікаційна робота бакалавра. Методичні рекомендації до виконання здобувачами вищої освіти спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерноінтегровані технології» / В.В. Ткачов, О.О. Бойко та ін.; М-во освіти і науки України, Нац. техн. ун-т. «Дніпровська політехніка» – Електрон. Текст. Дані – Дніпро : НТУ «ДП», 2020. – 28 с.

15. Бойко О.О. Методичні вказівки до лабораторних робіт з теорії автоматичного управління для студентів напрямку підготовки «Комп'ютерна інжене-рія» / Укл.: О.О. Бойко – Д.: Державний ВНЗ «НГУ», 2017. – 107 с. – Режим доступу: <https://goo.gl/nUMtFE>. – Назва з домашньої сторінки Інтернету.

16. ДСТУ 3273-95. Безпечність промислових підприємств

17. ДСН 3.3.6.037-99 Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку
18. ДСТУ 10816-1:2007 Вібрація. Контроль стану машин за наслідками вимірювань вібрації на частинах, що не обертаються
19. Правила улаштування електроустановок. - Видання офіційне. Міненерговугілля України. - Харків: Вид-во «Форт», 2017. - 760 с.
20. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень
21. Гранично допустимі концентрації (ГДК) хімічних чинників в повітрі робочої зони
22. ДБН В.2.5-67:2013 "Опалення, вентиляція та кондиціонування".
23. ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення.
24. ДСТУ Б В.1.1-36:2016 Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухо- та пожежною безпекою

ДОДАТОК А – ВІДОМІСТЬ РОБОТИ

№ рядка	Формат	Позначення	Найменування	Кількість аркушів	Шифр документу	Примітка		
1			<u>Документація</u>					
2								
3	A4	КФІВС.КВР.151.20СК.03.ПЗ	Пояснювальна записка	62	ПЗ			
4								
5			<u>Графічна матеріали</u>					
6								
7	A2	КФІВС.КВР.151.20СК.03.Е2	Функціональна схема					
8			автоматизації	1	Е2			
9								
10	A2	КФІВС.КВР.151.20СК.03.Е3	Схема електрична					
11			принципова	1	Е3			
12								
13	A4	КФІВС.КВР.151.20СК.03.Д	Перелік елементів	1	Д			
14								
15		КФІВС.КВР.151.20СК.03.ВДЕ	Носій інформації	1	ВДЕ			
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								
25								
26								
27								
28								
29								
			Підп.	Дата	КФІВС.КВР.151.20СК.03.ТП			
Зм.	Арк.	№ докум.			Автоматизація технологічного процесу отримання пивного сула. Відомість проекту	Літ.	Аркуш	Аркушів
Розробив		Довгий		04.06			1	1
П. конс.		Славінський		10.06		Національний ТУ «Дніпровська політехніка», ЕФ, 151-20ск-1		
Н. контр.		Славінський		10.06				

ВІДГУКИ КОНСУЛЬТАНТІВ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

ВІДГУКИ КОНСУЛЬТАНТІВ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

ВІДГУК

на кваліфікаційну роботу ступеню бакалавра
на тему: “Автоматизація технологічного процесу отримання пивного сусла”
здобувача вищої освіти академічної групи 151-20ск-1 Довгого Олександра
Сергійовича

Завдання і зміст кваліфікаційної роботи ступеню бакалавра відповідає основній меті – перевірці знань та ступеню підготовки здобувача вищої освіти за спеціальністю “151 Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології”. Оформлення пояснювальної записки та графічних матеріалів кваліфікаційної роботи виконано відповідно до вимог стандартів та методичних рекомендацій повністю.

Актуальність роботи полягає в тому, що розробка нової системи керування дозволить зменшити вплив основних недоліків обладнання на технологічного процесу отримання пивного сусла, а саме вдосконалити керування процесом збродження у циліндрично-конічному бродильному чані.

У першому розділі вирішено завдання проаналізована технологічний процес, структура об’єкта керування та вимоги до його функціонування. На підставі чого сформовані вимоги до апаратного забезпечення системи керування її функціонування та дослідження об’єкта керування.

У другому розділі вирішено завдання вибору датчиків та виконавчих пристроїв системи керування. За результатами аналізу вимог до функціонування системи керування, датчиків та виконавчих пристроїв обрано пристрій керування 214-2BE03 та його модулі. На підставі обраного апаратного забезпечення розроблено функціональну схему автоматизації системи керування та схему електричну принципову системи керування.

У третьому розділі, на підставі параметричної та структурної ідентифікації, розроблено імітаційну модель об’єкта керування в графічному середовищі Simulink математичного пакету MATLAB. Порівняння даних отриманих на моделі з перевірочними даними показало їх відповідність на 93,578%. Враховуючи аналіз об’єкта керування, його структури і функціонування та відповідність результатів моделювання, встановлено, що отримана модель є адекватною до об’єкта керування.

