

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

студента Бабаков Олексій Васильович

(П.І.Б.)

академічної групи 151-19ск-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 сушіння молочних продуктів

(назва за наказом ректора)

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

Дніпро
 2022

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

_____ Бублік О.В.
(підпис) (прізвище, ініціали)
« _____ » _____ 2022 року

ЗАВДАННЯ на кваліфікаційну роботу ступеня бакалавр

студенту Бабаков О.В. _____ академічної групи 151-19ск-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 сушіння молочних продуктів
затверджену наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка» № 217-с від 26.04.2022 р.

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.	11.05.2022
Розробка апаратного забезпечення системи керування	Обрання датчиків, виконавчих пристроїв та пристрою керування, розробка структурних схем, функціональної схеми автоматизації та принципової схеми електричної.	18.05.2022
Визначення моделі об'єкта керування	Виконання експерименту. Обробка результатів експерименту. Створення моделі об'єкта керування. Перевірка отриманої моделі на адекватність.	25.05.2022
Економічна частина	Економічне обґрунтування доцільності витрат на створення системи керування.	01.06.2022
Охорона праці	Розробка організаційно-технічних заходів, щодо реалізації правил безпеки при експлуатації системи.	05.06.2022

Завдання видано _____
(підпис керівника)

доц. Заславський О.М
(прізвище, ініціали)

Дата видачі

04.05.2022

Дата подання до екзаменаційної комісії

10.06.2022

Прийнято до виконання _____
(підпис студента)

Бабаков О.В.
(прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ

Об'єкт розробки – система автоматичного керування ланками технологічного процесу сушіння молочних продуктів.

Об'єкт дослідження – Розпилювальна сушарка WUXI ATZ Atomizer 12-986/4-1.

Предмет дослідження – проведення структурної і параметричної ідентифікації та визначення математичної моделі об'єкта керування.

У сушарку підгущене молоко надходить на розпилюючий диск з ротаційного насоса під тиском. У сушильній башті молоко розпорошується на дрібні крапельки (розміром 10...20 мкм), назустріч яким знизу вгору рухається гаряче (140...200 °С) повітря з калорифера. Частинки сухого молока, висушені гарячим повітрям, осідають на дно сушильної вежі і пневмотранспортом вивалюються з неї. Температура висушеного молока близько 40...60 °С, завдяки чому не відбувається коагуляції білка. Повітря з сушильної вежі віддаляється через фільтри.

Визначальними критеріями ефективності технологічного процесу сушіння молока є вологість (як основний показник якості готового продукту) та продуктивність установки. Остання забезпечується регулюванням температури гарячого повітря що надходить з калорифера вбудованого в сушарку. Джерелом теплоносія для калорифера є перегріта водяна пара з парогенератора. Підвищення температури повітря, що подається в сушильну башту, обмежено небезпекою зіпсування (або навіть загоранням) сухого молока, а зниження температури веде до збільшенню витрати теплоносія на одиницю випаруваної вологи.

В нашому випадку, для створення підсистеми автоматичного керування розпилювальною сушаркою, обрано один із головних каналів керування – «масова витрата перегрітої пари на вході калорифера сушарки → вологість сухого молока на виході з сушарки». Згідно технічних параметрів сушарки, підсистема керування має підтримувати задану вологість сухого молока на виході сушарки у межах 2...7 % завдяки регулюючим можливостям подачі перегрітої пари на вхід калорифера сушарки у межах 0,6...2,6 кг/с.

Виходячи з отриманих результатів можливо зробити висновок, що модель відповідає об'єкту керування, та може бути використана для подальшої розробки підсистеми керування.

МОЛОКО, СУШАРКА, ПЕРЕГРІТА ПАРА, ВОЛОГІСТЬ, ДАТЧИК, ЗАСУВКА, СИСТЕМА КЕРУВАННЯ, ВИКОНАВЧИЙ ПРИСТРІЙ, СИНТЕЗ СИСТЕМИ, ІМІТАЦІЙНА МОДЕЛЬ

ЗМІСТ

Зміст	4
Перелік скорочень	7
Вступ	8
1 Стан питання та постановка завдання	10
1.1 Загальна інформація	10
1.2 Сушка молока	12
1.2.1 Метод розпилювання	12
1.2.2 Метод плівковий	14
1.2.3 Товариство з обмеженою відповідальністю «Тростянецький молочний завод»	16
1.2 Об'єкт керування	17
1.3 Структура об'єкту керування	19
1.4 Принцип функціонування об'єкту керування	20
1.5 Структура системи керування	20
1.6 Формулювання задачі дослідження	21
1.7 Висновки за розділом	21
2 Розробка апаратного забезпечення системи керування	22
2.1 Розробка структурної схеми підсистеми керування	22
2.2 Розробка структурної схеми інформаційних потоків	23
2.3 Вибір апаратного забезпечення підсистеми керування	24
2.3.1 Вибір датчиків	24
2.3.2 Вибір виконавчих пристроїв	27
2.3.3 Вибір пристроїв керування	28
2.3.4 Вибір джерел живлення	33
2.4 Розробка функціональної схеми автоматизації	35
2.5 Розробка схеми електричної принципової	36
2.6 Висновки за розділом	37
3 Визначення моделі об'єкта керування	38

3.1 Розробка структурної схеми інформаційних потоків дослідницької системи	39
3.2 Розробка методики дослідження об'єкта керування	41
3.3 Виконання експерименту	43
3.4 Обробка результатів експерименту	46
3.4.1 Підготовка даних	46
3.4.2 Структурна ідентифікація	48
3.4.3 Параметрична ідентифікація	53
3.4.4 Розробка моделі об'єкта керування в Simulink	57
3.4.5 Перевірка моделі на адекватність	59
3.5 Висновки за розділом	62
4 Економічна частина	63
4.1 Техніко-економічне обґрунтування впровадження системи керування	63
4.2 Розрахунок капітальних витрат пов'язаних з впровадженням системи керування	63
4.3 Розрахунок капітальних витрат на програмне забезпечення	64
4.3.1 Розрахунок часу на розробку програмного забезпечення	64
4.3.2 Розрахунок витрат на розробку програмного забезпечення	67
4.4 Розрахунок експлуатаційних витрат	68
4.4.1 Амортизація основних фондів	69
4.4.2 Розрахунок фонду заробітної плати	70
4.4.3 Відрахування на соціальні заходи	71
4.4.4 Розрахунок витрат на технічне обслуговування та ремонт	71
4.4.5 Витрати на електроенергію	71
4.4.6 Інші витрати	72
4.5 Висновки за розділом	72
5 Охорона праці	73
5.1 Небезпечні та шкідливі виробничі фактори	74
5.2 Небезпеки технологічного процесу	76
5.3 Інженерно-технічні заходи з безпеки праці	78

	6
5.4 Пожежна безпека	80
5.5 Висновки по розділу	81
Висновки	82
Перелік посилань	84
Додаток А	88
Додаток Б	89
Відгуки консультантів кваліфікаційної роботи	90
Відгук	92
Рецензія	94

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

АСК ТП	- автоматизована систему керування технологічним процесом
БП	- біологічне паливо;
ВВП	- внутрішній валовий продукт;
ЕОМ	- електронна обчислювальна машина;
ОУ	- об'єкт керування;
САК	- система автоматичного керування;
ПЛК	- програмований логічний контролер;

ВСТУП

У нових економічних умовах підприємства з переробки сировини тваринного походження і торгівлі підприємства знаходяться в стадії становлення і вдосконалення технологічних процесів, що негативно відбивається на якості молочних продуктів харчування.

Тому важливою умовою при виробництві сухих молочних продуктів є якість сировини, дотримання технології їх виробництва та умов зберігання, використання надійної тари.

Консервування сушінням широко застосовують в молочній промисловості: сушать незбиране та знежирене молоко, склотини, молочну сироватку, суміші незбираного молока з знежиреним молоком або вершками, без добавок або з добавками.

Асортимент сухих молочних продуктів досить обширний: коров'яче незбиране сухе молоко 20 % і 25 % жирності, сухе молоко, сухі вершки, сухі високо-жирні вершки, сухі молочні продукти, сухі молочні продукти підвищеної розчинності (сухе молоко, сухе швидкокорозчинне молоко), сухі багато-компонентні суміші (сухі суміші для морозива, для пудингу). Ці продукти отримують методом розпилювальної сушки.

Молоко сухе незбиране - сухий молочний продукт з масовою часткою жиру не менше 20 %; що виготовляється з цільного або нормалізованого молока.

Молоко сухе знежирене - сухий молочний продукт з масовою часткою жиру не більше 1,5%, що виготовляється з знежиреного молока.

При виробництві всіх видів сухих молочних продуктів видалення вільної води здійснюється в два ступені - згущенням і сушінням попередньо згущеного продукту. Згущення виправними здійснюється до такої загальної масової частки сухих речовин, при якій масова частка ККФК у воді не перевищує 18...20 % і продукт не втрачає плинності (при температурі випарювання).

Згущені суміші висушують до кінцевої вологості, яка встановлюється в залежності від форми зв'язку води з складовими частинами сухої речовини.

Кінцева вологість сухого молочного продукту, що представляє собою зв'язану воду, становить не більше 15 % масової частки білка в ньому. На цьому ґрунтується нормування масової частки вологи в сухих молочних продуктах, по досягненні якої закінчується процес сушіння. Наприкінці сушіння того чи іншого продукту повинно бути забезпечено рівновагу між величиною заданої масової частки вологи в ньому і відносною вологістю повітря, що оточує його.

Сухе незбиране молоко має наступний хімічний склад: СОМО - 70,9 %, у тому числі молочного цукру міститься 35...38 %, білка - 26...28 %, мінеральних речовин - 5,8...6,2 %, жиру - 26,1 %, вологи – 3 %, але не більше 4 % при герметичній упаковці і не більше 7 % при негерметичних [6].

1 СТАН ПИТАННЯ ТА ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ

1.1 Загальна інформація

Сучасне сухе молоко можна порівняти в органолептичних і харчових характеристики з пастеризованим молоком.

Метод висушування молока не змінює його характеристики, оскільки використовувані температури дуже схожі на процес приготування молока тривалого зберігання, яке ми зазвичай купуємо в супермаркетах. Сухий продукт має перевагу в більшій стабільності з бактеріологічної точки зору.

Відсутність води створює середовище, більш агресивне для бактерій групи кишкової палички та анаеробних мікроорганізмів. Це не робить його повністю стерильним, але зберігання в прохолодному і сухому місці дозволяє поступово пройти процес само-стерилізації молока з-за дуже низької вологості.



Рисунок 1.1 - Сухе молоко

Тому відновлене молоко не є хімічним або штучним продуктом. Після регідратації має характеристики, порівнянні з характеристиками рідкого продукту. Порошкоподібне молоко має дуже практичні аспекти. Його можна зберігати протягом тривалого часу в невеликій герметично закритій ємності.

Сухе молоко зазвичай використовується у виробництві промислового і домашнього морозива, а також у кондитерській промисловості. Для більшої практичності і санітарної безпеки замінюють рідке молоко при виробництві закусок, тортів, кремів, пасок на порошок.

Що стосується його звичайного вживання, після відновлення, можна пити і вдома і в особливих умовах (подорож, кемпінг). Якщо вживати його в якості напою, то сухе молоко має набагато більш тривалий термін, ніж традиційне молоко, і його зручніше обробляти.

При використанні сухого молока як інгредієнт для приготування хліба, піци, десертів в домашніх умовах, порошок збагачує тісто, не розбавляючи і не утруднюючи обробку, як рідке молоко.

При приготуванні морозива, сухе молоко робить його більш м'яким і насиченим. Сухе молоко зручно застосовувати, коли немає можливості використовувати звичайне, наприклад, в офісі додавати в каву.

Сухе молоко для дорослих чи для харчових продуктів повністю відрізняється від дитячого харчування, так як є продуктом, призначеним для інших цілей.

Молочний порошок для дорослих проводиться просто шляхом позбавлення вологи молока, в той час як дитячі суміші містять багато добавок - поживних речовин, які роблять молоко підходящим для немовлят.

Сухе молоко, доступне на ринку, в трьох варіантах:

- незбиране сухе молоко з вмістом жиру близько 25 %;
- частково знежирене сухе молоко з відсотковим вмістом жиру 13...15 %;
- сухе знежирене молоко з вмістом жиру 1,5 %.

Щоб відтворити один літр напою, треба додати до 900 г води 100 г порошку. Вода повинна бути кип'яченою і охолодженою до 45...60 °С. Сухе молоко в воду необхідно додавати маленькими частинами, постійно. Потім треба почекати 15...20 хв для набухання білків, тоді зникне водянистий присмак. В залежності від того, який жирності сухе молоко використовується, буде отримано молоко різної жирності:

- з 25 % порошку – молоко 2,5 %;
- з 13...15 % порошку – молоко 1,3 %.

З порошку з вмістом жиру 1,5 % буде отримано практично знежирене молоко.

Для отримання інших обсягів продукту, слід дотримуватися співвідношення 1:9. Вживання склянки відновленого сухого молока, не відрізняється від свіжого молока. Певні забобони повинні не мають основи.

Сучасні методи обробки роблять хороший продукт з цікавими перевагами в практичності, гігієнічній безпеці і кулінарних застосувань [7].

1.2 Сушка молока

Сушка молока проводиться двома методами: розпилювальним (повітряне) і плівковим (контактна).

1.2.1 Метод розпилювання

При розпилювальному методі підготовлене нормалізоване молоко пастеризують при 90 °С, а потім згущують у вакуум-випарних апаратах до масової частки в ньому сухої речовини 43...52 %. Після цього молоко піддають гомогенізації. З гомогенізатора його при цій же температурі подають у форсунку або диск сушильної вежі. Сухе молоко з башти шнеком подається на фасовку.

Сушарки бувають дискові, в яких молоко надходить в диск, що обертається з великою частотою, і форсункові, де молоко у форсунки подається ротаційним насосом під тиском. У сушильній башті молоко розпорошується на дрібні крапельки (розміром 20...100 мкм), назустріч яким знизу вгору рухається гарячий (140...200 °С) повітря з калорифера.

Частинки сухого молока, висушені гарячим повітрям, осідають на дно сушильної вежі. Температура молока в зоні сушіння близько 60 °С, завдяки чому не відбувається коагуляції білка. Повітря з сушильної вежі віддаляється через фільтри.

Сухе молоко з сушильної вежі подається пневмо-трансформатором в бункер, де воно охолоджується до 15...20 °С.

Завдяки високій дисперсності матеріалу та розвинутій поверхні контакту, сушка відбувається дуже швидко. Тривалість сушки у розпилювальних сушарках при прямому потоці матеріалу та сушильного агента становить 4,3 с, при протитоку 2,4 с. Загальний час перебування часток у сушильній камері становить 15...20 с [6].

Для прикладу розглянемо детально технологічний процес сушіння молока з використанням дискової сушарки.

На рисунку 1.2 показана типова конструкція розпилювальної сушарки.

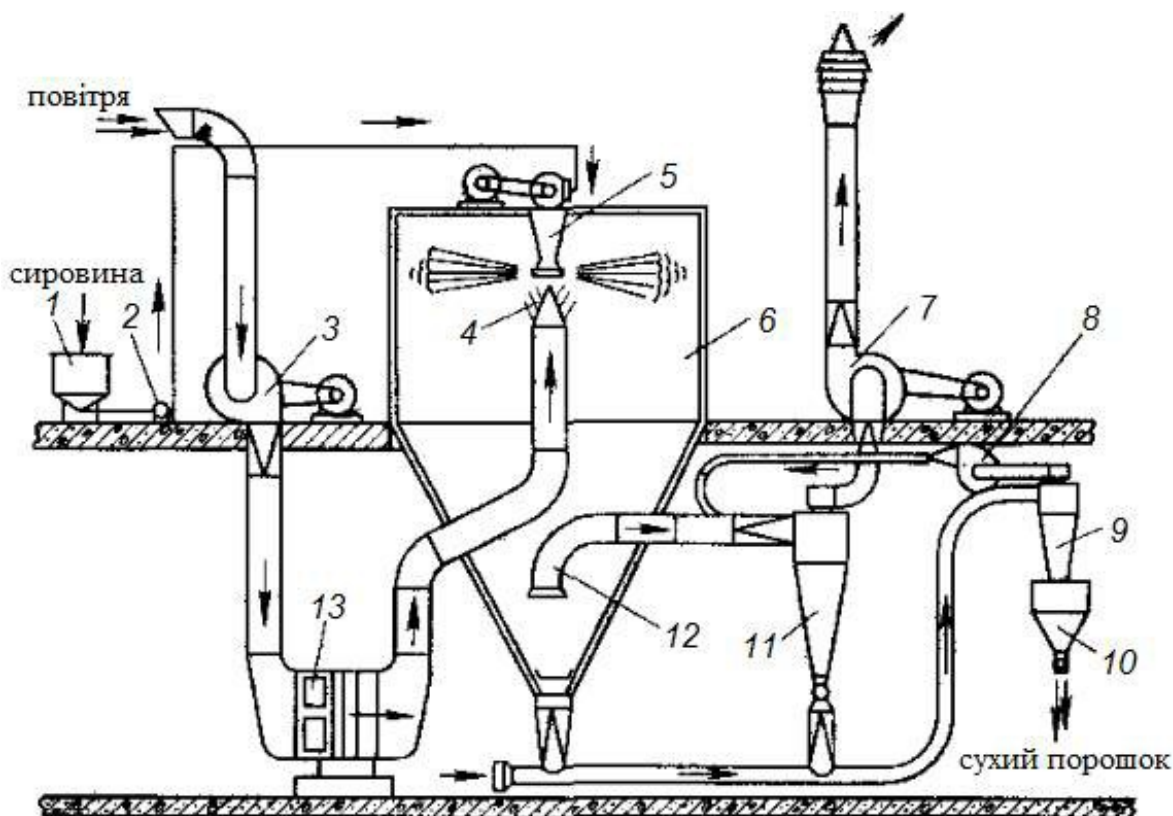


Рисунок 1.2 - Конструкція розпилювальної сушарки фірми:

- | | |
|--|---------------------------------|
| 1 – бак для згущеної сировини; | 2 – насос високого тиску; |
| 3, 7, 8 – вентилятори; | 4 – повітророзподільна головка; |
| 5 – розпилювальний пристрій; | 6 – сушильна башта; |
| 9, 11 – циклони; | 10 – бункер для сухого порошку; |
| 12 – труба для відсмоктування повітря з башти; | 13 – калорифер |

У процесі сушіння продукт розпорошується та висушується в атмосфері гарячого повітря. Зневоднювання продукту відбувається в результаті випаровування вологи з поверхні дрібних крапель молока. Згущена сировина з

бака 1 насосом 2 подається на розпилювальний пристрій 5, диск якого приводиться в обертання від електродвигуна через мультиплікатор. Частота обертання диска 15 000 об/хв. Знизу, через повітророзподільну головку 4, надходить гаряче повітря, яке вентилятором 3 нагнітається в калорифер 13, де підігрівається до температури 140...200 °С. Гаряче повітря у верхній частині башти близько диска розпилювального пристрою контактує з розпорошеною рідиною, де відбувається швидке випаровування вологи.

Сухий порошок падає в нижню частину сушильної башти і за допомогою пневматичного транспортного пристрою виводиться в циклон 9, з якого надходить у бункер 10. Повітря, що виходить з циклона 9, може містити частинки порошку, тому вентилятором 8 його спрямовують у циклон 11 на очищення. Для транспортування порошку з башти в циклон 9 повітря забирається з цеху. Тому одночасно з транспортуванням воно частково охолоджує порошок. По трубі 12 відпрацьоване повітря разом з частинками порошку надходить у циклон 11, і вентилятором 7 викидається в атмосферу. Порошок з циклону 11 надходить на пневмотранспортер [9].

Залежно від розчинності, органолептичної оцінки та інших показників сухе молоко поділяють на вищий і I сорт. Кількість нерозчинного осаду в молоці вищого гатунку, отриманого при розпилювальній сушки, повинно бути не більше 0,2 мл, I сорту - 0,8 мл.

Фасують сухе молоко в дрібні і великі бляшані банки та ін. При використанні сухого молока як напівфабрикату його фасують у бочки або барабани по 20...30 кг. Герметично упаковане молоко може зберігатися до 8 місяців при температурі 1...10 °С і відносній вологості повітря в сховищі не більше 85 %, в негерметичних упаковці - тільки 3 місяці [6].

1.2.2 Метод плівковий

При виробництві сухого молока плівковим методом сушка здійснюється на вальцьових (барабанних) сушарках.

Якість продукту, отриманого цим методом, нижче, ніж при розпилувальному методу. Тому на вальцьових сушарках сушать тільки знежирене молоко і склотини. Вальцьові сушарки являють собою два барабани, розташованих один над одним на відстані 0,6...1 мм. Всередину барабана під тиском надходить пара, а на поверхню обертових барабанів подається згущене молоко, яке, наноситься тонким шаром на гарячу поверхню вальця, що обертається. Утворена при випарюванні вологи пара поглинається оточуючим повітрям і разом з ним відводиться назовні. Висушений продукт знімається з вальців ножами в приймальний жолоб і транспортуючим пристроєм відводиться до збірника.

Плівкові сушарки (рис. 1.3) працюють під вакуумом і при атмосферному тиску. На чавунній станині паралельно між собою і суворо горизонтально розміщені два порожнинних вальці-барабани 3. Зовнішня циліндрична поверхня вальців, на яку наноситься молоко, шліфувана. Вальці-барабани обертаються з певною швидкістю. Привід здійснюється від електродвигуна через редуктор.

