

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

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
кваліфікаційної роботи ступеню бакалавра

здобувача вищої освіти Ігнатенко Олександр Іванович
 (П.І.Б.)

академічної групи 151-18ск-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 виготовлення легкоалкогольних напоїв

(назва за наказом ректора)

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

Дніпро
 2021

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

_____ Ткачов В.В.
(підпис) (прізвище, ініціали)

« _____ » _____ 2021 року

ЗАВДАННЯ на кваліфікаційну роботу ступеня бакалавра

здобувача вищої освіти Ігнатенко О.І. академічної групи 151-18ск-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 виготовлення легкоалкогольних напоїв
затверджену наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка» від 12.04.2021 № 201с.

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.	31.03.2021
Розробка апаратного забезпечення системи керування	Обрання датчиків, виконавчих пристроїв та пристрою керування, розробка структурних схем, функціональної схеми автоматизації та принципової схеми електричної.	06.05.2021
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.	25.05.2021
Економічна частина	Економічне обґрунтування доцільності витрат на створення системи керування.	02.06.2021
Охорона праці	Розробка організаційно-технічних заходів, щодо реалізації правил безпеки при експлуатації системи.	10.06.2021

Завдання видано

_____ (підпис п. конс.)

ст.викл. Надточий В.В.

(прізвище, ініціали)

Дата видачі 01.03.2021

Дата подання до атестаційної комісії 10.06.2021

Прийнято до виконання

_____ (підпис здобувача)

Ігнатенко О.І.

(прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота містить __ стор., __ рис., __ табл., __ дод., __ арк. графічного матеріалу формату А4.

Об'єкт розробки – система автоматичного керування температурою матеріалу на поверхні барабану вакуумної двохвальцьової сушарки.

Мета розробки – вдосконалення процесу сушки пивних дріжджів у вакуумній двохвальцьовій сушарці за рахунок впровадження більш ефективного автоматичного керування температурою матеріалу на поверхні барабану сушарки.

Виконавчим органом для досліджуваної системи автоматичного керування температурою матеріалу на барабані вакуумної сушарки є заслінка у паропроводі та її привід.

Були визначені статичні та динамічні характеристики моделі об'єкта управління, застосовані методи аналізу та обробки даних.

Результатами досліджень є отримана імітаційна модель об'єкта автоматичного управління.

Розглянуто комплекс питань щодо економіки та охорони праці.

ПІДСИСТЕМА УПРАВЛІННЯ, КОНТРОЛЕР, ОБЛАШТУВАННЯ
УЗГОДЖЕННЯ, ІМІТАЦІЙНА МОДЕЛЬ, НАДІЙНІСТЬ, ДІАГНОСТИКА,
ЗБЕРІГАННЯ, ЕКОНОМІЧНА ДОЦІЛЬНІСТЬ, БЕЗПЕКА.

ЗМІСТ

Зміст	4
Перелік скорочень	7
Вступ.....	8
1 Стан питання та постановка завдання.....	10
1.1 Галузь промисловості	10
1.1.1 Промислова технологія виробництва пива.....	12
1.1.2 Етапи виробництва пива.....	14
1.2 Технологічний процес.....	17
1.3 Об'єкт управління	20
1.3.1 Загальна характеристика об'єкта управління	20
1.3.2 Структура об'єкту управління	21
1.3.3 Принцип функціонування об'єкта керування	22
1.4 Формулювання задачі дослідження	23
1.5 Висновки по розділу	24
2 Розробка апаратного забезпечення системи управління.....	26
2.1 Розробка структурної схеми системи управління	26
2.2 Розробка структурної схеми інформаційних потоків.....	27
2.3 Вибір апаратного забезпечення системи управління	30
2.3.1 Вибір датчиків	30
2.3.2 Вибір виконавчих пристроїв	32
2.3.3 Вибір пристроїв управління	35
2.3.4 Вибір пультів оператора.....	38
2.4 Розробка функціональної схеми автоматизації.....	45
2.5 Розробка схеми електричної принципової	47

	5
2.6 Висновки по розділу	47
3 Визначення моделі об'єкта управління	48
3.1 Розробка структурної схеми інформаційних потоків дослідницької системи	48
3.2 Розробка методики дослідження об'єкта управління	49
3.3 Виконання експерименту	51
3.4 Обробка результатів експерименту	57
3.4.1 Підготовка даних.....	57
3.4.2 Структурна ідентифікація	60
3.4.3 Параметрична ідентифікація.....	61
3.4.4 Розробка моделі об'єкта управління в Simulink	66
3.4.5 Перевірка моделі на адекватність.....	68
3.5 Висновки за розділом.....	70
4 Економічна частина	71
4.1 Суть і доцільність впровадження системи, що розробляється.....	71
4.2 Розрахунок капітальних витрат	71
4.2.1 Техніко-економічне обґрунтування створення програми.....	72
4.2.2 Трудомісткість розробки програмного продукту	72
4.2.3 Розрахунок витрат на створення програмного продукту.....	75
4.3 Визначення експлуатаційних витрат проектованої системи	76
4.3.1 Амортизація основних фондів	76
4.3.2 Розрахунок річного фонду заробітної плати	77
4.3.3 Розрахунок відрахувань на соціальні заходи	78
4.3.4 Визначення річних витрат на технічне обслуговування.....	78
4.3.5 Розрахунок вартості спожитої електроенергії	78
4.4.6 Визначення інших витрат.....	79

	6
4.5 Техніко-економічні показники	80
4.6 Висновки по розділу	80
5 Охорона праці	81
5.1 небезпечні і шкідливі виробничі чинники цеху сушки пивних дріжджів....	81
5.2 Інженерно-технічні заходи по охороні праці	83
5.3 Пожежна профілактика.....	86
5.4 Висновки по розділу.....	89
Висновки	90
Перелік посилань.....	91
Додаток А	94
Додаток Б.....	95
Відгуки консультантів кваліфікаційної роботи	96
Відгук.....	98

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

ОУ – об'єкт управління;

САУ – система автоматичного управління;

ПЛК – програмований логічний контролер;

ЕОМ – електронна обчислювальна машина.

ВСТУП

В кваліфікаційній роботі розглядається автоматизація технологічного процесу виготовлення легкоалкогольних напоїв на прикладі технологічного процесу виготовлення пива.

Однією з головних задач сучасного пивоваріння є пошук шляхів зниження собівартості готового продукту, постійне підвищення ефективності виробництва та покращення якості готового продукту.

Найбільш тривалою та затратною стадією виробництва пива є зброджування пивного сусла та дозрівання молодого пива. Результативність біотехнологічних процесів за умови зброджування пивного сусла визначається передусім якістю сировини. Величезну роль при цьому відіграють властивості дріжджів. У той же час, одним з напрямлень підвищення ефективності технологічних процесів у виробництві пива є використання препаратів активних сухих дріжджів.

Одним з основних технологічних процесів, що визначає якість сухих пивних дріжджів, є процес їх сушіння. Режим висушування дріжджів повинний бути таким, щоб максимально зберегти вітамінний комплекс. Цей технологічний процес є складним теплофізичним та хімічним процесом, тому завдання та підтримка ефективного режиму висушування дріжджів неможливі без його автоматизації.

За умови автоматичного керування температурою матеріалу на поверхні барабану вакуумної двохвальцьової сушарки маємо складний об'єкт керування через присутність складного за своїм характером зміни у часі збурення у вигляді зміни температури матеріалу на поверхні барабана через зміну вологості матеріалу протягом процесу сушіння. Тому поставлена задача з використанням спеціалізованих комп'ютерних програм та методів теорії автоматичного керування провести ідентифікацію моделі сушарки як об'єкта автоматичного керування з метою подальшого синтезу регулятора температури матеріалу на поверхні барабана.

За результатами аналізу двохвальцьової вакуумної сушарки як об'єкта автоматизації буде створене апаратне забезпечення системи автоматичного управління температурою матеріалу на поверхні барабана сушарки.

1 СТАН ПИТАННЯ ТА ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ

1.1 Галузь промисловості

Пивоварна галузь є однією з провідних галузей промисловості в Україні, яка виготовляє понад 400 видів пивної продукції і поставляє її до 42-х країн світу.

Нині значний інтерес до продуктів переробки хмелю спостерігається зі сторони крафтового (малого) пивоваріння, яке останнім часом почало інтенсивно розвиватися як у світі, так і в Україні. У своїх технологіях вони використовують, в основному, смакоароматичні профілі закордонних розрекламованих сортів хмелю, таких як: Каскад, Мандарина Баварія тощо. Українські сорти хмелю не поступаються за якісними показниками закордонним аналогам, але, на жаль, український ринок хмелепродукції не має належного маркетингу, значна кількість хмелепідприємств не мають стратегій для виходу на міжнародні ринки. Основними каналами для збуту продукції хмелярства в Україні залишаються регіональні пивоварні, АТ «Оболонь» та приватні броварні, яким вигідніше купувати вітчизняну хмелепродукцію, аніж її імпортувати.

В останні роки вітчизняна пивоварна галузь потребує близько 107–140 т альфа-кислот, з яких за рахунок власного виробництва забезпечується лише 20–25%, решта — імпортовані хмелепродукти (рис. 1.1).

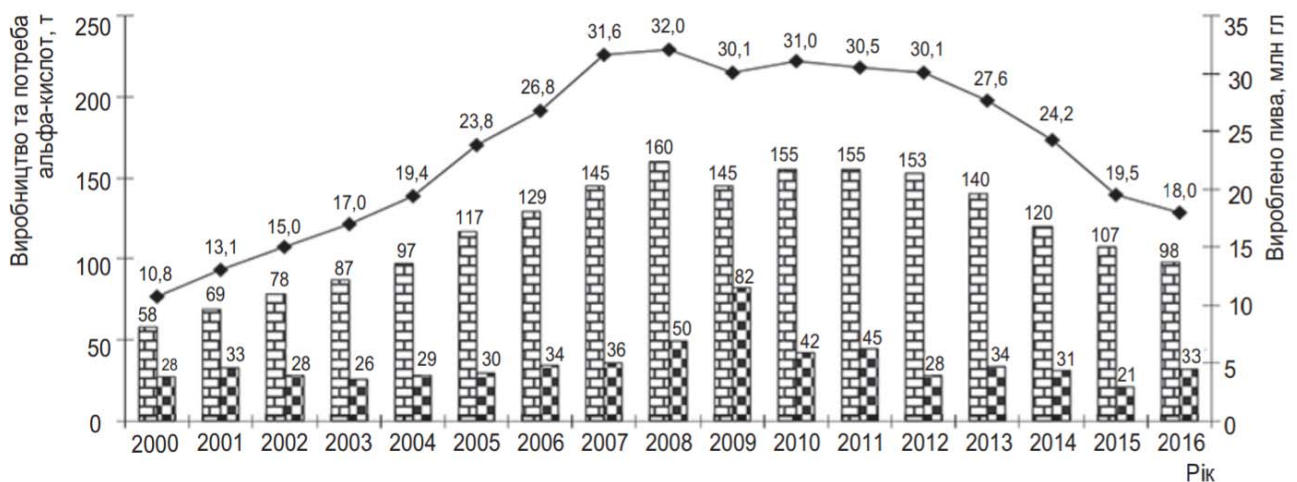


Рисунок 1.1 - Динаміка виробництва пива та потреби альфа-кислот для пивоварної галузі України, млн. гл.

Піковим для вітчизняних виробників пива за період 2000–2016 рр. став 2008 р. (32 млн. гл). Починаючи з 2011 р., спостерігаємо щорічне скорочення виробництва, у 2016 р. на ринок було поставлено лише 18 млн. гл. пива (у 1,7 рази). За даними ПрАТ «Укрпиво», фундаментальними причинами втрати п'ятої частини виробництва українських пивоварів стали закриті ринки на Заході України і в Криму, а також економічна криза. У період 2014–2016 рр. акциз на пиво збільшився у 3 рази: з 0,87 до 2,48 грн за 1 л, що також вплинуло на падіння пивного ринку. Основними гігантами пивоварної галузі України є САН ІнБев Україна, Карлсберг Україна (Carlsberg Ukraine) та компанія Оболонь (таблиця). Корпорація Ефес-Україна припинила свою діяльність (знаходилась у Донецьку), з 2011 р. свій сегмент на ринку зайняла «Перша Приватна Броварня» - 10%. Окрім великих гравців, на ринку функціонують пивзаводи меншого масштабу, на частку яких у 2016 р. припадало 6,6% ринку пива. Це такі регіональні підприємства, як: ПАТ «Фірма «Полтавпиво», ТОВ «Бердичівський пивзавод», ТОВ «Рівень ЛТД», ПрАТ «Ровеньківський пивзавод», ТОВ «Микулинецький «Бровар», ПАТ «Хмельпиво», ТОВ «Уманьпиво», ТОВ «Пивоварня «Опілля» та ін. Нині пивний ринок можна вважати олігопольним. Основними споживачами вітчизняного пива впродовж останніх років були Росія, Молдова, Білорусь, Грузія та Литва, до яких надходило 97% усього експорту.

Таблиця 1.1 - Позиції компаній-лідерів на пивному ринку України (2008–2016 рр.)

Пивоварні компанії	Початок роботи на ринку, рік	Частка компаній на ринку (у натуральному виразі), %									
		2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
ПАТ «SUN InBev Ukraine» (Бельгія)	2000	37,5	38,7	36,9	35,4	34,2	28,0	24,9	26,0	27,0	
ПАТ «Carlsberg Ukraine» (Данія)	1996	23,7	26,5	28,6	28,8	29,3	27,2	23,8	31,0	32,0	
ПрАТ «Оболонь»	1980	30,2	26,0	26,5	23,7	22,7	23,2	29,7	28,0	24,4	
ПрАТ «Міллер Брендз Україна» (Корпорація Efes Україна)	2008	3,6	3,8	3,9	5,8	6,9	9,1	11,4	–	–	
Компанія «Перша Приватна Броварня» + ПБК «Радомишль»	2011	–	–	–	2,5	4,5	5,9	6,2	8,5	10,0	
Інші	–	5,0	5,0	4,1	3,8	2,4	4,9	4,1	6,5	6,6	

Експорт українського пива в Росію припинився восени 2014 р. Спостерігалось зростання попиту на український продукт в Польщі (12% усього експортованого пива). У 2015 р. порівняно з 2014 р. українські пивовари констатували падіння експорту в 2 рази. Вартість експорту пива у 2015 р. становила 22 002 тис. дол. США, вартість імпорту – 236 703,3 тис. дол. США. 2016 року основними імпортерами українського пива були Молдова, Білорусь і Литва. При цьому остання збільшила імпорт української продукції вдвічі — з 6 до 12%. Замикають п'ятірку Грузія та Ізраїль. Польща у 2016 р. зменшила імпорт української пивної продукції з 14 до 2%. Серед виробників-експортерів лідирує Оболонь — 59% усього експорту, на 2-му місці - ПБК «Славутич» (належить Carlsberg Ukraine) з часткою 27, на 3-му - з часткою 14% — САН ІнБев Україна. Найбільшу кількість пива імпортували з Бельгії — її частка в першій половині 2016 р. становила 54%, у 2015 р. - 21%. На 2-му місці - Німеччина з часткою 14%, 3-му - Молдова з 6% (у 2015 р. її частка становила 23%). У 2016 року частка імпортованого пива на полицях вітчизняних магазинів зросла майже у 2,4 рази - з 1,4 до 3,4%. Серед компаній-імпортерів лідирують САН ІнБев Україна, ПБК «Славутич» та мережа ФоззіФуд. Незважаючи на значні потреби вітчизняної пивоварної промисловості в хмелесировині, попит на український хміль в останні роки був низьким.

1.1.1 Промислова технологія виробництва пива

Приготування пива є одним із найбільш складних технологічних процесів у харчовій промисловості. Для отримання напою високої якості потрібно враховувати безліч нюансів і ретельно підбирати інгредієнти. Далі ми розглянемо важливі етапи технології пивоваріння, яка використовується більшістю сучасних заводів.

У класичній технології допускається використання тільки чотирьох компонентів:

Солод – продукт, одержуваний шляхом пророщування насіння злаків. Для виготовлення пива використовується ячмінь. Після замочування насіння ячменю

розбухає і в них починаються хімічні реакції, що розщеплюють крохмаль на потрібний для бродіння солодовий цукор.

Воду - в пивоварінні розрізняють за складом і концентрацією солей. Для деяких сортів пива краще підходить «жорстка вода» (з високим вмістом солей), наприклад, для мюнхенського. Є сорти, зроблені виключно на воді з низьким вмістом солей, це пльзеньське пиво. Сучасні технології дозволяють пивоварам регулювати концентрацію солей у воді з дуже високою часткою точності.

Хміль - надає пиву характерний гіркий смак і запашний аромат. Він також відповідає за піноутворення. Замінити хміль в виробництві пива без втрати якості неможливо. Це унікальна рослина, до складу якого входить більше 200 речовин, що відповідають за смак. Цікаво, що для пива годяться тільки шишки жіночих рослин хмелю.



Рисунок 1.2 - Висушений хміль для пива

Дріжджі - на сьогоднішній день використовуються спеціальні пивні дріжджі сімейства *Saccharomycetaceae*, які не зустрічаються в природі. Вони штучно виведені спеціально для пивоваріння. В залежності від технології бродіння у виробництві пива використовуються два види дріжджів:

- верхового бродіння (*Saccharomycetaceae cerevisiae*) – зустрічаються в таких видах пива як портер, ель і стаут;

- низового бродіння (*Saccharomycetaceae carlsbergensis*) – застосовуються при виготовленні табірного і середньоєвропейського пива.

Різниця між цими видами пивних дріжджів в тому, що на остаточній стадії бродіння дріжджі верхового бродіння збираються на поверхні (спливають), низового – на дні сусла. Це помітно впливає на смак.

1.1.2 Етапи виробництва пива

1. Приготування сусла. Спочатку ячмінний солод дроблять, але зерна не повинні перетворитися в однорідну масу. У складі сусла обов'язкові великі і дрібні крупинки. Це називається солодовим помелом. В різних сортах пива співвідношення великих і дрібних частинок істотно відрізняється.

Потім 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 затор нагрівають до температури 76°C.

Далі готове сусло фільтрують. 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, які називаються дробиною. Коли сито відкривають, крізь нього і шар дробини починає просочуватися чисте рідке сусло, яке збирається в спеціальний котел для подальшого варіння.

2. Варіння сусла. Отримане на попередньому етапі сусло нагрівають, доводять до кипіння і додають хміль. Кількість шишок залежить від сорту пива і уподобань майстра. У кожній рецептурі використовується різна кількість хмелю.

Варіння сусла займає 2-3 години. В ході цього процесу всі мікроорганізми гинуть і руйнуються ферменти, тому подальші хімічні реакції неможливі. Саме на даному етапі пивовари домагаються наперед встановленої щільності початкового сусла, яке на етикетці готового продукту позначається як щільність пива. Далі зварене сусло фільтрують від залишків хмелю і дають йому відстоятися.



Рисунок 1.3 - Ємності для варіння сусла

На дні випадають найдрібніші частинки, які не вдалося відфільтрувати на попередньому етапі. Також на деяких заводах використовується прискорена технологія видалення небажаних залишків центрифугою.

3. Бродіння. Чисте сусло надходить через труби на дно бродильних чанів, які називають циліндроконічними танками. Після того як сусло повністю охолоне, в чан додають дріжджі. Для пива верхового бродіння перед додаванням дріжджів сусло охолоджують до температури 18-22°C, для пива низового бродіння – до 5-10°C. Через добу після закладки дріжджів на поверхні бродильного чана утворюється 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. В ході 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, що міститься в пиві, розклався дріжджами.

4. Дозрівання. На попередніх етапах вийшло молоде нефільтроване пиво, яке потребує подальшого дозрівання (не стосується пшеничних сортів).

Для дозрівання потрібні великі ємності з нержавіючої сталі, сам процес триває від кількох тижнів до чотирьох місяців.



Рисунок 1.4 - Обладнання для дозрівання пива

Під час дозрівання потрібно підтримувати стабільну температуру і тиск в ємностях, ці параметри не повинні коливатися. На сучасних підприємствах технологічний процес контролює спеціальне обладнання, здатне автоматично змінювати температуру і тиск.

5. Фільтрація. 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.

6. Розлив. На заключному етапі виробництва пива його переливають в тару різних видів. Перед розливом в пляшки, кеги, барила їх ретельно миють, потім видаляють повітря, яке потрапило всередину. Пиво є швидкопсувним алкогольним напоєм, який вимагає стерильних умов. Без стерильності термін зберігання готового продукту дуже невеликий і помітно погіршується його смак. При розливі в скляну тару пляшки попередньо пастеризують – повільно нагрівають до температури 65°C, що істотно подовжує термін зберігання пива.

Систематизована інформація, надана на наступну схемі рис. 1.5, що ілюструє черговість етапів.

Ось так виглядає класична технологія виробництва пива, що застосовується великими пивоварнями.

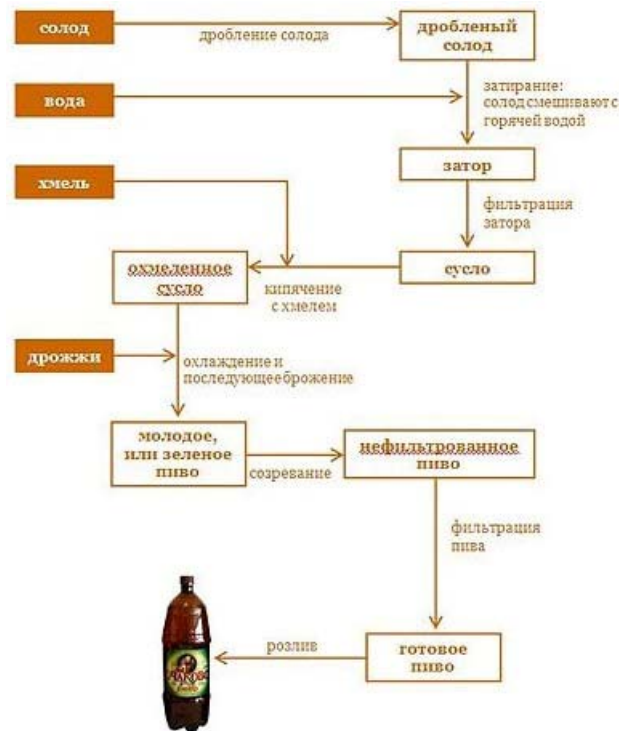


Рисунок 1.5 - Схема виробництва пива

Ми розглянули всі важливі етапи, які проходить напій, перш ніж потрапити на прилавки магазинів.

В кваліфікаційній роботі детально розглядається технологічний процес виготовлення дріжджів.

1.2 Технологічний процес

В вітчизняній пивоварній промисловості використовують контактні атмосферні і вакуумні сушарки.

В контактних сушарках сушіння здійснюється за рахунок теплоти, отриманої матеріалом в результаті контакту з нагрітою плоскою чи циліндричною твердою поверхнею. У більшості випадків нагрів поверхні проводиться водяною парою, а в деяких випадках – гарячою водою, гарячою олією чи високотемпературними теплоносіями.

Вальцові сушарки (рис. 1.2) є сушарками неперервної дії і призначаються для сушіння текучих речовин (розчинів, колоїдів і суспензій). Як основний вузол вони мають один чи два порожніх обертових вальці, що обігріваються зсередини парою чи якимось іншим теплоносієм. На поверхні вальців за період менше ніж один оберт проходить висушування нанесеного тонким шаром рідкого чи

пастоподібного матеріалу. Висушений матеріал зскрібається з вальця шкребокком чи спеціальними ножами.