Четвертий та п’ятий розділи присвячені розрахунку вартості розробленої системи керування та аналізу небезпечних та шкідливих виробничих факторів при експлуатації системи керування технологічним процесом отримання пивного сусла.

При вирішенні завдань у розділах кваліфікаційної роботи здобувач вищої освіти підтвердив компетенції K01 «Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях»; K02 «Здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово»; K04 «Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій»; K05 «Здатність до пошуку, опрацювання та аналізу інформації з різних джерел»; K13 «Здатність виконувати аналіз об’єктів автоматизації на основі знань про процеси, що в них відбуваються та

застосовувати методи теорії автоматичного керування для дослідження, аналізу та синтезу систем автоматичного керування»; К14 Здатність застосовувати методи системного аналізу, математичного моделювання, ідентифікації та числові методи для розроблення математичних моделей окремих елементів та систем автоматизації в цілому, для аналізу якості їх функціонування із використанням новітніх комп'ютерних технологій. та інші.

Повнота та глибина вирішення поставлених завдань в кваліфікаційній роботі достатня.

В цілому кваліфікаційна робота ступеню бакалавра заслуговує оцінки _____ балів при відповідному захисті, а здобувач Довгий О.С. присвоєння кваліфікації “бакалавр” за спеціальністю “151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології”.

Керівник кваліфікаційної роботи, _____
асистент, (підпис)

Славінський Д.В.

(дата)

РЕЦЕНЗІЯ

на кваліфікаційну роботу ступеню бакалавра
на тему: “Автоматизація технологічного процесу отримання пивного сусла”
здобувача вищої освіти академічної групи 151-20ск-1 Довгого Олександра
Сергійовича

Завдання і зміст кваліфікаційної роботи ступеню бакалавра відповідає основній меті – перевірці знань та ступеню підготовки здобувача вищої освіти за спеціальністю “151 Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології”. Оформлення пояснювальної записки та графічних матеріалів кваліфікаційної роботи виконано відповідно до вимог стандартів та методичних рекомендацій повністю.

Актуальність роботи полягає в тому, що розробка нової системи керування дозволить зменшити вплив основних недоліків обладнання технологічного процесу отримання пивного сусла, а саме вдосконалити керування циліндрично-конічним бродильним чаном.

В рамках кваліфікаційної роботи проаналізовано технологічний процес, структура об’єкта керування та вимоги до його функціонування. На підставі чого сформовані вимоги до апаратного забезпечення системи керування її функціонування та дослідження об’єкта керування. Обрано апаратне забезпечення, розроблено функціональну схему автоматизації циліндрично-конічного бродильного чану та схему електричну принципову системи керування. На підставі параметричної та структурної ідентифікації розроблено імітаційну модель об’єкта керування в графічному середовищі Simulink математичного пакету MATLAB. Порівняння даних отриманих на моделі з перевірочними даними показало їх відповідність на 93,578%. Враховуючи аналіз об’єкта керування, його структури і функціонування та відповідність результатів моделювання, встановлено, що отримана модель є адекватною до об’єкта керування.

При цьому для вирішення поставлених завдань використані емпіричні та теоретичні методи дослідження технологічних об’єктів, методи математичної статистики та теорії автоматичного керування.

Досягнення поставленої мети у кваліфікаційній роботі відбувається за рахунок використання сучасних засобів та способів автоматизації.

Основними результатами кваліфікаційної роботи є поглиблення і підтвердження студентом теоретичних і практичних знань з обраної спеціальності, набутих при вивченні професійно-орієнтованих дисциплін, вироблення умінь при вирішенні конкретних практичних завдань.

Повнота та глибина вирішення поставлених завдань в кваліфікаційній роботі достатня.

В цілому кваліфікаційна робота ступеню бакалавра заслуговує оцінки _____ балів при відповідному захисті, а здобувач Довгий О.С. присвоєння кваліфікації “бакалавр” за спеціальністю “151 Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології”.

ЗАТВЕРДЖЕНО:
завідувачем кафедри
кіберфізичних та інформаційно-
вимірювальних систем

_____ Бубліковим А.В.

«_____» _____ 2023 року

ВИСНОВОК

Про рівень запозичень у кваліфікаційній роботі бакалавра на тему “Автоматизація технологічного процесу отримання пивного сусла”, здобувача вищої освіти, групи 151-20ск-1 Довгого Олександра Сергійовича.

Загальний обсяг кваліфікаційної роботи без переліку посилань складає 62 сторінку. Програмне забезпечення використане для перевірки роботи “<https://unichек.com>”. Рівень запозичень у роботі складає _____ %, що є меншим 40 % запозичень з однієї роботи та відповідає вимогам Положення про систему запобігання та виявлення плагіату у Національному технічному університеті «Дніпровська політехніка».

Нормоконтролер,
асистент,

(підпис)

Славінський Д.В.

(дата)