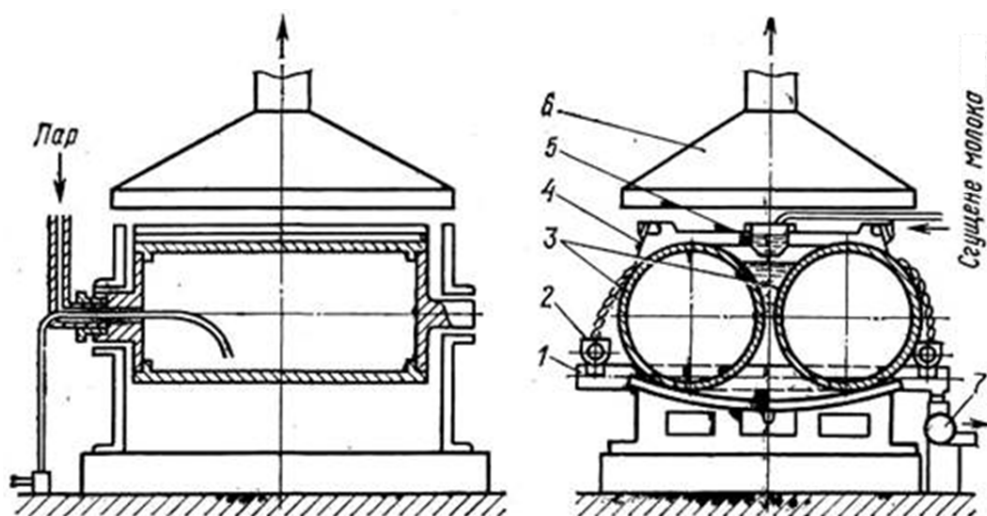


Рисунок 1.3 - Вальцьова (плівкова) сушарка:

1 – піддон; 2 – шнеки; 3 – вальці-барабани; 4 – ножі; 5 – жолоб; 6 – зонт; 7 – млин

Молоко, стикаючись з гарячою поверхнею барабанів, висихає. Плівку сухого молока знімають ножі, щільно прилеглі до поверхні вальців, вона надходить у жолоб і шнеком подається до млина. У млині плівку подрібнюють на порошок. Сухе молоко, отримане на барабанних сушарках, використовується в хлібопекарському та інших виробництвах [8].

1.2.3 Товариство з обмеженою відповідальністю «Тростянецький молочний завод»

ТОВ «Тростянецький молочний завод» входить в групу АТ «Молочний альянс», яка об'єднує потужні підприємства з виробництва та реалізації основних видів молочної продукції, лідер молочної галузі України.

Завод постійно оновлює технологічне обладнання та застосовує нові технології, здійснює пошук шляхів підвищення якості продукції та зниження її собівартості.

На підприємстві сушіння використовується для одержання сухого молока, сироватки, лактози, казеїну. Це забезпечує консервування сировини, засноване на принципі мінімізації дії вологи на продукт у цілому.



Рисунок 1.4 – Цех сушки молока

Для сушіння використовуються розпилювальні сушарки, які дають змогу одержати високу якість продукту поряд з порівняно невеликими енерговитратами. Сухі молочні продукти, одержані на розпилювальних

сушильних установках, мають високу розчинність, що обумовлює їх широке використання на підприємстві.

1.2 Об'єкт керування

В якості об'єкта керування обрана сушарка WUXI ATZ Atomizer 12-986/4-1, яка входить до складу технологічного обладнання з виготовлення сухого молока (рис. 1.5).

Ця високошвидкісна відцентрова сушарка для розпилення може швидко випаровувати розчин, емульсію, суспензію рідкого або пастоподібного матеріалу, перетворюючись на сухий порошок. Весь процес простий, висока швидкість і висока ефективність.

Для чутливого матеріалу можна забезпечити збереження кольору, запаху та смаку. Отриманий сухий порошок має хорошу розчинність і високу чистоту.



Рисунок 1.5 - Розпилювальна сушарка WUXI ATZ Atomizer 12-986/4-1

У сушарці використано запатентований розпилюючий диск зі стабільним відцентровим високошвидкісним обертанням та стабільною системою подачі суспензії, який може забезпечити хорошу плинність для рівномірного формування сферичної гранули сухого молочного порошку (рис. 1.6).



Рисунок 1.6 - розпилюючий диск у сушарці WUXI ATZ Atomizer 12-986/4-1

Таблиця 1.1 - Характеристики розпилювальних сушарок WUXI ATZ Atomizer 12-986/4-х

WUXI ATZ Atomizer 12-986/4-х	1	2	3
Продуктивність технічна по випарній волозі, при T теплоагента 140-200 °С, не менше, кг/год, що відповідає по готовому продукту:	300	600	1 100
- знежирене сухе молоко (при СВ 40-48%)	300...350	600...650	1050...1150
- сухе цільне молоко (при СВ 40-48%)	300...350	600...650	1050..1150
Пар, кг/год	9 500	19 200	38 500
Кількість подаючого повітря при T = 20 °С, не більше, м ³ /год	7500	15 000	35 000
Кількість відсмоктуємого повітря при T = 90 °С, не більше, м ³ /год	12 000	26 000	52 000
Температура нагріву теплоагента, °С	140...200	140...200	140..200
Викиди пилу в навколишнє середовище, не більше, мг/м ³ (при установці рукавного фільтра)	10	10	10
Вихідний продукт: знежирене, незбиране молоко:			
- кислотність, не більше, °Т	21	21	21
- наявність жиру (знежирене молоко), не більше, %	0,05	0,05	0,05
- наявність жиру (незбиране молоко), не більше, %	25	25	25
У сухій речовині:			
- вміст СВ, %	40...48	40..48	40...48
- температура, °С	40..55	40...55	40...55
Всі частини, що контактують з продуктом, виконані зі сталі AISI 304(12X18H10T) клас поверхні ВА			

Продукт після процесу пресування більш тонкий і щільний, може відповідати різним вимогам ринку. У сушарці вжито заходів для запобігання забрудненню продуктів з метою покращення якості продукції.

1.3 Структура об'єкту керування

Аналіз технологічної схеми як об'єкта керування дав змогу сформувати систему критеріїв, що комплексно характеризують ефективність технологічного процесу.

Визначальними критеріями ефективності технологічного процесу сушіння молока й молочних продуктів є їх вологість (як основний показник якості готового продукту) та продуктивність установки. Остання забезпечується регулюванням температури гарячого повітря, що надходить від калорифера.

Підвищення температури повітря, що подається в сушильну башту, обмежено небезпекою самозаймання напівфабрикату, а зниження температури веде до збільшення витрати теплоносія на одиницю випаруваної вологи.

Таким чином, для автоматизації сушильної установки доцільно виділити два основних регульованих параметри: вологість готової продукції на виході з сушильної башти та температуру гарячого повітря на виході з калорифера. Необхідно також стабілізувати розрідження в сушарці, оскільки зі зміною розрідження змінюється гідродинаміка сушарки, що має сильний вплив на час та інтенсивність процесу сушіння.

Можливі дві схеми автоматичного регулювання процесом сушіння в розпилювальних сушильних установках: за прямим параметром – вологості сухого продукту, який виходить із сушильної башти, і за непрямим параметром – залежністю вологості готового продукту від температури вихідного сушильного агента (гарячого повітря) з башти.

Керуючі впливи вносять зміною витрат сировини, пари в калорифер та вихідного сушильного агента.

Таким чином, проведений аналіз технологічної схеми одержання

молочних концентратів може бути використаний для синтезу системи автоматизації розпилювальної сушарки.

1.4 Принцип функціонування об'єкту керування

Для побудови системи керування сушильною установкою виділено два основних регульованих параметри: вологість сухого молока на виході з сушильної башти та температуру гарячого повітря на виході з калорифера і розрідження в сушарці, оскільки зі зміною розрідження змінюється гідродинаміка сушарки, що має сильний вплив на час та інтенсивність процесу сушіння. Розрідження в сушарці здійснюється шляхом скидання надлишкового тиску пари у парову батарею, тобто регулюванням тиску перегрітої пари.

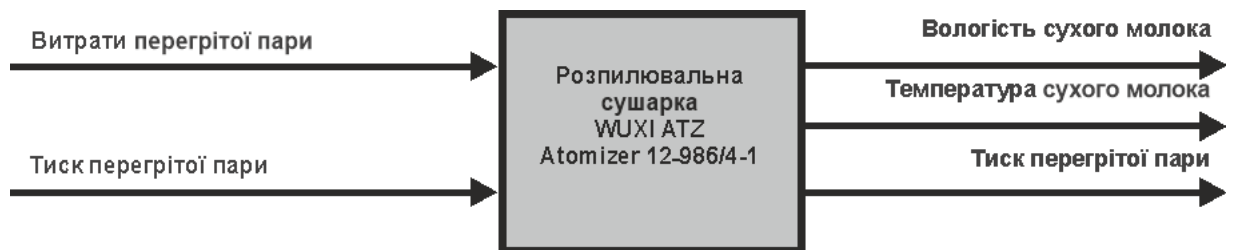


Рисунок 1.7 - Структура об'єкту керування

Згідно принципу роботи об'єкту керування - розпилювальною сушаркою WUXI ATZ Atomizer 12-986/4-1, можна визначити основні канали керування:

- «масова витрата перегрітої пари калорифера → вологість сухого молока»;
- «тиск перегрітої калорифера → температура сухого молока».

Калориферна установка вбудована у сушарку.

1.5 Структура системи керування

Для забезпечення функціонування процесу сушіння молока у режимі збереження енергоресурсів, потрібно синтезувати систему керування розпилювальною сушаркою WUXI ATZ Atomizer 12-986/4-1.

Роботою сушарки керує автоматичний регулюючий прилад, який має автоматично підтримувати задані технологічні параметри, які визначені технологічною картою (рис. 16).

1.6 Формулювання задачі дослідження

В нашому випадку, для створення підсистеми автоматичного керування розпилювальною сушаркою WUXI ATZ Atomizer 12-986/4-1, обрано один із головних каналів керування – «масова витрата перегрітої пари на вході сушарки → вологість сухого молока на виході з сушарки».

З метою побудови підсистеми керування за обраним каналом керування, необхідно провести активний експеримент для визначення параметрів передавальної функції об'єкту керування.

Підсистема керування має підтримувати задану вологість сухого молока на виході сушарки у межах 2...7 % завдяки регулюючим можливостям подачі перегрітої пари на вхід сушарки у межах 2 100...9 500 кг/год.

1.7 Висновки за розділом

Актуальність роботи пояснюється необхідністю модернізації систем керування, які використовуються на підприємствах молочної промисловості. Сучасна система керування дозволить оперативна контролювати значну кількість технологічних параметрів, дозволяючи отримувати режими роботи технологічного обладнання з заданими показниками якості та надійності. Також ця система керування матиме можливість фіксації та збереження параметрів роботи технологічного обладнання.

2 РОЗРОБКА АПАРАТНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ

2.1 Розробка структурної схеми підсистеми керування

У кваліфікаційній роботі, в якості об'єкту керування технологічним обладнанням обрано розпилювальну сушарку WUXI ATZ Atomizer 12-986/4-1.

До складу структури підсистеми керування мають входити наступні сигнали.

Вхідні сигнали керування:

- | | |
|--|-------------|
| – вологість сухого молока, %: | 2...7; |
| – температура сухого молока, °С: | 40...55; |
| – тиск перегрітої пари, кг/см ² | 3,7...15,8; |

Вхідні сигнали:

- | | |
|--|-------------|
| – витрати перегрітої пари кг/с | 0,6...2,6; |
| – тиск перегрітої пари, кг/см ² | 3,7...15,8; |

Роботою технологічного обладнання - розпилювальною сушаркою WUXI ATZ Atomizer 12-986/4-1 керує програмований логічний контролер (рис. 2.1).

Підсистема керування має підтримувати задану вологість сухого молока на виході сушарки у межах 2...7 % завдяки регулюючим можливостям подачі перегрітої пари на вхід калорифера сушарки у межах 0,6...2,6 кг/с, та його тиску у межах 3,7...15,8 кг/см² (що відповідає температурі перегрітої пари у межах 140...200 °С). Номінальні параметри стабілізації витрат і тиску перегрітої пари та вологості сухого молока залежать від технологічної карти технологічного процесу.

Згідно принципу роботи сушарки визначені основні канали керування:

- «масова витрата перегрітої пари → вологість сухого молока»;
- «тиск перегрітої пари → температура сухого молока».

На рисунку 2.1 показана структурна схема підсистеми керування.

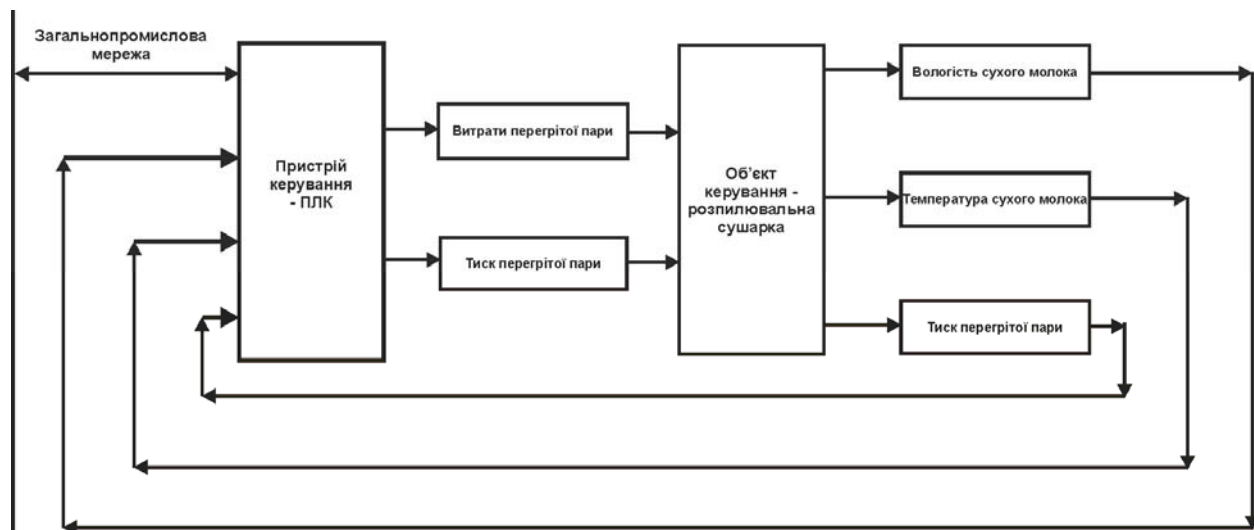


Рисунок 2.1 – Структурна схема підсистеми керування

Датчики температури, тиску і вологості забезпечують необхідною інформацією систему керування з метою підтримки режиму роботи технологічного обладнання.

Підсистема керування має підтримувати задану за технологічними параметрами вологість температуру сухого молока на виході розпилювальної сушарки WUXI ATZ Atomizer 12-986/4-1. Система керування має вихідні сигнали керування калорифером сушарки:

- засувка продуктивності перегрітої пари;
- засувка скидання тиску перегрітої пари.

2.2 Розробка структурної схеми інформаційних потоків

Підсистема керування обладнанням відповідає класичним вимогам до підсистем автоматизованого керування технологічним обладнанням. До неї входять пристрої збору інформації (датчики температури, тиску, вологості), еталони стану обладнання (температура, тиск, вологість), система автоматичного контролю стану обладнання, програма керування, яка повинна реалізувати формування керуючих впливів з витрати перегрітої пари та етилбензолу для підтримки заданої температури контактного газу на виході реактору на заданому технологічному рівні. Система керування має протиаварійний захист та блок

переводу до ручного режиму керування, виконавчі пристрої – електрозасувки. Розроблена структурна схема інформаційних потоків наведена на рисунку 2.2.

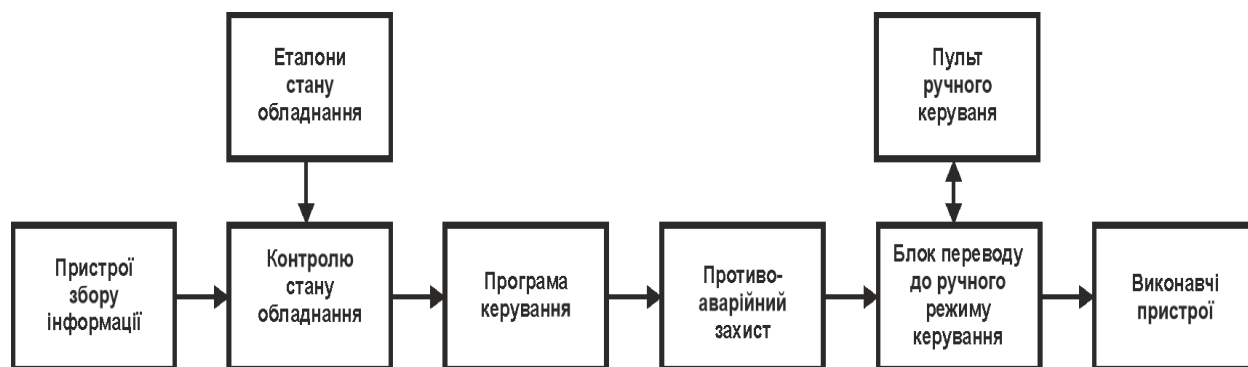


Рисунок 2.2 – Структурна схема інформаційних потоків

2.3 Вибір апаратного забезпечення підсистеми керування

2.3.1 Вибір датчиків

За технічними параметрами в системі керування необхідно вимірювати наступні параметри:

- температура сухого молока, °С: 40...55;
- тиск перегрітої пари, кг/см²: 3,7...15,8;
- вологість сухого молока, %: 2...7;

Для вимірювання температури сухого молока використаємо датчик температури Т.ХА–420 - датчики температури для рідких і сипучих середовищ [11]. Датчики мають чутливий елемент хромель-алюмель, датчики випускають на наступні діапазони вимірюваних температур 0...+100°С з вбудованим перетворювачем температури до стандартного струмового сигналу 4÷20 мА (рис. 2.3). Технічні характеристики датчика наведені в табл. 2.1.



Рисунок 2.3 – Датчик температури Т.ХА–420

Таблиця 2.1 – Технічні характеристики датчика температури Т.ХА–420

№	Найменування параметра	Значення
1	Тип	хромель-алюмель
	Діапазон вимірювання, °С	0...100
2	Клас допуску	1
3	Точність, %	0,5
4	Діапазон вихідного сигналу, мА	4...20
5	Напруга живлення, В	12...36
6	Потужність споживання, Вт	1

Для контролю тиску перегрітої пари на вході сушарки обрано датчик типу MBS 1700 Danfoss з вихідним сигналом 4...20 мА, та діапазон вимірювання 0...20 кг/см² (рис. 2.4) [12].



Рисунок 2.4 – Датчик тиску MBS 1700 Danfoss

Таблиця 2.2 – Технічні характеристики датчика тиску MBS 1700 Danfoss

№	Найменування параметра	Значення
1	Тип вимірювання	відносний тиск
2	Діапазон вимірювання	0...20 кг/см ²
	Робоча середа	газ, рідина
3	Точність, %	0,5
4	Діапазон вихідного сигналу, мА	4...20
5	Напруга живлення, В	9...32
6	Потужність споживання, Вт	1

В якості датчик вологості сухого молока використовуємо датчик M-Sens 2.

Метод вимірювання вологості, що використовується в M-Sens 2, використовує принцип поглинання матеріалом мікрохвильового випромінювання. Чим більше вологість, тим більше мікрохвильової енергії поглинається і перетворюється в тепло, відповідно, тим менше повертається в датчик вимірювання вологості. Відбите високочастотне поле перетворюється і піддається цифровій обробці, що забезпечує високу роздільну здатність лічильника вологи. Структура матеріалу і однорідність зволоження впливають на результати вимірювань, тому виміряна вологість доводиться до середнього значення за рахунок об'ємної щільності контрольованого матеріалу. Для цих

цілей проводиться попереднє калібрування пристрою, в якому в датчик вносяться довідкові дані вологості сировини. Випадкові зміни вологості, викликані неоднорідністю матеріалу і його об'ємною щільністю, відсіюються програмними засобами. Датчик вологості сипучих матеріалів оснащений функцією автоматичної компенсації змін температури навколишнього середовища (рис. 2.5) [13].



Рисунок 2.5 – Вологомір M-Sens 2

Таблиця 2.3 – Технічні характеристики датчика вологоміра M-Sens 2

№	Найменування параметра	Значення
1	Тип вимірювання	поточний
2	Діапазон вимірювання, %	0...65
	Робоча середа	сипучі матеріали
3	Точність, %	0,1
4	Діапазон вихідного сигналу, мА	4...20
5	Напруга живлення, В	24
6	Потужність споживання, Вт	20

На підставі обраних датчиків та їх технічних характеристик складена таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Датчики

№	Назва параметру	Принцип дії	Тип	Діапазон змінення	Точність	Значення виходу	Період оновлення	Напруга живлення	Потужність споживання
1	Температура сухого молока	Хромель-алюмель	Аналоговий	0...100 °С	±0,5 %	4...20 мА	0.1 с	12...36 В	1 Вт
2	Тиск сухого молока	Відносний тиск	Аналоговий	0...20 кг/см ²	±0,5 %	4...20 мА	0.1 с	12...36 В	1 Вт
3	Вологість сухого молока	Поточний, мікрохвильовий	Аналоговий	0...650 °С	±0,1 %	4...20 мА	0.1 с	24 В	20 Вт

2.3.2 Вибір виконавчих пристроїв

Для реалізації автоматичного керування продуктивністю подачі перегрітої пари та етилбензолу необхідна електрична засувка з поворотним затвором. Використаємо електрозасувку High performance butterfly valve HP 111-E [14].