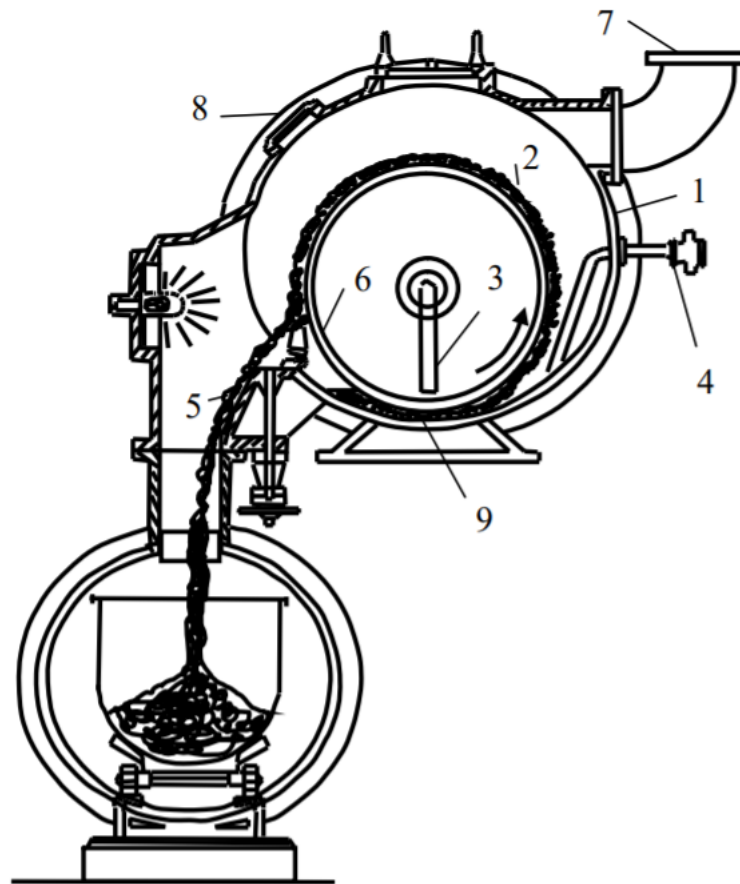


Рисунок 1.2 - Вальцьова вакуумна сушарка неперервної дії

- | | | |
|----------------------------------|-----------------------------|--------------------------|
| 1 – корпус; | 2 – валець; | 3 – подачі гріючої пари; |
| 4 – трубка для подачі матеріалу; | 5 – висушений матеріал; | 6 – ніж; |
| 7 – відведення пари з корпусу; | 8 – вікно контролю процесу; | 9 – змійовик |

Циліндричні сушарки працюють за принципом неперервної дії і застосовуються для сушіння стрічкових матеріалів (тканин, паперу, целюлози тощо). Основними елементами сушарки є кілька обертових порожніх циліндрів, що обігріваються зсередини парою, на гарячій поверхні цих циліндрів відбувається висушування стрічкового матеріалу. Сушарки виготовляються з вертикальним і горизонтальним розташуванням циліндрів. Матеріал огинає циліндри, контактуючи з гарячою поверхнею.

Вакуумні сушарки внаслідок складності і дорожечі мають порівняно обмежене застосування і зустрічаються головним чином у хімічній промисловості. Перевагою вакуум-сушарок у порівнянні з конвективними

атмосферними сушарками є більш інтенсивне сушіння при низьких температурах, що важливо для речовин, які не витримують високої температури (термолабільних). Наприклад, для тиску грійної пари $2 \cdot 10^5$ Па ($t_n = 120^\circ\text{C}$), і вакуумі в камері $0,867 \cdot 10^5$ Па, температура матеріалу буде порядку 66°C , а перепад температур дорівнює $120 - 54 = 66^\circ\text{C}$ проти $120 - 100 = 20^\circ\text{C}$ при сушінні повітрям в атмосферних сушарках; випаровування з поверхні однакової величини для вакуумного сушіння теоретично повинне відбуватися в 2–3 рази швидше, ніж для атмосферного. Вакуумне сушіння вимагає меншої витрати теплоти внаслідок (майже) відсутності втрат з повітрям, що викидається з сушарки. Наприклад, на 1 кілограм води, що випаровується при температурі 40°C , потрібно 2 570 кДж теплоти у вакуумній сушарці, а в атмосферній сушарці 3 440 і 3 860 кДж, якщо повітря виходить з відносною вологістю ϕ відповідно 75 і 50%. Перевагою вакуум–сушарок є стерильність середовища. Герметичність сушильної камери дає гарантію проти забруднення продукту пилом з навколишнього середовища й окислювання його киснем повітря. Вакуумне сушіння дозволяє також виключити виділення з матеріалу шкідливих парів і газів у навколишнє середовище, що особливо важливо при сушінні отруйних речовин. При сушінні під вакуумом є можливість більш повного вловлювання цінних чи шкідливих парів. Замість дорогої абсорбційної установки, що застосовується для поглинання таких парів при атмосферному сушінні, у вакуум–сушарці застосовується більш дешевий і радикальний засіб вловлювання парів шляхом конденсації (до 95% таких летких розчинників, як етиловий спирт, ацетон тощо). Нарешті, при вакуумному сушінні менші втрати продукту й у вигляді пилу і менша пожежна небезпека. До недоліків сушіння під вакуумом варто віднести високу вартість сушильного агрегату внаслідок складності його конструкції і наявності спеціальної конденсаційної установки та труднощі контролю процесу сушіння під час роботи сушарки, тому що відкривання люків сушарки порушує вакуум. Незважаючи на ряд переваг, вакуум–сушарки через їх складність застосовуються тільки в тих випадках, коли це викликано технологічними особливостями обробки матеріалу, що висушується.

1.3 Об'єкт управління

Об'єктом керування у цій кваліфікаційній роботі є двохвальцьова вакуумна сушарка.

1.3.1 Загальна характеристика об'єкта управління

На рис. 1.3 наведений зовнішній вигляд двохвальцьової вакуумної сушарки BLAW KNOX. Яка має 2 сушильних хромованих барабана розміром: діаметр 1 065 мм х 2 285 мм. Нержавіючий ножовий з'їм продукту, нержавіючий конвеєр вивантаження.



Рисунок 1.3 – Зовнішній вигляд двохвальцьової вакуумної сушарки BLAW
KNOX

Технічні характеристики двохвальцьової вакуумної сушарки BLAW KNOX наведені у табл. 1.1.

Таблиця 1.1 – Технічні характеристики двохвальцьової вакуумної сушарки
BLAW KNOX

Параметри	Значення
Вміст сухих речовин у матеріалі, %	До 25
Подача субстанції на сушку, кг/год	760
Рівень РН у матеріалі	5,5 – 6,0
Вміст води, %	До 5
Продуктивність за вологістю, що випаровується, кг/год	560
Вихід кінцевого продукту (сухі дріжджі), кг/год	200
Робочий тиск насиченого пару на вході у барабан, МПа	0,8 – 0,9
Потужність електродвигуна приводу сушарки, кВт	15
Максимальні витрати пару на вході в барабан, м ³ /год	1900

1.3.2 Структура об'єкту управління

Структура двохвальцьової вакуум-сушарки представлено на рис. 1.5.

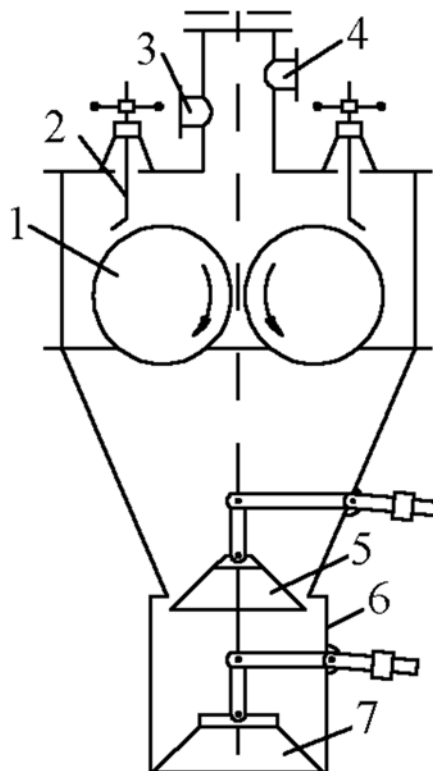


Рисунок 1.4 – Вальцьова вакуум-сушарка.

1-вальці; 2-скребки; 3-патрубок для вологого матеріалу;
4-патрубок для відводу газу; 5,7-дзвони; 6-камера для збору сухого матеріалу.

Двохвальцьова вакуум-сушарка застосовується в тих випадках, коли необхідно знизити температуру сушки. Від звичайної вальцьовий сушарки вона відрізняється тим, що вальці 1 оточені кожухом, у внутрішньому просторі якого створюється вакуум. Вологий матеріал подається через патрубок 3. При обертанні вальців матеріал прилипає до них, висушується і висушений зрізається скребками 2. Пара, що утворюється відсмоктується через патрубок 4.

В апаратах, безперервно переробних сипучий матеріал під вакуумом, особливо важким завданням є пристрій завантаження і вивантаження матеріалу, оскільки сам кусковий матеріал, який має канали між частинками, не може служити затвором, як рідина.

Це завдання, в тому числі і до вакуум-сушарок безперервної дії, вирішується двома шляхами.

1. Завантаження та розвантаження ведеться періодично, наприклад, один раз в зміну. В цьому випадку сирий матеріал засипається в закритий живильний бункер і витрачається звідти, а висушений накопичується в збірному бункері сушарки протягом певного часу (зміни), після чого відключається вакуум і проводиться розвантаження збірному бункера.

2. Застосовуються герметичні затвори. Для розвантаження застосовується, наприклад, шлюзовий затвор, як показано на малюнок 20. У цьому затворі дзвони відкриваються в наступному порядку: при закритому дзвоні 7 відкривається дзвін 5, матеріал пропускається з конуса сушарки в камеру 6, потім закривається дзвін 5 і відкривається дзвін 7 - матеріал випускається з сушарки. При необхідності підвищити герметичність число камер-шлюзів збільшується до 3 - 5. Закриває і відкриває заслінок шлюзів і їх чергування може бути легко автоматизовано.

1.3.3 Принцип функціонування об'єкта керування

Зробимо аналіз функціонування об'єкта керування, призначення основних функціональних елементів двохвальцьової вакуумної сушарки BLAW KNOX з позиції автоматичного керування температурою поверхні барабану (рис. 1.5).

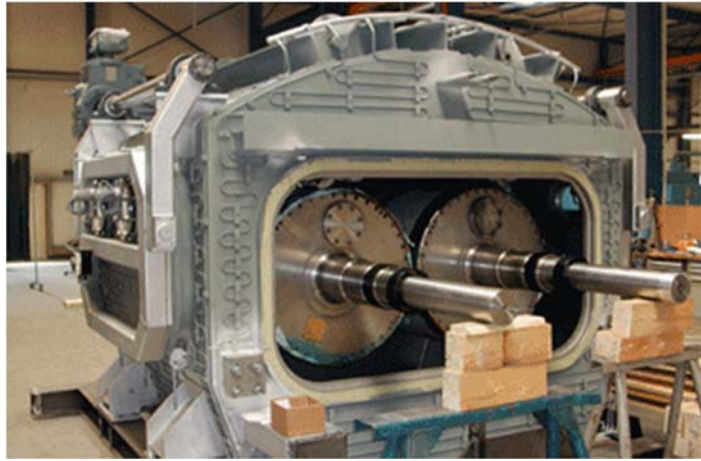


Рисунок 1.5 – Конструктивна схема двохвальцьової вакуумної сушарки

Основною частиною двохвальцьових сушарок є вальці, що повільно повертаються у кожусі 1, що забезпечує герметичність, на зустріч один іншому зі швидкістю 2-10 об/хв. Зверху над вальцями безперервно подається матеріал, що потрібно висушити. Пар, що є тепловим носієм (агентом), поступає через порожнисту цапфу усередину кожного з вальців, а паровий конденсат відводиться зі сторони, що протилежна приводу.

Матеріал покриває поверхню вальців тонкою плівкою, товщина якої визначається величиною зазору між валками. Звичайно вона не перевищує 0,5-1 мм та регулюється шляхом встановленого ведучого вальця 3. Висушування матеріалу відбувається інтенсивна у тонкому шарі протягом одного неповного обертання вальців. Плівка підсушеного матеріалу знімається ножами 6, що розташовані вздовж контуру вальців. Чим тонше шар матеріалу на вальцях, тим швидше й більш рівномірно він сушиться. Однак, внаслідок малої тривалості сушки часто необхідне досушування матеріалу, що відбувається у горизонтальних лотках з паровим обігрівом (досушувачах). В сушарці матеріал після вальців поступово проходить спочатку верхній досушувач, а потім нижній досушувач. Діапазон регулювання витрат пара на вході у кожний барабан становить 0-1 900 м³/год за умови його тиску 0,8-0,9 МПа.

1.4 Формулювання задачі дослідження

Об'єктом дослідження у кваліфікаційній роботі є процес сушки пивних дріжджів у вакуумній двохвальцьовій сушарці.

Предметом дослідження у кваліфікаційній роботі є система автоматичного керування температурою матеріалу на поверхні барабану вакуумної двохвальцьової сушарки.

З оглядом на об'єкт та предмет дослідження у кваліфікаційній роботі сформульовані наступні задачі дослідження:

- обґрунтувати структуру моделі об'єкта автоматичного керування;
- провести структурну та параметричну ідентифікацію елементів моделі об'єкта автоматичного керування за умови забезпечення точності ідентифікації на рівні – до 10% для максимальної відносної похибки, до 5 % для відносної величини середньоквадратичного відхилення;
- розробити апаратне забезпечення системи автоматичного керування температурою матеріалу на поверхні барабану вакуумної двохвальцьової сушарки.

1.5 Висновки по розділу

За результатами аналізу об'єкта керування як об'єкта автоматизації та об'єкта дослідження зробимо наступні висновки:

- об'єктом дослідження у кваліфікаційній роботі є процес сушки пивних дріжджів у вакуумній двохвальцьовій сушарці;
- предметом дослідження у кваліфікаційній роботі є система автоматичного керування температурою матеріалу на поверхні барабану вакуумної двохвальцьової сушарки;
- об'єкт керування у кваліфікаційній роботі відноситься до класу неперервних об'єктів керування;
- для визначення статичних характеристик та динамічних моделей елементів моделі об'єкта автоматичного керування будуть застосовані методи регресійного аналізу, статистичної обробки даних та теорії автоматичного управління;
- розробка апаратного забезпечення системи автоматичного керування температурою матеріалу на поверхні барабану вакуумної

двохвальцьової сушарки буде здійснюватися на базі програмованого логічного контролера.

2 РОЗРОБКА АПАРАТНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ

2.1 Розробка структурної схеми системи управління

На рис. 2.1 зображена структурна схема автоматизації двохвальцьовою вакуум-сушарки, на якому ми можемо побачити промисловий контролер AMD – 7188 усі керівники, що входять і виходять з нього, сигнали.

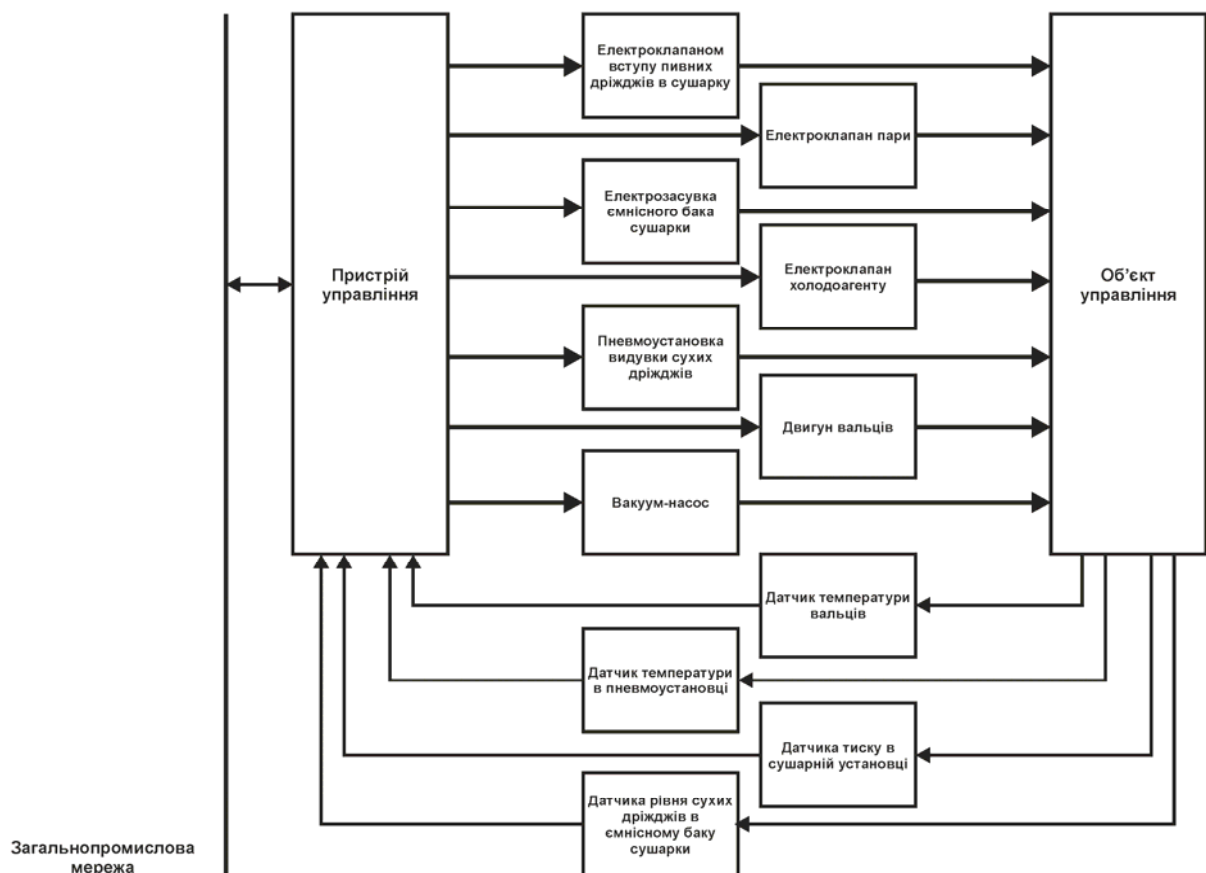


Рисунок 2.1 – Структурна схема

Сигнали, що входять в промисловий контролер:

- датчика максимальної температури вальців;
- датчика мінімальної температури вальців;
- датчика максимального тиску в сушарній установці;
- датчика мінімального тиску в сушарній установці;
- датчика мінімальної температури в пневмоустановці;

- датчика максимальної температури в пневмоустановці;
 - датчика рівня сухих дріжджів в ємнісному баку сушарки;
- Сигнали, що виходять з промислового контролера пристрою:
- електроклапаном вступу пивних дріжджів в сушарку;
 - електроклапаном пари;
 - пневмотрас ємнісного бака сушарки;
 - електроклапаном холодоагенту;
 - пневмоустановки видувки сухих дріжджів;
 - двигуном вальців;
 - вакуум-насосом.

2.2 Розробка структурної схеми інформаційних потоків

Архітектура системи вибрана з наступних міркувань. Забезпечення розподілу функцій між компонентами системи. Значно спростити локалізацію несправності, при виникненні якої частенько міняється функціонально закінчений модуль, що зменшує час відновлення або ремонту системи.

При виході з ладу одного модуля, частина системи, що залишилася, зберігає працездатність, оскільки функціональні модулі системи однотипні (електроклапани, електромагнітні пускачі і так далі), мають високу міру взаємозамінюваності і уніфікації.

Максимальне використання виробів визнаних у світі виробників і монтаж відповідно до їх рекомендацій. Гарна якість, величезний досвід експлуатації і висока надійність, гарантії, підтримка, і так далі.

Жорстке розмежування критичних завдань управління процесу і завдань сервісу і експлуатації. Хоча за допомогою ПК-станції і за допомогою обміну даними між нею і промисловим контролером можливе повне управління системою (аж до реалізації алгоритму), функції управління безпосередньо із станції зведені до мінімуму, що викликано можливі помилки і їх наслідками при роботі відкритої системи ПК (операційна система, неумисна помилка оператора і так далі). Крім того, умови експлуатації пред'являють підвищені вимоги до апаратної частини, а дійсно промислові ПК – досить рідкісне явище.

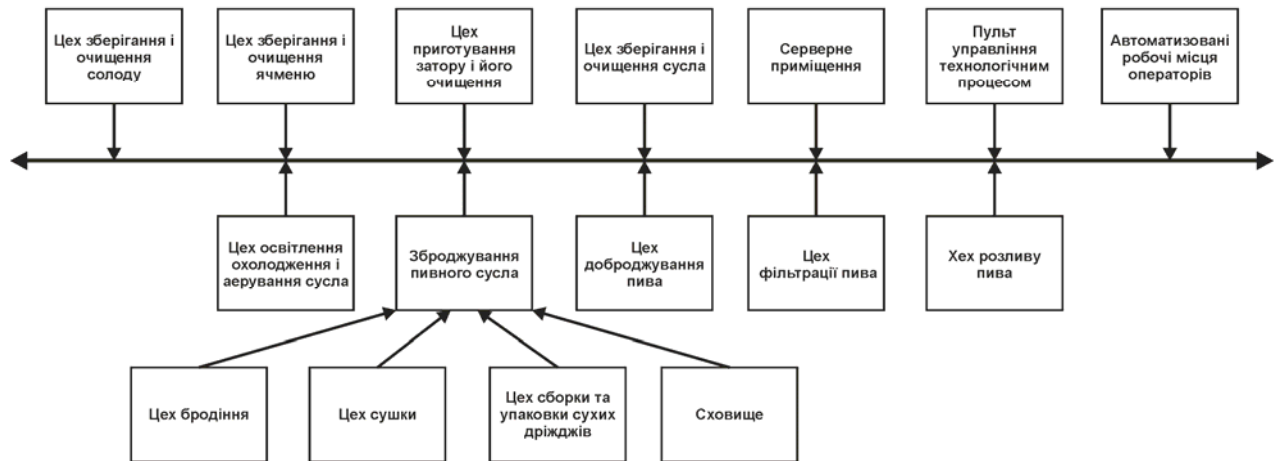


Рисунок 2.2 – Структурна схема інформаційних потоків

На розробленій структурній схемі АСУ ТП показані структурні елементи системи управління і взаємозв'язки між ними. Структурна схема системи автоматизованого управління виробництва пива побудована по трирівневій структурі.

На нижньому рівні системи розташовуються локальні регулятори технологічного устаткування, керовані відповідними підсистемами. Це облаштування реєстрації інформації і управління: датчики температури і тиску, електроклапани, двигуни, насоси.

На середньому рівні єдиний інформаційний канал зв'язку, призначений для безпосереднього вирішення технологічного завдання, а також, блоки індикації і джерела безперебійного живлення. Середній рівень забезпечує збір інформації про стан устаткування, автоматичне управління відповідно до заданого алгоритму, передачу інформації про стан системи на верхній рівень, включення блокування і аварійної сигналізації, позаштатних ситуаціях, відробіток команд, що поступають від оператора, при роботі у складі АСУ ТП виготовлення пивних дріжджів.

Верхній рівень системи - автоматизоване робоче місце оператора будується на основі промислового ПК, який пов'язаний з іншими рівнями засобами мережі Ethernet. Інформація, що поступає з локальних регуляторів і підсистем управління, відображається у вигляді мнемосхем на екранах

персональних комп'ютерів робочих станцій. Уся технологічна лінія має бути розділена на ділянки, які відображаються в окремих вікнах. Для полегшення роботи операторів і суворого дотримання технології управлінням займається тільки технолог цеху завдяки особливим правам доступу до бази даних і управління технологічним процесом. Зручне відображення звітів і результатів сушки і видуву дозволять операторам робити управління в автоматичному режимі.

Система у своєму складі містить наступні підсистеми:

- підсистема цеху зберігання і очищення солоду;
- підсистема цеху зберігання і очищення ячменю;
- підсистема цеху приготування затору і його очищення;
- підсистема цеху кип'ятіння і очищення сусла;
- підсистема цеху освітлення охолодження і аерування сусла;
- підсистема зброджування пивного сусла;
- підсистема цеху доброджування пива;
- підсистема цеху фільтрації пива;
- підсистема цеху розливу пива.

Підсистема зброджування пивного сусла складається з чотирьох підсистем:

- підсистеми цеху бродильні;
- підсистеми цеху сушки;
- підсистеми цеху складання і упаковки пивних дріжджів;
- підсистеми сховища.

У кваліфікаційній роботі детально розглядається питання створення підсистеми управління в цеху сушки - сушарною установкою і видуву з неї сухих дріжджів. Основною структурною ланкою підсистеми управління сушарною установкою є облаштування управління, виконане на промисловому контролері. На його входи поступають сигнали від технологічних дискретних і аналогових датчиків, до яких відносяться: датчики рівня, датчики температури, датчики тиску, команди з лінії зв'язку.

Вихідними сигналами облаштування управління є сигнали, що подаються на виконавчі механізми. До виконавчих механізмів відносяться: блок управління вакуум-насосом, блок управління електроклапанами, блок управління пневмоустановкою, блок управління двигуном вальців.