Рисунок 2.6 - Електрозасувка High performance butterfly valve HP 111-E

Таблиця 2.5 – Технічні характеристики електрозасувки High performance butterfly valve HP 111-E.

№	Найменування параметра	Значення
1	Тип	Електромагнітний
2	Підключення, in (мм)	G3 (80)
3	Робочий тиск, МПа	1...32
4	Умовний прохід, мм	80
5	Максимальна витрата, л/г	15000
6	Температура носія, °С	-50...800
7	Керуюча напруга, В	12...24
8	Потужність споживання, Вт	8

На підставі наведеного вище для виконавчих пристроїв, та їх технічних характеристик складена таблиці 2.6.

Таблиця 2.6 – Виконавчих пристроїв

№	Назва параметру	Принцип дії	Тип	Діапазон змінення	Лінійність	Період оновлення	Напруга живлення, В	Потужність споживання, Вт
1	Продуктивністю перегрітої пари	Реверсивне	Дискретний	0...100 %	Не лінійний	0,1 с	24	0,5
2	Тиск перегрітої пари	Реверсивне	Дискретний	0...100 %	Не лінійний	0,1 с	24	0,5

2.3.3 Вибір пристроїв керування

Відповідно вимогам до підсистеми керування, що розробляється, в якості пристрою керування, треба використовуватися програмований логічний контролер компанії VIPA. Цикл роботи контролера повинен бути не більше 100 мс, для забезпечення необхідної реакції на змінення стану технологічних датчиків. Крім того контролер повинен мати не менш 1 кбайт вільної робочої пам'яті для реалізації програми керування.

Контролер повинен мати модульну структуру, що забезпечить підключення тільки обраного обладнання, та забезпечить легке розширення подальшого функціоналу.

До контролеру повинні бути підключені датчики, які мають уніфікований стандартний тип виходу 4...20 мА – це три датчика (температури, тиск, вологість).

Для керування продуктивністю подачі перегрітої пари регулювання тиску перегрітої пари (скидання надлишкового тиску у парову батарею) використані електричні засувки з поворотним затвором, які мають реверсивне дискретне управління положенням засувки продуктивності (площі перетину) 0...100 % з параметрами керування 0; 24 В (0,5 Вт).

Так як підсистема керування технологічним обладнанням повинна інтегруватися у загально-заводську автоматизовану систему керування технологічним обладнанням всього підприємства, то треба мати стандартний послідовний канал зв'язку, визначений раніше - RS-485 з протоколом MODBUS, або мережевий канал Ethernet.

Наведеним вимогам відповідає програмований логічний контролер VIPA 214-2BS33. Контролер має час арифметичної операції над речовим числом 40 мкс, об'єм пам'яті програм 144 кбайт, об'єм робочої пам'яті 96 кбайт та інтерфейс RS-485 (рис. 2.7). Технічні характеристики контролеру наведені в таблиці 2.7.



Рисунок 2.7 – Програмований логічний контролер VIPA 214-2BS33

Таблиця 2.7 – Технічні характеристики програмованого логічного контролеру VIPA 214-2BS33

№	Найменування параметра	Значення
1	Тип	CPU 214SER
2	Пам'ять, кбайт	144
3	Робоча пам'ять, кбайт	96
4	Максимальна кількість модулів, штук	32
5	Час виконання команди над бітом, мкс	0,18
6	Час виконання команди над байтом, мкс	0,78
7	Час виконання команди над словом, мкс	1,8
8	Час виконання команди над двійним словом, мкс	40,0
9	RS-485 інтерфейс	Присутній
10	Напруга живлення, В	24
11	Споживана потужність, Вт	5

Для підключення трьох аналогових датчиків, які мають стандартний струмовий сигнал 4...20 мА, обрано модуль аналогового вводу VIPA 231-1BD40, кожних з яких який має по чотири аналогові входи (рис. 2.8). Технічні характеристики модуля наведені в таблиці 2.8.



Рисунок 2.8 – Модуль аналогового вводу VIPA 231-1BD40

Таблиця 2.8 – Технічні характеристики модуля аналогового вводу VIPA 231-1BD40

№	Найменування параметра	Значення
1	Тип	SM 231, ECO
2	Кількість каналів	4
3	Тип каналу	Аналоговий
4	Діапазон вхідного сигналу, мА	4...20
5	Довжина екранованого провідника, м	200
6	Споживана потужність, Вт	0.6

Приклад схеми підключення датчика з типом вихідного сигналу 4...20 мА до модуля аналогового вводу наведена на рисунку 2.9.

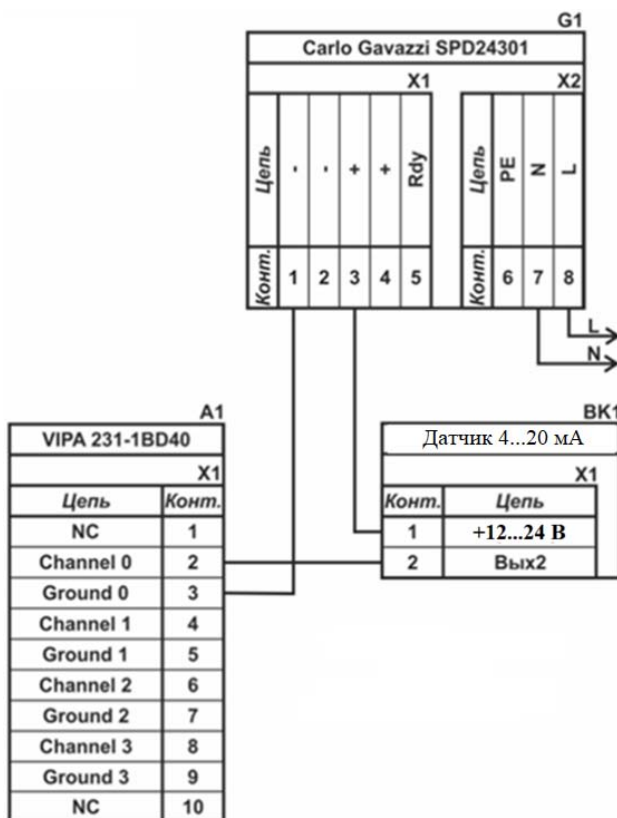


Рисунок 2.9 – Схема підключення датчика з типом вихідного сигналу 4...20 мА

До контролеру повинні бути підключені два дискретних канали керування (тип виходу 0, +24 В) – електрозасувки. Електрозасувки мають реверсивне управління, тому для підключення цих пристроїв треба по два незалежних канали керування для кожної.

Для цього обрано модуль дискретного виводу VIPA 222-1BF00 який має вісім каналів (рис. 2.10). Технічні характеристики модуля наведені в таблиці 2.9.



Рисунок 2.10 – Модуль дискретного виводу VIPA 222-1BF00

Таблиця 2.9 – Технічні характеристики модуля дискретного виводу VIPA 222-1BF40

№	Найменування параметра	Значення
1	Тип	SM 222
2	Кількість каналів	8
3	Тип каналу	Дискретний
4	Діапазон вихідного сигналу, В	0...24
5	Максимальний струм вихідного сигналу, А	1
6	Довжина екранованого провідника, м	600
7	Споживана потужність, Вт	2

Схема підключення до модуля дискретного виводу наведена на рисунку 2.11.

Відповідно до схеми підключення модуль має вісім незалежних каналів, кожний з яких може бути використаний для керування дискретним виконавчим пристроєм з напругою +24 В. Блок живлення підключено до 1 та 10 входів модуля. Для прикладу показана схема підключення умовного ланцюга 1 (одного з п'яти). Відповідний вихід модуля 2 підключено до входу пристрою узгодження (Ланцюг 1). Земляний вихід пристрою узгодження підключено до земляного входу блока живлення. Аналогічно підключено інші ланцюги пристроїв узгодження навантаження, але до відповідних до виходів цього модуля.

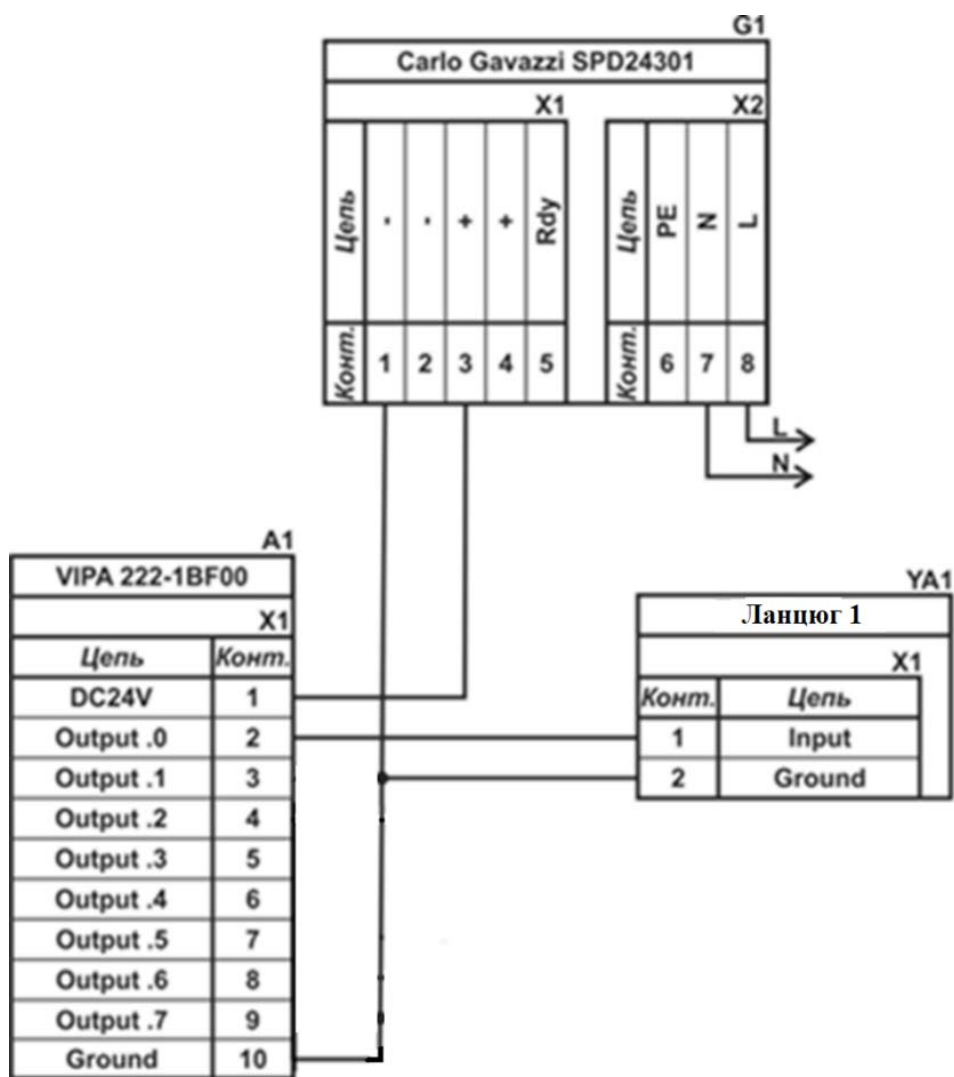


Рисунок 2.11 – Схема підключення дискретних пристроїв узгодження

Згідно з вимогами до підсистеми керування, в якості котрого виступає програмований логічний контролер, та пультом оператора, в якості якого виступає персональний комп'ютер, необхідно організувати мережу за допомогою інтерфейсу RS-485. Обраний програмований логічний контролер VIPA 214-2BS33 має інтерфейс RS-485. Схема підключення персонального комп'ютеру до програмованого логічного контролеру наведена на рисунку 2.12.

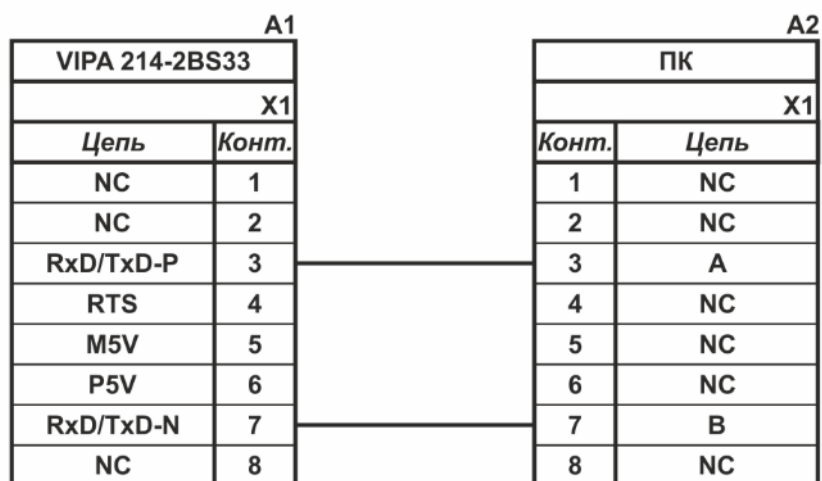


Рисунок 2.12 – Схема підключення по інтерфейсу RS-485

На підставі обраного програмованого логічного контролера та його модулів складена таблиця 2.10.

Таблиця 2.10 – Пристрій керування та його модулі

№	Назва модуля	Пристрій	Напруга живлення	Потужність споживання
1	VIPA 214-2BS33	Центральний процесорний модуль	24 В	5,0 Вт
		Зв'язок - АСК ТП		
2	VIPA 231-1BD40	Модуль аналогового вводу	24 В	0,6 Вт
		Температура сухого молока	24 В	1,0 Вт
		Тиск сухого молока	24 В	1,0 Вт
		Вологість сухого молока	24 В	20,0 Вт
3	VIPA 222-1BF00	Модуль дискретного виводу	24 В	2,0 Вт
		Електрозасувка пари - відкрити	24 В	0,5 Вт
		Електрозасувка пари - закрити	24 В	0,5 Вт
		Електрозасувка тиску пари - відкрити	24 В	0,5 Вт
		Електрозасувка тиску пари - закрити	24 В	0,5 Вт

2.3.4 Вибір джерел живлення

Програмований логічний контролер та його модулі мають напругу живлення +24 В. Загальна потужність споживання програмованого логічного контролера та його модулів:

$$P = 5,0 + 1 * 0,6 + 1 * 2,0 = 7,6 \text{ Вт.} \quad (2.1)$$

Виходячи з потужності споживання контролеру та його модулів у якості джерела живлення обрано блок живлення SPD24301 з вихідною напругою +24 В та потужністю 30 Вт (рис. 2.13). Технічні характеристики блока живлення наведені в таблиця 2.11.



Рисунок 2.13 – Блок живлення Carlo Gavazzi SPD24301

Таблиця 2.11 – Технічні характеристики блока живлення Carlo Gavazzi SPD24301

№	Найменування параметра	Значення
1	Напруга живлення, В	~85...~264
2	Вихідна напруга, В	24
3	Потужність, Вт	30
4	Максимальний вихідний струм, А	1,25

Схему підключення програмованого логічного контролера до блока живлення наведена на рисунку 2.14.

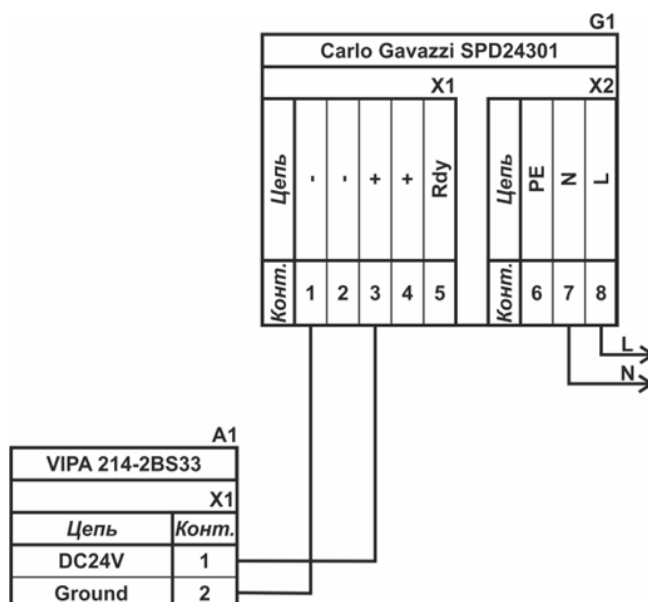


Рисунок 2.14 – Схема підключення програмованого логічного до блока живлення

Виконавши аналіз обраного обладнання можливо зробити вивід, що зовнішній блок живлення потрібен для трьох датчиків (температури, тиску, вологості) та чотирьох ланцюгів реверсивного керування для двох засувки. Таким чином потужність споживання за напругу живлення +24 В становитиме:

$$P = 2 * 1,0 + 1 * 20,0 + 4 * 0,5 = 24,0 \text{ Вт.} \quad (2.2)$$

Виходячи з потужності споживання датчиків та виконавчого пристрою у якості джерела живлення обрано блок живлення такий самий як і для програмованого логічного контролера SPD24301 з вихідною напругою +24 В та потужністю 30 Вт.

2.4 Розробка функціональної схеми автоматизації

Виходячи з вимог до підсистеми керування технологічним обладнанням - розпилювальною сушаркою WUXI ATZ Atomizer 12-986/4-1 розроблена функціональна схема автоматизації, яка наведена на рисунку 2.15.

У якості пристрою керування використовується програмований логічний контролер (UY 6) - VIPA 214-2BS33. Програмований логічний контролер підключено до технологічного обладнання АСУ ТП, за що відповідає система автоматизації більш високого рівня (UY 7), зв'язок між ними реалізовано за допомогою інтерфейсу RS-485.

Для вимірювання вологості сухого молока використовуються датчик (ME 1.1 - M-Sens 2) та перетворювачів 4...20 мА (MT 1.2 - M-Sens 2).

Для вимірювання температури сухого молока використовуються датчик (TE 2.1 - Т.ХА-420) та перетворювачів 4...20 мА (ТТ 2.2 - Т.ХА-420).

Для вимірювання тиску перегрітої пари використовуються датчик (PE 3.1 - MBS 1700) та перетворювачів 4...20 мА (РТ 3.2 - MBS 1700).

На підставі отриманих первинних значень з відповідних датчиків програмований логічний контролер (UY 6 - VIPA 214-2BS33) формує керуючі впливи по підтримці заданого режиму роботи.

Для керування продуктивністю подачі перегрітої водяної пари та його тиску використовуються електрозасувки з реверсивним керуванням (NS-4.1, NS-4.2, NS-7.1, NS-5.2 - High performance butterfly valve HP 111-E).

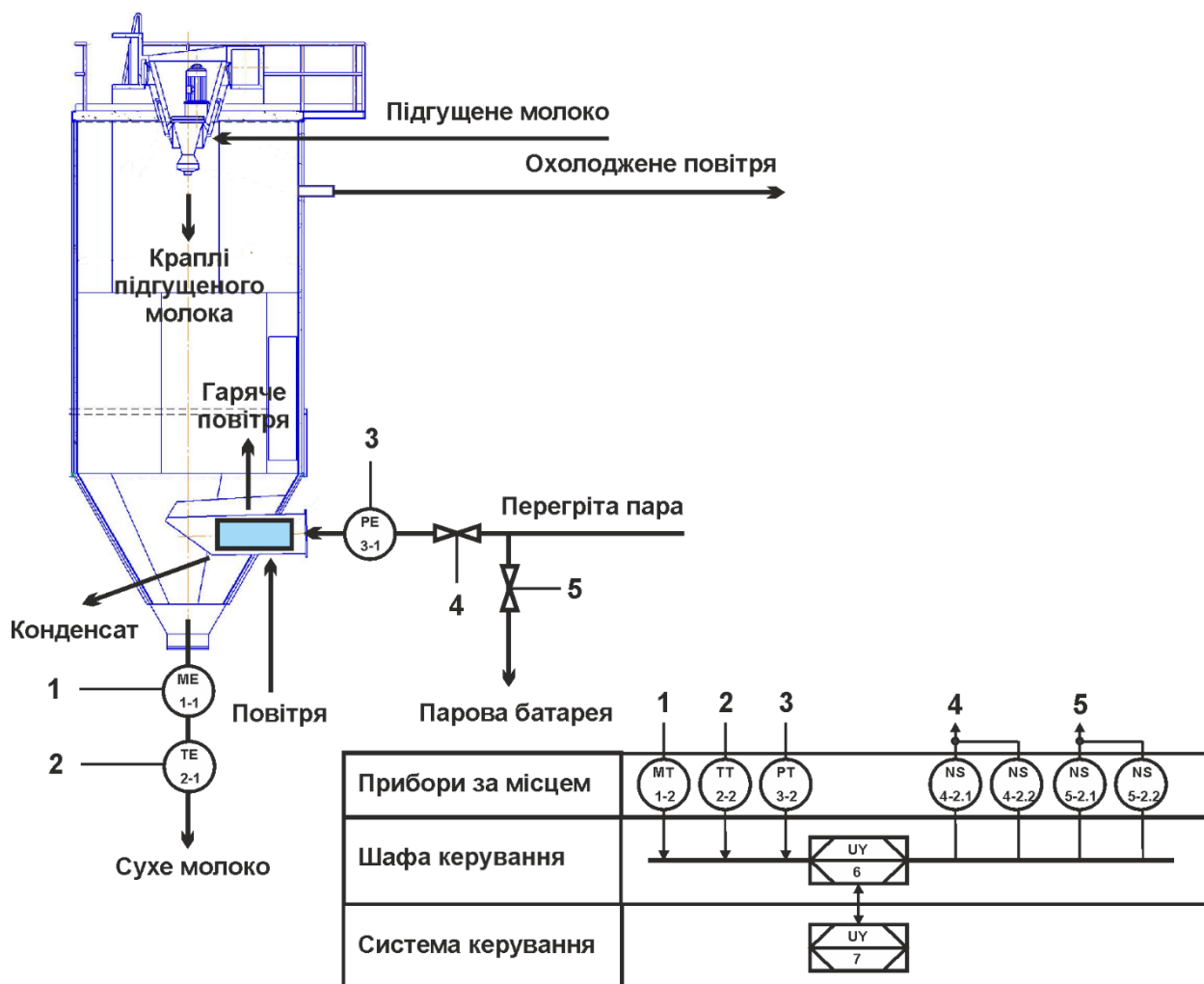


Рисунок 2.15 – Функціональна схема автоматизації

2.5 Розробка схеми електричної принципової

На основі функціональної схеми автоматизації та обраного апаратного забезпечення розроблена схема електрична принципова підсистеми керування технологічним обладнанням - розпилювальною сушаркою WUXI ATZ Atomizer 12-986/4-1 (рис. 2.16).

В підсистемі використовуються два блока живлення. Блок живлення Carlo Gavazzi SPD24301 (G1) підключено до програмованого логічного контролеру VIPA 214-2BS33 (A1). Блок живлення Carlo Gavazzi SPD24301 (G2) підключено

до модулю дискретного виводу VIPA 222-1BF00 (A1 – X4), к усім трьом датчикам температури (BK1...BK3).

Усі три аналогових датчика підключені до модулю аналогового вводу VIPA 231-1BD40 (A1 – X3) до каналів 0...2 за допомогою стандартного сигналу 4...20 мА – для аналогових датчиків.

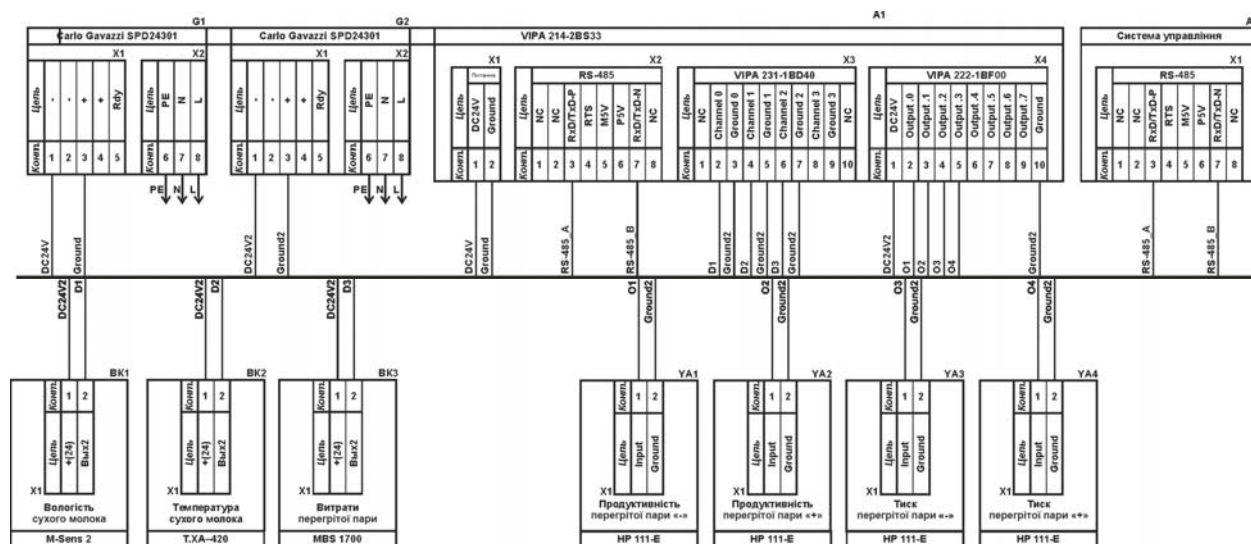


Рисунок 2.16 – Схема електрична принципова підсистеми керування

Для керування електрозасувками продуктивності подачі перегрітої пари у калорифер сушарки YA1, YA2 та тиску перегрітої пари YA3, YA4 використовується модуль дискретного виводу VIPA 222-1BD00 (A1 – X4), керування YA1...YA4 здійснюється каналами каналів 0...3.

Зв'язок між програмованим логічним контролером VIPA 214-2BS33 (A1) та АСК ТП верхнього рівня (A2) реалізовано за допомогою інтерфейсу RS-485 (A1 – X2).

2.6 Висновки за розділом

У якості об'єкта керування виступає розпилювальна сушарка WUXI ATZ Atomizer 12-986/4-1.

У цьому розділі вибрано апаратно-програмні засоби для створення підсистеми керування, розроблена функціональна схема автоматизації, розроблена схема принципова підсистеми керування, складено перелік елементів до схеми електричної принципової.

3 ВИЗНАЧЕННЯ МОДЕЛІ ОБ'ЄКТА КЕРУВАННЯ

У кваліфікаційній роботі, в якості об'єкту, обрано розпилювальну сушарку WUXI ATZ Atomizer 12-986/4-1 для отримання сухого молока. Це високошвидкісна відцентрова сушарка для розпилення підгущеного молока, яка може швидко випаровувати з нього вологу, перетворюючи його на сухий порошок. У сушарці використано запатентований розпилюючий диск зі стабільним відцентровим високошвидкісним обертанням та стабільною системою подачі суспензії, який може забезпечити хорошу плинність для рівномірного формування сферичної гранули сухого молочного порошку.

У сушарку підгущене молоко надходить на розпилюючий диск з ротаційного насоса під тиском. У сушильній башті молоко розпорошується на дрібні крапельки (розміром 10...20 мкм), назустріч яким знизу вгору рухається гаряче (140...200 °С) повітря з калорифера. Частинки сухого молока, висушені гарячим повітрям, осідають на дно сушильної вежі і пневмотранспортом вивалюються з неї. Температура висушеного молока близько 40...60 °С, завдяки чому не відбувається коагуляції білка. Повітря з сушильної вежі віддаляється через фільтри.

Визначальними критеріями ефективності технологічного процесу сушіння молока є вологість (як основний показник якості готового продукту) та продуктивність установки. Остання забезпечується регулюванням температури гарячого повітря що надходить з калорифера вбудованого в сушарку. Джерелом теплоносія для калорифера є перегріта водяна пара з парогенератора,

Підвищення температури повітря, що подається в сушильну башту, обмежено небезпекою зіпсування (або навіть загоранням) сухого молока, а зниження температури веде до збільшенню витрати теплоносія на одиницю випаруваної вологи.

В нашому випадку, для створення підсистеми автоматичного керування розпилювальною сушаркою WUXI ATZ Atomizer 12-986/4-1, обрано один із

головних каналів керування – «масова витрата перегрітої пари на вході калорифера сушарки → вологість сухого молока на виході з сушарки».

Згідно технічних параметрів сушарки, підсистема керування має підтримувати задану вологість сухого молока на виході сушарки у межах 2...7 % завдяки регулюючим можливостям подачі перегрітої пари на вхід калорифера сушарки у межах 0,6...2,6 кг/с.

З метою побудови підсистеми керування за обраним каналом керування, необхідно провести активний експеримент для визначення параметрів передавальної функції об'єкту керування.

Таким чином до контуру керування сушарки входить засувка подачі перегрітої водяної пари, та датчик вологості сухого молока. Кількість перегрітої пари, яка подається у сушарку, регулюється засувкою в залежності від поточної вологості сухого молока на виході сушарки. Чим вище вологість, тим більше треба витрат перегрітої водяної пари і навпаки.

Отже для визначення параметрів в моделі об'єкту керування, за керуючий вплив обрано витрату перегрітої водяної пари, а дійсним значенням – вологість сухого молока на виході сушарки.

3.1 Розробка структурної схеми інформаційних потоків дослідницької системи

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

Для розпилювальної сушарки WUXI ATZ Atomizer 12-986/4-1 з метою побудови підсистеми керування за обраним каналом керування «масова витрата перегрітої пари на вході калорифера сушарки → вологість сухого молока на виході з сушарки» треба розробити структурну схему інформаційних потоків для проведення дослідження.

Згідно з завданням та розробленим апаратним забезпеченням підсистеми, до контуру керування входить розпилювальна сушарка WUXI ATZ Atomizer 12-986/4-1, а в якості пристрою керування обрано програмований логічний контролер VIPA 214-2BS33 з цифровим каналом передачі даних типу RS-485, який необхідний для забезпечення інформаційного зв'язку з іншими системами автоматизації.

Візуалізація процесу керування відбувається за допомогою персонального комп'ютера зі SCADA системою zenon. Така підсистема дозволяє, крім функцій керування, виконувати функції дослідження об'єкта - для чого достатньо використати дослідницьке програмне забезпечення.

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

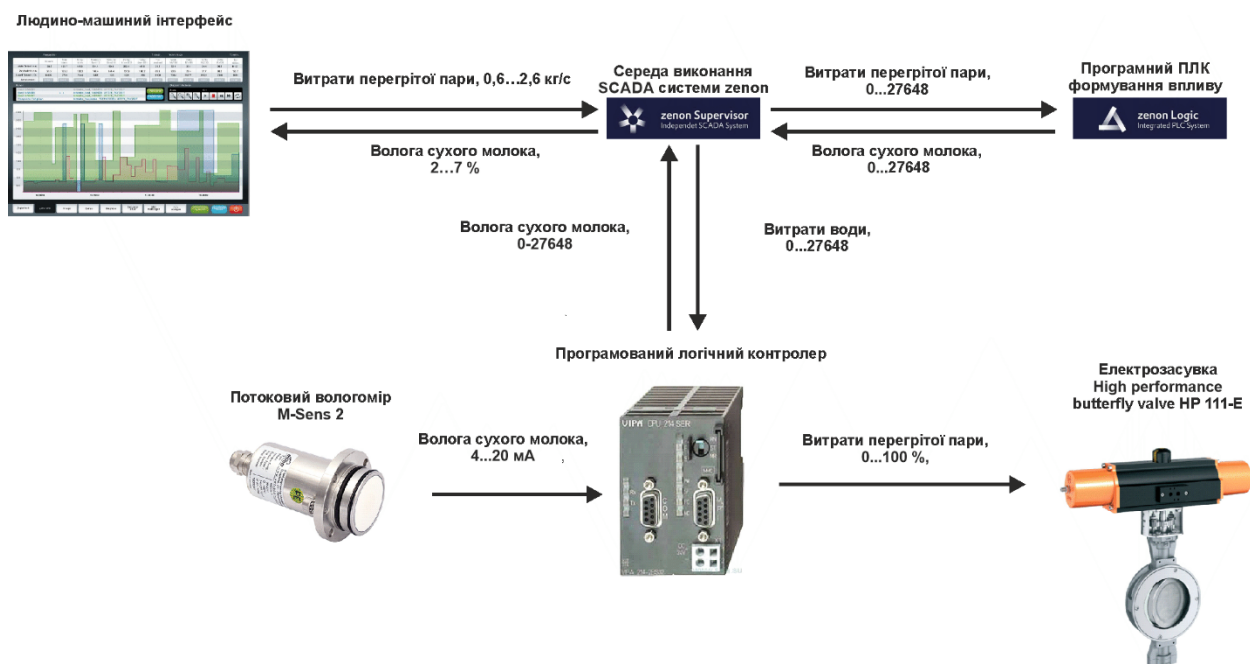


Рисунок 3.1 – Структурна схема інформаційних потоків дослідницької системи

Згідно зі структурною схемою, система дослідження може формувати керуючий вплив, в якості якого виступають витрати перегрітої водяної пари, за рахунок чого виконується нагрів контактного газу. Витрати перегрітої водяної пари можуть змінюватися у межах діапазону 0,6...2,6 кг/с, а номінальна вологість сухого молока очікується в межах діапазону 2...7 %.

Програмований логічний контролер виконує керування активним експериментом з метою отримання необхідних даних для побудови математичної моделі розпилювальної сушарки WUXI ATZ Atomizer 12-986/4-1, за обраним каналом керування «масова витрата перегрітої пари на вході калорифера сушарки → вологість сухого молока на виході з сушарки».

Зв'язок між програмованим логічним контролером та персональним комп'ютером зі SCADA системою zenon також реалізується за допомогою інтерфейсу RS-485.

3.2 Розробка методики дослідження об'єкта керування

Система дослідження дозволяє формування різноманітних керуючих впливів, та поданнях їх на підсистему керування розпилювальною сушаркою WUXI ATZ Atomizer 12-986/4-1. При цьому об'єкт керування не накладає ні яких обмежень на керуючий вплив. Виходячи з цього об'єкт керування можливо дослідити за допомогою метода активного експерименту.

З метою виконання ідентифікації об'єкта керування, 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 керування до початкових умов, дочекатися досягнення усталеного режиму – керуючий сигнал дорівнює мінімальному значенню.
 - 2.2. Запустити процес реєстрування.
 - 2.3. Задати керуючий сигнал на рівні 100 %, дочекатися досягнення усталеного режиму.
 - 2.5. Зупинити процес реєстрації.
3. Отримання даних за для побудови статичної характеристики.
 - 3.1. Привести об'єкт керування до початкових умов (дивись п. 2.1).

3.2. Запустити процес реєстрування.

3.3. Задати керуючий сигнал на рівні 0 %, дочекатися досягнення усталеного режиму.

3.4. Задати керуючий сигнал на рівні 20 %, дочекатися досягнення усталеного режиму.

3.5. Задати керуючий сигнал на рівні 40 %, дочекатися досягнення усталеного режиму.

3.6. Задати керуючий сигнал на рівні 60 %, дочекатися досягнення усталеного режиму.

3.7. Задати керуючий сигнал на рівні 80 %, дочекатися досягнення усталеного режиму.

3.7. Задати керуючий сигнал на рівні 100 %, дочекатися досягнення усталеного режиму.

3.8. Зупинити процес реєстрації.

4. Отримання даних при П-образному впливі.

4.1 Привести об'єкт керування до початкових умов (дивись п. 2.1).

4.2 Запустити процес реєстрування.

4.3. Задати керуючий сигнал на рівні 100 %, дочекатися досягнення усталеного режиму.

4.4. Задати керуючий сигнал на рівні 0 %, дочекатися досягнення усталеного режиму.

4.5. Зупинити процес реєстрації.

5. Отримання перевірочних даних.

5.1. Привести об'єкт керування до початкових умов (дивись п. 2.1).

5.2. Налаштувати псевдовипадковий керуючий вплив таким чином, щоб період зміни впливу бажано був у п'ять разів менший за час перехідного процесу та плюс два інтервали затримки, а амплітуда впливу змінювалася (бажано випадково) в дискретно на рівні 0...100 %.

5.3. Запустити процес реєстрування.

5.4. Запустити формування псевдовипадкового впливу.

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

5.6. Зупинити процес реєстрації.

3.3 Виконання експерименту

Згідно технічних параметрів технологічного обладнання, максимальна вологість сухого молока на виході сушарки становить близько 7 % при мінімально можливій витраті перегрітої водяної пари 0,6 кг/с, яка використовується як теплоносіє для процесу сушіння.

Мінімальна вологість сухого молока на виході сушарки має бути близько 2 % при максимально можливій витраті перегрітої водяної пари 2,6 кг/с. Таким чином керуючий сигнал змінюється в межах 0,6...2,6 кг/с.

На першому етапі проведення експерименту виконано налаштування системи дослідження таким чином, що керуючий вплив може знаходитися дискретно 0 або 100 %, а фактичне значення 0 або 2 кг/с, що забезпечується відповідним керуванням засувки подачі перегрітої водяної пари. Мінімальні витрати перегрітої водяної пари 0,6 кг/с подаються у сушарку через «бай-пас».

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

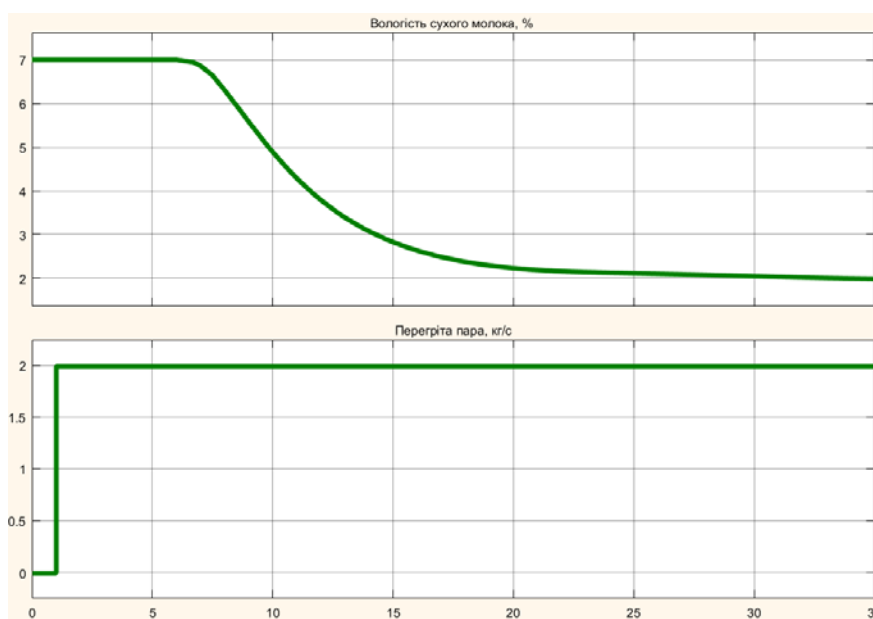


Рисунок 3.2 – Отримання динамічної характеристики

Для цього було встановлено керуючий сигнал 0 кг/с (0 %). Після досягнення усталеного режиму – вологості молока 7^o%, керуючий сигнал було встановлено на 2 кг/с (100 %). Після досягнення усталеного режиму – вологості сухого молока близько 2 % експеримент було закінчено.

На третьому етапі було виконано отримання даних для побудови статичної характеристики (рис. 3.3).

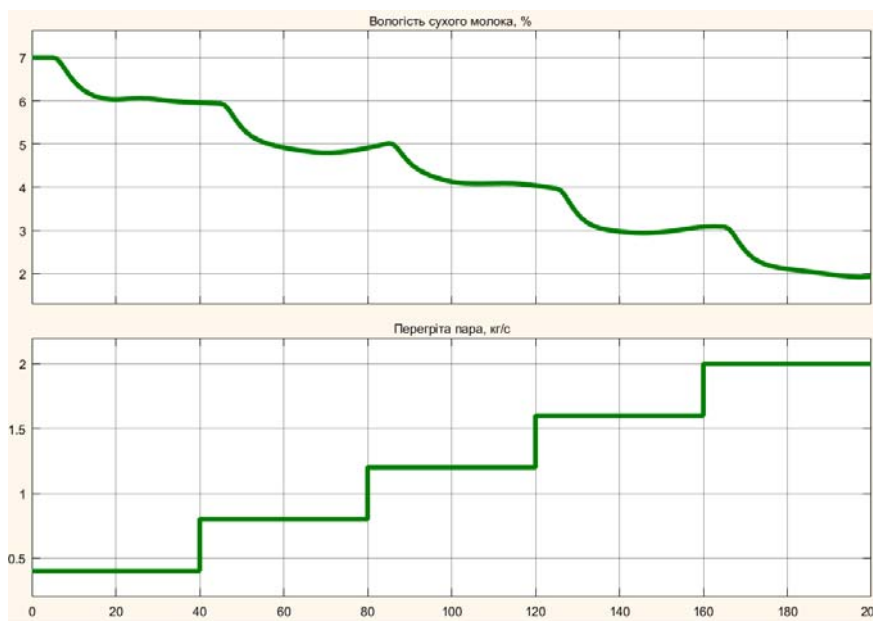


Рисунок 3.3 – Отримання даних для побудови статичної характеристики

Для цього було встановлено керуючий сигнал 0 кг/с (0 %).

Після досягнення усталеного режиму керуючий сигнал було встановлено на значення 0,4 кг/с (20 %).

Після досягнення усталеного режиму керуючий сигнал було встановлено на значення 0,8 кг/с (40 %).

Після досягнення усталеного режиму керуючий сигнал було встановлено на значення 0,12 кг/с (60 %).

Після досягнення усталеного режиму керуючий сигнал було встановлено на значення 0,16 кг/с (80 %).

Після досягнення усталеного режиму керуючий сигнал було встановлено на значення 2 кг/с (100 %).

Після досягнення усталеного режиму експеримент було закінчено.

На четвертому етапі було виконано отримання даних П-образному керуючому впливі (рис. 3.4).