Додатково до вихідних сигналів контролера управління відносяться сигнали, що передаються на панель оператора, для управління і інформації, що відображає стан і працездатність системи управління.

2.3 Вибір апаратного забезпечення системи управління

Для забезпечення найбільш ефективної побудови блоку управління необхідно вибрати елементну базу для створення програмного пристрою (контролера), що забезпечує логіку управління дозатором і інформаційного (послідовного) каналу зв'язку, що забезпечує організацію єдиної інформаційної мережі для управління технологічним процесом виробництва.

2.3.1 Вибір датчиків

При проектуванні підсистеми управління двох-вальцевою сушарки потрібне забезпечення точного виміру температури для цього робився вибір датчиків температури, найбільш відповідних по конструктиву і своїм характеристикам для їх використання в сушарці і пневмоустановці.

Можна запропонувати до використання чутливий елемент марки ЧЭПТ-43, зовнішній вигляд якого представлений на рис. 2.3.



Рисунок 2.3 - ЧЭПТ-43

Загальний вигляд датчика представлений на рис. 2.4, а його габаритні параметри наведені табл. 2.1.

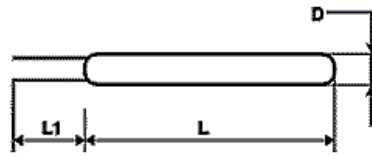


Рисунок 2.4 – Загальний вигляд датчика

Таблиця 2.1 – Опис датчика

L	D	L1	Діапазон температур, °C	Матеріал введень
33	4	10	-200... +500	Срібло, 1,392

Чутливі елементи призначені для використання, як у складі платинових термометрів опору, так і в якості самостійного виробу для виміру температури різних середовищ.

Технічні характеристики:

- срібний елемент із захисною оболонкою Корунд 799;
- клас точності чутливого елементу А;
- малогабаритна конструкція, оптимально підходить для конструкції сушарки і пневмоустановки;
- температура експлуатації: $-200...+500^{\circ}\text{C}$;
- довжина кабелю: 12 м, захисний екран кабелю гальванічна не пов'язаний з корпусом датчика;
- тип вихідного сигналу 4...20 мА.

При проектуванні підсистеми управління двох-вальцьовою сушаркою потрібне забезпечити точний вимір тиску усередині двох-вальцьової вакуум-сушарки. Для цього робився вибір датчиків тиску, найбільш відповідних по конструктиву і своїм характеристикам для їх використання в сушарній установці.

Можна запропонувати до використання датчик тиску АИР-10/М1–ДД, зовнішній вигляд якого представлений на рис. 2.5.

Датчики тиску використовуються в системах автоматичного контролю, регулювання і управління технологічними процесами.



Рисунок 2.5 - АИР –10/М1–ДД

Технічні характеристики:

- датчики надмірного і абсолютного тисків, надмірного, розпряженого і диференціального (ДД, моделі 14·7 і 14·8): газ, рідина, пара, у тому числі агресивні середовища;
- живлення здійснюється від джерел постійного струму напругою від 9...до 36 В при номінальному значенні 24 В або 36 В;
- похибки, що припускається, від 0,1%;
- вихідний сигнал прямої 4...20 мА;
- кліматичне використання: – 25...+70 С;
- міра захисту від пилу і вологи IP 65;
- маса 0,6 кг;
- вимірювані середовища газ, рідина, пара, агресивні середовища.
- можливість налаштування приладу на нестандартні діапазони вимірюваних тисків (здійснюється через інтерфейс RS232 с допомогою програмного забезпечення);
- можливість установки світлодіодного індикатора.

2.3.2 Вибір виконавчих пристроїв

Для забезпечення управління дріжджовою суспензією, яка подається в сушарну установку використовуються електроклапан Burkert тип 127.

Впровадження такого устаткування дозволяє підвищити швидкість відкриття, якість і надійність роботи.



Рисунок 2.6 – Burkert тип 127

Технічні характеристики:

- робочі середовища: агресивні гази і рідини (сильні кислоти і луги, дезінфектанти і розчинники);
- температура робочого середовища: 0...75^oC;
- максимальна температура довкілля: 55^oC;
- максимальна в'язкість середовища 25 мм²/с;
- діапазон напруги постійний / змінний струм 24 В;
- швидкодія: 300 циклів/хв.

Для забезпечення вступу сухих пивних дріжджів з ємнісного бака сушарної установки в пневмоустановку використовуються електрозасувка ZW – DN 80 PN16/G – 2s. Впровадження такого устаткування дозволяє підвищити швидкість відкриття, якість і надійність роботи.

Для забезпечення перевірки чи заповнений ємнісною бак сушарки, використовується датчик рівня ДУБ–С3а. Використання цього датчика дозволить підвищити швидкість реагування системи і точність виміру.



Рисунок 2.7 – Засувка ZW – DN 80 PN16/G – 2s (DN 80 GG25 EPDM PN16 DW ACTUATOR)



Рисунок 2.8 – ДУБ–С3а

ДУБ–С3а призначений для контролю граничного рівня пилу у бункері (місткості). Датчик складається з корпусу, мікро-редуктора, валу з плоскою пластинкою, що обертається. Встановлюється безпосередньо на стінку бункера. Як тільки рівень пилу досягає пластини, встановленої на валу, обертання валу припиняється і видається сигнал про досягнення заданого рівня. Може встановлюватися на місткості як під розрідженням, так і надмірним тиском до 5 000 Па.

Технічні характеристики:

- габарити датчика в мм: 435x180x120;

– встановлена потужність електродвигуна 6 Вт.

2.3.3 Вибір пристроїв управління

Промислові контролери загальнопромислового призначення повинні мати спеціальний сертифікат (наприклад, відповідність рівням SIL стандарту ІЕС 61508), що підтверджує їх високу надійність і живучість.

Промислові контролери цього класу найчастіше мають десятки входів / виходів від датчиків і виконавчих механізмів, невелику або середню обчислювальну потужність.

Потужність є комплексною характеристикою, залежною від розрядності і частоти процесора, а також об'єму пам'яті різного типу (оперативною, постійною і так далі).

Промислові контролери реалізують різні функції обробки вимірювальної інформації, блокування, регулювання. Багато хто з них має один або декілька фізичних портів для передачі інформації на інші системи автоматизації. Також серед локальних контролерів можна виділити дві групи: ПК – несумісні (закриті) і ПК - сумісні контролери.

Промислові контролери першої групи, як правило, базуються на спеціально розроблених процесорах. Виробник оснащує ці промислові контролери власними і стандартними комунікаційними інтерфейсами, випускає різноманітні модулі розширення. Важливою особливістю промислових контролерів цієї групи є жорстка прив'язка до програмного забезпечення (ПО) фірми - виробника. Цей тип промислових контролерів, як правило, поставляється відомими, великими виробниками засобів промислової автоматизації (Siemens, Allen - Bradley, Omron, Schneider). З іншого боку, вони гарантовано забезпечують високу надійність, стабільність і відлагоджену програмного забезпечення, контролерів і модулів розширення.

До другої групи належать промислові контролери, побудовані на базі Intel – сумісних процесорів (80386EX, AMD80188 - 40, AMD DX5 – 133(5x86 – 133)). Окрім стандартних для PLC функцій ці промислові контролери мають великі можливості. Так, наприклад, на них можна покласти функції роботи з мережами,

інтерфейсу людина - машина, підтримку різних баз даних і більше дружнього інтерфейсу користувача. Таким чином, ПК – контролер можна рахувати ПК – сумісної програмованою PLC – системою, яка виконує строго певне завдання, але з можливістю гнучкого її перепрограмування.

Також в силу ПК – сумісності цих контролерів надається ширший вибір засобів програмування: стандартні мови програмування (Asm, C), спеціальні засоби розробки (що базуються на стандарті ІЕС 61131(МЭК 61131): ISAGraf і тому подібне). Виробники цього типу контролерів, як правило, менш відомі на ринку засобів автоматизації (ICP DAS, Advantech) переважно з країн Азії (Тайвань), також є російські розробки (ТЕКОН). З іншого боку, вартість цих контролерів нижче вартості своїх відоміших не ПК – сумісних аналогів. Технічні і експлуатаційні характеристики схожі з характеристиками аналогів.

Як видно з приведеного аналізу виду не значних капіталовкладень (особливо на початковому етапі проектування) для необхідного програмного забезпечення і оптимальних технічних характеристик для організації робочого місця програміста, доцільно в нашому випадку придбати промисловий контролер. При цьому можливе використання або наявних у ВНЗ засобів програмування, або використання тих, що поставляється фірмою виробниками мікросхем контролерів безкоштовно.

За узгодженням з керівником кваліфікаційної роботи, для розробки блоку управління, був зупинений вибір на використанні промислового контролеру фірми AMD, оскільки представник фірми виробника цього контролера надає безкоштовно ПО, для програмування цього контролера.

Для реалізації контролера оператора, що управляє пультом, вибраний промисловий контролер AMD і7188ха. Цей промисловий контролер вибраний у зв'язку з тим, що це один з найбільш продуктивних і дешевих пристроїв, його вартість значно нижча аналогічних контролерів інших серій (і інших виробників). Контролер зображений на рис. 2.9.



Рисунок 2.9 – AMD i7188xa

Технічні характеристики промислового контролера:

- конструкція: пластиковий корпус, монтаж на DIN рейку;
- тип процесора : AMD188ES;
- максимальна частота процесора 40 МГц ;
- оперативна пам'ять: 512 кБ;
- енергонезалежна пам'ять 2 кБ;
- електронний диск 512 кБ тип: Flash;
- інтерфейс: локальна шина процесора;
- модулі розширення : [X000], [X001], [X002], [X003], [X119], [X400], [X500], [X560], [X600], [X601], [X607], [X608];
- послідовний інтерфейс: тип: 2xRS232, RS485;
- RS – 232 / RS– 485 максимальная швидкість: 115 200 біт/з;
- роз'єми: DB9, гвинтові клеми;
- каналів дискретного введення : 2;
- вхідна напруга: логічна 1: 3,5...30 В;
- каналів дискретного виведення : 2;
- відкритий колектор: 2;
- вихідний струм: логічний 0: 100 мА;
- комутована напруга: постійне: 30 В;
- таймери: годинник реального часу і сторожовий таймер: 1,6 с;
- роз'єми: живлення: DB9-гвинтові клеми;
- додатково в комплекті: [CA - 0910];

- гальванічна ізоляція: СОМ порти: 3 000 В;
- напруга живлення : +10...+30 В;
- споживана потужність: 2 Вт;
- час напрацювання на відмову: 60 000 ч;
- програмне забезпечення: операційна система: Mini OS7;
- системне програмне забезпечення: бібліотека програмування;
- температура експлуатації : – 25...+75°C;
- температура зберігання : – 40...+80°C;
- габарити: 122 x 72 x 25 мм.

2.3.4 Вибір пультів оператора

Єдиний інформаційний канал найпростіше може бути побудований з використанням стандартизованих мережевих технологій.

Найбільш популярних промислові мережі це Profibus, CAN, DeviceNet, CANopen, Interbus, AS – Interface, ControlNet, Foundation Fieldbus і Industrial Ethernet. При остаточному виборі мережі слід віддавати перевагу мережам з відкритою архітектурою. Дійсно, розширені можливості мережевих пристроїв такі, що впровадження нового мережевого може бути легко впроваджене існуючу систему. Слід зазначити, що усі розглянуті далі по тексту мережі вже добре себе зарекомендували і можна розраховувати на технічну підтримку виробників.

Profibus. Найпоширеніша у світі відкрита промислова мережа. Частіше усього Profibus застосовується у великих складальних агрегатах, механізмах транспортування матеріалів і деталей і в управлінні технологічними процесами. Ця шина дозволяє здійснювати одно-кабельне з'єднання багатовхідних блоків, датчиків, пневматичних вентилів, складних інтелектуальних пристроїв, невеликих підмереж (типу AS - I) і операторських пультів.

Достоїнства: Profibus найпоширеніший у світі мережевий стандарт. Ця шина, вживана в Європі майже всюди, дуже популярна в Північній і Південній Америці, а також в деяких країнах Африки і Азії. Версії DP, FMS і PA в цілому задовольняють вимогам переважної більшості систем автоматизації.

Недоліки: відносно високі накладні витрати при передачі коротких повідомлень, відсутність подання живлення по шині, дещо більш висока в порівнянні з іншими шинами вартість. Крім того, орієнтація на продукти європейських компаній і виробу Siemens частенько негативно оцінюється користувачами в Північній Америці.

CAN (Controller Area Network) недорога дуже надійна основа для декількох поширених промислових шин: DeviceNet, CANopen, SDS і інших. Сам по собі CAN це усього лише низькорівневий арбітражний протокол обміну повідомленнями, реалізований в дуже дешевих (ціною менш долара) мікросхемах, що випускаються мільйонними партіями самими різними виробниками. Для перетворення його на повнофункціональний мережевий протокол потрібний додатковий програмний рівень. Високорівневі протоколи типу DeviceNet можуть розглядатися як складні набори «макросів» для CAN-повідомлень, спеціально призначені для автоматизації. Також базуються на CAN мережі автоматизації SDS і CANopen. Ще один поширений стандарт – J1939, був розроблений суспільством автомобільних інженерів SAE. Цей стандарт є прикладний CAN – рівень, призначений для використання у вантажівках і автобусах, тобто в середовищі з великим рівнем електромагнітних завад і можливістю ушкодження фізичного каналу зв'язку - коротке замикання, обрив одного з двох дротів.

CANopen. Типові сфери застосування : в основному в системах управління переміщенням, в складальних, зварювальних і транспортуваннях агрегатах. Використовується для однокабельного з'єднання багатовхідних блоків датчиків, інтелектуальних датчиків, пневматичних вентилів, зчитувачів штрих - кодів, приводів і операторських пультів.

Достоїнства: в порівнянні з іншими мережами на базі шини CAN мережа CANopen більшою мірою придатна для швидкодіючих систем управління переміщенням і контурів регулювання із зворотним зв'язком. Висока надійність, раціональне використання пропускнуої спроможності, подання живлячої напруги по мережевому кабелю.

Недоліки: мала поширеність за межами Європи, надмірна складність і заплутаність протоколу з точки зору розробників, а також загальні для усіх CAN-мереж недоліки (обмежена пропускна спроможність, обмежений розмір повідомлень, обмежена довжина з'єднання).

DeviceNet. Універсальна шина для заводських мереж і додатків нижнього і середнього рівнів.

Достоїнства: дешевизна, широке поширення, висока надійність, ефективне використання пропускної спроможності, подання живлячої напруги по мережевому кабелю.

Недоліки: обмежена пропускна спроможність, обмежений розмір повідомлень, обмежена довжина з'єднання.

Interbus високошвидкісна детермінована європейська промислова шина. Типові сфери застосування: в основному в складальних, зварювальних і транспортуваннях агрегатах. Використовується для однокабельного з'єднання багатовхідних блоків датчиків, пневматичних вентилів, зчитувачів штрих - кодів, приводів і операторських пультів. Може застосовуватися разом з підмережами Sensor Loop і AS – I.

Достоїнства: що істотно спрощує конфігурація системи авто-адресації, розширені діагностичні можливості, широка поширеність (особливо в Європі), низькі витрати, малий час відгуку, раціональне використання пропускної спроможності, подання напруги живлення (для облаштувань введення) по мережевому кабелю.

Недоліки: збій будь-якого з'єднання призводить до відмови усієї мережі; обмежені можливості по передачі даних великого об'єму.

AS – I (Actuator Sensor Interface): найпростіша (можливо, і найдешевша) промислова шина. Типові сфери застосування : в основному в складальних, зварювальних і транспортуваннях агрегатах. Використовується для однокабельного з'єднання багатовхідних блоків датчиків, інтелектуальних датчиків, пневматичних вентилів, комутаторів і індикаторів.

Достоїнства: надзвичайна простота, дешевизна, поширеність, висока швидкодія, подання живлячої напруги по мережевому кабелю. Чудовий засіб для об'єднання облаштувань цифрового введення / виведення.

Недоліки: погано підходить для об'єднання пристроїв аналогового введення / виведення; обмежені розміри мережі; слабка поширеність в Північній Америці(нині).

ControlNet промислова шина для промислових систем високого рівня. Типові сфери застосування : відповідальні загальнозаводські мережі, що об'єднують персональні комп'ютери, програмовані контролери, підмережі (DeviceNet, Foundation Fieldbus H1 і тому подібне) і засоби автоматизації технологічних процесів. Шина ControlNet використовується також для високошвидкісної передачі чутливих до часу даних введення/виведення, звичайних повідомлень, для завантаження/вивантаження програмуючих і конфігуруючих параметрів, а також для обміну повідомленнями між одноранговими пристроями.

Достоїнства: детерміноване, стабільне, раціональне використання пропускної спроможності; дешевше, ніж у більшості інших мереж, включаючи Ethernet, резервування. Дані можуть передаватися по будь-якому транспортному міжмережевому протоколу через Ethernet, Firewire і USB.

Недоліки: обмежена підтримка виробниками, дорожня спеціалізованих мікросхем компанії Rockwell.

Foundation Fieldbus H1 і HSE подвійне рішення для оброблювальної промисловості. Це відкритий міжнародний стандарт для відповідальних систем управління технологічними процесами і безпечних умов експлуатації. H1 внутрішньо безпечна шина (Intrinsically Safe), 31,25 кбіт/с; HSE високошвидкісний Ethernet (High Speed Ethernet), 100 Мбіт/с. Основою є стандарт ISA SP50/IEC 61158. Типові сфери застосування: розподілені системи управління, управління безперервними процесами, періодичні технологічні процеси.

Достоїнства: гнучкий розвинений протокол, що має широкі можливості; внутрішня безпека, інтегрований підхід для рівнів облаштувань автоматики і загальнозаводського устаткування; серйозні претензії на роль майбутнього.

Недоліки: орієнтація на оброблювальну промисловість, обмежений набір сумісних пристроїв, млявість процесів стандартизації і прийняття в промисловості.

Ethernet. Неофіційний світовий стандарт адміністративних і обчислювальних мереж. Типові сфери застосування: майже повсюдна поширеність в офісних і локальних адміністративних мережах. Широко використовується для зв'язку персональних комп'ютерів, програмованих контролерів і систем, що управляють. Поступово починає застосовуватися і на рівні датчиків« у виробничих системах.

Достоїнства: найпоширеніший і практично універсальний міжнародний мережевий стандарт. Підтримує передачу великих об'ємів даних з високою швидкістю, задовольняє потреби великих систем.

Недоліки: великі витрати при передачі даних невеликого об'єму. Подання живлячої напруги по мережевому кабелю не робиться. Фізично уразливі конектори, підвищена в порівнянні з іншими промисловими шинами чутливість до електромагнітних завад. Занадто велика різноманітність відкритих і фірмових стандартів обробки даних.

Об'єднання мільйонів комп'ютерів в мережі і поширення Інтернету по всьому світу перетворило Ethernet на загальний мережевий стандарт. Апаратні і програмні засоби для Ethernet досягли такого рівня, коли будувати нескладні мережі і підключати комп'ютери один до одного здатний навіть абсолютно недосвідчений користувач.

Апаратні засоби для Ethernet коштують украй дешево і продаються всюди, у будь-якому магазині електронних і комп'ютерних товарів, а також на сайтах електронної торгівлі. Якщо промислові шини сприймаються як щось дороге і впроваджуване насилу, то на Ethernet дивляться як на панацею від усіх бід. Більше того, проведені трьома найбільшими автомобільними виробниками дослідження показали, що в принципі Ethernet в змозі задовольнити до 70

відсотків усіх потреб мережевих виробничих систем. Необхідно пам'ятати, що, як і RS – 232, Ethernet є усього лише стандартом фізичного рівня. Існування фізичного з'єднання забезпечує можливість передачі повідомлень, але не гарантію власне зв'язку.

Як і у випадку з вибором елементної бази для побудови програмного пристрою слід керуватися тими ж критеріями - простотою доступністю і ціною, а це, безумовно, Ethernet.

Наприклад, це може бути варіант з використанням найбільш простого і дешевого стандарту 10Base - T. Це кабель на основі неекранованої витої пари (Unshielded Twisted Pair, UTP). Одна пара служить для передачі даних, інша - для прийому. Утворює зіркоподібну топологію з концентратором. Відстань між концентратором і кінцевим вузлом - не більше 100 м. Максимальна довжина сегменту – 100 м. Максимальне число станцій в сегменті - 2. Тип використовуваного з'єднувача – RG45. Категорія мережевих компонентів – 3 і вище. Макс. число репітерів між станціями - 2. Мережі, побудовані на основі стандарту 10Base, - T, мають в порівнянні з коаксіальними варіантами Ethernet багато переваг. Ці переваги пов'язані з розділенням загального фізичного кабелю на окремі кабельні відрізки, підключені до центрального комунікаційного пристрою. І хоча логічна ці відрізки як і раніше утворюють загальний домен колізій, їх фізичне розділення дозволяє контролювати їх стан і відключати у разі обриву, короткого замикання або несправності мережевого адаптера на індивідуальній основі. Ця обставина істотно полегшує експлуатацію великих мереж Ethernet, оскільки концентратор зазвичай автоматично виконує такі функції, повідомляючи при цьому адміністратора мережі про виниклу проблему. Максимальне число концентраторів між будь-якими двома станціями мережі рівне 4. Загальна кількість станцій в мережі 10Base – T не повинна перевищувати загальної межі в 1 024, і для цього типу фізичного рівня ця кількість дійсно можна досягти. Для цього досить створити дворівневу ієрархію концентраторів, розташувавши на нижньому рівні достатню кількість концентраторів із загальною кількістю портів 1 024. Кінцеві вузли треба підключити до портів концентраторів нижнього рівня. Правило 4-х хабов при цьому виконується - між

будь-якими кінцевими вузлами буде рівно 3 концентратори. Обмеження в 2 500 м довжини мережі, тут розуміється як максимальну відстань між будь-якими двома кінцевими вузлами мережі, ще часто застосовується також термін "максимальний діаметр мережі". Очевидно, що якщо між будь-якими двома вузлами мережі повинно бути не більший за 4-х повторювачів, то 4 – максимальний радіус мережі 10Base - T складає $5 \cdot 100 = 500$ м.

Враховуючи, що у вибраному контролері немає Ethernet – каналу святи, то не обходжений знайти конвертор Ethernet в один з наявних послідовних каналів, найбільш відповідним, для цих цілей являється послідовний канал типу USART (RS-232).

Конвертер призначений для забезпечення можливості передачі сигналів інтерфейсу RS – 485 по локальній мережі. Зовнішній вигляд модуля ІМ-200, представлений на рис. 2.10. Конвертер має свій IP- адреса (встановлюваний користувачем) і дозволяє здійснити доступ до інтерфейсу RS-485 з будь-якого комп'ютера, підключеного до локальної мережі і встановленим відповідним програмним забезпеченням. Для підтримки роботи з конвертером поставляються 2 програми: Port Redirector - підтримка інтерфейсу RS-485 (RS-232 COM-порт або TTL- сигналів для USART) на рівні мережевої карти і конфігуратор Lantronix, що дозволяє встановити прив'язку конвертера до локальної мережі користувача, а також задати параметри інтерфейсу RS – 485 (швидкість передачі, кількість біт даних і так далі) Конвертер забезпечує повністю прозору прийом і передачу даних у будь-якому напрямі.



Рисунок 2.10 - Модуль EM - 200 перетворювача Ethernet (100BaseT) - USART
TTL(RS – 485)

Живлення конвертера напругою +5 В здійснюється через роз'єм інтерфейсу RS – 485. Максимальний струм, споживаний конвертером, не більше 350 мА.

Зовнішній вигляд роз'єму модуля Ethernet 10Base – T представлений на рисунку 2.10, а призначення виведення представлене в табл. 2.2.



Рисунок 2.11 – Роз'єму модуля Ethernet 10Base–T

- а) – Female (розетка);
б) – Male (вилка)

Таблиця 2.2 - Виведень роз'єму RJ45 (Ethernet)

Номер роз'єму	Назва	Опис
1	TX D1+	Transceiver data +
2	TX D1 -	Transceiver data -
3	RX D2+	Receive data +
4	BI D3+	Bi - directional Data+
5	BI D3 -	Bi - directional Data -
6	RX D2 -	Receive data -
7	BI D4+	Bi - directional Data+
8	BI D4 -	Bi - directional Data -

Призначення виведення розпайки для провідників USART TTL представлені в табл. 2.3.