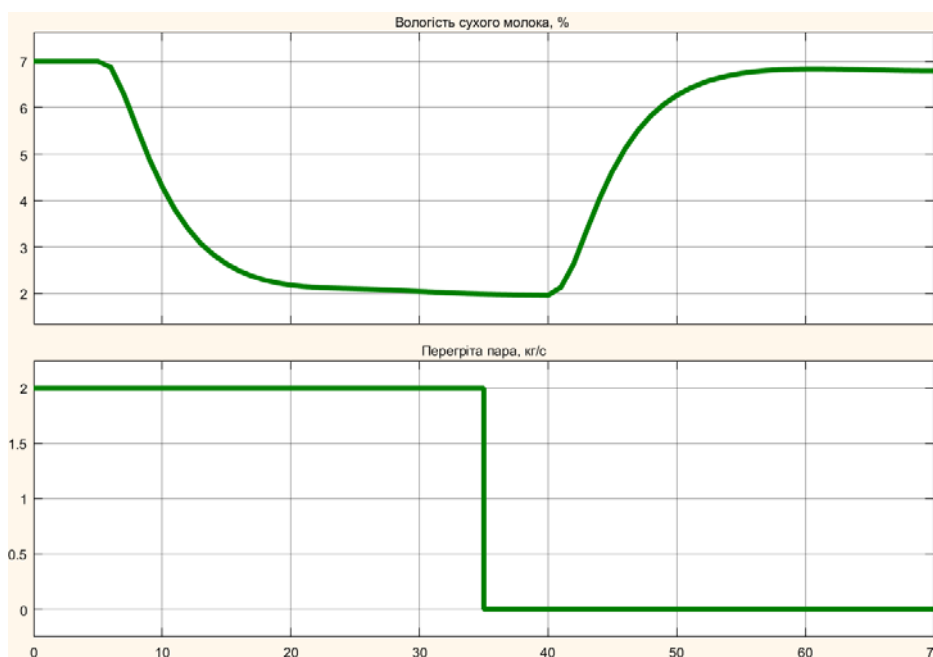


Рисунок 3.4 – Отримання даних при П-образному керуючому впливі

Для цього було встановлено керуючий вплив на значення 0 кг/с (0 %). Після досягнення усталеного режиму було встановлено керуючий вплив на значення 2 кг/с (100 %). Після досягнення усталеного режиму було встановлено керуючий вплив на значення 0 кг/с (0 %). Після досягнення усталеного режиму експеримент було закінчено.

На п'ятому етапі було виконано отримання перевірочних даних (рис. 3.5).

Для цього було встановлено керуючий вплив на значення 0 кг/с (0 %). Після досягнення усталеного режиму було встановлено керуючий вплив на випадкову в діапазоні 0...2 кг/с (0...100 %), з інтервалом зміни 1 с (з попереднього аналізу рисунку 3.2 маємо - перехідний процес приблизно 20 с, тобто постійна часу близько $20 / 5 = \sim 4$ с, затримка ~ 5 с), а сама реєстрація відбувалася на протязі 900 с.

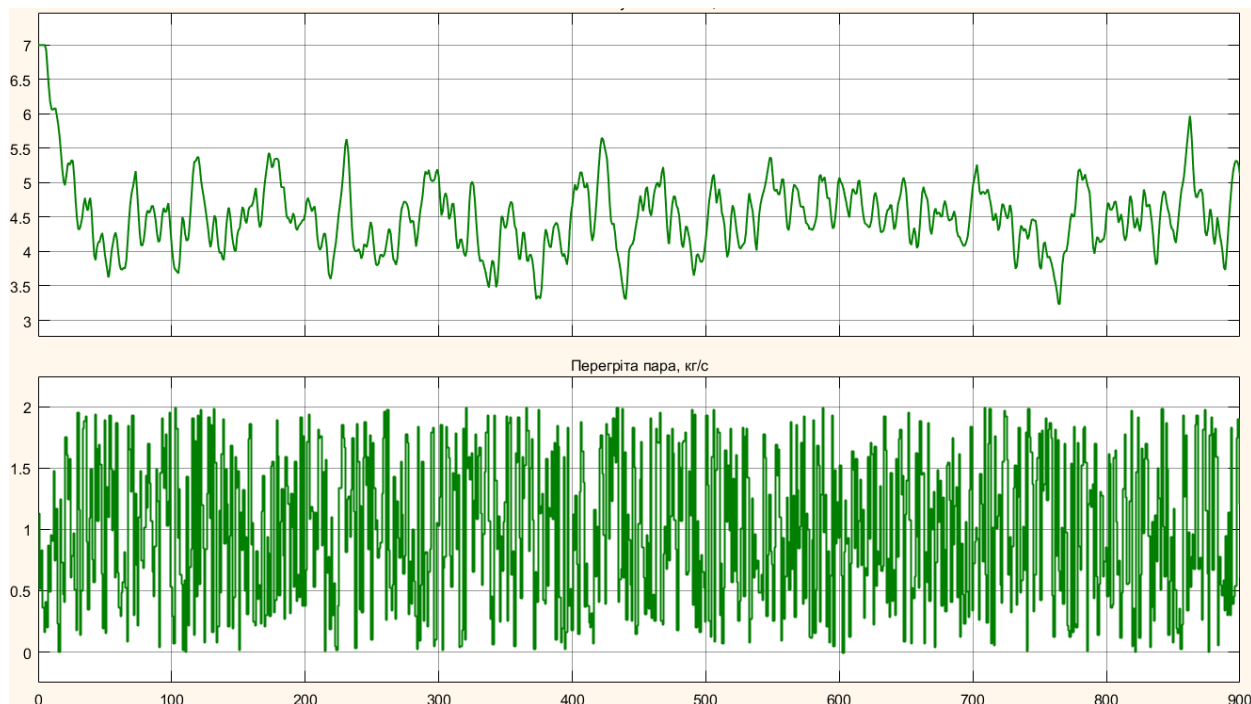


Рисунок 3.5 – Отримання перевірочних даних

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

3.4 Обробка результатів експерименту

3.4.1 Підготовка даних

Дані отримані в SCADA системі zenon було імпортовано до математичного пакета MATLAB з метою подальшої обробки (рис. 3.6). Змінні які відповідають даним динамічної характеристики "Dynamic_Input", "Dynamic_Ounput", даним для побудови статичної характеристики "Static_Input", "Static_Ounput", даним отриманим при П-образному керуючому впливі "P_Input", "P_Output", перевірочним даним "Check_Input", "Check_Otput". Суфікс "_Input" позначає керуючий вплив, а суфікс "_Output" дійсне значення.

The screenshot shows the MATLAB Workspace window for a script named 'E1_P_Analyse.m'. The workspace contains eight variables, each represented by a small grid icon. The variables and their values are as follows:

Name	Value
Check_Input	901x1 double
Check_Output	901x1 double
Dynamic_Input	36x1 double
Dynamic_Output	36x1 double
P_Input	71x1 double
P_Output	71x1 double
Static_Input	201x1 double
Static_Output	201x1 double

Рисунок 3.6 – Імпортовані данні

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

```
Dynamic_Raw=iddata(Dynamic_Output, Dynamic_Input, 1);
Static_Raw=iddata(Static_Output, Static_Input, 1);
P_Raw=iddata(P_Output, P_Input, 1);
Check_Raw=iddata(Check_Output, Check_Input, 1);
```

З отриманих даних була видалена статична складова:

```
offset_DO = max(Dynamic_Raw.OutputData);
trend = getTrend(Dynamic_Raw);
trend.OutputOffset = offset_DO;
Dynamic = detrend(Dynamic_Raw, trend);

offset_SO = max(Static_Raw.OutputData);
trend = getTrend(Static_Raw);
trend.OutputOffset = offset_SO;
Static = detrend(Static_Raw, trend);

offset_PO = max(P_Raw.OutputData);
trend = getTrend(P_Raw);
trend.OutputOffset = offset_PO;
P = detrend(P_Raw, trend);

offset_CO = max(Check_Raw.OutputData);
trend = getTrend(Check_Raw);
trend.OutputOffset = offset_CO;
Check = detrend(Check_Raw, trend);
```

На рисунку 3.7 показані результати з видалення статичної складової для динамічної, статичної, П-образної та перевірконої характеристик.

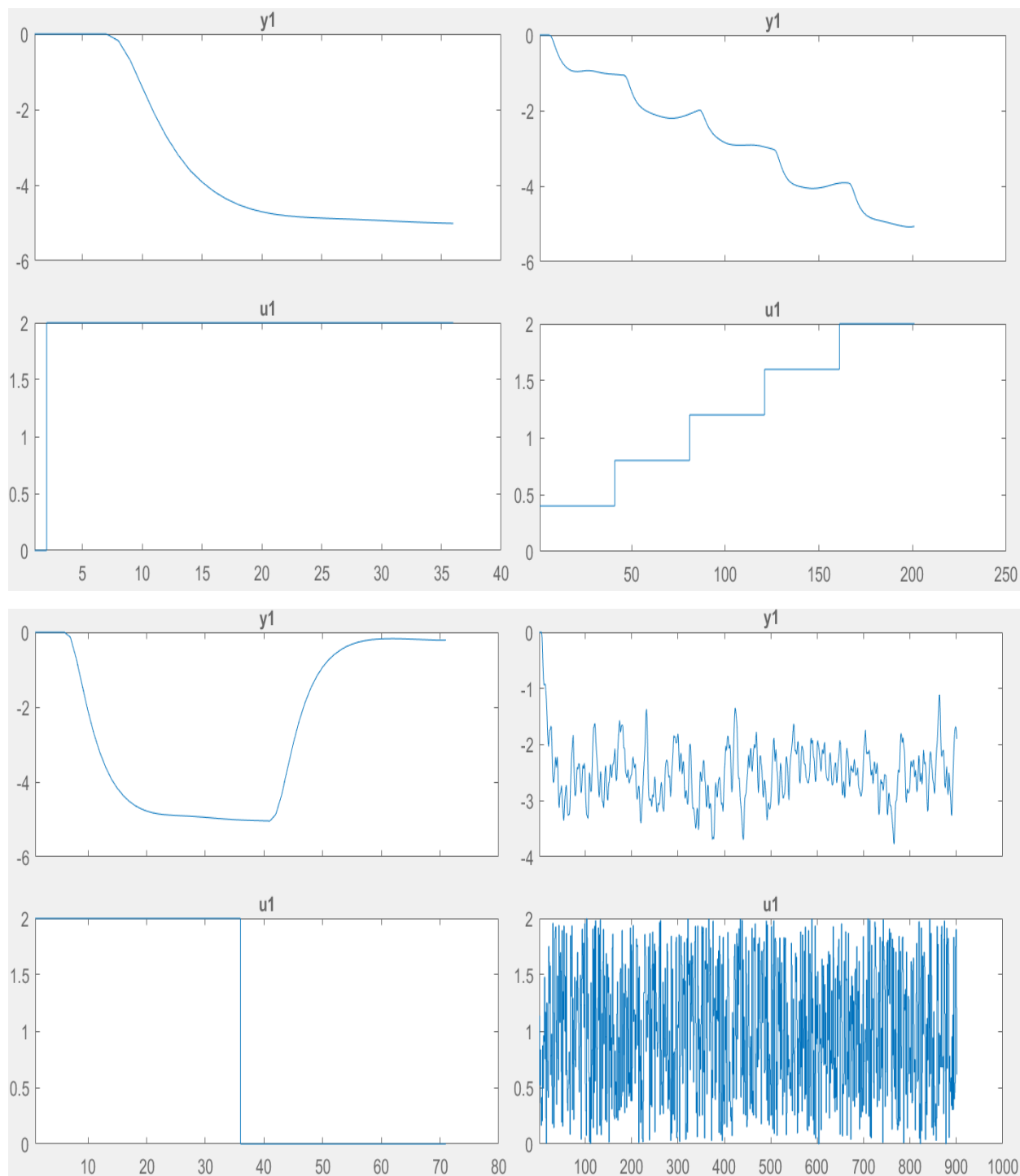


Рисунок 3.7 – Динамічна, статична, П-образна та перевірна характеристики з видаленими статичними складовими

3.4.2 Структурна ідентифікація

З метою оцінки структури моделі об'єкта керування проаналізуємо динамічну характеристику об'єкта керування (рис. 3.8).

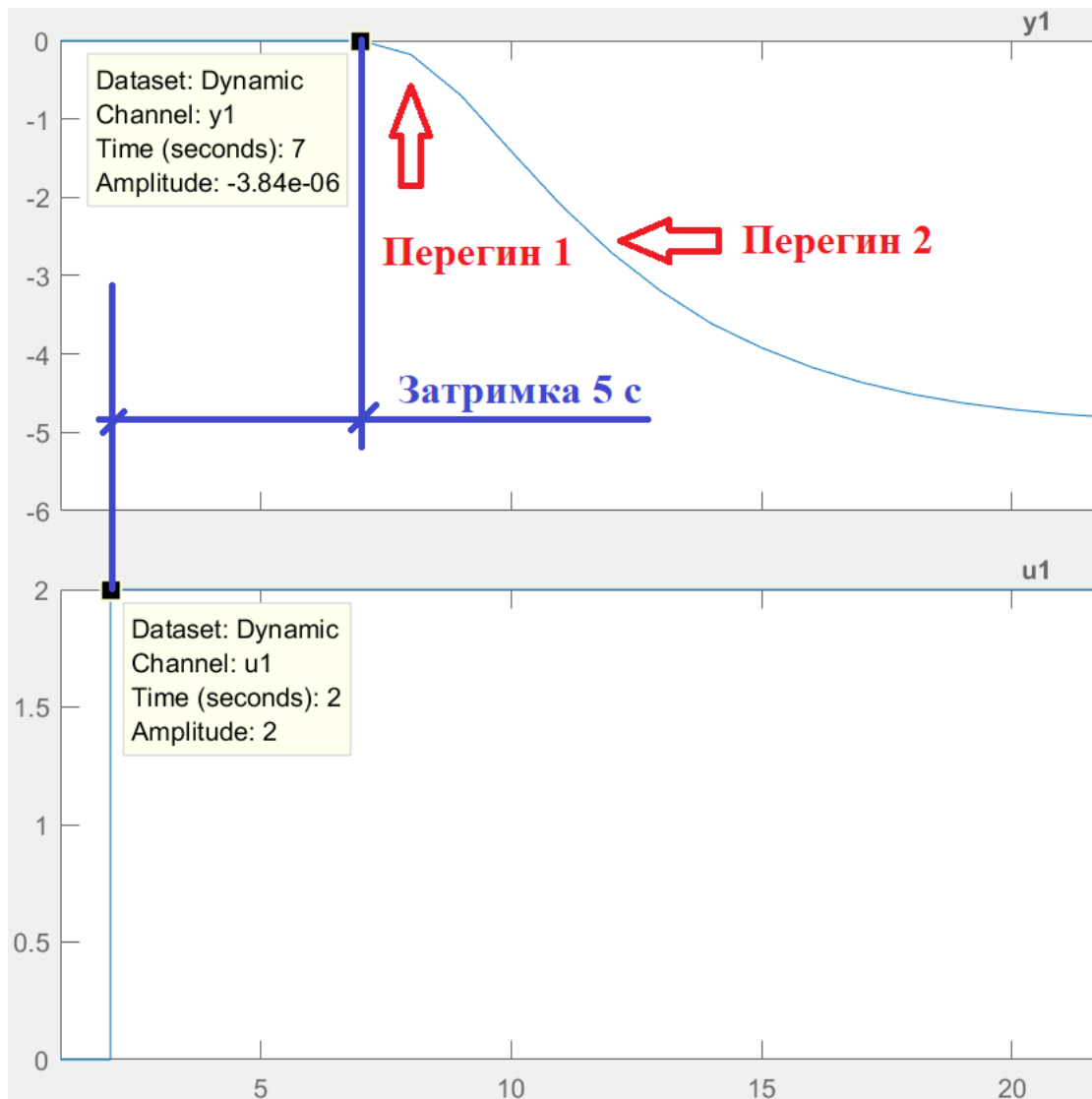


Рисунок 3.8 – Динамічна характеристика

Проаналізуємо об'єкт керування на лінійність для цього побудуємо його

Після подачі керуючого впливу - витрати води 2 кг/с (100 %) вихідний сигнал - температура контактного газу не зразу змінюється, виходячи з цього можливо зробити висновок, що об'єкт володіє значним запізненням приблизно 5 с, як правило це пов'язано з інерційністю датчика температури, часом реакції засувки та конструктивними особливостями технологічного обладнання.

Крім того на динамічній характеристиці відсутня інерція, характер перехідного процесу монотонний, а кількість перегинів дорівнює двом, час перехідного процесу ~ 20 с, постійна часу ~ 5 с. На підставі цього можливо зробити висновок, що модель об'єкта керування може бути представлена у вигляді аперіодичної ланки другого порядку з запізненням.

Проаналізуємо об'єкт керування на лінійність для цього побудуємо його статичну характеристику, з урахуванням видалених постійних складових (рис. 3.9).

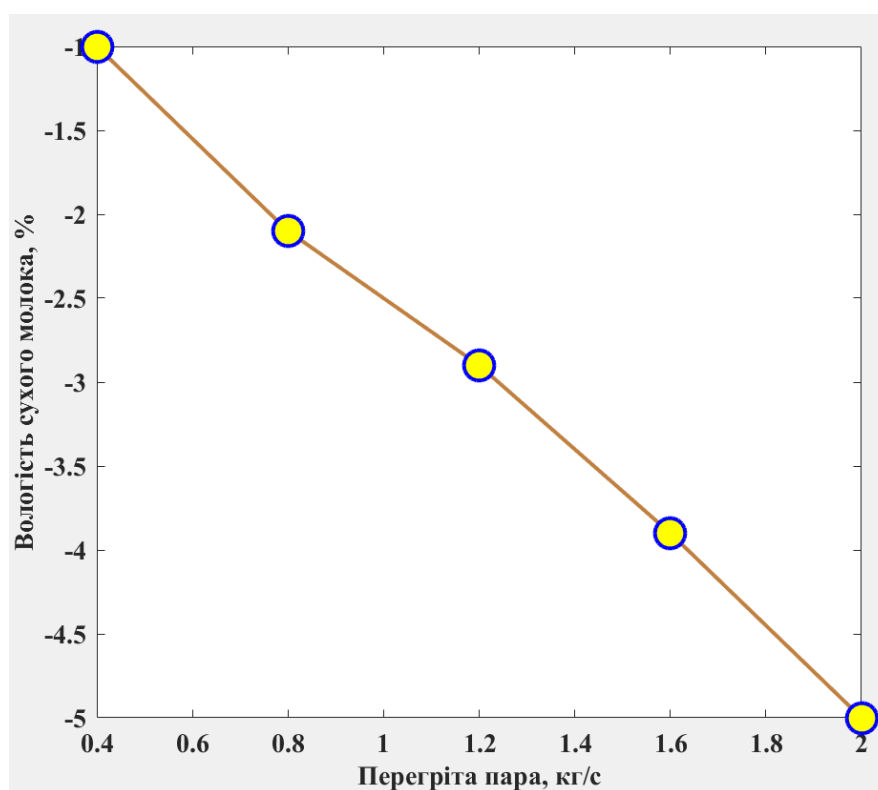
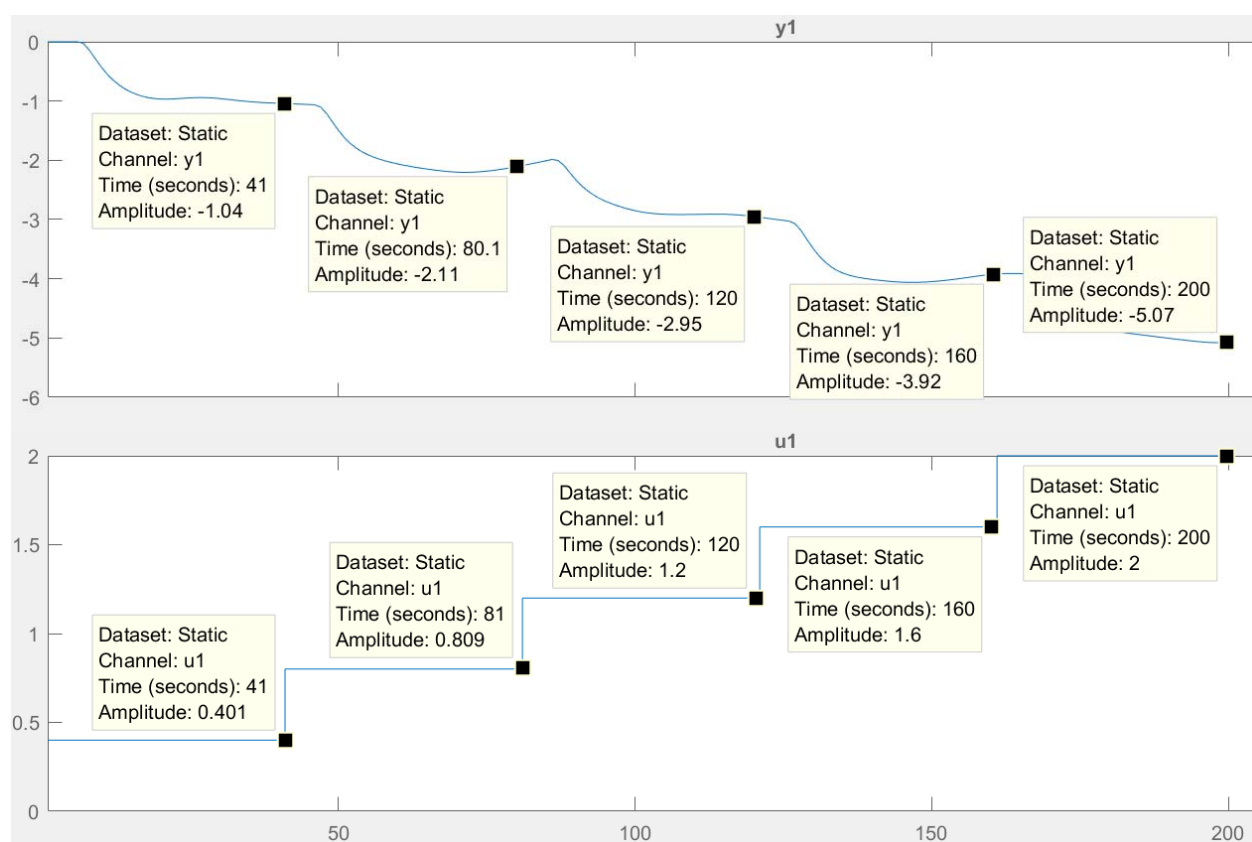


Рисунок 3.9 – Статична характеристика

```

Static_Out = [-1.0, -2.1, -2.9, -3.9, -5.0];
Static_In = [ 0.4, 0.8, 1.2, 1.6, 2.0];

figure('Name', 'Статична характеристика');
plot(Static_In, Static_Out, 'LineWidth', 2.0, 'Color', [0.75,0.5,0.25],...
     'Marker', 'o', 'MarkerSize', 16.0, 'MarkerEdgeColor', 'b',...
     'MarkerFaceColor', 'y');
xlabel('Перегріта пара, кг/с');
ylabel('Вологість сухого молока, %');
set(findall(gcf, '-property', 'FontSize'), 'FontSize', 14);
set(findall(gcf, '-property', 'FontName'), 'FontName', 'Times New Roman');
set(findall(gcf, '-property', 'FontWeight'), 'FontWeight', 'bold');

```

Для перевірки статичної характеристики на лінійність розраховано коефіцієнти посилення для усіх потужностей крім нульової:

```
>> Static_Gain = Static_Out(2 : end) ./ Static_In(2 : end)
```

Максимальне відхилення коефіцієнту підсилення

```

Static_Gain_min = min(Static_Gain);
Static_Gain_max = max(Static_Gain);
Static_Gain_Compare = abs((Static_Gain_min - Static_Gain_max) /
Static_Gain_max * 100);
fprintf('\nМаксимальне відхилення коефіцієнту підсилення: %.2f %%\n\n',
-2.5000 -2.6250 -2.4167 -2.4375 -2.5000
Максимальне відхилення коефіцієнту підсилення: 8.62 %

```

За статичною характеристикою та отриманими коефіцієнтами посилення об'єкт керування є лінійним в усьому досліджуваному діапазоні керуючих впливів та для його опису можуть бути використані лінійні моделі, так як відхилення коефіцієнту посилення у всьому діапазоні менше ніж величина технічної похибки 10 %.

Проаналізуємо характеристику, отриману при П-образному керуючому впливі (рис. 3.10). Як видно з рисунку, збільшення витрат перегрітої пари з 0 кг/с (0 %) до 2 кг/с (100 %) приводить до зменшення вологи сухого молока з -1 % до -5 %, а відповідне збільшення цих же витрат перегрітої пари з 2 кг/с (100 %) до 0 кг/с (0 %), приводить до відповідного зменшення вологості сухого молока з -5 % до -1 %. На підставі цього можливо зробити висновок, що об'єкт не володіє інтегруючими властивостями і є об'єктом з самовирівнюванням.

З метою аналізу симетричності об'єкта керування його характеристика отримана при П-образному впливі була поділена на ділянки підйому та спаду (рис. 3.10):

```

nRiseStart = find(P.InputData ~= 0, 1, 'first');
nRiseStop = find(P.InputData ~= 0, 1, 'last');
nFallStart = nRiseStop + 1;
nFallStop = length(P.InputData);

P_Rise = P.OutputDat(nRiseStart : nRiseStop);
P_Fall = P.OutputDat(nFallStart : nFallStop);

if (length(P_Rise) > length(P_Fall))
    P_Rise = P_Rise(1 : length(P_Fall));
else
    P_Fall = P_Fall(1 : length(P_Rise));
end

figure('Name', 'Аналіз симетричності П-характеристики');
hold('on');
plot(P_Rise, 'LineWidth', 4.0, 'Color', [0.66,0.66,0.33]);
plot(P_Fall, 'LineWidth', 4.0, 'Color', 'b');
hold('off');
xlabel('Час, с');
ylabel('Вологість сухого молока, %');

set(findall(gcf, '-property', 'FontName'), 'FontName', 'Times New Roman');
set(findall(gcf, '-property', 'FontWeight'), 'FontWeight', 'bold');

```

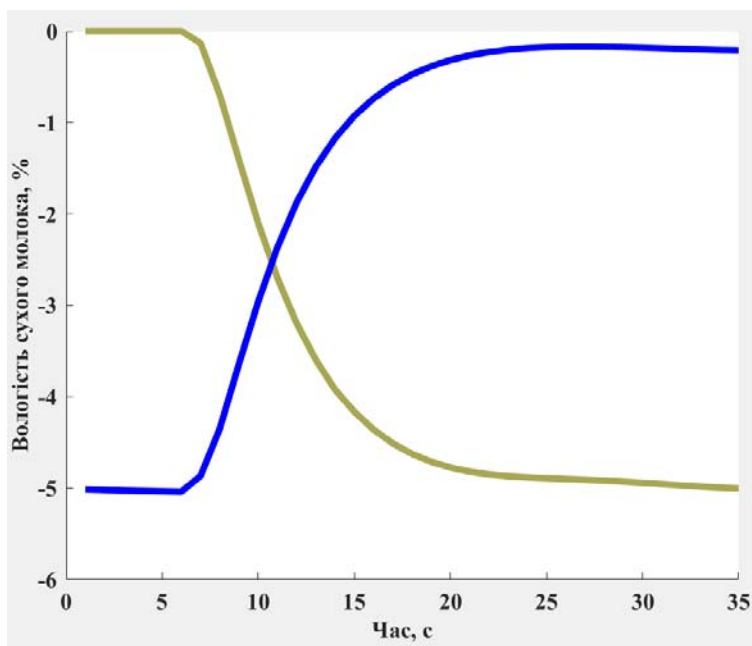


Рисунок 3.10 – Аналіз симетричності характеристика при П-образному керуючому впливі

Порівняння ділянок підйому та спаду виконувалася через порівняння стандартних середнє квадратичних відхилень:

```

compareRiseFall = abs(1 - (std(P_Fall) / std(P_Rise))) * 100;
fprintf('\nПорівняння ділянок підйому та спаду: %.2f %%\n\n',
compareRiseFall);
    Порівняння ділянок підйому та спаду: 1.81 %

```

За отриманою П-характеристикою при аналізі симетричності середнє квадратичне відхилення менше ніж величина технічної похибки 10 %. Тобто можна стверджувати, що час перехідного процесу, форма та стандартне середнє квадратичні відхилення ділянок підйому та спаду співпадають, таким чином об'єкт керування є симетричним та може бути представлений однією лінійною моделлю.

За результатами структурної ідентифікації встановлено, що об'єкт керування є лінійним, симетричним, має два дійсні від'ємні домінуючі корені та ланку чистого запізнення. На підставі цього об'єкт керування може бути описано аперіодичною ланкою другого, або більш високого порядку з запізненням:

$$W(s) = \frac{k \cdot e^{-\tau s}}{(T_1 s + 1) \cdot (T_2 s + 1)}, \quad (3.1)$$

де $W(s)$ – передавальна функція моделі об'єкта керування;

s – оператор диференціювання;

k – коефіцієнт посилення;

τ – час запізнення, с;

T_1, T_2 – постійні часу, с.

3.4.3 Параметрична ідентифікація

Параметрична ідентифікація виконувалася у програмному забезпеченні System Identification Toolbox яке входить до складу математичного пакета MATLAB.

До програмного забезпечення System Identification Toolbox (рис. 3.11) імпортувалися підготовлені дані без статичної складової – «Dynamic». Дані динамічної характеристики використовувалися для розрахунку параметрів моделі об'єкта керування, а перевіірочні дані «Check», для оцінки відповідності отриманої моделі до об'єкта керування.

Для визначення параметрів моделі об'єкта керування використано метод «Process Models». Налаштування параметрів ідентифікації наведено на рис. 3.12.

Перевірка результатів розрахунків наведена на рис. 3.12 та в табл. 3.1.

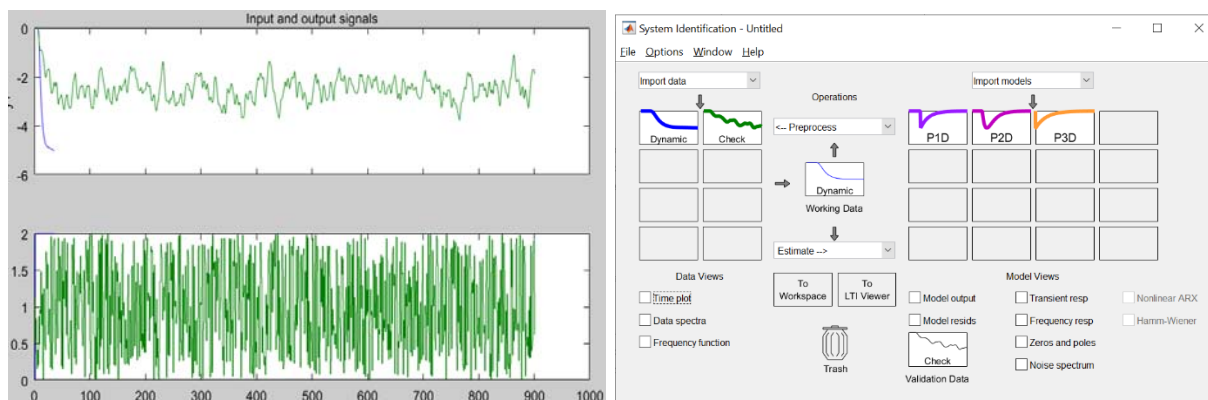


Рисунок 3.11 – Налаштування System Identification Toolbox

Розрахунок параметрів виконувався через метод Process Models для аперіодичних ланок другого та третього порядку без запізнення та с запізненням (рис. 3.12).

Параметри ідентифікації за методом Process Models P1D:

$$G(s) = \frac{K_p}{1+T_{p1}s} * \exp(-T_d*s)$$

$$K_p = -2.5034 \pm 0.0079447$$

$$T_{p1} = 4.3441 \pm 0.08381$$

$$T_d = 6.476 \pm 0.047499$$

Fit to estimation data: 97.4%
FPE: 0.003457, MSE: 0.002766

Параметри ідентифікації за методом Process Models P2D:

$$G(s) = \frac{K_p}{(1+T_{p1}s)(1+T_{p2}s)} * \exp(-T_d*s)$$

$$K_p = -2.4841 \pm 0.0030604$$

$$T_{p1} = 3.5909 \pm 0.093667$$

$$T_{p2} = 1.6429 \pm 0.10666$$

$$T_d = 5.355 \pm 0.041926$$

Fit to estimation data: 99.1%
FPE: 0.000467, MSE: 0.0003335

Параметри ідентифікації за методом Process Models P3D:

$$G(s) = \frac{K_p}{(1+T_{p1}s)(1+T_{p2}s)(1+T_{p3}s)} * \exp(-T_d*s)$$

$$K_p = -2.2703 \pm 5.2624e+07$$

$$T_{p1} = 19425 \pm 4.5042e+11$$

$$T_{p2} = 0.00032725 \pm 8.9064e+08$$

$$T_{p3} = 38.076 \pm 1.3426e+06$$

$$T_d = 7.573 \pm 8.9071e+08$$

Fit to estimation data: 64.26%

FPE: 0.8222, MSE: 0.5232

За допомогою «Model output» показана відповідність отриманих моделей P1D, P2D та P3D до перевірочних даних отриманих на об'єкті керування Check наведена на рисунку 3.12 та представлена у таблиці 3.1.

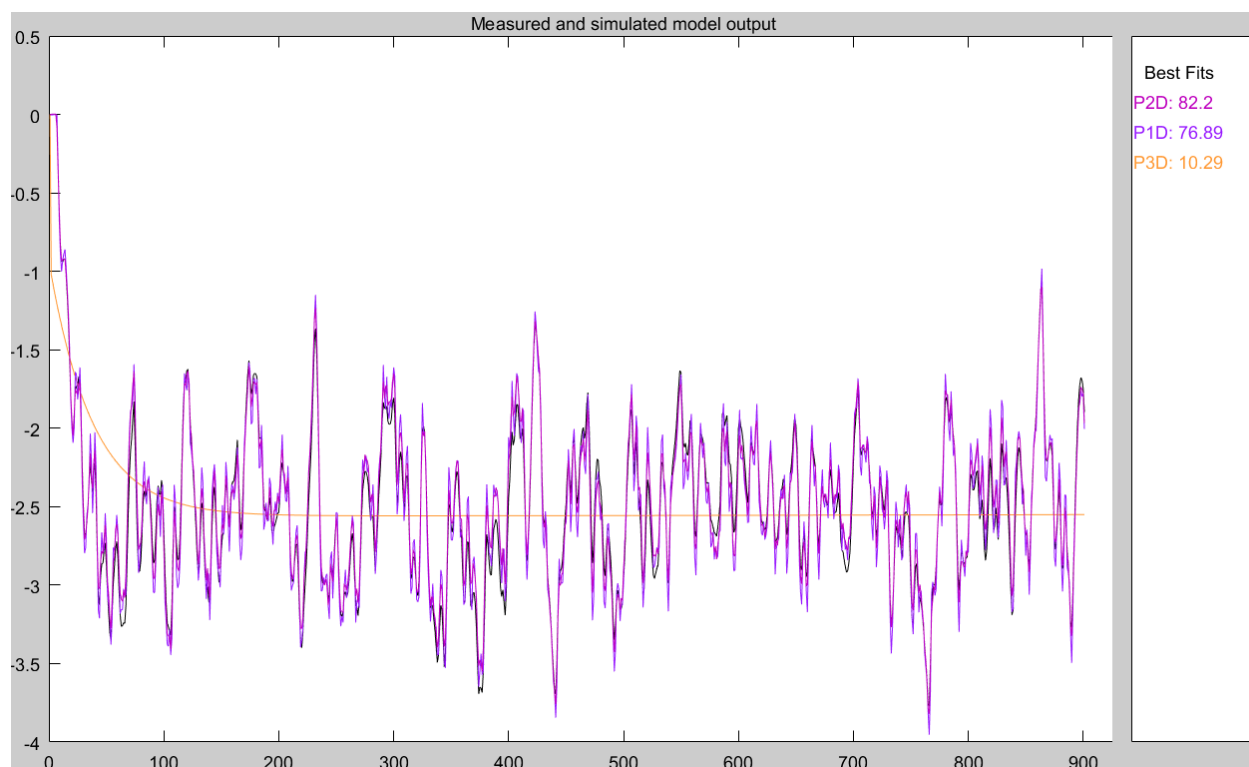


Рисунок 3.12 – Перевірка результатів розрахунків

Таблиця 3.1 – Відповідність отриманих моделей до перевірочних даних об'єкта керування

Назва параметру	P1D	P2D	P3D
k	-2,5034	-2,4841	-2,2703
T_1, c	4,3441	3,5909	19425
T_2, c	–	1,6429	0,00032725
T_3, c	–	–	38,076
τ	6,476	5,355	7,573
Динамічна характеристика			
НСКП, %	97,4	99,1	64,26
ПОП	0,003457	0,000467	0,8222
СКП	0,002766	0,0003335	0,5232
Перевірочні данні			
НСКП, %	76,86	82,2	10,29

Аналіз відмінностей між оцінками моделей P1D – першого порядку з затримкою та P2D – другого порядку з затримкою по динамічній характеристиці показав, що за нормалізованим середньоквадратичним похибкам (НСКП), що

кращою моделлю є P2D (99,1 %) та P1D (97,4 %). Помилка остаточного передбачення (ПОП) для P2D (0,000467) менша ніж P1D (0,003457) у 7 разів. Тобто на даний момент аналізу можна рекомендувати для використання модель другого порядку – P2D.

Головним показником, який впливає на остаточний вибір між моделями є розбіжність у відповідності за перевірочними даними за показником НСКП. Ці показники у них же складають P2D (82,2 %) та P1D (82,2 %).

Виходячи з усього, що наведе вище можна сміливо пропонувати єдину підходящу модель P2D що має достатню відповідність до перевірочних даних, яка складає більше ніж граничне неприпустиме значення у 80 %.

Для параметричної перевірки обраної моделі (рис. 3.8) можна звернути увагу на наступне, що за динамічною характеристикою час затримки ~ 5 с, постійна часу 5 с, а за результатами моделювання ці показники складають відповідно 5,355 с та $3,5909 + 1,6429 = 5,2338$ с, що додатково підтверджує об'єкту керування дійсно відповідає обрана модель P2D - аперіодична ланка другого порядку з запізненням.

І насамкінець необхідно отримати основні характеристики для моделі об'єкта керування P2D (рис. 3.14) за допомогою «To LTI Viewer», і через меню «Edit / Plot Configurations...» і налаштувати зображення відповідно до рис. 3.13.

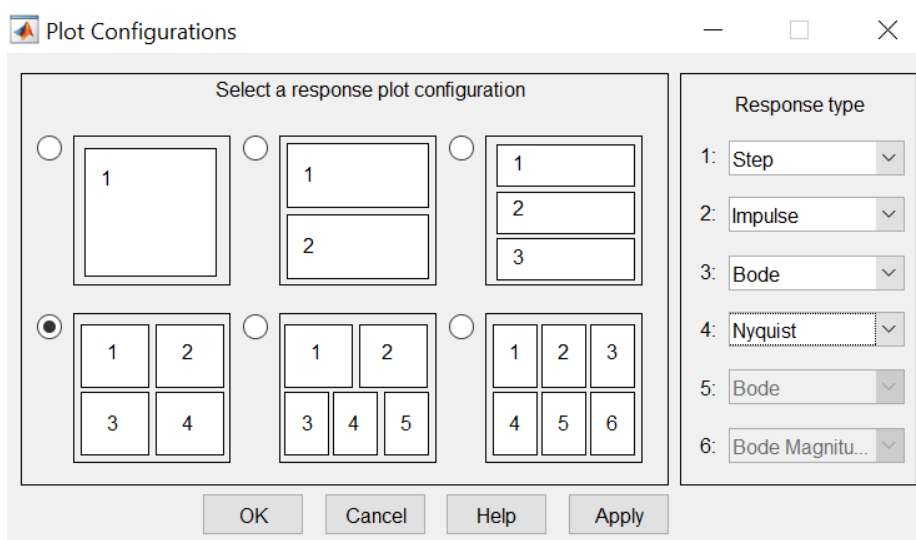


Рисунок 3.13 – Отримання характеристик моделі керування

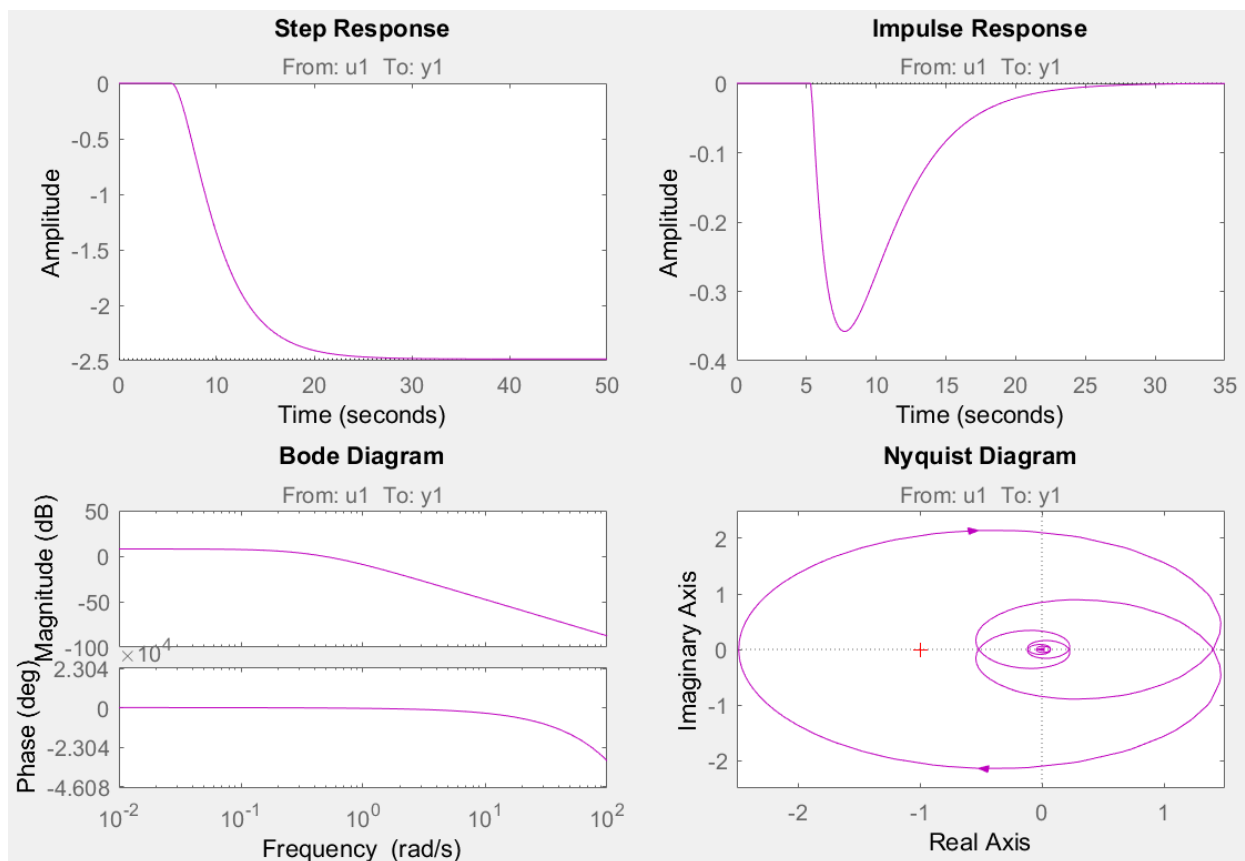


Рисунок 3.14 – Характеристики моделі керування

За результатами параметричної ідентифікації отримана модель P2D у вигляді передавальної функції, яка відповідає об'єкту керування за перевірочними даними на 82,2 % (табл. 3.1):

$$W(s) = \frac{-2,4841 \cdot e^{-5,355}}{(3,5909s + 1) \cdot (1,6429s + 1)} \quad (3.2)$$

3.4.4 Розробка моделі об'єкта керування в Simulink

Використовуючи передавальну функцію (3.2) у графічному середовищі імітаційного моделювання Simulink математичного пакету MATLAB розроблена модель отримання даних для перевірки на адекватність (рис. 3.15).