Таблиця 2.3 - Виведення розпайки для провідників USART TTL

N	Позначення	Напря́м	Сигнал
1	RxD	Вхід	Receive Data
2	TxD	Вихід	Transmit Data
3	GND	–	Ground

Для зв'язку між підсистемами використовується мережа Ethernet для передачі даних від технологічного устаткування до диспетчерського устаткування.

2.4 Розробка функціональної схеми автоматизації

На рис. 2.12 зображена функціональна схема автоматизації двохвальцьовою вакуум-сушарки. На якій ми можемо побачити основні складові частини системи і лінії зв'язку між ними. Розглянемо схему по основних

компонентах. Чан - використовується для промивки дріжджів водою або розсолем (NaCl), в чан ведуть наступні труби: з водопровідною водою, розсолем, дріжджами з бродильні і труба по якій поступають дріжджова суспензія з бака накопичувача, усі труби управляються електроклапанами. З чана виходить труба, по якій дріжджі поступають в сепаратор, в двох-вальцьову вакуум-сушарку, або в заводську каналізацію. Сепаратор служить для відділення дріжджовій суспензії від води, і розсолу, а потім після сепаратора суспензія за допомогою насоса закачується у бак-накопичувач.

З бака накопичувача дріжджова суспензія поступає в чан, але у разі аварії оператор може вилити її в заводську каналізацію. При отриманні, що очищення дріжджів завершилося, поступає сигнал з лінії зв'язку на двох-вальцьову вакуум-сушарку, включається автоматизоване управління сушаркою за інформацією тих, що поступають з датчиків : тиску, температури, рівня наповненості ємнісного бака сушарки, за допомогою вакуум-насоса, електроклапана вступу пари, електрозасувки, електроклапана холодоагенту.

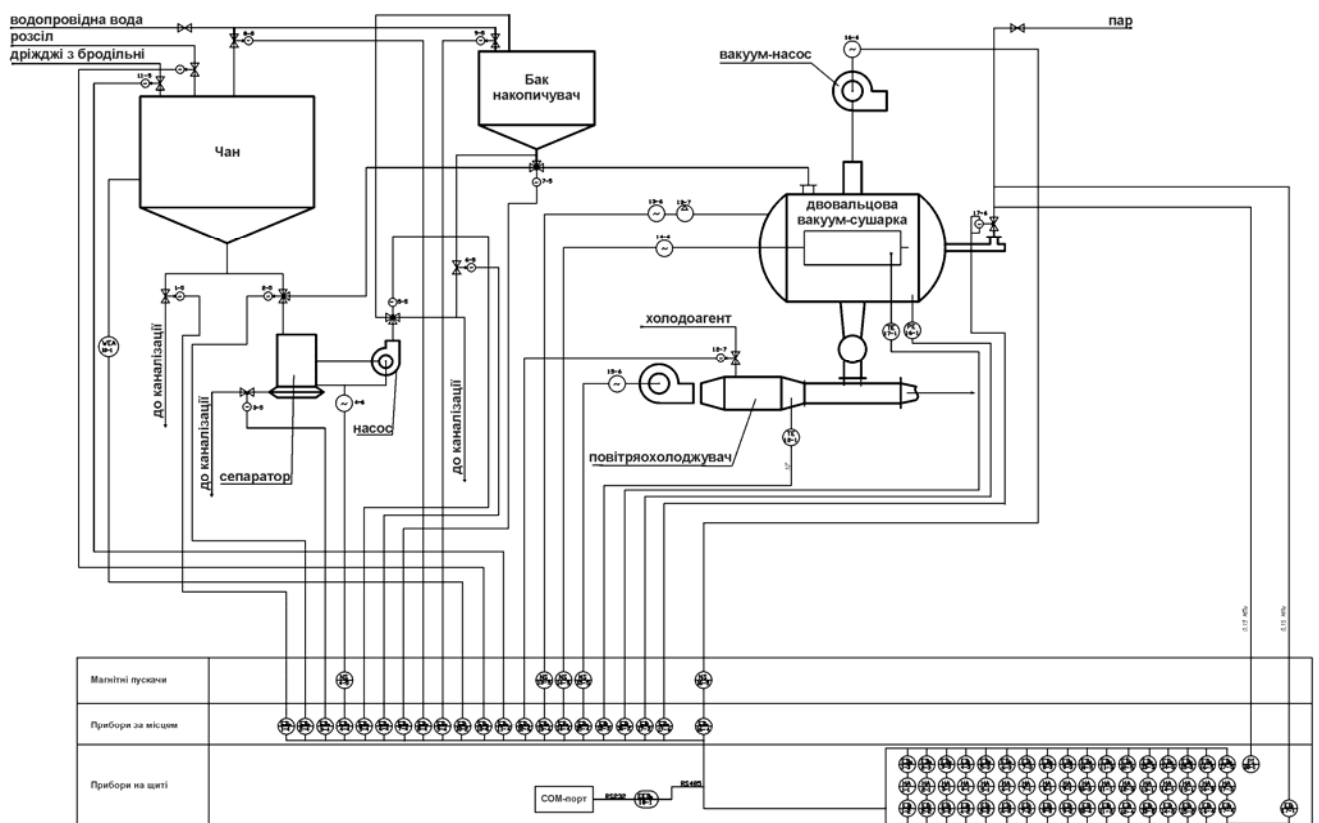


Рисунок 2.12 – Функціональна схема

Ще при вступі сигналу з лінії зв'язку включення електроживлення насоса повітроохолоджувача і двигуна вальців.

2.5 Розробка схеми електричної принципової

Схема електрична принципова містить план з розміщенням і координацією приладів і засобів. Елементи системи з'єднані за допомогою кабелю UTP-CAT5. Схема електрична принципова наведена на рис. 2.13

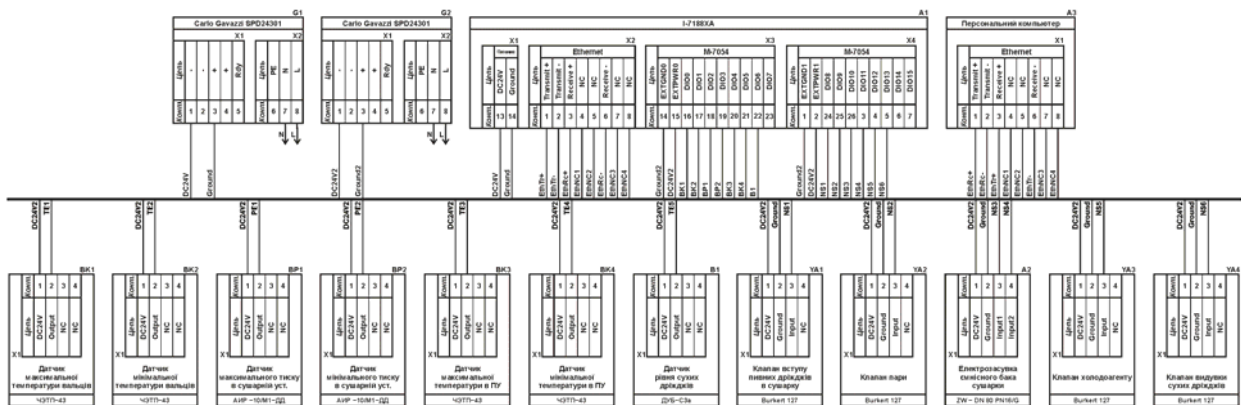


Рисунок 2.13 – Схема електрична принципова

2.6 Висновки по розділу

На основі аналізу існуючих рішень і методів побудови системи автоматизації була розроблена структурна схема АСУ ТП виробництва сухих пивних дріжджів, визначені основні її функції, детально розроблена підсистема управління сушарної установки і видуву з не готової продукції. Підсистема управління сушарною установкою виконана на базі промислового контролера AMD i7188xa. Роз-роблена система забезпечує підвищення надійності і безпеки процесу виготовлення сухих дріжджів, що підвищить їх якість і забезпечить збільшення об'єму продукції, що випускається. Також був розроблений алгоритм роботи.

3 ВИЗНАЧЕННЯ МОДЕЛІ ОБ'ЄКТА УПРАВЛІННЯ

3.1 Розробка структурної схеми інформаційних потоків дослідницької системи

Система дослідження призначена для збору інформації про об'єкт управління. Основними функціями системи є формування або реєстрування керуючого впливу, який подається на об'єкт управління, реєстрування дійсного значення на виході об'єкта, візуалізація отриманих даних та їх надання у зручному для подальшої обробки виді.

Згідно з завданням та розробленим апаратним забезпеченням для системи автоматизації двохвальцьової вакуумної сушарки BLAW KNOX.

Згідно з аналізом роботи вакуумної двохвальцьової сушарки, як об'єкта автоматичного керування за температурою матеріалу на поверхні барабана, треба в першу чергу синтезувати модель самого об'єкта автоматичного керування, яка залежить від самого теплофізичного процесу.

Виконавчим органом для досліджуваної системи автоматичного керування температурою матеріалу на барабані вакуумної сушарки є заслінка у паропроводі й її привод, первинним прибором виступає термоелектричний перетворювач, який має діапазон вимірювання - 200...+500 °C з сигналом струму $4 \div 20$ mA, пристрій управління в якості котрого виступає промисловий програмований контролер.

Виконавчий елемент малу інерційність у порівнянні з постійною часу самого об'єкту (за технічними характеристиками – 7 с, проти десятків годин або навіть до декілька годин). Таким чином, на першому етапі моделювання можна знехтувати цією затримкою.

Згідно з завданням система управління повинна реалізовувати розігрів поверхні барабану до заданої температури, з заданою швидкістю розігріву.

Візуалізація процесу управління відбувається за допомогою персонального комп'ютера з програмним комплексом SCADA-система zenon. Така система дозволяє крім функцій управління виконувати функції дослідження об'єкту для чого достатньо використати дослідницьке програмне забезпечення.

Виходячи з цього розроблена структурна схема інформаційних потоків дослідницької системи яка наведена на рис. 3.1.

Згідно з структурною схемою система дослідження може формувати керуючий вплив, у якості котрого виступає кількість пару діапазоні 0-1 900 м³/год. Система може контролювати температуру поверхні барабану, за допомогою датчика температури. Управління розігрівом та підтримки заданого температурного режиму прання відповідає VIPA 214-2BS33.

Зв'язок між програмованим логічним контролером та персональним комп'ютером з програмним комплексом SCADA-система zenon реалізується за допомогою інтерфейсу Ethernet.

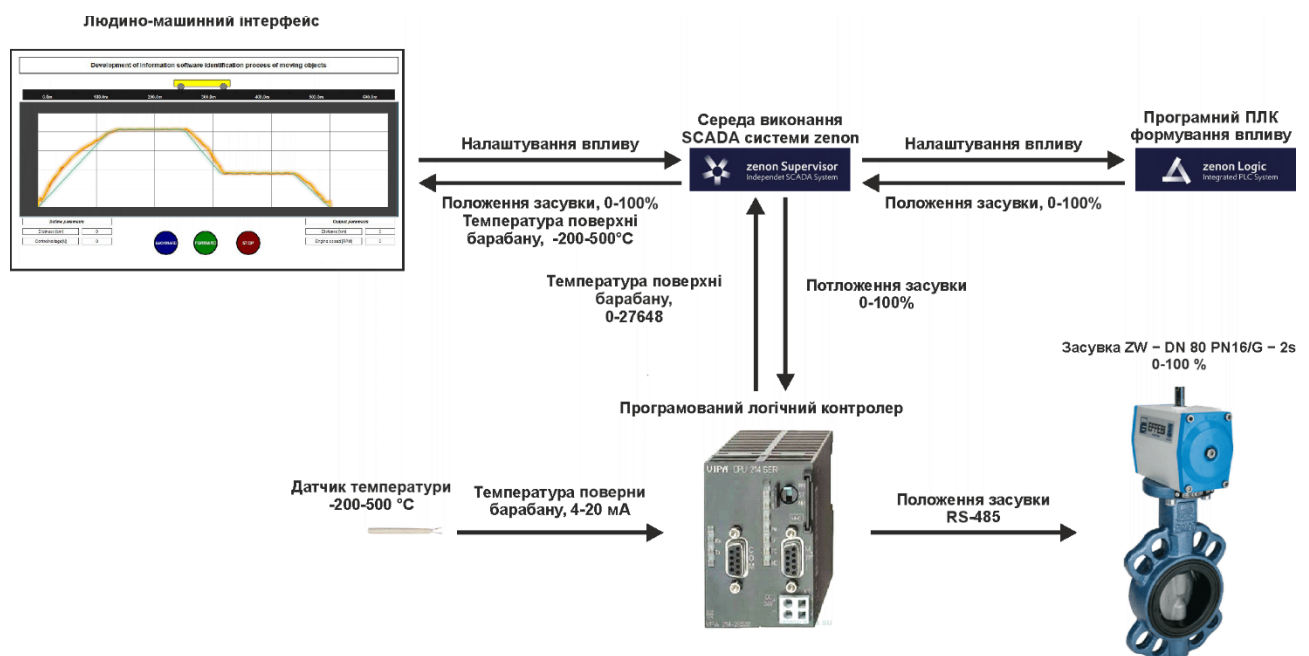


Рисунок 3.1 – Структурна схема інформаційних потоків дослідницької системи

3.2 Розробка методики дослідження об'єкта управління

Система дослідження дозволяє формування різноманітних керуючих впливів та поданнях їх на виконавчий пристрій. При цьому об'єкт управління накладає ні яких обмежень на керуючий вплив. Виходячи з цього об'єкт управління може бути досліджено за допомогою метода активного експерименту.

Для виконання ідентифікації об'єкта управління необхідного отримати його динамічну, статичну характеристику та перевіірочні данні.

З метою виконання ідентифікації об'єкта управління використовуючи метод активного експерименту необхідно отримати його динамічну характеристику, данні для побудови статичної характеристики, характеристику при П-образному керуючому впливі та перевірочні данні. Виходячи з цього складено план експерименту:

1. Налаштувати систему дослідження.
2. Отримати динамічну характеристику.
 - 2.1. Привести об'єкт управління до початкових умов, температура поверхні барабану становить 20 С, а засувка закрита, витрати пару 0 м³/год.
 - 2.2. Запустити процес реєстрування.
 - 2.3. Подати у якості керуючого впливу максимальні витрати пару 1 900 м³/год – максимальний нагрів поверхні барабану, (100 %) дочекатися досягнення усталеного режиму.
 - 2.4. Зупинити нагрів, витрати пару 0 м³/год.
 - 2.5. Зупинити процес реєстрації.
3. Отримання даних при П-образному впливі.
 - 3.1 Привести об'єкт управління до початкових умов (дивись п. 2.1).
 - 3.2 Запустити процес реєстрування.
 - 3.3. Задати потужність нагріву 100 % (витрати пару 1 900 м³/год), дочекатися досягнення усталеного режиму.
 - 3.4. Задати потужність нагріву 0 % (витрати пару 0 м³/год), дочекатися досягнення усталеного режиму (дивись п. 2.1).
 - 3.5. Зупинити процес реєстрації.
4. Отримання перевірочних даних.
 - 4.1. Привести об'єкт управління до початкових умов (дивись п. 2.1).
 - 4.2. Налаштувати псевдовипадковий вплив таким чином, щоб період зміни впливу бажано був у п'ять разів менший за час перехідного процесу, а амплітуда впливу змінювалася в дискретно в діапазоні 0...100 % (витрати пару 0...1 900 м³/год).
 - 4.3. Запустити процес реєстрування.
 - 4.4. Запустити формування псевдовипадкового впливу.

4.5. Виконувати реєстрацію бажано на протязі часу не менш за десяти перехідних процесів.

4.6. Зупинити процес реєстрації.

5. Отримання даних за для побудови статичної характеристики.

5.1. Привести об'єкт управління до початкових умов, потужність нагріву 0% (витрати пару 0 м³/год), дочекатися досягнення усталеного режиму.

5.2. Запустити процес реєстрування.

5.3. Задати потужність нагріву 20 % (витрати пару 380 м³/год), дочекатися досягнення усталеного режиму.

5.4. Задати потужність нагріву 40 % (витрати пару 760 м³/год), дочекатися досягнення усталеного режиму.

5.5. Задати потужність нагріву 60 % (витрати пару 1 140 м³/год), дочекатися досягнення усталеного режиму.

5.6. Задати потужність нагріву 80 % (витрати пару 1 520 м³/год), дочекатися досягнення усталеного режиму.

5.7. Задати потужність нагріву 100 % (витрати пару 1 900 м³/год), дочекатися досягнення усталеного режиму.

5.8. Зупинити процес реєстрації.

Формування керуючих впливів та реєстрування даних буде виконуватися програмованим логічним контролером з подальшою передачею результатів до програмного комплексу zenon.

3.3 Виконання експерименту

Для імітаційної моделі сушарки за каналом керування «витрати пару – температура матеріалу на поверхні барабану, вихідними даними для проведення ідентифікації об'єкта керування є експериментальні криві розгону, при цьому вхідною величиною є витрати пару у м³/год, а вихідною – температура матеріалу на поверхні барабана вакуумної сушарки.

Початкова температура поверхні барабану становить 20 °С, що дорівнює температурі навколишнього середовища під час проведення експерименту.

На першому етапі проведення експерименту виконано налаштування системи дослідження таким чином, що керуючий вплив може знаходитися дискретно в діапазоні 0...100 % (витрати пару 0...1 900 м³/год), а значення температури поверхні барабану в діапазоні 20...60 °С.

На другому етапі було виконано отримання динамічної характеристики об'єкта управління (рис. 3.2).

Для цього нагрів було встановлено на потужність нагріву 0 %. Після досягнення усталеного режиму потужність нагріву було встановлено на потужність 100 %. Після досягнення усталеного режиму експеримент було закінчено.

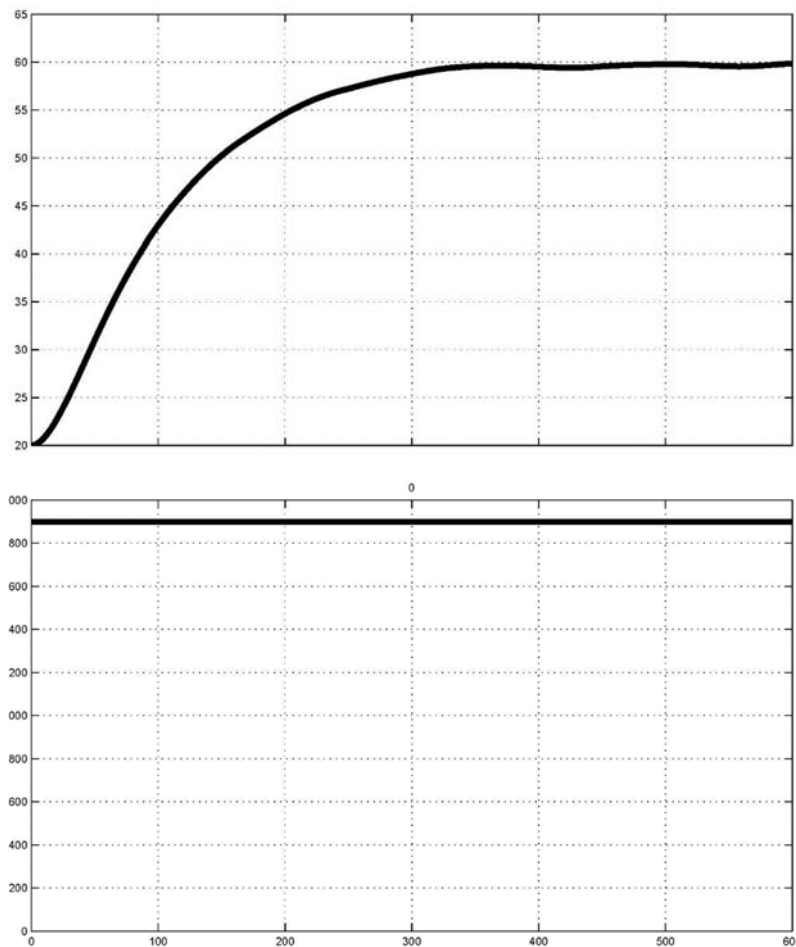


Рисунок 3.2 – Отримання динамічної характеристики

На третьому етапі було виконано отримання даних П-образному керуючому впливі (рис. 3.3). Для цього потужність було нагрів на потужність 0 %. Після досягнення усталеного режиму нагрів було встановлено на

потужність 100 %. Після досягнення усталеного режиму нагрів було встановлено на потужність 0 %. Після досягнення усталеного режиму експеримент було закінчено.

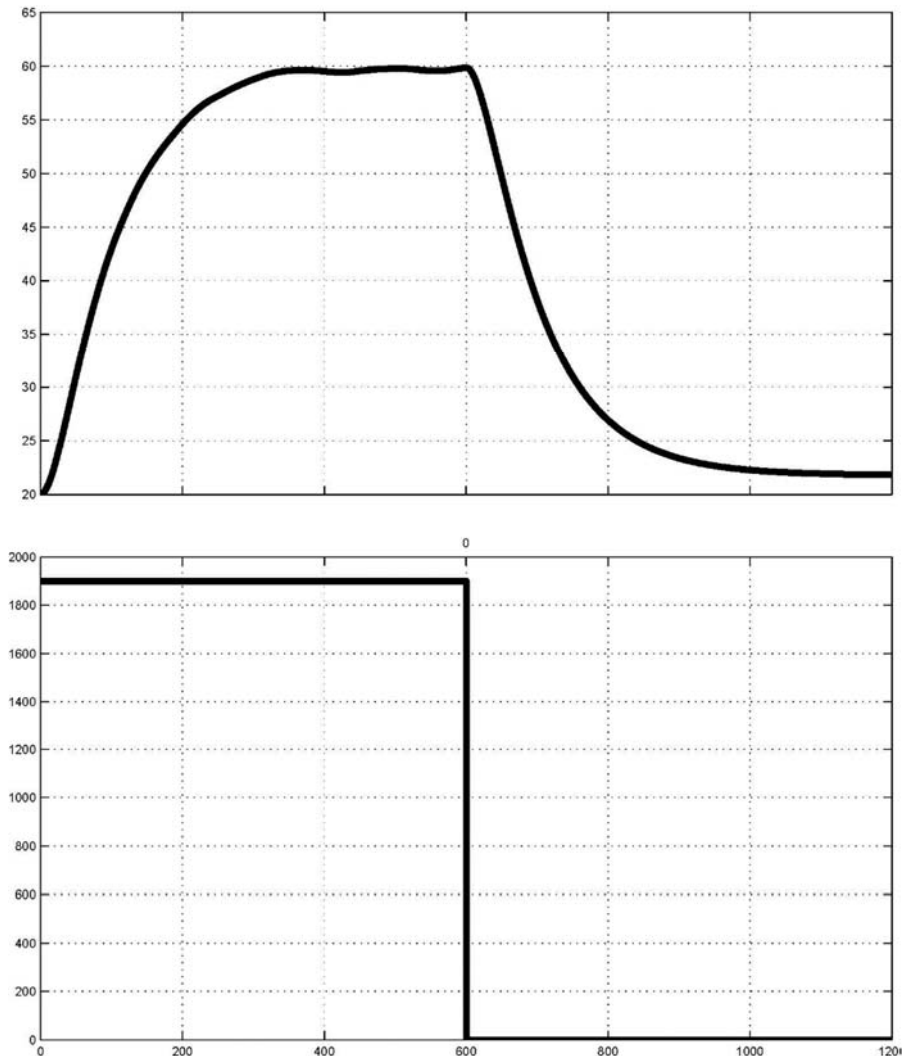
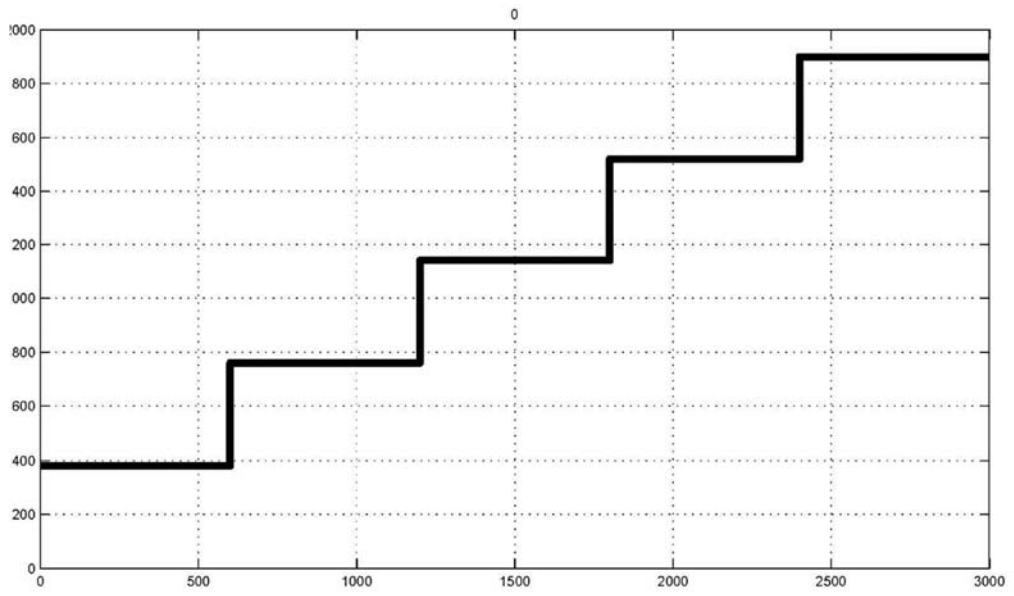
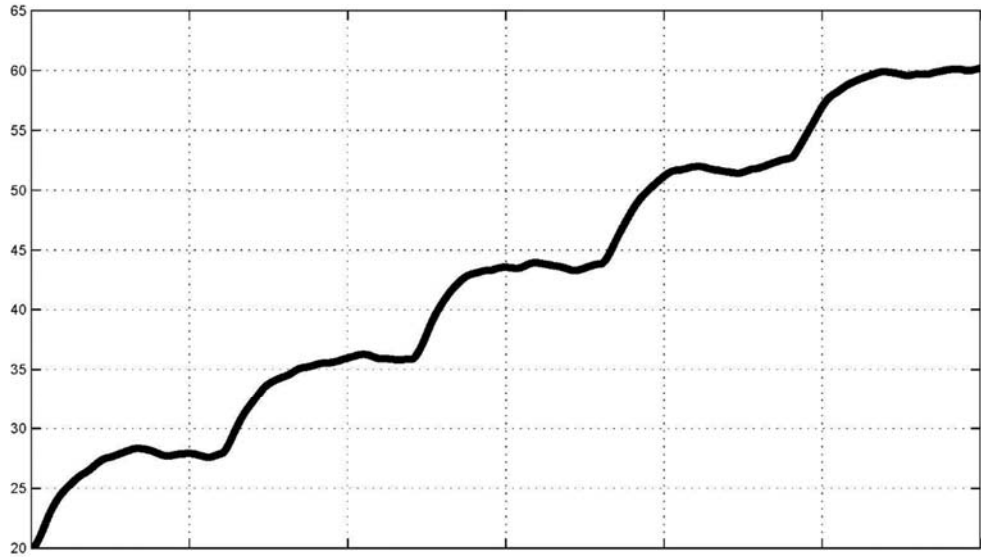


Рисунок 3.3 – Отримання даних при П-образному керуючому впливі

На четвертому етапі було виконано отримання перевірочних даних (рис. 3.4). Для цього період псевдовипадкового дискретного впливу було налаштовано на послідовність з ймовірних потужностей нагріву 0...100 % (0...1 900 м³/год) з інтервалом у 150 с, а реєстрація відбувалася на протязі 15 000 секунд.



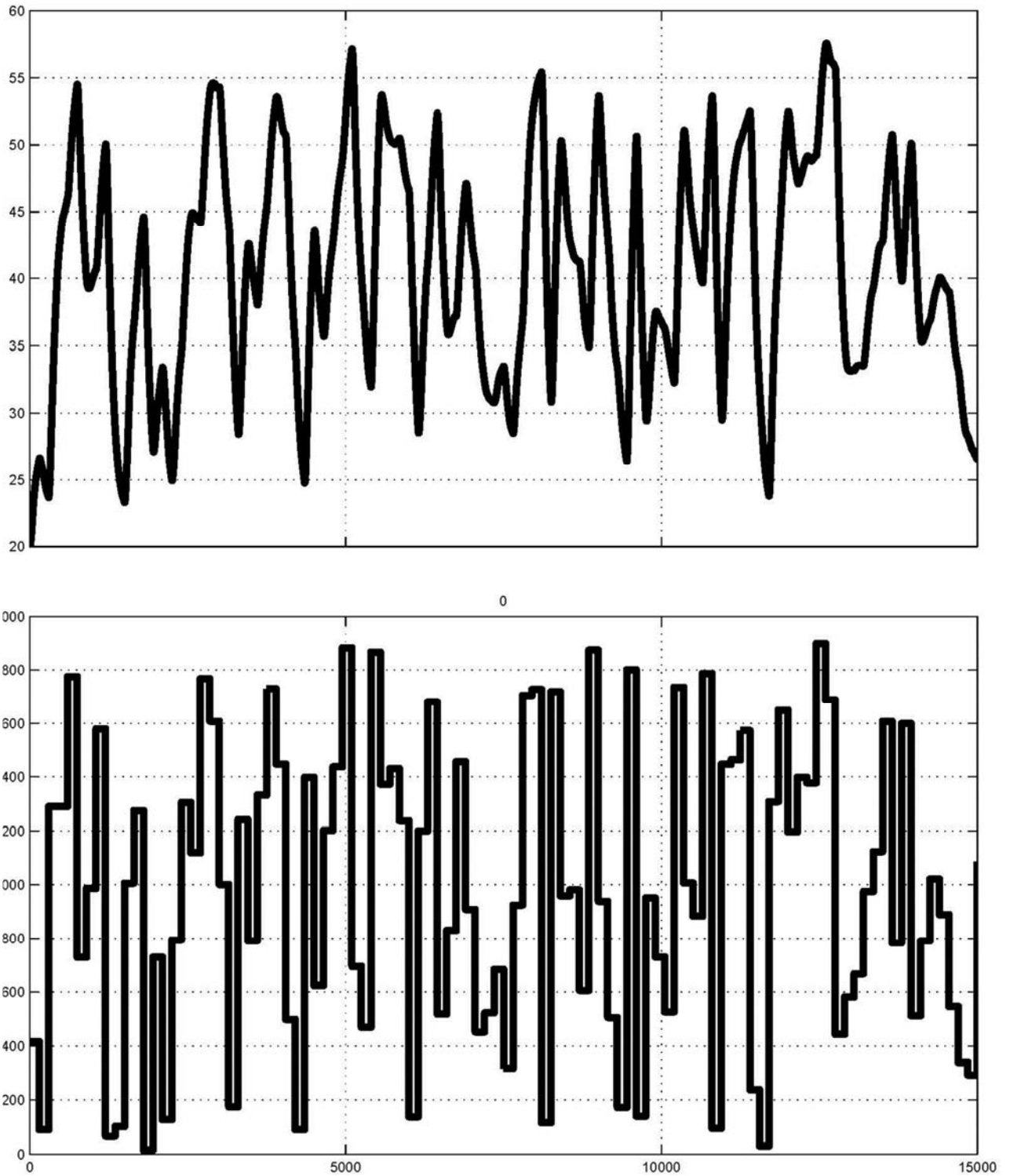


Рисунок 3.4 – Отримання перевірочних даних

На п'ятому етапі було виконано отримання даних для побудови статичної характеристики (рис. 3.5). Алгоритм отримання даних наступний:

- задати потужність нагріву 20 % (витрати пару 380 м³/год), дочекатися досягнення усталеного режиму;

- задати потужність нагріву 40 % (витрати пару 760 м³/год), дочекатися досягнення усталеного режиму;
- задати потужність нагріву 60 % (витрати пару 1 140 м³/год), дочекатися досягнення усталеного режиму;
- задати потужність нагріву 80 % (витрати пару 1 520 м³/год), дочекатися досягнення усталеного режиму;
- задати потужність нагріву 100 % (витрати пару 1 900 м³/год), дочекатися досягнення усталеного режиму;
- зупинити процес реєстрації.

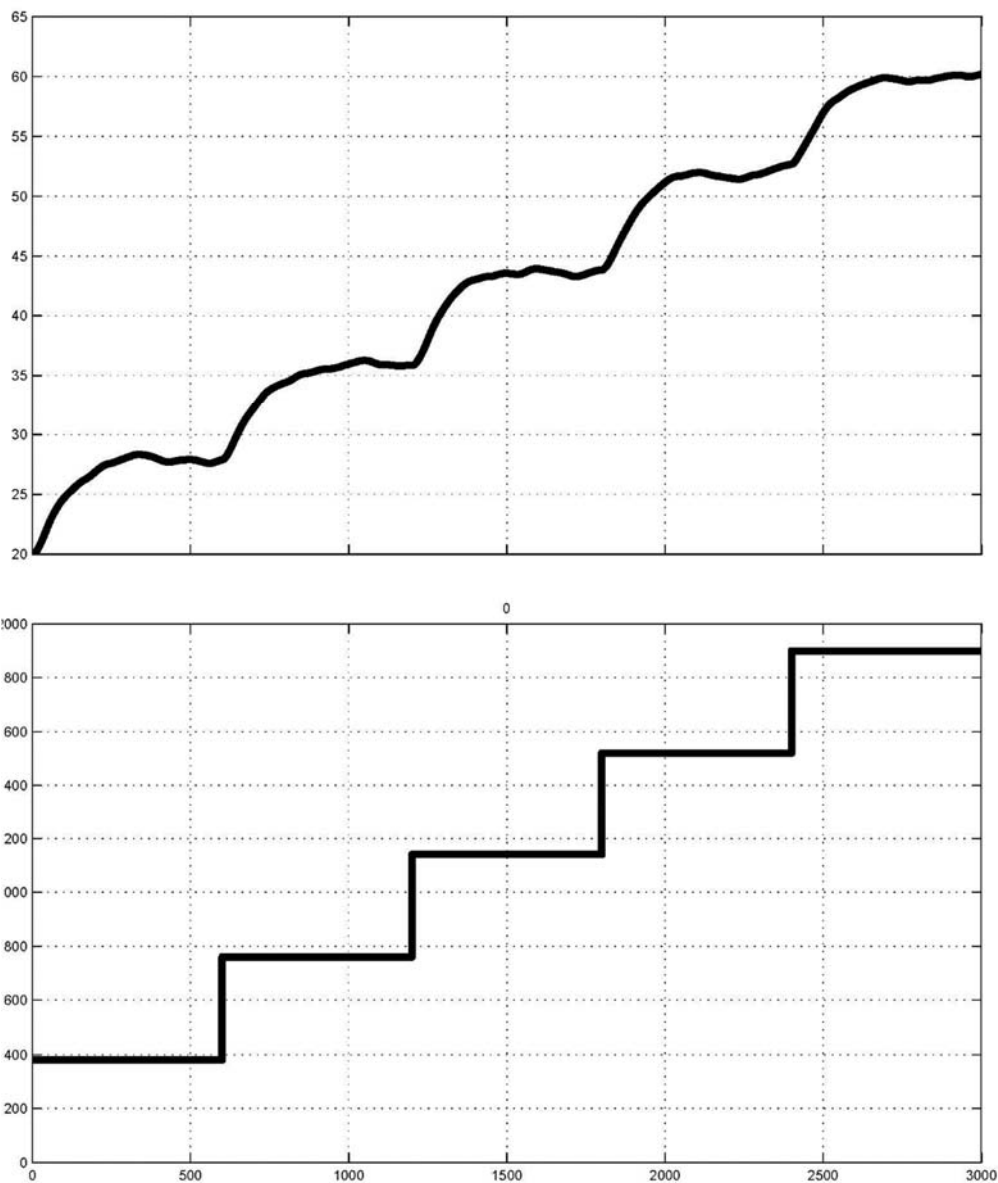


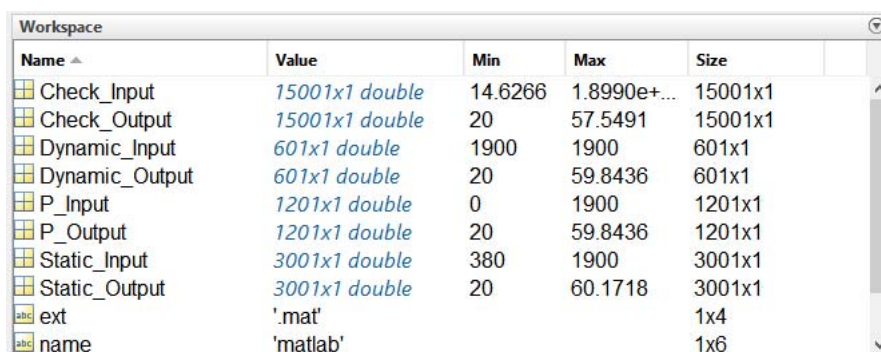
Рисунок 3.5 – Отримання даних для побудови статичної характеристики

У результаті виконання плану експерименту проведено всеосяжне дослідження об'єкта управління та отримані динамічна характеристика, дані при П-образному керуючому впливі, перевірочні дані та дані статичної характеристики.

3.4 Обробка результатів експерименту

3.4.1 Підготовка даних

Дані отримані з програмного пакету SCADA-система zenon у вигляді текстових файлів було імпортовано до математичного пакета MATLAB з метою подальшої обробки (рис. 3.5). Змінні задані даним динамічної характеристики “Dynamic_Input”, “Dynamic_Output”, даним для побудови статичної характеристики “Static_Input”, “Static_Output”, перевірочним даним “Check_Input”, “Check_Output”. Суфікс “_Input” позначає керуючі впливи, а суфікс “_Output” дійсні значення.



Name	Value	Min	Max	Size
Check_Input	15001x1 double	14.6266	1.8990e+...	15001x1
Check_Output	15001x1 double	20	57.5491	15001x1
Dynamic_Input	601x1 double	1900	1900	601x1
Dynamic_Output	601x1 double	20	59.8436	601x1
P_Input	1201x1 double	0	1900	1201x1
P_Output	1201x1 double	20	59.8436	1201x1
Static_Input	3001x1 double	380	1900	3001x1
Static_Output	3001x1 double	20	60.1718	3001x1
ext	'mat'			1x4
name	'matlab'			1x6

Рисунок 3.6 – Імпортовані данні

Для спрощення подальшого аналізу дані були конвертовані до об'єктів типу “iddata”:

```
>> Dynamic=iddata(Dynamic_Output, Dynamic_Input, 1);
>> plot(Dynamic_Raw)
>> P=iddata(P_Output, P_Input, 1);
>> plot(Static_Raw)
>> Check=iddata(Check_Output, Check_Input, 1);
>> plot(Check_Raw)
>> Static_Raw=iddata(Static_Temperature, Static_Power, 1);
>> plot(Static_Raw)
```

З отриманих даних була видалена статична складова:

```
>> Dynamic_Raw_Trend = getTrend(Dynamic_Raw);
```

```
>> Dynamic_Raw_Trend.OutputOffset = 20;
>> Dynamic = detrend(Dynamic_Raw, Dynamic_Raw_Trend);
>> plot(Dynamic)
```

```
>> Check_Raw_Trend = getTrend(Check_Raw);
>> Check_Raw_Trend.OutputOffset = 20;
>> Check = detrend(Check_Raw, Check_Raw_Trend);
>> plot(Check)
```

```
>> P_Raw_Trend = getTrend(P_Raw);
>> P_Raw_Trend.OutputOffset = 20;
>> P = detrend(P_Raw, P_Raw_Trend);
>> plot(P)
```

```
>> Static_Raw_Trend = getTrend(Static_Raw);
>> Static_Raw_Trend.OutputOffset = 20;
>> Static = detrend(Static_Raw, Static_Raw_Trend);
>> plot(Static)
```

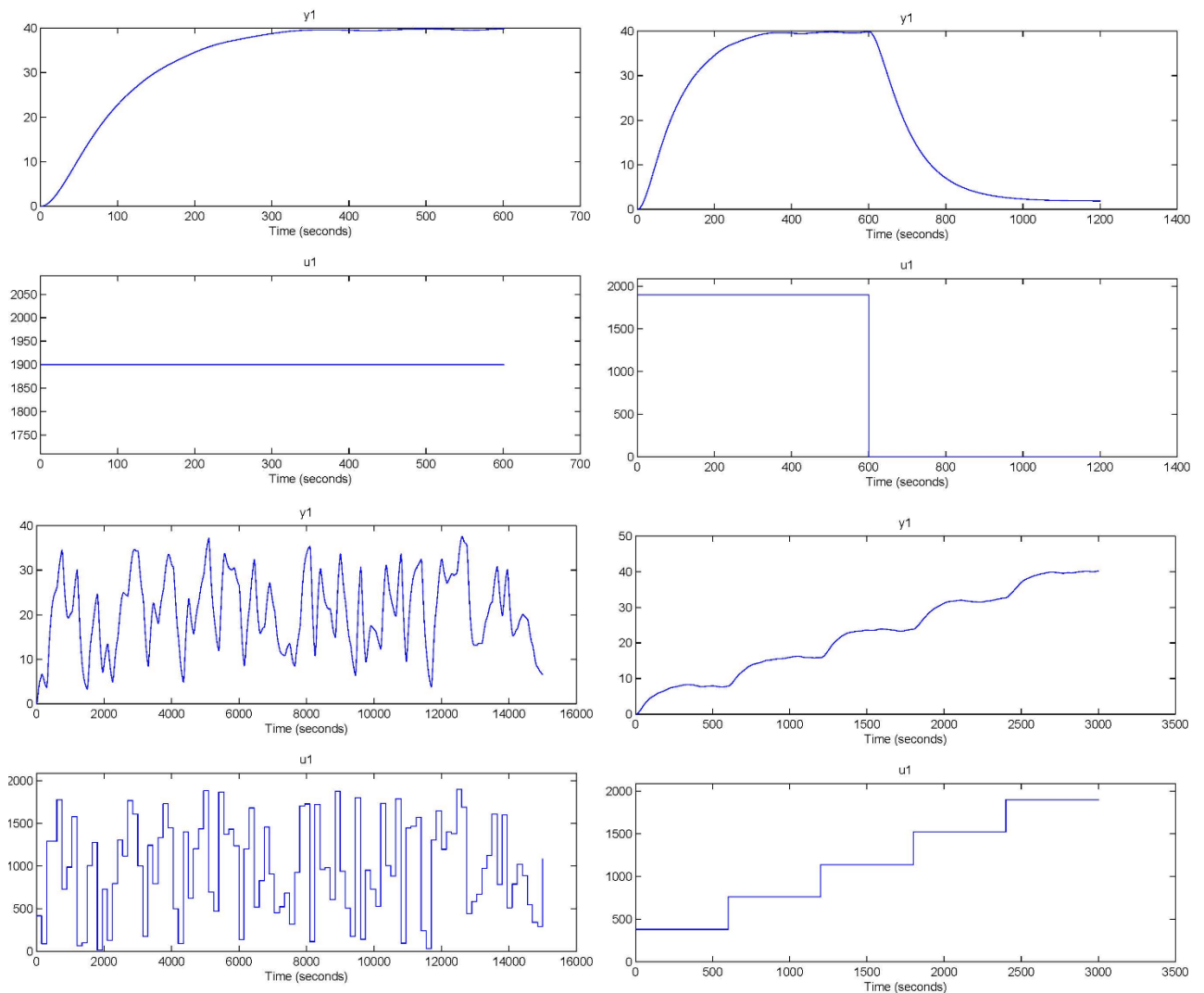


Рисунок 3.7 – Динамічна, статична, П-образна та перевірна характеристики з видаленими статичними складовими (20 °C)

Проаналізуємо об'єкт управління на лінійність для цього побудуємо його статичну характеристику (рис. 3.8):

```
>> Static_Input_Vector = [0 600 1200 1800 2400 3000];
>> Static_Output_Vector = [0 379.8 760.3 1139.9 1520.1 1900.4];
>> plot(Static_Input_Vector, Static_Output_Vector, '-ok', 'LineWidth', 3)
```

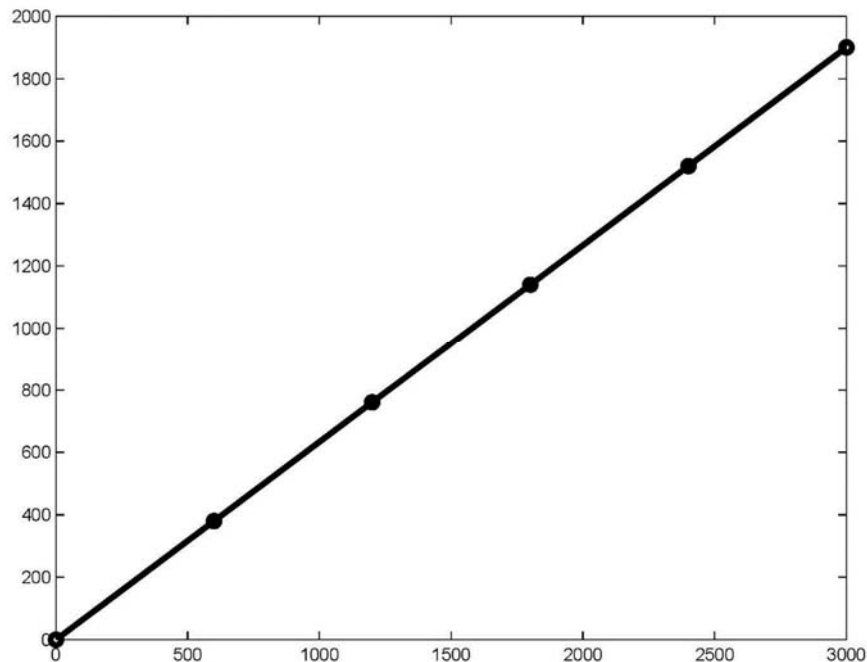


Рисунок 3.8 – Статична характеристика

Статична характеристика об'єкта управління лінійна. На підставі цього можливо зробити висновок, що об'єкт управління також є лінійним у діапазоні потужності нагріву 0÷100 % (витрати пару 0-1 190 м³/год).

Проаналізуємо характеристику отриману при П-образному керуючому впливі. Дані температури отримані при П-образному керуючому впливі було розділено на дві змінні. До першої змінної “P_First” увійшли данні етапу підйому дійсного значення, а до другої змінної “P_Second” увійшли данні етапу спаду дійсного значення.

На підставі даних отриманих при П-образному керуючому впливі виконаємо перевірку об'єкта управління на симетричність:

```
>> (std(P_First) - std(P_Second)) * 100.0 / 80.0
```

```
ans = 0.0611824845
```

Так як різниця стандартних відхилень етапу підйому до етапу спаду відносно діапазону зміни температури на поверхні барабану 40,0 °C становить

порядку 0,06 %, що є значно меншим ніж величина технічної похибки 10 %, об'єкт управління є симетричним.

3.4.2 Структурна ідентифікація

З метою оцінки структури моделі об'єкту управління проаналізуємо динамічну характеристику об'єкту управління (рис. 3.9).