При налаштуванні час моделювання задано 900 с, що дорівнює кількості перевірочних даних. Додані блоки запису перевірочних даних та результатів моделювання до змінних Object і Model відповідно. Крок запису задано 1 с, що відповідає первинним даним.

На рисунку 3.15 показана модель об'єкта керування.

На вході моделі додано статичний коригуючий зсув характеристики 0,6 кг/с (мінімально можливе за технологічними умовами витрата перегрітої водяної пари).

На виході моделей додано статичний коригуючий зсув характеристики, який зміщує максимально можливе значення вологості молока до значення 7 %.

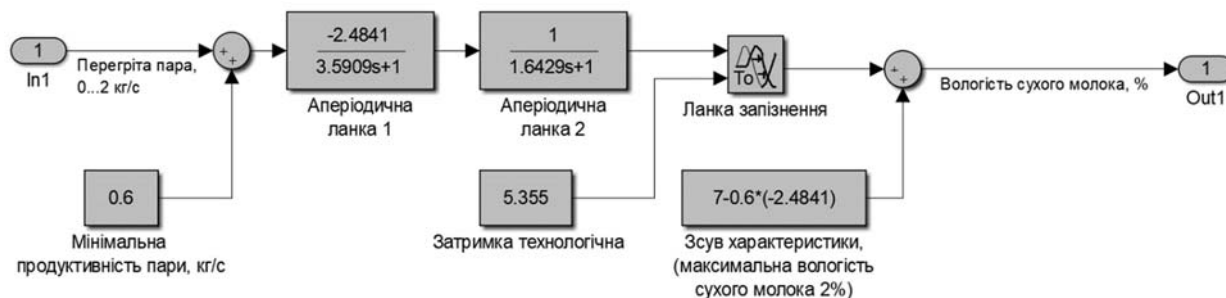


Рисунок 3.15 – Модель об'єкту керування

На рисунку 3.16 показана модель отримання даних для перевірки на адекватність.

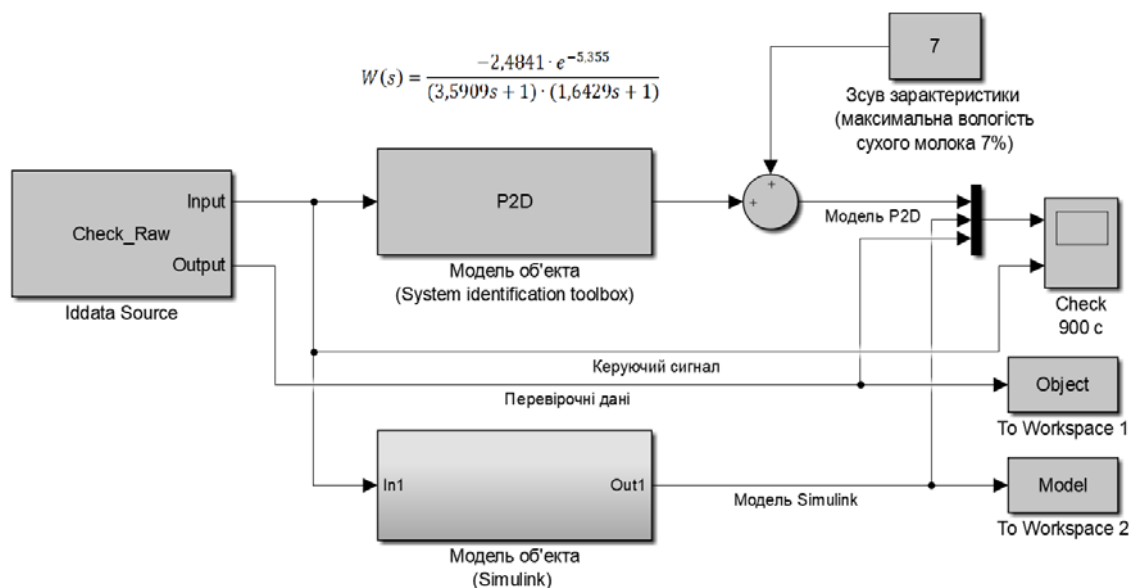


Рисунок 3.16 – Модель отримання даних для перевірки на адекватність

На вихід моделі P2D доданий статичний зсув характеристики, який корегує вихідну характеристику відповідно до реальних даних, отриманих з об'єкту керування, так як для ідентифікації у System Identification Toolbox вони були видалені.

Порівняння характеристик отриманої моделі P2D та моделі Simulink відбувається з чистими перевірочними даними над якими не виконувалися дії, які могли б їх «скомпрометувати».

За результатами моделювання бачимо, що дійсні значення отримані на виході моделі System Identification Toolbox (сигнал – «Модель P2D») та моделі розробленій на базі передавальної функції (сигнал – «Модель Simulink») співпадають з перевірочними даними (рис. 3.16).

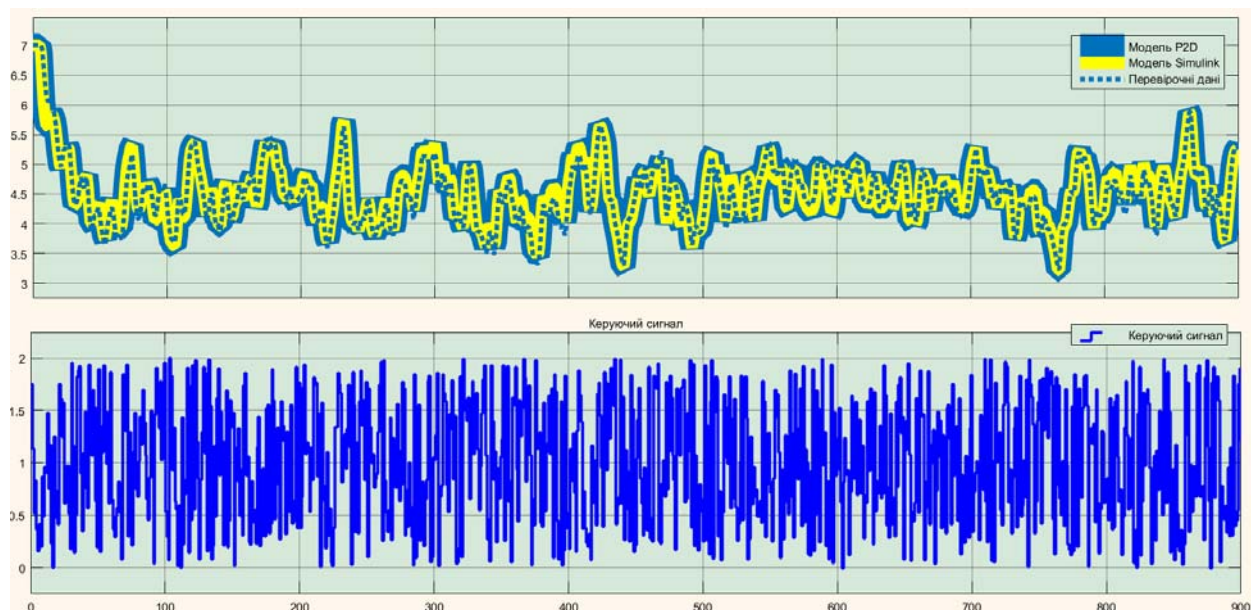


Рисунок 3.17 - Результат отримання даних для перевірки на адекватність

Наступним етапом є перевірка моделі на адекватність.

3.4.5 Перевірка моделі на адекватність

При перевірці на відповідність її значення у більшості випадків повинно бути вище 80 %, при перевірці на адекватність коефіцієнт кореляції повинен бути вище 0,8, а довірчий інтервал відповідати 0,9. У деяких випадках ці значення можуть бути змінені.

Перевірка на адекватність виконувалася за допомогою скрипту GetAdequacy.m, який реалізує відповідний розрахунок перевірки на адекватність:

```
function GetAdequacy(x, y)
    fprintf('\nПеревірка моделі об'єкта керування на адекватність
v1.0\n');
```

```

nSX = sqrt(mean(x .^ 2) - mean(x)^2);
nSXref = sqrt(mean(y .^ 2) - mean(y)^2);
nR = (mean(x .* y) - mean(x) * mean(y)) / (nSX * nSXref);
fprintf('\nКоефіцієнт кореляції: %.3f\n', nR);
nN = size(x, 1);
nM = size(x, 2);
nV = nN - nM - 1;
nF = nR^2 / (1 - nR^2) * nV / nM;
nP = 0.90;
nFk = finv(nP, nM, nV);
fprintf('Статистичний критерій Фішера: %.3f\n', nF);
fprintf('Критичне значення статистики Фішера: %.3f\n', nFk);
if (nF > nFk)
    fprintf('\nСтатистичний критерій Фішера більший критичного
значення, модель є адекватною до об'єкта керування.\n\n');
else
    fprintf('\nСтатистичний критерій Фішера менший критичного
значення, модель не є адекватною до об'єкта керування.\n\n');
end
end

```

Результат виконання статистичного аналізу (виклику функції):

```

>> GetAdequacy(Model, Object)
Перевірка моделі об'єкта керування на адекватність v1.0
Коефіцієнт кореляції: 0.983
Статистичний критерій Фішера: 25273.076
Критичне значення статистики Фішера: 2.711
Статистичний критерій Фішера більший критичного значення, модель є
адекватною до об'єкта керування.

```

Використовуючи скрипт GetAdequacy.m встановлено, що між перевірочними даними та результатами моделювання присутній дуже високий зв'язок, коефіцієнт кореляції перевищує 0,983 та задовольняє вимогам, статистичний критерій Фішера перевищує критичне значення за відповідною статистикою, а отримана модель є адекватною до об'єкту керування за цим критерієм.

Статистичний критерій Фішера більший критичного значення, модель є адекватною до об'єкта керування.

Враховуючи аналіз технологічного процесу, структури об'єкта керування, характеристик отриманих за результатами експериментів, результатів структурної та параметричної ідентифікації та перевірки на адекватність зроблено висновок, що розроблена модель є адекватною до об'єкта керування та може бути використана у подальшому при синтезі системи керування в умовах досліджуваного технологічного процесу.

Остаточна модель об'єкта керування у графічному середовищі імітаційного моделювання Simulink наведена на рисунку 3.15, схема моделювання динамічної характеристики наведена на рисунку 3.18, а результат моделювання динамічної характеристики об'єкта керування наведено на рисунку 3.19.

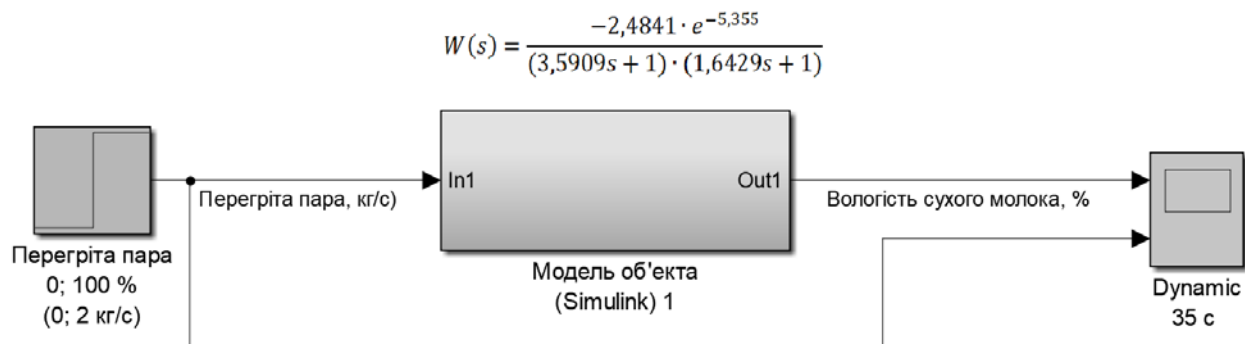


Рисунок 3.18 - Модель об'єкта керування

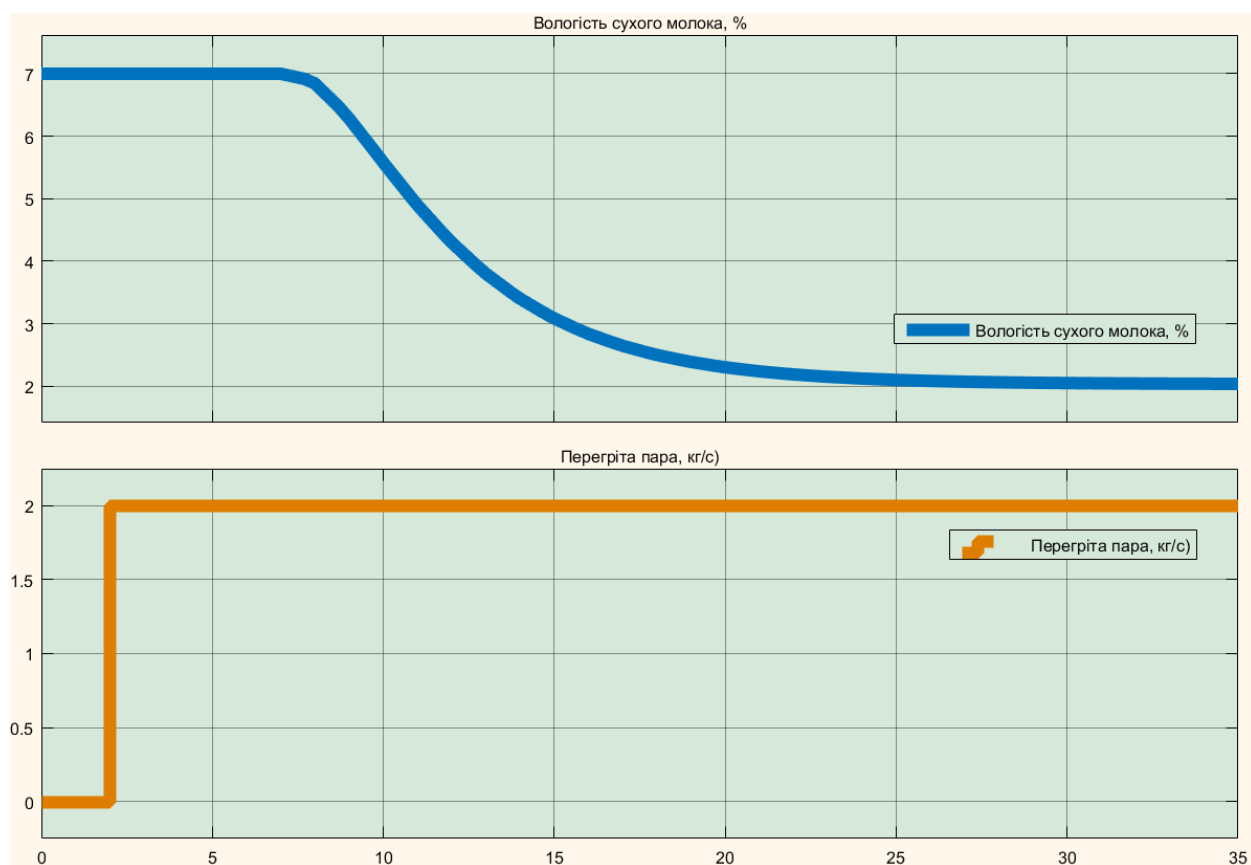


Рисунок 3.19 - Результат моделювання динамічної характеристики об'єкта керування

3.5 Висновки за розділом

При виконанні структурної ідентифікації, яка проведена на підставі експериментальних даних отриманих на об'єкті керування (динамічної характеристики, даних для побудови статичної характеристики, даних отриманих при П-образному керуючому впливі) встановлено, що структурно модель об'єкта керування може бути представлена як аперіодична ланка першого, або більш високого порядку з запізненням.

За результатами параметричної ідентифікації встановлено, що структура моделі об'єкта керування відповідає аперіодичній ланці другого порядку з запізненням та розраховані параметрами моделі: коефіцієнт підсилення $-2,4841$ та постійними часу $3,5909$ с та $1,6429$, а запізнення становить $5,355$ с.

Комплексна перевірка на адекватність моделі до об'єкта керування за перевірочними даними об'єкта керування показала високу відповідність $82,2$ %, сильний кореляційний зв'язок $0,983$ та статичний критерій Фішера $25\ 273$ значно більше критичного значення $2,707$.

Враховуючи аналіз технологічного процесу, структури об'єкта керування, характеристик отриманих за результатами експериментів, результатів структурної та параметричної ідентифікації та статистичного аналізу модель є адекватною до об'єкта керування та може бути використана у подальшому при синтезі системи керування в умовах досліджуваного технологічного обладнання – розпилювальної сушарки WUXI ATZ Atomizer 12-986/4-1.

4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

4.1 Техніко-економічне обґрунтування впровадження системи керування

Розвиток технічних, апаратних і програмних засобів, дає можливість підприємствам зменшувати витрати, підвищувати якість продукції, збільшувати швидкість виробництва, автоматизувати процеси та приймати безліч інших рішень.

У кваліфікаційній роботі бакалавра розглядається економічна доцільність розробки системи автоматизації технологічного процесу сушіння молочних продуктів.

Автоматизована система керування, що розроблена в кваліфікаційній роботі бакалавра, має такі переваги:

- висока точність підтримки заданих технологічних параметрів;
- висока інформативність, яка дає гарні передумови для створення повністю автоматизованої системи керування підприємством;
- висока надійність обладнання сучасної технічної бази системи керування.

4.2 Розрахунок капітальних витрат пов'язаних з впровадженням системи керування

Розрахуємо капітальні витрати, що пов'язані з виготовленням та впровадженням автоматизованої системи керування. Визначення проектних капітальних витрат виконується відповідно до:

$$K_{\text{ПКВ}} = C_{\text{ОБ}} + D_{\text{ТР}} + M_{\text{МН}} + K_{\text{ПЗ}}, \quad (4.1)$$

де $K_{\text{ПКВ}}$ – проектні капітальні витрати (грв.);

$C_{\text{ОБ}}$ – вартість основного та допоміжного обладнання (грн.);

$D_{\text{ТР}}$ – транспортно-заготівельні витрати (грн.);

$M_{\text{МН}}$ – витрати на монтаж і налагодження системи (грн.);

$K_{\text{ПЗ}}$ – витрати на розробку програмного забезпечення (грн.).

Вартість основного та допоміжного обладнання наведена в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Зведення капітальних витрат C_{OB} [11...14]

№	Найменування	Одиниці виміру	Кількість	Вартість (грн.)	Сума (грн.)
1	ПЛЛ VIPA 214DPM (214-1BM02)	од.	1	13 774,40	13 774,40
2	Модуль аналогового вводу VIPA 231-1BD40	од.	1	4 740,30	4 740,30
3	Модуль дискретного виводу VIPA 222-1BF00	од.	1	4 110,30	4 110,30
5	Датчик температури Т.ХА-420	од.	1	1 455,00	1 455,00
6	Датчики тиску MBS 1700	од.	1	3 877,65	3 877,65
7	Вологомір M-Sens 2	од.	1	9 515,00	9 515,00
7	Електрозасувка High performance butterfly valve HP 111-E	од.	2	12 456,00	24 912,00
6	Мережний кабель	м	250	22,45	5 612,50
7	Система керування, виконана на базі ПК	од.	1	38 600,30	38 600,30
8	Блок живлення Carlo Gavazzi SPD24301	од	2	1 450,00	2 900,00
	Разом				109 497,45

Вартість основного та допоміжного обладнання $C_{OB} = 109\,497,45$ грн.

Витрати на транспортно-заготівельні і складські роботи визначаються в залежності від вартості обладнання, як 8 % від загальної вартості:

$$D_{TR} = C_{OB} \cdot 0,08. \quad (4.2)$$

Витрати на транспортно-заготівельні і складські роботи складають:

$$D_{TR} = 109\,497,45 \cdot 0,08 = 8\,759,80 \text{ (грн.)}.$$

Вартість монтажна-налагоджувальних робіт приймаються на рівні 7 % від вартості обладнання:

$$M_{MN} = C_{OB} \cdot 0,07. \quad (4.3)$$

Витрати на монтажна-налагоджувальні роботи складають:

$$M_{MN} = 109\,497,45 \cdot 0,07 = 7\,664,83 \text{ (грн.)}.$$

4.3 Розрахунок капітальних витрат на програмне забезпечення

4.3.1 Розрахунок часу на розробку програмного забезпечення

Трудомісткість розробки програмного забезпечення розраховується як:

$$t = t_o + t_u + t_a + t_n + t_{OT} + t_g. \quad (4.4)$$

- де t – трудомісткість розробки програмного забезпечення (люд.-год.);
- t_o – витрати праці на підготовку і опис поставленого завдання (люд.-год.);
- t_u – витрати праці на дослідження алгоритму керування (люд.-год.);
- t_a – витрати праці на розробку схеми алгоритму (люд.-год.);
- t_n – витрати праці на програмування по готовій схемі алгоритму (люд.-год.);
- t_n – витрати праці на налаштування програмного забезпечення (люд.-год.);
- t_g – витрати праці на підготовку документації по завданню (люд.-год.).