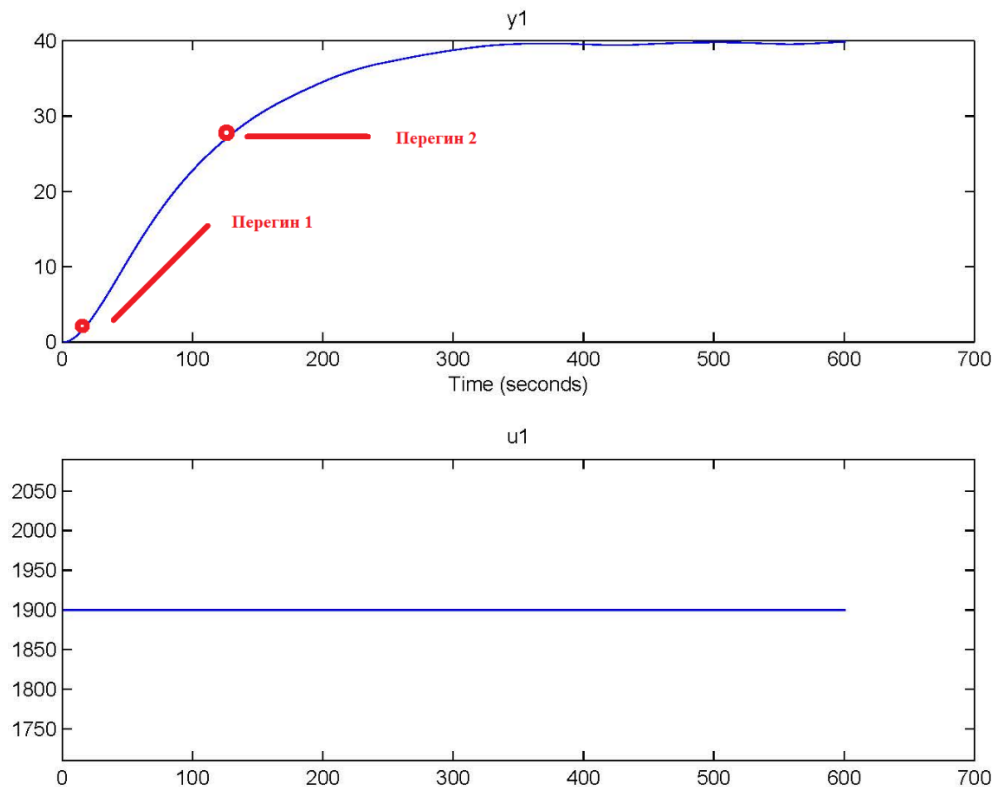


Рисунок 3.9 – Аналіз динамічної характеристики

Після подачі керуючого впливу температура на поверхні барабану двохвальцьової вакуумної сушарки зразу починає збільшуватися, тому об'єкт управління не має запізнення. Крім того на характеристиці також відсутня інерція, характер перехідного процесу монотонний, а кількість явних перегинів дорівнює двом. На підставі цього можливо зробити висновок, що модель об'єкта управління може бути представлена у вигляді аперіодичної ланки другого порядку.

Виходячи з проведеного аналізу експериментальних даних можливо зробити висновок, що об'єкт управління може бути представлений в виді аперіодичної ланки другого порядку без запізнення.

$$W(s) = \frac{k}{(T1s + 1) * (T2s + 1)} \quad (3.1)$$

де $W(s)$ – передавальна функція;

k – коефіцієнт підсилення;

$T1$ – перша постійна часу (с);

$T2$ – друга постійна часу (с).

3.4.3 Параметрична ідентифікація

Як було встановлено об'єкт управління є лінійним, а його коефіцієнт підсилення може бути розрахований згідно з статичною характеристики (макс. різниця нагріву води 40°C при макс. потужності нагріву – витрати пару 1 900 м³/год:

$$k = \frac{40}{1900} = 0,0211 \quad (3.2)$$

Визначення постійної часу об'єкту управління виконано за допомогою “System Identification Toolbox”, якому у якості робочих даних використані данні динамічної характеристики, а перевіірочні данні для оцінки відповідності моделі об'єкту управління, так як ці данні раніше не використовувалися при ідентифікації (рис. 3.10).

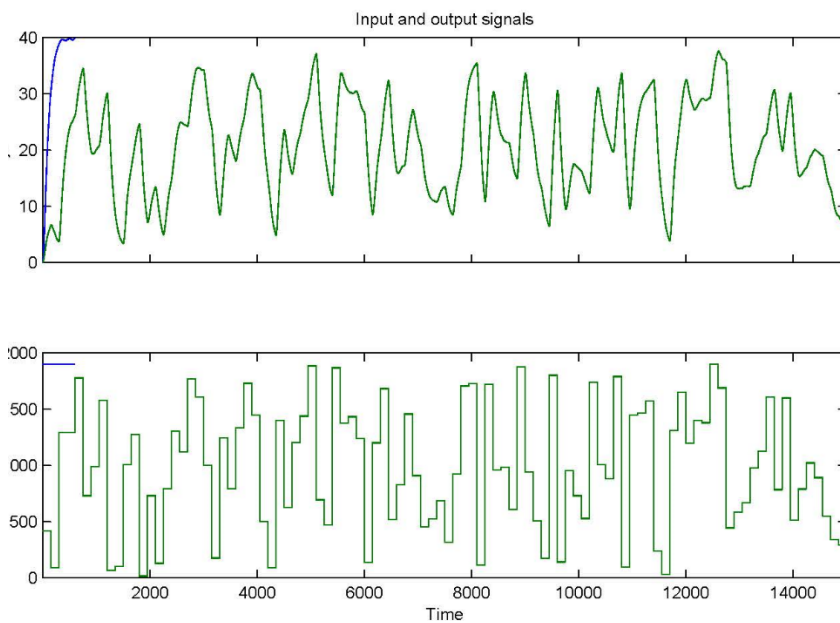
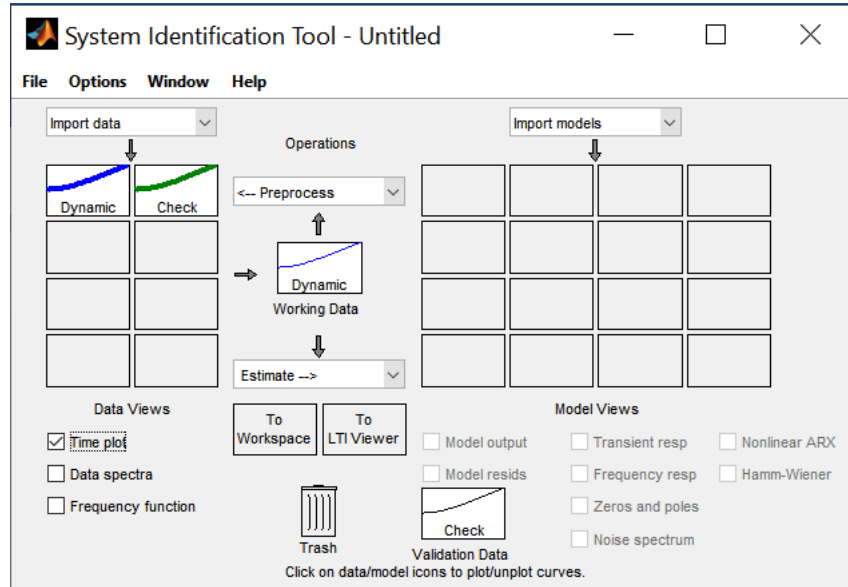


Рисунок 3.10 – Налаштування System Identification Toolbox

Визначення параметрів моделі об'єкта управління виконано за допомогою методу "Process Models". Налаштування параметрів ідентифікації моделей наведено на рис. 3.11...3.13.

```

Process model with transfer function:
      Kp
G(s) = -----
      1+Tp1*s

      Kp = 0.02131
      Tp1 = 102.35

Name: P1
Parameterization:
  'P1'
  Number of free coefficients: 2
  Use "getpvec", "getcov" for parameters and their uncertainties.

Status:
Estimated using PROCEST on time domain data "Dynamic".
Fit to estimation data: 92.82%
FPE: 0.6191, MSE: 0.614

```

Рисунок 3.11 – Результати моделювання, модель P1

```

Process model with transfer function:
      Kp
G(s) = -----
      (1+Tp1*s)(1+Tp2*s)

      Kp = 0.020997
      Tp1 = 77.817
      Tp2 = 35.514

Name: P2
Parameterization:
  'P2'
  Number of free coefficients: 3
  Use "getpvec", "getcov" for parameters and their uncertainties.

Status:
Estimated using PROCEST on time domain data "Dynamic".
Fit to estimation data: 97.94%
FPE: 0.05153, MSE: 0.05077

```

Рисунок 3.12 – Результати моделювання, модель P2

```

Process model with transfer function:
      Kp
G(s) = -----
      (1+Tp1*s)(1+Tp2*s)(1+Tp3*s)

      Kp = 0.021038
      Tp1 = 25.408
      Tp2 = 83.501
      Tp3 = 1e-06

Name: P3
Parameterization:
  'P3'
  Number of free coefficients: 4
  Use "getpvec", "getcov" for parameters and their uncertainties.

Status:
Estimated using PROCEST on time domain data "Dynamic".
Fit to estimation data: 97.81%
FPE: 0.05766, MSE: 0.057

```

Рисунок 3.13 – Результати моделювання, модель P3

Згідно з результатами розрахунків для об'єктів другого порядку без затримки (модель P2), можна зробити висновок, що модель P2 найкраще підходить, та цілком задовольняє вимогам технічної точності 10%. Таким чином можливо остаточно затверджувати, що об'єкту управління відповідає аперіодична ланка другого порядку без затримки, може бути використана в подальшій реалізації, при побудові програмного забезпечення системи управління.

Перевірка результатів розрахунків параметрів моделі наведені на рис. 3.13 та в табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Результати розрахунків параметрів об'єктів управління

Назва параметру	P1	P2	P3
K	0.02131	0.020997	0.021038
T1, с	102.35	77.817	25.408
T2, с	-	35.514	83.501
T3, с	-	-	1e-06
Динаміс – Динамічна характеристика			
NRMSE, %	92.82	97.94	97.81
FPE	0.6191	0.05153	0.05766
MSE	0.614	0.05077	0.057
Check – Перевірочні данні			
NRMSE, %	83.76	93.12	95.89

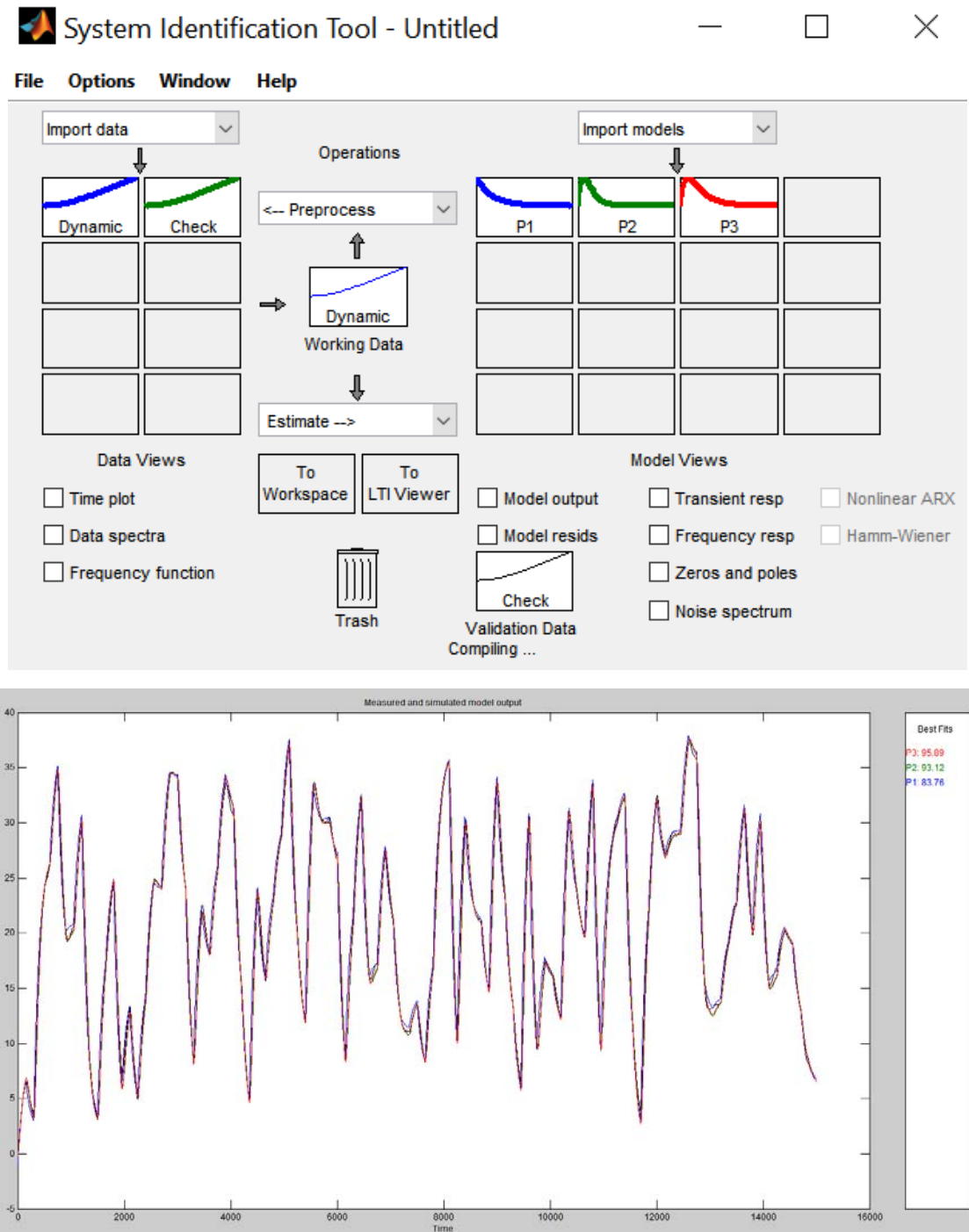


Рисунок 3.14 – Перевірка результатів розрахунків

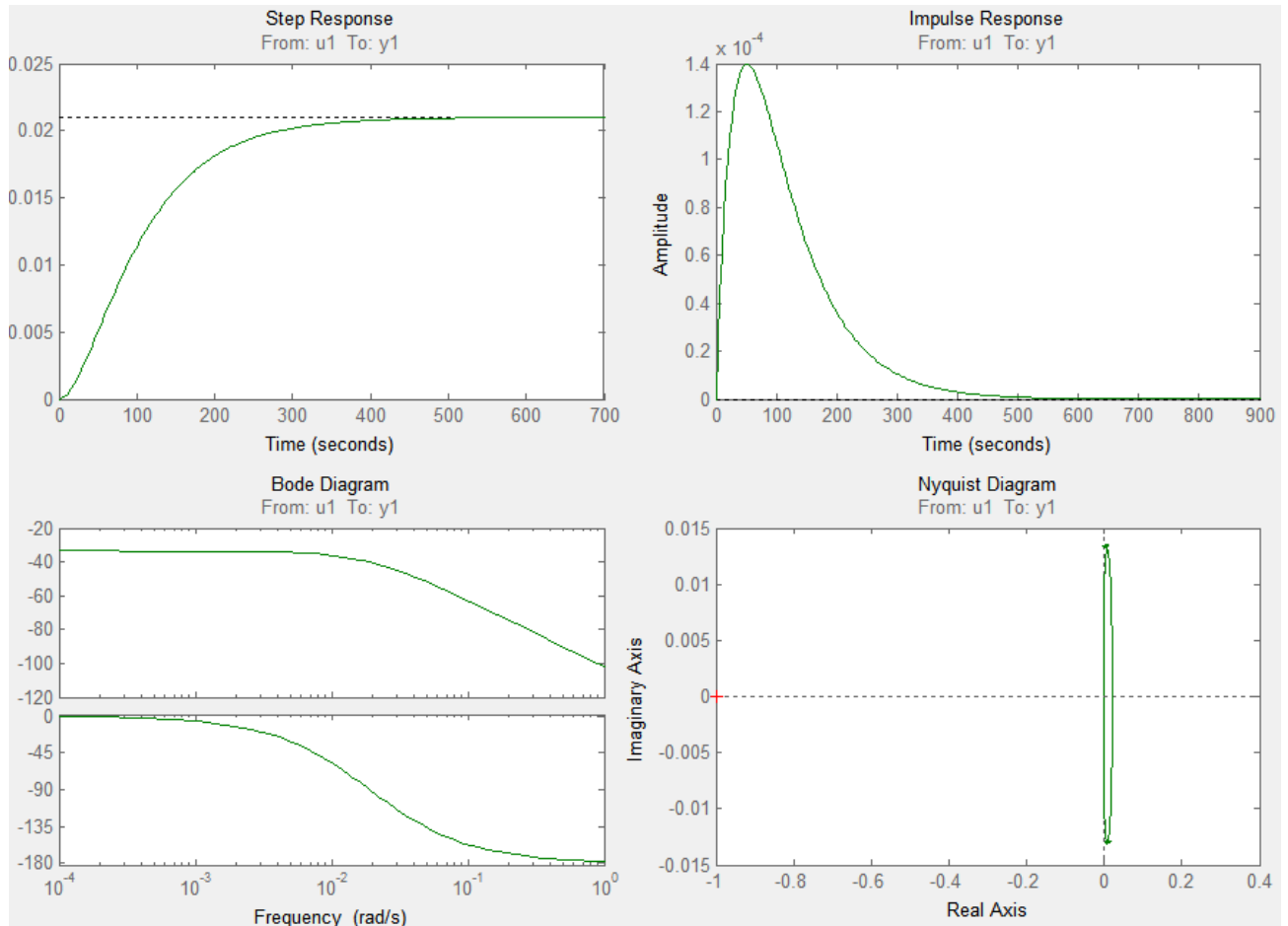


Рисунок 3.15 – Характеристики моделі управління

На підставі виконаних досліджень отримана модель об'єкту управління у виді передавальної функції:

$$W(s) = \frac{0.020997}{(77.817s + 1) * (35.514s + 1)}$$

3.4.4 Розробка моделі об'єкта управління в Simulink

За результатами ідентифікації розроблена модель об'єкту управління в графічному середовищі імітаційного моделювання Simulink (рис. 3.16) у вигляді передавальної функції.

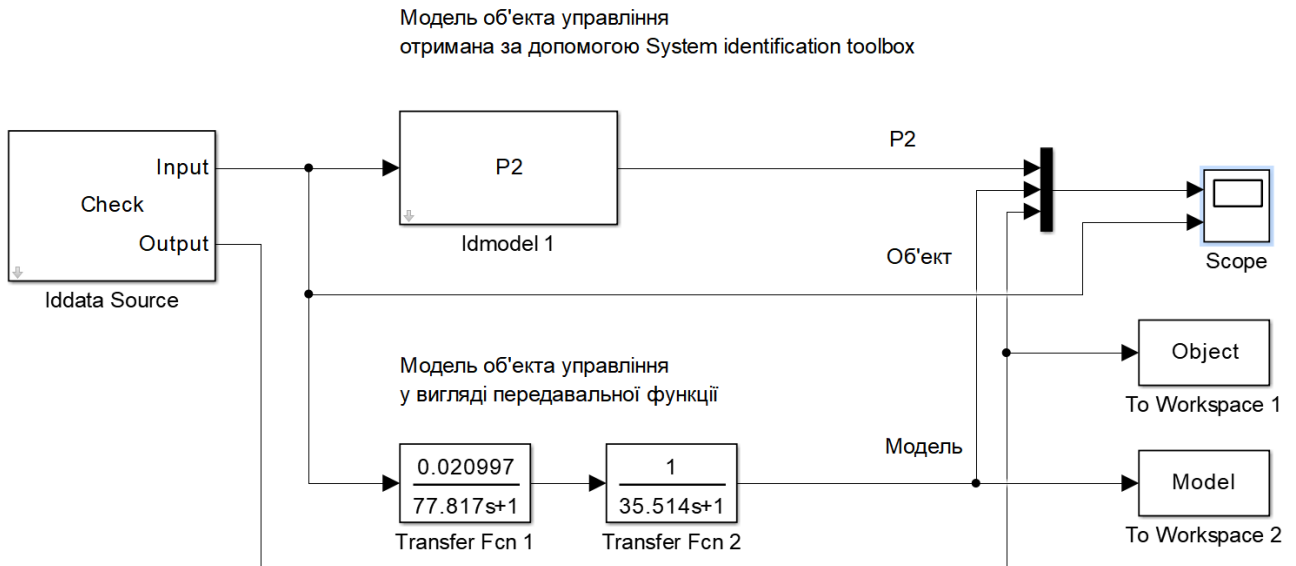


Рисунок 3.16 – Модель об'єкту управління в середовищі Simulink

Результати моделювання об'єкту управління з використання перевірочних даних наведені на рис. 3.17. Згідно отримана модель об'єкту у вигляді передавальної функції не відрізняється від моделі об'єкту отриманої у програмному забезпеченні "System identification toolbox". Крім того результати моделювання практично не відрізняються від перевірочних даних. Таким чином отримана модель у вигляді передавальної функції може бути використовуватися у подальших дослідженнях.

nrmse = 94.2386

Згідно з перевіркою модель відповідна до об'єкту управління на 94.2%, а тому є адекватною та може бути використана для моделювання об'єкту управління в подальших дослідженнях.

Остаточна модель об'єкту управління наведена на рис. 3.18, а результати моделювання на рис. 3.19.

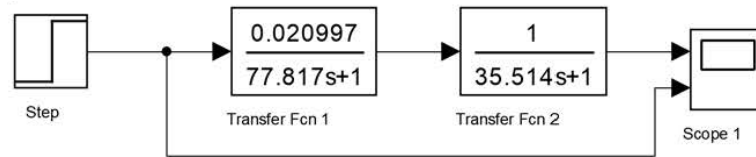


Рисунок 3.18 – Остаточна модель об'єкта управління

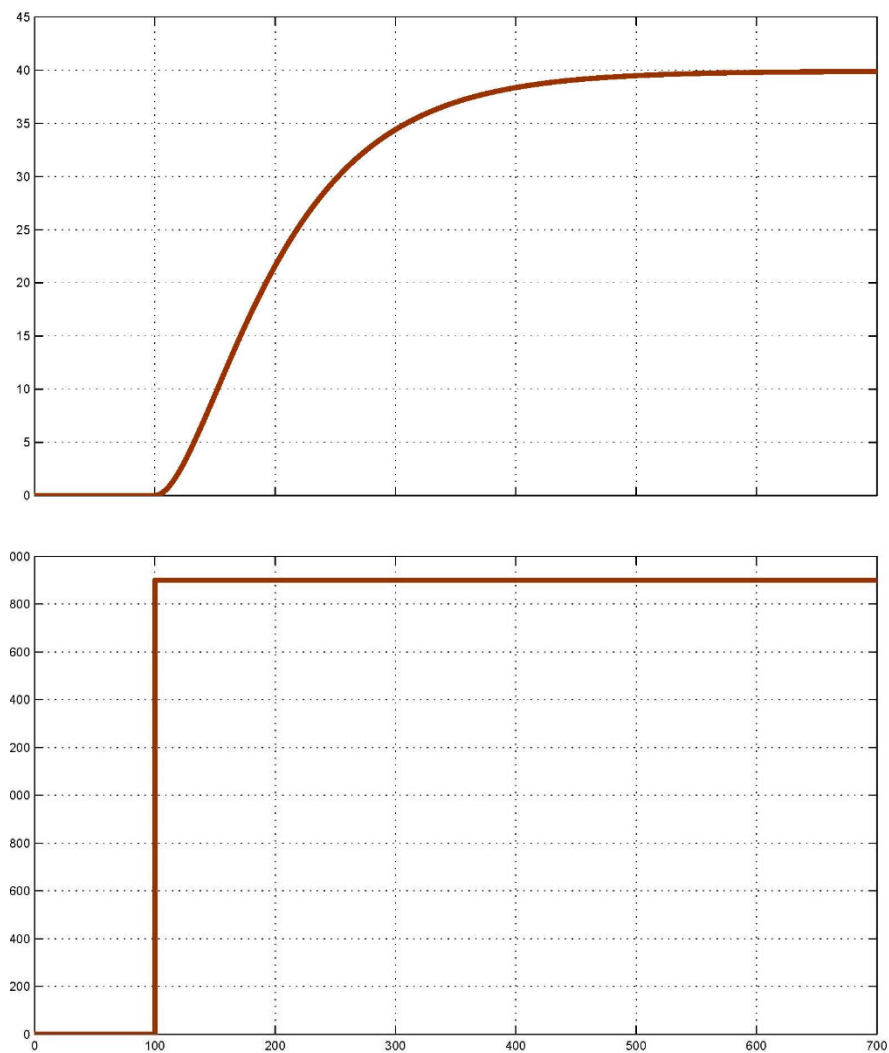


Рисунок 3.19 – Результати моделювання

3.5 Висновки за розділом

В процесі виконання кваліфікаційної роботи виконано дослідження об'єкта управління.

В результаті структурної ідентифікації встановлено, що об'єкт управління може бути представлений у вигляді аперіодичної ланки другого порядку.

На підставі передавальної функції розроблена модель об'єкта управління в середовищі імітаційного моделювання Simulink. Модель об'єкта відповідає перевірочним даними на 94.2%. Виходячи з цього, модель є адекватною і може бути використаня для моделювання об'єкта управління і системи управління в цілому.

4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

У роботі розроблена автоматизована системи керування вакуумною сушаркою для виготовлення пивних дріжджів. Сушка є способом консервації цього цінного продукту, багатого вітамінами і білками, яке передбачає тривале його зберігання зі збереженням цінних якостей. Метою цього проекту є оптимізація роботи сушарки, збільшення оперативності і зручності отримання інформації про поточний стан процесу сушки.

4.1 Суть і доцільність впровадження системи, що розробляється

Розглянемо економічну доцільність розробки автоматичної системи управління. Використовувані аналогічні системи розроблені на морально застарілій елементній базі, яка за своїми характеристиками помітно поступається системі, описаній в цій кваліфікаційній роботі. Ця реалізація має наступні переваги: сучасна елементна база, підвищена надійність, збільшення швидкості обробки інформації, що поступає.

4.2 Розрахунок капітальних витрат

Визначаємо суму витрат на комплектуючі вироби з урахуванням їх типу і кількості згідно з проектними рішеннями, а також відповідних гуртових цін. До отриманої суми додають транспортно-заготівельні витрати (5...7%) від загальної вартості комплектуючих виробів. Результати розрахунків заносимо в табл. 4.1.

Таблиця 4.1 - Вартість(Зк) комплектуючих виробів проектного варіанту

№ з/п	Найменування статей витрат	Кількість, шт.	Вартість за од., грн.	Загальна вартість, грн.	Транспортно-заготівельні і складські витрати, грн. (5%)	Монтажна-налагоджувальні роботи, грн. (7%)
1	Мікроконтролер ES12	1	1 500	1500	75	105
2	Командоапарат U1L	1	1 000	1000	50	70
3	Датчик струму Hall - RT	1	500	500	25	35
4	Дисплей MT8000	1	1 500	1500	75	105
5	Кнопки тип ERS	5	20	100	5	7
6	Блок контактів AULS	1	600	600	30	42
Разом:				5 200	260	364

Отже, капітальні витрати на комплектуючі вироби складуть
 $K_{п} = 5\,824$ грн/

До статей капітальних витрат також відносяться витрати на розробку програмного забезпечення.

4.2.1 Техніко-економічне обґрунтування створення програми

До складу комплексу засобів автоматизації особливе місце займає програмне забезпечення (ПЗ). Програмне забезпечення розробляється для промислового контролера.

Ефективність кожного програмного забезпечення визначається якістю і ефективністю процесу обробки і супроводу. Якість програмного продукту визначається наступними складовими частинами:

- з точки зору користувача ПЗ;
- з позиції використання ресурсів і їх оцінки, а також виконання вимог на програмний продукт.

Оцінка якості програмного забезпечення з точки зору користувача визначається необхідністю на стадії проектування об'ємом ПЗ, витратами машинного часу, пропускною спроможністю каналів передачі даних. Оцінка використання ресурсів на стадії створення програмного продукту включає визначення трудомісткості, часу обробки і вартості його створення.

У зв'язку з цим, техніко-економічні розрахунки повинні містити:

- розрахунок витрат на створення програмного продукту;
- оцінку витрат машинного часу, необхідного для відлагодження і рішення поставленого завдання, і необхідного об'єму оперативної пам'яті ЕОМ.

4.2.2 Трудомісткість розробки програмного продукту

Нормування праці в процесі створення ПО істотно ускладнене через творчий характер праці програмістів, тому трудомісткість розробки ПО може бути розрахована на основі системи моделей з різної точки оцінки.

$$t = t_o + t_{и} + t_a + t_{п} + t_{отл} + t_d, \text{ чол.-г.},$$

- де t_o - витрати на підготовку і опис поставленого завдання;
 $t_{и}$ - витрати праці на дослідження алгоритму рішення задачі;
 t_a - витрати праці на відробіток блок-схеми алгоритму;
 $t_{п}$ - витрати праці на програмування по готовій блок-схемі;
 $t_{отл}$ - витрати праці на відлагодження програми на ЕОМ;
 t_d - витрати праці на підготовку документації за завданням.

Складові частини витрат праці визначаються з умовної кількості операторів в ПЗ, які обробляються. До їх числа входять ті оператори, яким необхідно написати в процесі роботи над програмою з урахуванням можливих уточнень в завданні і удосконалення алгоритму.

Умовна кількість операторів в програмі:

$$Q = q \cdot c \cdot (1 + p), \text{ чол.-г.}, \quad (4.2)$$

- де q - кількість операторів, яка допускається;
 c - коефіцієнт складності програми;
 p - коефіцієнт корекції програми в процесі її відробітку.

Коефіцієнт складності c визначає відносну складність програми по відношенню до типового завдання, складність якого дорівнює 1, діапазон зміни: 1,25...2. У нашому випадку приймаємо $c = 1,65$.

Коефіцієнт корекції p визначає збільшення об'єму робіт за рахунок внесення змін до алгоритму або програми внаслідок уточнення постановки завдання. Величина p знаходиться в межах 0,05-0,1, що відповідає внесенню 3,5 корекцій, що спричиняють за собою переробку 5...10 % готової програми. Для нашого випадку p дорівнюватиме 0,05.

Кількість операторів q дорівнює 267. Звідси умовна кількість операторів в програмі:

$$Q = 267 \cdot 1,65 \cdot (1 + 0,05) = 462,58 \cong 463 .$$

Витрати праці на підготовку і опис поставленого завдання складуть орієнтовно $t_o = 10$ чол.-г.

Витрати праці на дослідження алгоритму рішення задачі залежить від конкретних умов і визначається на основі експертних оцінок:

$$t_u = \frac{Q \cdot B}{(75 \dots 85) \cdot k}, \text{ чол.-г.}, \quad (4.3)$$

де B - коефіцієнт збільшення витрат праці, лежить в межах 1,2...1,5;
 k - коефіцієнт кваліфікації програміста, який визначається залежно від стажу роботи за фахом (до 2 років - 0,8).

Для наших умов $B = 1,4$ і $k = 0,8$. звідси витрати праці на вивчення опису завдання:

$$t_{и} = \frac{463 \cdot 1,4}{80 \cdot 0,8} = 10,1 \text{ чол.-г.}$$

Витрати праці на відробіток алгоритму рішення завдання:

$$t_a = \frac{Q}{(20 \dots 25) \cdot k}, \text{ чол.-г.} \quad (4.4)$$

$$t_a = \frac{463}{25 \cdot 0,8} = 23,15 \text{ чол.-г.}$$

Витрати праці на створення програми по готовій блок-схемі:

$$t_{п} = \frac{Q}{(20 \dots 25) \cdot k}, \text{ чол.-г.} \quad (4.5)$$

$$t_{п} = \frac{463}{25 \cdot 0,8} = 23,15 \text{ чол.-г.}$$

Витрати праці на відлагодження програми на ЕОМ:

$$t_{отл} = \frac{Q}{(4 \dots 5) \cdot k}, \text{ чол.-г.} \quad (4.6)$$

$$t_{отл} = \frac{463}{5 \cdot 0,8} = 115,75 \text{ чол.-г.}$$

Витрати праці на підготовку документації за завданням:

$$t_d = t_{др} + t_{до} \quad (4.7)$$

де $t_{др}$ - трудомісткість підготовки матеріалів по рукопису, чол.-г.

$t_{до}$ - трудомісткість редагування, і оформлення документації, чол.-г.

$$t_{др} = \frac{Q}{(15 \dots 20) \cdot k}, \text{ чол.-г.} \quad (4.8)$$

$$t_{до} = 0,75 \cdot t_{др}, \text{ чол.-г.}, \quad (4.9)$$

$$t_{др} = \frac{463}{20 \cdot 0,8} = 28,94 \text{ чол.-г.}$$

$$t_{до} = 0,75 \cdot 28,94 = 21,71 \text{ чол.-г.}$$

Звідси:

$$t_{\partial} = 28,94 + 21,71 = 50,65 \text{ чол.-г.}$$

Згідно (3.5) отримаємо:

$$t = 10 + 10,10 + 23,15 + 23,15 + 115,75 + 50,65 = 232,80, \text{чол.-г.}$$

4.2.3 Розрахунок витрат на створення програмного продукту

Витрати на створення програмного продукту включають витрати на заробітну плату виконавця програми $Z_{з.п.}$ і вартість машинного часу, необхідного на відлагодження програми на ЕОМ $Z_{м.в.}$.

Вартість машинного часу, необхідного для відлагодження програми на ЕОМ:

$$Z_{м.в.} = t_{отл} + C_{м.в.}, \quad (4.10)$$

де $t_{отл}$ - трудомісткість відлагодження програми на ЕОМ;

$C_{м.в.}$ - вартість машино-години ЕОМ (5,52 грн/ч).

$$Z_{м.в.} = 115,75 \cdot 5,52 = 523,2 \text{ грн.}$$

Витрати на зарплату виконавця програми:

$$Z_{з.п.} = C_{сп} \cdot t \quad (4.11)$$

де t - трудомісткість розробку ПЗ;

$C_{сп}$ - середня годинна зарплата програміста, грн/г
($C_{сп} = 28,9$ грн/ч).

$$Z_{зп} = 232,28 \cdot 28,9 = 6\,712,9 \text{ грн.}$$

Сумарні витрати на розробку ПЗ складуть:

$$K_{по} = Z_{м.в.} + Z_{з.п.}, \text{ грн.} \quad (4.11)$$

$$K_{по} = 523,2 + 6\,712,9 = 7\,236,1 \text{ грн.}$$

Очікувана тривалість відробітку ПЗ:

$$T := \frac{t}{B_k \cdot F_p}, \text{ міс.} \quad (4.12)$$

де B_k – число розробок ($B_k = 1$);

F_p – місячний фонд робочого часу ($F_p = 176$ г.).

$$T = 232,28 = 1,32 \text{ міс.}$$

Капітальні вкладення на проектувану систему складуть:

$$K_{пр} = K_{по} + K_{п} \quad (4.13)$$

$$K_{пр} = 7\,236,1 + 5\,824 = 13\,060,1 \text{ грн}$$

4.3 Визначення експлуатаційних витрат проектуваної системи

Річні експлуатаційні витрати розраховуються по формулі:

$$C_э = C_a + C_з + C_c + C_t + C_{ээ} + C_{п}, \text{ грн.}, \quad (4.14)$$

де C_a – амортизаційні відрахування, грн;

$C_з, C_{зз}$ – заробітна плата обслуговуючого персоналу, грн;

C_c – відрахування на соціальні заходи від заробітної плати (22% від $C_з$), грн;

C_t – витрати на технічне обслуговування і поточний ремонт устаткування і мережі, грн;

$C_{ээ}$ – вартість електроенергії, споживаної об'єктом, грн;

$C_{п}$ – інші витрати, грн

4.3.1 Амортизація основних фондів

Устаткування, розробленого у кваліфікаційній роботі для системи управління, відноситься до 4 групи по мінімальних термінах корисного використання. Передбачуваний термін експлуатації системи складає 4 роки.

Річний фонд амортизаційних відрахувань визначається у відсотках від первинної вартості устаткування (K). Розрахунок коефіцієнта амортизаційних відрахувань зробимо по методу прискореного зменшення залишкової вартості, де використовується подвоєна норма амортизації.

$$C_a = \frac{пс \cdot H_a}{100\%}, \text{ грн.}, \quad (4.15)$$

- де C_a - річна сума амортизації, грн.;
- PC - первинна вартість (капітальні витрати – К), грн.;
- N_a - норма амортизації, %.

При цьому норма амортизації:

$$N_a = \frac{2}{t} \cdot 100, \% \quad (4.16)$$

де t - термін використання об'єкту, років.

Перевагою цього методу є те, що впродовж перших років експлуатації об'єкту проектування накопичується значна сума коштів, необхідних для його відновлення. Отже, норма амортизації для проекрованої і альтернативної системи управління складе:

$$N_{a\text{ б}} = \frac{2}{4} \cdot 100 = 50\%, \quad N_{a\text{ пр}} = \frac{2}{4} \cdot 100 = 50\%.$$

Сума амортизації для проекрованої системи складе:

$$C_{a\text{ пр}} = 13\,060,1 \cdot 0,5 = 6\,530,05 \text{ грн.}$$

4.3.2 Розрахунок річного фонду заробітної плати

Впровадження проекрованої системи дозволить скоротити витрати на обслуговування електроустаткування і одну штатну одиницю. Нині при роботі технологічного устаткування і його обслуговуванні беруть участь чотири людини, після впровадження системи - три людини.

Річний фонд робочого часу обслуговуючого персоналу розраховується таким чином:

$$F_r = T_{cm} \cdot P_d, \text{ ч.,} \quad (4.17)$$

- де T_{cm} - тривалість зміни;
- P_d - кількість робочих днів.

Кількість робочих днів, визначається по формулі:

$$P_d = T_r - T_v - T_p - T_{от}, \text{ днів,} \quad (4.18)$$

- де T_r - число днів в році (365 днів);
- T_v - число вихідних днів (104 дні);
- T_p - число святкових днів в році (10 днів);
- $T_{от}$ - відпустка, днів (21 день).

$$P_d = 365 - 104 - 10 - 21 = 230 \text{ днів.}$$

Номинальний річний фонд робочого часу складає:

$$F_H \cdot 8 = 230 \cdot 8 = 1\,840 \text{ ч.}$$

Таблиця 4.2— Фонд зарплати проектованої системи

№ з/п	Найменування професій	Число працюючих, чол.		Годинна тарифна ставка, грн	Ном. рік. фонд раб. часу, ч	Разом основна з/п, грн	Доп. (5%). з/п, грн	Премія, грн	Разом річний фонд з/п, грн
		Яв.	Сп.						
1	Оператор-диспетчер	1	3	24	1 840	132 480	6 624	4 000	143 104
2	Черговий електрик зміни	1	3	24	1 840	132 480	6 624	4 000	143 104
3	Технолог	1	3	24	1 840	132 480	6 624	4 000	143 104
Всього									429 312

$$C_{з\text{ пр}} = 429\,312 \text{ грн.}$$

4.3.3 Розрахунок відрахувань на соціальні заходи

Відрахування на соціальні заходи складають 22 % від заробітної плати персоналу :

$$C_c = 0,37 \cdot C_{з\text{ пр}}, \text{ грн.} \quad (4.19)$$

$$C_{c\text{ пр}} = 0,22 \cdot 429\,312 = 158\,845,44 \text{ грн.}$$

4.3.4 Визначення річних витрат на технічне обслуговування

Витрати на технічне обслуговування і поточний ремонт устаткування, приймаємо на рівні 0,5% від капітальних витрат:

$$C_T = 0,005 \cdot K_{\text{пр}}, \text{ грн.} \quad (4.20)$$

$$C_{T\text{ пр}} = 0,005 \cdot 13\,060,1 = 65,31 \text{ грн.}$$

4.3.5 Розрахунок вартості спожитої електроенергії

Вартість електроенергії, споживана апаратурою протягом року, визначається по формулі:

$$C_3 = W_{\Gamma} \cdot a = M \cdot F_p \cdot a, \text{ грн.}, \quad (4.21)$$

- де W_{Γ} – кількість електроенергії, споживана апаратурою за рік, кВт-ч.;
- a – тариф на електроенергію, грн / кВт-ч.;
- M – встановлена потужність апаратури, кВт;
- F_p – річний фонд робочого часу апаратури, ч.

Тариф на електроенергію для підприємств другого класу (0,64272 грн. кВт/ч. з ПДВ).

Витрати на електроенергію, споживану проектною апаратурою, складуть:

$$C_{3, \text{пр}} = 0,045 \cdot 1\,840 \cdot 0,64272 = 110,91 \text{ грн.}$$

4.4.6 Визначення інших витрат

Інші витрати по експлуатації об'єкту проектування включають витрати по охороні праці, на спецодяг і ін. згідно з практикою, ці витрати визначаються у розмірі 4% від річного фонду заробітної плати обслуговуючого персоналу :

$$C_{\text{п}} = C_3 \cdot 0,04, \text{ грн.} \quad (4.22)$$

$$C_{\text{п би}} = 572\,416 \cdot 0,04 = 22\,896,64 \text{ грн.}$$

По формулі 4.15 розраховуємо річні експлуатаційні витрати, пов'язані із застосуванням проектною і базовою апаратурою, відповідно складатимуть:

$$C_{3, \text{пр}} = 6\,530,05 + 429\,312 + 214\,656 + 65,31 + 110,91 + 17\,172,48 = 667\,846,75 \text{ грн.}$$

Експлуатаційні витрати по проектному варіанту зведені в табл. 4.3

Таблиця 4.3 – Розрахунок експлуатаційних витрат

Найменування показника	Проектний варіант
Амортизація	6 530,05
Фонд заробітної плати	429 312
Відрахування на соц. виплати	158 845,44
Ремонт і техобслуговування	65,31
Електроенергія	110,91
Інші	17 172,48
Разом	612 036,19

4.5 Техніко-економічні показники

Техніко-економічні показники для впровадження системи, що розробляться у кваліфікаційній роботі, оформлені у вигляді табл. 4.4.

Таблиця 4.4 – Техніко-економічні показники

№ п./п.	Найменування показників	Од. вим.	Значення показника по варіанту	
			Проектний	Базовий
1	Капітальні витрати	грн	13 060,1	9 365
2	Експлуатаційні витрати	грн	612 036,19	812 944,99

4.6 Висновки по розділу

В результаті розрахунків встановлено, що капітальні витрати для створення системи складуть 13 тис. грн.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1 Небезпечні і шкідливі виробничі чинники цеху сушки пивних дріжджів

Основними чинниками негативного впливу є наступні шкідливі і небезпечні чинники:

1. Підвищена концентрація вуглекислого газу (двоокису вуглецю), що виділяється в процесі бродіння дріжджів і, має питому вагу більше кисню, накопичується в низьких місцях, ємностях, траншеях, приямках, заміщаючи останній. При влученні людини в ці зони, відсутність кисню (який не можна визначити на запах, смак або колір) призводить до кисневого голодування, миттєвої утрати свідомості і при відсутності своєчасної допомоги, смерті.

2. Підвищена напруга електричного струму:

- оскільки дріжджове відділення має підвищену вологість, велика кількість заземленого устаткування, воно ставиться до категорії особливо небезпечних по поразці електрострумом;
- підвищена напруга електроструму, що може виникнути при порушенні ізоляції на корпусах електродвигунів, технологічного устаткування, електропроводці ; при улученні вологи на пускову апаратуру, при торканні до відкритих струмоведучих частин або електропроводів під напругою.

3. Обертові і деталі устаткування, що рухаються :

- лопати заварювальної машини ХЗМ-300;
- сполучні муфти електроприводів і робочих органів устаткування, шківи, що виступають кінці валів і інші обертові деталі, де можливе захоплення і намотування одягу, волосся;
- клиноремінні передачі, де в точці набігання ременя на шків, виникає зона захоплення, і при попаданні кінцівок, одягу відбувається зтягування між шківом і ременем.

4. Падіння людини на підлогу або інших шляхів переміщення через перебування на них сторонніх предметів або речовин, що викликають ковзання

олій, рідин, тест, недогризків і шкірок овочів і фруктів і т.д. і використання несправної або слизької підшви взуття.

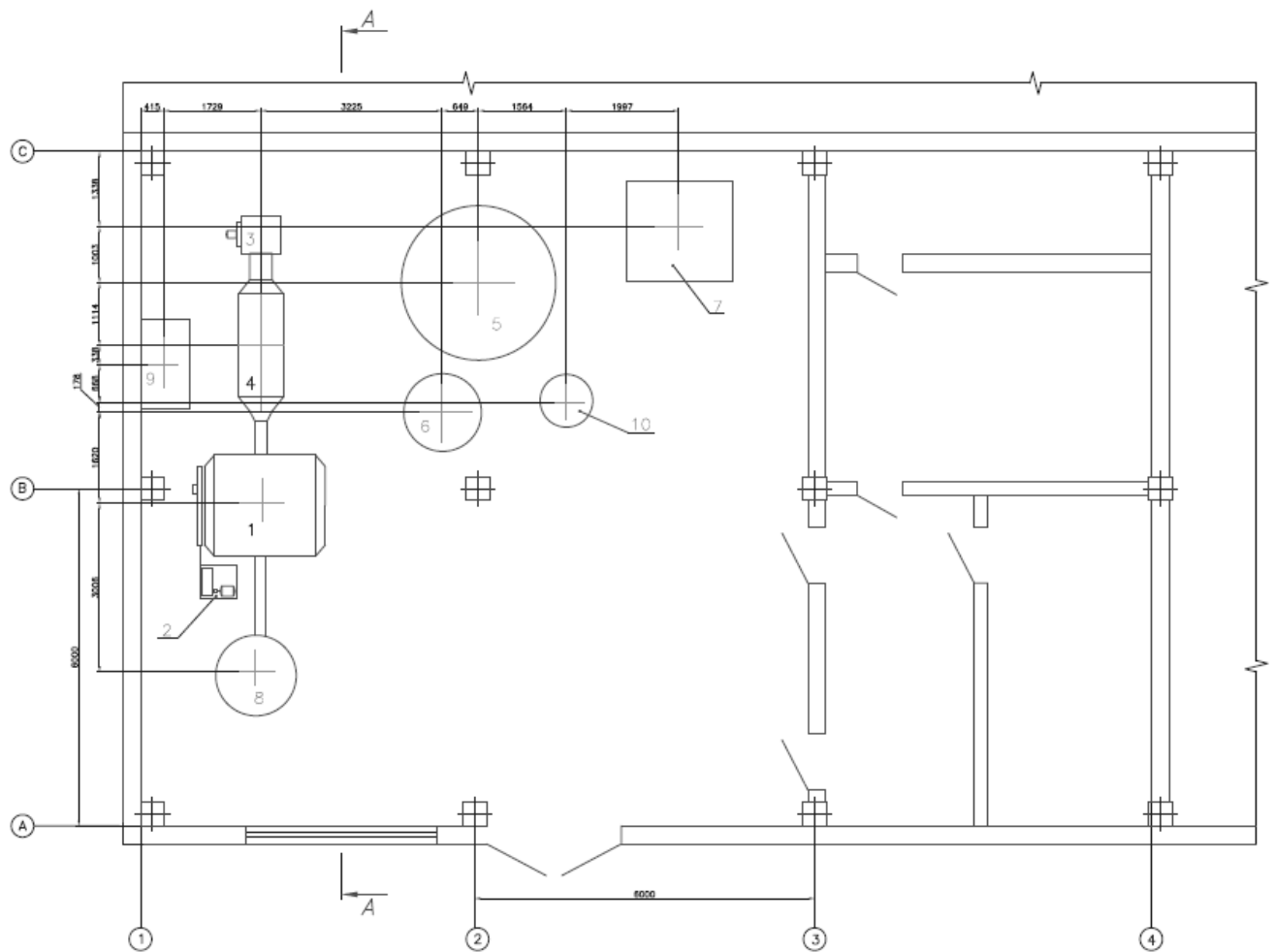


Рисунок 5.1 – План розміщення устаткування цеху сушки пивних дріжджів

- | | | | |
|----|----------------------------|----|-----------------------|
| 1 | – двох-вальцюва сушарка; | 2 | – привід сушарки; |
| 3 | – вентилятор; | 4 | – повітроохолоджувач; |
| 5 | – чан; | 6 | – бак-накопичувач; |
| 7 | – вакуум насос; | 8 | – циклон; |
| 9 | – система повітря-очистки; | 10 | – сепаратор; |
| 11 | – насос. | | |

5. Падіння з висоти при використанні для роботи випадкових предметів, несправних або невідповідним вимогам безпеки засобів підмащування.

Небезпечними виробничими чинниками є :

- підвищена вологість приміщення дріжджового відділення;
- недостатня освітленість на робочому місці (при несправності або забрудненні світильників).

5.2 Інженерно-технічні заходи по охороні праці

Електроустановки повинні відповідати вимогам Правил облаштування електроустановок. Правил технічної експлуатації електроустановок споживачів і Правил техніки безпеки при експлуатації електроустановок споживачів і іншим чинним нормативним актам. Електричне управління агрегатами сушарної установки низьковольтне (не вище 42 В), тому що в приміщення підвищена вологість.

При ремонті за наявності особливо несприятливих умов, коли небезпека поразки електрострумом посилюється тісністю, незручністю, зіткненням із заземленими поверхнями, використовують переносні світильники напругою не вище 12 В. Переносні світильники повинні мати захисний скляний ковпак із захисною металевою сіткою (світильники В4А–60 і В3Г–В4А).

Вимір опору ізоляції, визначення опору заземлюючих пристроїв, перевірка ланцюга між заземлювачами і заземлюючими елементами і інші випробування електроустановок повинні проводитися в об'ємі і з періодичністю, які вказані в Правилах технічної експлуатації електроустановок споживачів.

Розподільні пристрої повинні мати чіткі написи, що вказують призначення окремих ланцюгів і панелей.

Струмоведачі частини пуска-регулюючих і захисних апаратів захищені від випадкових дотиків. На комутаційних апаратах чітко вказані положення «включено» і «відключено». Плавкі вставки запобіжників калібрують з вказівкою на клеймі номінального струму вставки (клеймо ставиться заводом-виготівником або електротехнічною лабораторією). Застосування плавких саморобних вставок, що не калібруються, забороняється.

Для попередження поразки електрострумом усі частини електроустаткування, що можуть виявитися під напругою, оснащені захисним заземленням-зануленням. Всі відкриті струмоведачі частини щитів, пускачів закриваються запірними пристроями, відчиняти який можуть тільки особи електротехнічного персоналу. Електроустаткування дріжджового відділення встановлюється тільки вологозахищеного виконання.

Огородження всіх частин і деталей машин, що обертаються, муфт і ремінних передач, інших небезпечних зон.

На кришці заварювальної машини ХЗМ-300 встановлене блокування, що відключає двигун при її відкриванні.

Вивішування попереджувальних знаків безпеки на всіх пускачах з метою виключення випадкового пуску устаткування, що знаходиться в ремонті, наладці або очистці.

Недопущення підвищеної концентрації двоокису вуглецю забезпечується за рахунок працюючої припливно-витяжної вентиляції. Відсмоктування газу здійснюється вентиляцією з нижніх точок приміщення. Біля входу в приміщення і на ємностях наносяться знаки (написи) "Обережно вуглекислий газ".

Від падіння працівників на підлозі й інших шляхах переміщення використовується покриття, що не ковзає, і застосовується спеціальне взуття.

Для попередження падіння з висоти передбачено огороження площадок і містків, спеціальні підставки для обслуговування ємності, машин і іншого устаткування дріжджового відділення.

При отриманні травми необхідно негайно звернутися в медпункт і повідомити свого безпосереднього керівника або іншу посадову особу про нещасний випадок, що трапився, і причини, що викликали травму. При травмі співробітників надайте допомогу, повідомте у медпункт.

Виконувати наступні правила особистої гігієни:

- залишайте всі особисті речі і верхній одяг у влаштованих для цього місцях;
- приймайте їжу тільки у спеціально влаштованих для цього місцях.
- при відвідуванні туалету залишайте санодяг у тамбурі, при виході - вимийте руки водою, ополосніть дезінфікуючим розчином і водою.

Приміщення обладналося припливно-витяжною вентиляцією.

Для розрахунків, коли невідома кількість шкідливих речовин, що виділяються, необхідна кількість повітря визначається по кратності повітрообміну. Кратність повітрообміну До (1/г) показує, скільки раз на годину міняється повітря в приміщенні.

Кількість повітря:

$$Q = m V, \quad (5.1)$$

де V – об'єм приміщення, m^3 , $m = 1 - 10$.

Об'єм приміщення цеху дорівнює $12 \times 18 \times 6 \text{ м} = 1\,296 \text{ м}^3$. Кратність повітрообміну в проектуваному приміщенні $m = 4$. Отже, повітрообмін рівний:

$$Q = 4 \cdot 1\,296 = 5\,184 \text{ м}^3/\text{ч};$$

Повітрообмін для витяжного повітря:

$$L = 3 \cdot 1\,296 = 3\,888 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Потужність вентиляторів, необхідних для забезпечення повітрообміну :

$$N = \frac{(L_{np} + L_{выт}) \cdot H}{3600 \cdot \eta_{вент} \cdot \eta_{пр}}, \text{ кВт}, \quad (5.2)$$

де H – натиск, $H = 0,5 \text{ кН/м}^2$;

$\eta_{вент}$ – ККД вентилятора, $\eta_{вент} = 0,8$;

$\eta_{пр}$ – ККД приводу, $\eta_{пр} = 0,7$.

$$N = \frac{(5184 + 3888) \cdot 0,5}{3600 \cdot 0,8 \cdot 0,7} = 2 \text{ кВт}.$$

Щоб уникнути появи алергічної поразки персоналу необхідно обладнати приміщення кварцовими лампами («Сонечко» або ОБР15) і проводити дезінфекцію приміщення в час між змінами із спільною роботою вентиляції. Перевірка герметичності пневмотранспорту щоб уникнути попадання дріжджового пилу в повітря повинна проводитися не рідше за раз в рік.

Стелі і стіни приміщення необхідно очищати не рідше за раз в тиждень, а білення - не рідше за раз в квартал. Генеральне прибирання машини по переробці з відкриванням усіх дверець і люків - не рідше двох раз на місяць.

Також для дезінфекції цеху при прибиранні необхідно застосовувати антиформин або інші препарати антигрибкової і антимікробної дії. Перед дезінфекцією приміщення і устаткування очищається, а потім промивається. Загальна дезінфекція проводиться не рідше за раз в тиждень.

Шум. Допустимі рівні шуму і вібрації на робочих місцях в приміщеннях повинні відповідати гігієнічним вимогам («Санітарним нормам допустимих рівнів шуму на робочих місцях», затвердженим головним державним санлікарем СРСР 12.03.85 р., N 3223 – 85), що пред'являються до рівнів шуму на робочих

місцях, в приміщеннях житлових, громадських будівель і на території житлової забудови і виробничої вібрації, вібрації в приміщеннях житлових і громадських будівель і складати не більше 80 дБ.

Рівень звукового тиску від працюючої машини по переробці дріжджів не повинен перевищувати 8 дБ при октановій смузі з середньо-геометричною частотою 500 Гц, що не перевищує нормативної величини. Для цього необхідно обладнати механізми обертання барабанів звукопоглинальними кожухами(з листової сталі). Для зниження шуму від вентиляційних систем повітропроводи потрібне звуко-ізолювати, не допускати різкої зміни перерізу повітропроводів, різких поворотів і тому подібне.

Компресор, сепаратор, охолоджувач повітря необхідно закрити звукопоглинальними екранами(з дюралюмінію, покритого гумою) або закрити перегородками в окремому приміщенні, вбудованому усередині цеху.

Рівень вібрації на робочому місці оператора від працюючої в режимі переробки апаратури не повинен перевищувати 100 дБ при октановій смузі з середньо-геометричною частотою 4 Гц. Для цього підлогу поблизу робочого місця оператора укривають звукопоглинальними килимками, а сам механізм при установці закріплений на фундаменті через вібро-ізолюючі кріплення.

Природне освітлення розділяється на бічне світлові отвори в стінах), верхнє (прозорі перекриття або світлові ліхтарі), комбіноване, коли до верхнього освітлення додається бічне. Світильники з люмінесцентними лампами напругою 127/220 В (для цього проекту ЛСП06 з 6 лампами ЛД-40) допускається застосовувати для місцевого освітлення за умови недоступності їх струмоведучих частин для випадкового дотику.

5.3 Пожежна профілактика

Причинами загорання і вибуху на виробництві можуть бути:

- порушення герметичності бродильних чанів, ректифікаційних колон та комунікацій;
- прямий удар блискавки або занесення її високого потенціалу у приміщення по видовжених елементах;

Для пожежогасіння передбачено застосовувати розпилену воду, піну, вогнегасні порошки класів В та АВС; під час об'ємного гасіння – вуглекислий газ, вогнегасні порошки класів В та АВС, а також аерозольні вогнегасні речовини.

Проектом передбачено наступні будівельні заходи пожежної безпеки:

ступінь вогнестійкості будівлі – II, два запасних виходи з шириною дверних прорізів 0,6 м, легкоскідні конструкції, а саме одинарне застосування вікон, так як приміщення належать до категорії В, оскільки в них незначний вміст речовин і апаратів, схильних до горіння.

У цеху передбачаються дренчерні або спринклерні установки. З первинних засобів пожежогасіння застосовуються вогнегасники вугле-кисневі і пінні вогнегасники типу ОХВП–10. Вугле-кисневі вогнегасники застосовують для гасіння електричних установок, що знаходяться під напругою до 1 000 В.

Масильні речовини зберігаються в спеціально відведеному місці в металевій тарі. Відходи виробництва збираються не рідше за один раз в зміну в ящики, що закриваються. При пожежі усе устаткування, включаючи системи вентиляції, відключають.

Вогнегасники розміщуються в легкодоступних місцях, де виключено попадання на них прямих сонячних променів і безпосередня(без загороджувальних щитків) дія опалювальних і нагрівальних приладів.

Ручні(переносні) вогнегасники розміщуються наступними методами:

- навішування на вертикальні конструкції на висоті не більше 1,5 м від рівня підлоги до верхнього торця вогнегасники вагою 15 кг або не більше 1,0 м вагою 15 кг і більше і на відстані від дверей, достатнім для її повного відкривання;
- установки в пожежні шафи спільно з пожежними кранами(ПК) в спеціальні тумби або на пожежні щити і стенди.

Охорона довкілля і стічних вод. Очищення стоків цеху по переробці пивних дріжджів здійснюється очисними спорудами ЗАТ «Дніпропетровський пивоварний завод «Дніпро». Для цього система каналізації цеху підключається до загальної системи каналізації заводу.

Внутрішня система каналізації виробничих і господарча-побутових стічних вод має бути роздільною з самостійними випусками у внутрішньо-майданчикову мережу каналізації.

Рівень випуску виробничих стоків обладнався вище за рівень випуску господарсько-фекальних стоків.

Горизонтальні відведення каналізації від усіх виробничих приміщень незалежно від числа санітарно-технічних пристроїв повинні мати пристрої для прочищення труб.

На кінцевих ділянках каналізаційних горизонтальних відведень влаштовуються «дихальні» стояки для виключення засмоктуючого ефекту при залпових скиданнях стічних вод з устаткування.

Промивальні місткості для дріжджів приєднуються до каналізаційної мережі з повітряним розривом не менше 20 см від верху приймальної воронки. Усі приймачі стоків внутрішньої каналізації мають гідравлічні затвори (сифони).

Скидання неочищених стічних вод у відкриті водойми і на прилеглу територію, а також облаштування поглинаючих колодязів не допускається.

Повітря, що видаляється місцевими вентиляційними установками, містить пил, а також повітря, вакуум, що виділяється, - насосом і циклоном піддаються очищенню перед випуском їх в атмосферу.

Для цього в цеху переробці дріжджів передбачається облаштування системи очищення повітря ФК-АХК-с/6000, розраховане на очищення повітря, що виводиться, в об'ємі 6 000 м³/г.

Порядок експлуатації і відходу за вентиляційними установками на кожному підприємстві повинен відповідати спеціальним інструкціям, розробленим заводами-виробниками вентиляційних установок. Контроль по експлуатації вентиляційних установок покладати на технічно підготовлених осіб.

Аварійною ситуацією є обставини, розвиток яких може призвести до серйозних поломок устаткування, руйнації конструкцій будинку, пожежі, ушкодженню здоров'я, травмуванню і загибелі людей. Такими обставинами можуть бути:

Скупчення і висока концентрація СО₂ у ємностях і приміщенні.

Поява напруги на поверхні устаткування.

Гідравлічні удари в трубопроводах і сторонні стуки в трубопроводах.

Пожежа в цеху, інші непередбачені ситуації (землетруси, грозові розряди й ін.)

При виникненні таких ситуацій слід:

Стежити за ефективною роботою вентиляційних систем. Не опускатися самостійно в ємності. При виявленні людей, що знаходяться без свідомості в ємностях, не спускатися до них, а негайно повідомити керівництву і спробувати витягти людину за допомогою мотузки, гачків і інших пристосувань. Спускатися можна тільки при наявності шлангового протигаза, рятувального поясу і страхувальної мотузки за участю не менше двох чоловік.

При появі напруги на поверхні устаткування, сторонніх стукотах, гідравлічних ударах, зупинити устаткування і повідомити керівництву.

При пожежі й інших ситуаціях, що загрожують здоров'ю і життю зупинити устаткування і покинути цех через евакуаційний вихід і знаходитися в центрального входу в будівлю.

5.4 Висновки по розділу

У цьому розділі було досліджено вплив шкідливих і небезпечних чинників на організм людини, а також заходи по усуненню їх шкідливого впливу на працюючих.

ВИСНОВКИ

В кваліфікаційній роботі розглянуті питання створення підсистема управління двохвальцьовою вакуумною сушаркою BLAW KNOX з метою є удосконалення існуючої системи управління.

Викладена актуальність питання, визначені склад і функції системи управління, запропоновані технічні рішення з використанням сучасних рішень, зроблений вибір елементної бази, визначена структура системи управління.

В якості об'єкта управління обрано двохвальцьову вакуумну сушарку, для якої і виконується розробка підсистеми автоматичного управління. Вхідними параметрами є сигнали завдання потужності нагріву (витрати пару). Вихідними параметрами об'єкту управління є температура поверхні барабану.

В якості підсистемі дослідження обрана система збору інформації про об'єкт управління. Основними функціями системи є формування або реєстрування керуючого впливу, який подається на об'єкт управління, реєстрування дійсного значення на виході об'єкта, візуалізація отриманих даних та їх надання у зручному для подальшої обробки виді.

Кваліфікаційну роботу виконано повністю відповідно до теми і завдання, оформлено відповідно до нормативних документів і методичних рекомендацій.

Цілі, поставлені перед кваліфікаційною роботою, повністю виконані.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Методичні рекомендації для студентів бакалаврів спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» Ткачов В.В., Бубліков А.В., Цвіркун Л.І., Проценко С.М., Бойко О.О., Славинський Д.В., – Д.: «НГУ», 2016. – 27 с.
2. Бойко О.О. Методичні вказівки до лабораторних робіт з проектування систем автоматизації для студентів напрямку підготовки «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» / О.О. Бойко – Д.: Державний ВНЗ «НГУ», 2017. – 109 с. – Режим доступу: <https://goo.gl/Ev6J4Z>. – Назва з домашньої сторінки Інтернету.
3. Бойко О.О., Проценко С.М. Методичні вказівки до лабораторних робіт з програмування систем реального часу для студентів напрямків підготовки «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології», «Комп'ютерна інженерія» / О.О. Бойко, С.М. Проценко – Д.: Державний ВНЗ «НГУ», 2017. – 168 с. – Режим доступу: <https://goo.gl/rVf8Zm>. – Назва з домашньої сторінки Інтернету.
4. Бойко О.О. Методичні вказівки до лабораторних робіт з теорії автоматичного управління для студентів напрямку підготовки «Комп'ютерна інженерія» / Укл.: О.О. Бойко – Д.: Державний ВНЗ «НГУ», 2017. – 107 с. – Режим доступу: <https://goo.gl/nUMtFE>. – Назва з домашньої сторінки Інтернету.
5. Електроний ресурс: https://agrovisnyk.com/pdf/ua_2018_04_10.pdf - Пивна та хмелева галузі України: кон'юнктура та інтеграція Т.Ю. Приймачук, А.В. Проценко, Р.І. Рудик, Т.А. Штанько, м. Житомир, 2018.
6. Електроний ресурс: <http://tkachenko.vk.vntu.edu.ua/file/cda121b838067ae3ea7278d7f3afc556.pdf>, С. Й. Ткаченко, О. Ю. Співак, Сушильні процеси та установки, Вінниця ВНТУ 2008.

7. Електроний ресурс:
https://www.qplus.nl/productpdf/download/file/id/15459/name/DN_80_GG25_EPDM_PN16_DW_ACTUATOR.pdf.
8. Електроний ресурс:
https://drink.co.ua/news/promislova_tekhnologija_virobnictva_piva/2014-11-03-12.
9. В.А. Домарецкий. Технология Солода и пива. – Киев: «Фирма «ИНКОС»», 2004. –432 с.
10. Главачек Ф., Лхотский А. Пивоварение. – М.: Пищ. пром., 1977. –624 с.
11. Жвирблянская А.Ю., Исаева В.С. Дрожжи в пивоварении. – М.:Пищ. пром., 1979. –247 с.
12. В.А. Домарецкий, Г.В. Михалевська. Застосування інформаційних технологій та активні методи навчання при підготовці інженерів–технологів бродильних виробництв. – К.: Ін–т систем. Дослідж. Освіти, 1994. –168 с.
13. Кашурин А.Н. Разработка способов интенсификации, оптимизации, повышения эффективности процессов и аппаратов в пивном производстве: Автореф. Дис. д–ра техн. Наук. – К., 1988. –36 с.
14. В.Й. Попов, Й.Г. Кретов, В.Н. Стабников. Технологическое оборудование предприятий бродильной промышленности. – М.: Лег. И пищ. пром. 1985. –464 с.
15. Міждержавний стандарт ГОСТ 12.0.003-74 (1999) ССБТ «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация».
16. ДСН 3.3.6.042-99 „Державні санітарні норми параметрів мікроклімату” - К.: МОЗ України, 2000.
17. ДБН В.2.5-67:2013 Опалення, вентиляція та кондиціонування.
18. ДСТУ Б.А.3.2-12:2009. Система стандартів безпеки праці. Системи вентиляційні. Загальні вимоги
19. ДНАОП 0.03-33.14-85. Санітарні норми допустимих рівнів шуму на робочих місцях.

20. Правила улаштування електроустановок Мінпаливвугілля України. – 2017 – 617с.
21. «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості на небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу». № 528 - 2001.
22. Голінько В.І., Фрундін В.Ю. Охорона праці в галузі електротехніки та електромеханіки – Д.: Державний ВНЗ «НГУ», 2011. – 235с
23. Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями, затверджені наказом Мінсоцполітики від 14.02.2018 № 207.
24. Охорона праці в галузі. Конспект лекцій для студентів Інституту електроенергетики. / Уклад. В.І. Голінько, В.Ю. Фрундін, Ю.І. Чеберячко, М.Ю. Іконніков. - Дніпропетровськ: Державний ВНЗ «Національний гірничий університет», 2013. – 86 с.
25. Методичні рекомендації з виконання заходів стосовно охорони праці при роботі з ПЕОМ та розрахунку освітлення у дипломних проектах студентів усіх спеціальностей/ Уклад. В.І. Голінько, В.Ю. Фрундін, Ю.І. Чеберячко, М.Ю. Іконніков. - Дніпропетровськ: ДВНЗ «Національний гірничий університет», 2013.- 12 с.
26. ДСанПіН 3.3.2-007-98 Державні санітарні правила і норми. Гігієнічні вимоги до організації роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин
27. ДСТУ 7234:2011 Дизайн і ергономіка. Обладнання виробниче. Загальні вимоги дизайну та ергономіки
28. ДСТУ 7950:2015 Дизайн і ергономіка. Робоче місце під час виконання робіт стоячи. Загальні ергономічні вимоги.
29. ДСТУ 8604:2015 Дизайн і ергономіка. Робоче місце для виконання робіт у положенні сидячи. Загальні ергономічні вимоги
30. ДСТУ 3191-95 (ГОСТ 12 2.137-96) Обладнання для кондиціонування повітря та вентиляції. Загальні вимоги безпеки.

ДОДАТОК А

Відомість матеріалів кваліфікаційної роботи

№ рядка	Формат	Позначення	Найменування	Кількість аркушів	Шифр документу	Примітка	
1			<u>Документація</u>				
2							
3	A4	KIBС.KBP.151.18.03.ПЗ	Пояснювальна записка		ПЗ		
4							
5			<u>Графічна частина</u>				
6							
7	A2	KIBС.KBP.151.18.03.E2	Функціональна схема				
8			автоматизації	1	E2		
9							
10	A2	KIBС.KBP.151.18.03.E3	Схема електрична				
11			принципова	1	E3		
12							
13	A4	KIBС.KBP.151.18.03.ПЕЗ	Перелік елементів	1	ПЕ		
14							
15	A4	KIBС.KBP.151.18.03.Д	Презентація		Д		
16							
17		KIBС.KBP.151.18.03.ВДЕ	Носій інформації	1	ВДЕ		
18							
19							
20							
21							
22							
23							
24							
25							
26							
27							
28							
29							
			Підп.	Дата	KIBС.KBP.151.18.03.ТП		
Зм.	Арк.	№ докум.			Літ.	Аркуш	Аркушів
Розробив		Ігнатенко		25.05.21		1	1
П. конс.					Національний ТУ «Дніпровська політехніка», ЕТФ, 151-18ск-1		
Н. контр.							
					Відомість проекту		

ВІДГУКИ КОНСУЛЬТАНТІВ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

ВІДГУК

на кваліфікаційну бакалавра по темі: «Автоматизація технологічного процесу виготовлення легкоалкогольних напоїв.», студента гр. 151-18ск-1

Ігнатенко Олександр Іванович

Кваліфікаційна робота представлена пояснювальною запискою об'ємом ___ стор. формату А4 і графічною частиною ___ стор. формату А4.

Завдання і зміст кваліфікаційної роботи ступеню бакалавра відповідає основній меті – перевірці знань та ступеню підготовки студента 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.

Метою є розробка підсистеми управління технологічним устаткуванням – двох-вальцьовою сушаркою.

Згідно з аналізом вакуумної двохвальцьової сушарки, як об'єкта автоматичного керування за температурою матеріалу на поверхні барабана, розроблена динамічна модель самого теплофізичного процесу.

На основі аналізу існуючих рішень і методів побудови систем автоматизації була розроблена структурна схема САУ ТП виробництва сухих пивних дріжджів, визначені основні її функції, детально розроблена підсистема управління сушарною установкою і видувом з неї готової продукції. Підсистема управління сушарною установкою виконана на базі промислового контролера AMD і7188ха. Розроблена система забезпечить підвищення надійності і безпеки процесу виготовлення сухих дріжджів, підвищить їх якість і забезпечить збільшення об'єму продукції, що випускається.

Основними функціями системи є формування та реєстрування керуючого впливу який подається на об'єкт управління, реєстрування дійсного значення на виході об'єкта, візуалізація отриманих даних, та їх на-дання у зручному для подальшої обробки виді.

Також контуру управління входять програмований логічний контролер і частотний перетворювач з електродвигуном.

Візуалізація процесу управління відбувається за допомогою персонального комп'ютера з SCADA системою, яка дозволяє крім функцій управління виконувати функції дослідження об'єкта.

Тема кваліфікаційної роботи безпосередньо пов'язана з професійною діяльністю фахівця спеціальності 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології. Цілі, поставлені перед кваліфікаційною роботою, повністю виконані. ПЗ і графічна частина кваліфікаційної роботи виконана відповідно до вимог ГОСТ і ЕСКД, зауважень до проекту немає.

При виконанні кваліфікаційної роботи і ухваленні рішень проявлена висока міра самостійності, технічної грамотності.

Оцінки по розділах кваліфікаційної роботи - «_____».

Кваліфікаційна робота в цілому заслуговує оцінку «_____», а студент привласнення освітнього рівня «бакалавр» в галузі знань 15 Автоматизація та приладобудування.

Керівник кваліфікаційної роботи, _____ ст. викл. Надточий В.В.

____.06.2021

РЕЦЕНЗІЯ

на кваліфікаційну бакалавра по темі: «Автоматизація технологічного процесу виготовлення легкоалкогольних напоїв.», студента гр. 151-18ск-1

Ігнатенко Олександр Іванович

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 повністю до вимог стандартів та методичних рекомендацій.

Метою є розробка підсистеми управління технологічним устаткуванням – двох-вальцьовою сушаркою.

Згідно з аналізом вакуумної двохвальцьової сушарки, як об’єкта автоматичного керування за температурою матеріалу на поверхні барабана, розроблена динамічна модель самого теплофізичного процесу.

На основі аналізу існуючих рішень і методів побудови систем автоматизації була розроблена структурна схема АСУ ТП виробництва сухих пивних дріжджів, визначені основні її функції, детально розроблена підсистема управління сушарною установкою і видувом з неї готової продукції. Підсистема управління сушарною установкою виконана на базі промислового контролера AMD i7188xa. Розроблена система забезпечить підвищення надійності і безпеки процесу виготовлення сухих дріжджів, підвищить їх якість і забезпечить збільшення об’єму продукції, що випускається.

Основними функціями системи є формування та реєстрування керуючого впливу який подається на об’єкт управління, реєстрування дійсного значення на виході об’єкта, візуалізація отриманих даних, та їх на-дання у зручному для подальшої обробки виді.

До контуру управління входять програмований логічний контролер і частотний перетворювач з електродвигуном.

Візуалізація процесу управління відбувається за допомогою персонального комп’ютера з SCADA системою, яка дозволяє крім функцій управління виконувати функції дослідження об’єкта.

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

Рецензент,
_____.06.2021