Складові витрат праці визначаються на підставі умовної кількості оброблюваних операторів у програмному забезпеченні:

$$Q = q \cdot c \cdot (1 + p), \quad (4.5)$$

- де Q – умовна кількість операторів в програмному забезпеченні;
- q – кількість операторів у програмному забезпеченні;
- c – коефіцієнт складності програми (приймаємо $c = 1,35$);
- p – коефіцієнт корекції програми в процесі її обробки (приймаємо $p = 0,1$).

Виходячи з програмного забезпечення, як правило розробленого на мові Structured Text типове значення для подібних систем керування має діапазон 200... 500, приймаємо $q = 350$);

Таким чином для програмного забезпечення, що розробляється, кількість операторів складає:

$$Q = 350 * 1,35 * (1 + 0,1) \approx 520$$

Витрат праці на підготовку і опис завдання в кваліфікаційній роботі складають $t_o = 36$ (люд. – год.).

Витрати праці на вивчення опису завдання визначаються з урахуванням уточнення опису та кваліфікації програміста як:

$$t_u = \frac{Q \cdot B}{(75 \dots 85) \cdot k} \quad (4.6)$$

де B – коефіцієнт збільшення витрат праці (приймаємо $B = 1,5$);

k – коефіцієнт кваліфікації програміста (приймаємо $k = 1,2$).

Для програмного забезпечення, що розробляється:

$$t_u = 520 \cdot 1,5 / (80 \cdot 1,2) \approx 9 \text{ (люд. – год.)}.$$

Витрати на розробку алгоритму керування визначаються як:

$$t_a = \frac{Q}{(20 \dots 25) \cdot k} \quad (4.7)$$

Для програмного забезпечення, що розробляється:

$$t_a = 520 / (20 \cdot 1,2) \approx 22 \text{ (люд. – год.)}.$$

Витрати праці на складання програми по готовій схемі алгоритму визначаються як:

$$t_n = \frac{Q}{(20 \dots 25) \cdot k} \quad (4.8)$$

Для програмного забезпечення, що розробляється:

$$t_n = 520 / (20 \cdot 1,2) \approx 22 \text{ (люд. – год.)}.$$

Витрати праці на налаштування програми розраховуються як:

$$t_h = \frac{Q}{(4 \dots 5) \cdot k} \quad (4.9)$$

Для програмного забезпечення, що розробляється:

$$t_h = 520 / (4 \cdot 1,2) \approx 109 \text{ (люд. – год.)}.$$

Витрати праці на підготовку документації по завданню визначаються як:

$$t_g = t_{др} + t_{до}, \quad (4.10)$$

де $t_{др}$ – трудомісткість підготовки матеріалів до написання;

$t_{до}$ – трудомісткість редагування, друку та оформлення документації.

Трудомісткість підготовки матеріалів до написання визначається як:

$$t_{\text{ДР}} = \frac{Q}{(15 \dots 20) \cdot k}. \quad (4.11)$$

Для програмного забезпечення, що розробляється:

$$t_{\text{ДР}} = 520 / (15 * 1,2) \approx 29 \text{ (люд. –год.)}.$$

Трудомісткість редагування, друку та оформлення документації визначається як:

$$t_{\text{ДО}} = 0,75 \cdot t_{\text{ДР}}. \quad (5.12)$$

Для програмного забезпечення, що розробляється:

$$t_{\text{ДО}} = 0,75 * 29 = 22 \text{ (люд. –год.)}.$$

Для розробленого програмного забезпечення витрати праці на підготовку документації по завданню:

$$t_g = 29 + 22 = 51 \text{ (люд. –год.)}.$$

Таким чином трудомісткість розробки програмного забезпечення становить:

$$t = 36 + 9 + 22 + 22 + 109 + 51 = 249 \text{ (люд. –год.)}$$

4.3.2 Розрахунок витрат на розробку програмного забезпечення

Витрати на розробку програмного забезпечення (ПЗ) визначається як:

$$K_{\text{ПЗ}} = Z_{\text{ЗП}} + Z_{\text{МІ}}, \quad (4.13)$$

де $Z_{\text{ЗП}}$ – витрати на заробітну плату розробника ПЗ (грн.);

$Z_{\text{МІ}}$ – вартість машинного часу, необхідного для налаштування ПЗ (грн.).

Заробітна плата розробника програмного забезпечення визначається як:

$$Z_{\text{ЗП}} = t \cdot C_{\text{ПР}}, \quad (4.14)$$

де t – час розробки ПЗ, год;

$C_{\text{ПР}}$ – середня годинна тарифна ставка розробника програмного забезпечення (приймаємо $C_{\text{ПР}} = 130,00$ (грн./год.)).

Для програмного забезпечення, що розробляється:

$$Z_{\text{ЗП}} = 249 * 130,00 = 32\,370,00 \text{ (грн.)}.$$

Вартість машинного часу, необхідного для налаштування програми визначається як:

$$З_{MI} = t_n \cdot C_{MЧ}, \quad (4.15)$$

де t_n – час налаштування ПЗ, год;

$C_{MЧ}$ – вартість машинного часу (грн./год.).

Приймаємо $C_{MЧ} = 15,50$ (грн./год.), тоді вартість витрат на програмне забезпечення, що розробляється становить:

$$З_{MI} = 22 * 15,50 = 341,00 \text{ (грн.)}.$$

Витрати на розробку програмного забезпечення системи керування становлять:

$$K_{ПЗ} = 32\,370,00 + 341,00 = 32\,711,00 \text{ (грн.)}.$$

Очікувана тривалість розробки програмного забезпечення:

$$T = \frac{t}{B_k \cdot F_p}, \quad (4.16)$$

де T – тривалість розробки програмного забезпечення (міс.);

B_k – кількість розробників (приймаємо $B_k = 1$);

F_p – місячний фонд робочого часу ($F_p = 176$ (год./міс.)).

$$T = 249 / (1 * 176) \approx 1,5 \text{ (міс.)}.$$

Таким чином проектні капітальні витрати:

$$K_{ПКВ} = 109\,497,45 + 8\,759,80 + 7\,664,83 + 32\,711,00 \approx \\ \approx 158\,633,08 \text{ (грн.)}.$$

4.4 Розрахунок експлуатаційних витрат

Річні експлуатаційні витрати розраховуються як:

$$C_e = C_a + C_3 + C_c + C_{PO} + C_{ee} + C_{\text{Інш}}, \quad (4.17)$$

де C_e – річні поточні витрати, пов'язані із застосуванням системи керування (грн.);

C_a – амортизація основних фондів (грн.);

C_3 – заробітна плата обслуговуючого персоналу (грн.);

C_c – відрахування на соціальні заходи (грн.);

C_{po} – витрати на технічне обслуговування та поточний ремонт обладнання (грн.);

C_{ee} – вартість електроенергії (грн.);

$C_{\text{інш}}$ – інші витрати (грн.).

Визначимо експлуатаційні витрати при впровадженні системи керування.

4.4.1 Амортизація основних фондів

Залежно від групи, до якої віднесено той, чи інший об'єкт основних засобів, встановлено мінімально-допустимі строки їх амортизації

Обладнання, розробленої в кваліфікаційній роботі системи керування, належить до 4 групи (машини та обладнання). Передбачуваний термін експлуатації системи становить 5 років.

При використанні методу прискореного зменшення залишкової вартості норма амортизації визначається як:

$$H_a = \frac{2}{T} \cdot 100 \%, \quad (4.18)$$

де H_a – норма амортизації (%);

T – термін корисного використання об'єкта (років).

Амортизація основних фондів визначається як:

$$C_a = \frac{\text{ПВ} \cdot H_a}{100 \%}, \quad (4.19)$$

де C_a – річна амортизація основних фондів (грн.);

ПВ – первинна вартість (ПВ = $K_{\text{ПКВ}}$) (грн).

Отже, норма амортизації для проекрованої системи керування складає:

$$H_a = \frac{2}{5} \cdot 100 \% = 40 \%$$

Сума амортизації для проекрованої і базової системи становить:

$$C_a = 158\,633,08 \cdot 40/100 = 63\,453,24 \text{ (грн.)},$$

4.4.2 Розрахунок фонду заробітної плати

Номінальний річний фонд робочого часу одного працівника:

$$T_{\text{НР}} = (T_{\text{К}} - T_{\text{ВС}} - T_{\text{В}}) \cdot T_{\text{З}}, \quad (4.20)$$

де $T_{\text{НР}}$ – номінальний річний фонд робочого часу одного працівника (год.);

$T_{\text{К}}$ – календарний фонд робочого часу ($T_{\text{К}} = 365$ (днів));

$T_{\text{ВС}}$ – вихідні дні та свята ($T_{\text{ВС}} = 114$ (днів));

$T_{\text{В}}$ – відпустка ($T_{\text{В}} = 21$ (день));

$T_{\text{З}}$ – тривалість зміни ($T_{\text{З}} = 8$ (год.)).

Таким чином, річний фонд робочого часу працівника складе:

$$T_{\text{НР}} = (365 - 114 - 21) \cdot 8 = 1\,840 \text{ (год.)}.$$

У процесі керування задіяний 1 оператор людино-машинного інтерфейсу та - кожна зміну та 1 інженер-технолог і 1 наладчик електроустаткування - одна зміна на добу. Графік роботи у три зміни, так як процес безперервний.

Розрахунок річного фонду заробітної плати виробничих робітників здійснюється у відповідності з формою, наведеною в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Розрахунок заробітної плати персоналу

№ п/п	Найменування професії робітників	Число працюючих, чол.	Годинна тарифна ставка, грн./год.	Річний фонд робочого часу (год.)	Пряма заробітна плата, грн.	Додаткова заробітна плата (8%), грн.	Доплати (7%), грн.	Всього заробітна плата, грн.
1	Оператор	3	125,50	1 840	692 760,00	55 420,80	48 493,20	796 674,00
2	Технолог	1	145,50		267 720,00	21 417,60	18 740,40	307 878,00
3	Наладчик	1	125,20		230 368,00	18 429,44	16 125,76	264 923,20
Разом								1 369 475,20

Заробітна плата персоналу проектної системи керування

$$C_3 = 1\,369\,475,20 \text{ (грн.)}.$$

4.4.3 Відрахування на соціальні заходи

Відрахування на соціальні заходи визначаються як:

$$C_c = 0,22 \cdot C_3. \quad (4.21)$$

Відповідно до цього відрахування становлять:

$$C_c = 0,22 * 1\,369\,475,20 = 301\,284,55 \text{ (грн.)}.$$

4.4.4 Розрахунок витрат на технічне обслуговування та ремонт

Витрати на технічне обслуговування та поточний ремонт обладнання та мережі приймаємо на рівні 5 % від величини капітальних витрат:

$$C_{PO} = 0,05 \cdot K_{KB} \cdot (K_{PKB}) \quad (4.22)$$

Відповідно до цього витрати становлять:

$$C_{PO} = 0,05 * 158\,633,08 = 7\,931,66 \text{ (грн.)}$$

4.4.5 Витрати на електроенергію

Вартість електроенергії, споживаної системою керування, розробленої у проекті:

$$C_{ee} = K_e \cdot K_{RD} \cdot T_3 \cdot T_e, \quad (4.23)$$

де K_e – кількість електроенергії, спожите проектною системою керування (приймаємо $K_e = 0,85$ (кВт · год.));

T_3 – кількість часу роботи за сутки ($T_3 = 24$ (год.));

K_{RD} – кількість робочих днів у році ($K_{RD} = 365$ (день));

T_e – тариф на електроенергію для підприємств (для користувачів електроенергії 2 класу тариф складає 0,93998 грн.-кВт з ПДВ).

Таким чином вартість електроенергії становить:

$$C_{ee} = 0,85 * 365 * 24 * 0,93998 = 6\,999,10 \text{ (грн.)},$$

4.4.6 Інші витрати

Інші витрати з експлуатації об'єкта проектування включають витрати з охорони праці, на спецодяг та інше згідно практики, ці витрати визначаються в розмірі 4 % від річного фонду заробітної плати обслуговуючого персоналу:

$$C_{\text{ІНШ}} = 0,04 \cdot C_3. \quad (4.24)$$

Таким чином інші витрати становлять:

$$C_{\text{ІНШ}} = 0,04 * 1\,369\,475,20 = 54\,779,09 \text{ (грн.)}.$$

Річні експлуатаційні витрати становлять (4.17), (табл. 4.3):

$$C = 63\,453,24 + 1\,369\,475,20 + 301\,284,55 + 7\,931,66 + 6\,999,10 + 54\,779,09 = 1\,803\,922,84 \text{ (грн.)}.$$

Таблиця 4.4 – Експлуатаційні витрати

№ п/п	Назва показника	Сума, грн.
1	Амортизація	63 453,24
2	Фонд заробітної плати	1 369 475,20
3	Відрахування на соціальні виплати	301 284,55
4	Ремонт та технічне обслуговування	7 931,66
5	Електроенергія	6 999,10
6	Інше	54 779,09
7	Загалом	1 803 922,84

4.5 Висновки за розділом

При впровадженні проектованої системи капітальні витрати складають 160 тис. грн., час розробки ПЗ становитиме 1,5 місяці.

Річні експлуатаційні витрати, пов'язані з впровадженням системи становитимуть приблизно 1,8 млн. грн.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

У кваліфікаційній роботі бакалавра розглядається економічна доцільність розробки системи автоматизації технологічного процесу сушіння молочних продуктів.

Організація охорони праці в «ТОВ Тростянецький молочний завод», ведеться на основі положень законодавства України про охорону праці. Юридичною базою функціонування охорони праці на заводі є:

- статут, що встановлює організацію і сферу діяльності підприємства;
- колективний договір, в якому встановлюється загальні обов'язки сторін щодо регулювання трудових, соціально-економічних відносин.

Згідно за цим договором керівництво підприємства зобов'язується:

- забезпечувати гарантії прав громадян на охорону праці;
- привести в належний стан робочі місця, обладнання у відповідності з вимогами правил і норм охорони праці, протипожежної безпеки, виробничої санітарії;
- виконувати комплекс заходів по попередженню нещасних випадків та травматизму тощо.

Що стосується трудового колективу, який представлено в договорі в особі представницького органу, то він зобов'язується проводити постійну експертизу актів розслідування нещасних випадків на виробництві, сприяти й домагатись виконання у повному обсязі комплексних заходів щодо досягнення встановлених нормативів з охорони праці:

- посадові обов'язки з питань охорони праці відповідно до Закону України «Про нормативно-правові акти»;
- наказ «Про затвердження структури охорони праці на підприємстві»;
- інструкції подотриманню правил з охорони праці та ряд інших організаційно - правових документів, зокрема і розпорядження керівника підприємства.

Юридична відповідальність за проведення та дотримання робіт щодо загального стану охорони в ресторані покладена на керівника підприємства, а що стосується охорони праці на окремих ділянках цеху, то її здійснює керівник та інженерно-технічний персонал: головний технолог, начальники цехів, змін, відділів та ін.

5.1 Небезпечні та шкідливі виробничі фактори

Мікроклімат виробничих приміщень - це умови внутрішнього середовища цих приміщень, що впливають на тепловий обмін працюючих з оточенням. Як фактор виробничого середовища, мікроклімат впливає на теплообмін організму людини з цим середовищем і, таким чином, визначає тепловий стан організму людини в процесі праці.

Мікрокліматичні умови виробничих приміщень характеризуються такими показниками:

- температура повітря (°C);
- відносна вологість повітря (%);
- швидкість руху повітря (м/с);
- інтенсивність теплового (інфрачервоного) опромінювання (Вт/м²) від поверхонь обладнання та активних зон технологічних процесів.

Значення параметрів мікроклімату суттєво впливають на самопочуття та працездатність людини і, як наслідок цього, рівень травматизму. Тривала дія високої температури повітря при одночасно підвищеній його вологості приводить до збільшення температури тіла людини до 38...40 °C (гіпертермія), в наслідок чого здійснюється різноманітні фізіологічні порушення у організмі - зміни у обміні речовин, у серцево-судинної системи, зміни функцій внутрішніх органів (печінки, шлунку, жовчного міхура, нирок), зміни у системі дихання, порушення центральної та периферичної нервових систем. Характеристика параметрів мікроклімату приведена в таблиці 5.1

Таблиця 5.1 – Характеристика параметрів мікроклімату на підприємстві

Параметри	По нормі	Фактичне
В холодний період року:		
- температура, °С	18-20	19-22
- вологість, %	45-65	55-65
- рухливість повітря, м/с	0,2	0,2
В теплий період року:		
- температура, °С	21-23	21,5-22,5
- вологість, %	45-65	45-60
- рухливість повітря, м/с	0,2-0,4	0,2

В умовах високої температури збільшується частота пульсу (до 100...180 поштовхів за хвилину), збільшується артеріальний тиск. Перегрів тіла людини супроводжується головними болями, запамороченням, нудотою, загальною слабкістю. Зміни в організмі при підвищеній температурі безумовно відображаються на працездатність людини. Так, збільшення температури повітря виробничого середовища з 20 °С до 35 °С приводить до зниження працездатності людини на 50...60%.

Недостатня вологість повітря (нижче 20 %) приводять до підсихання слизових оболонок дихального тракту та очей, в наслідок чого зменшується їх захисна здатність протистояти мікробам. Для того, щоб забезпечити дотримання оптимальних мікрокліматичних умов необхідно провести такі заходи:

- застосування дистанційного управління процесами і апаратами теплого випромінювання;
- теплоізоляція гарячих поверхонь обладнання;
- застосування теплових повітряних завіс на вході до виробничих приміщень;
- вентиляція і кондиціонування повітря, регулювання вологості повітря.

Виробничі приміщення на підприємстві за ступенем небезпеки враження людини електричним струмом та залежно від стану виробничого середовища відноситься до приміщень з підвищеною небезпекою. Забезпечення електробезпеки людини від випадкового дотику до струму несучих частин досягається такими методами, що застосовуються або окремо або в комплексі один з одним:

- захисні огорожі;
- ізоляція струму несучих частин;
- застосування малої напруги;
- електричний розподіл мережі;
- захисне заземлення;
- захист від небезпеки при переході напруги вищої на нищу;
- компенсація струмів замикання на «землю»;
- організація безпечної експлуатації електроустановок.

Згідно з ГОСТ 12.1.09-79 ССБТ «Электробезопасность. Общие требования» технічні способи і засоби захисту. Для забезпечення електробезпеки на підприємстві застосовують наступні технічні способи і засоби захисту: захисне заземлення, занулення, застосування малої напруги, контроль ізоляції обмоток, засоби індивідуального захисту і запобіжні пристрої, захисні відключення пристроїв.

Електробезпека на підприємстві забезпечується відповідною конструкцією електроустановок; організаційними та технічними заходами. Пожежна безпека на підприємстві – становище підприємства, при якому виключається можливість виникнення пожежі, а у випадку її виникнення – перешкоджання впливу на людей шкідливих та небезпечних факторів пожежі і забезпечує захист матеріальних цінностей.

Таблиця 5.2 - Санітарно-побутове забезпечення

Загальна площа санітарно-побутових приміщень	Згідно з нормами	Фактично
з них: гардеробні	20	20
душові	6	6
умивальники	20	20
убиральні	20	20
приміщення для сушіння спецодягу	2	2
кімнати особистої гігієни жінок	6	6

5.2 Небезпеки технологічного процесу

На кожній з операцій необхідно запобігати створенню небезпечних ситуацій. Небезпечною умовою є відсутність захисного заземлення,

небезпечною дією є робота на сушарки, небезпечною ситуацією вплив електроенергії, недоліком є ураження електричним струмом при цьому всього цього можна запобігти таким заходом як встановити заземлення. Результатом небезпек при роботі на фасувальному автоматі являються травми, переломи та механічні ураження, опіки, механічні ураження. Потрібно проводити своєчасний ремонт і перевіряти заземлення. При невиконанні умов роботи з транспортером можливі травми, механічні ураження. Перед пуском

фасувального автомату, який використовується для фасування продукту, слід переконатись у відсутності сторонніх предметів на барабані, а також перевірити чистоту барабану від залишків мастила, пилу. Щоб не допускати виробничих небезпек потрібно виконувати заходи з техніки безпеки відповідно до вимог охорони праці. В процесі роботи дотримуватись вимог безпеки, не загороджувати проходи і виходи сировиною, тарою, відходами. Перед початком роботи необхідно оглянути спецодяг, спец взуття, засоби індивідуального захисту; перевірити наявність і справність захисних огорож, заземлення; переконатися в надійності їх кріплення і працездатності.

Отже, після розробки організаційно-правових заходів та санітарно-гігієнічних умов на підприємстві існує небезпека, що виникає при експлуатації машин, різноманітних приладів, інвентарю, які є невід’ємними в технологічному процесі виробництва.

- при роботі в цеху виконуватимуться вимоги безпеки, які викладені в вимоги безпеки до виробничого обладнання (ГОСТ 12.2.003-91. ССБТ «Оборудование производственное. Общие требования безопасности» – основний нормативний документ з загальних вимог безпеки до виробничого обладнання);
- вимоги безпеки о технологічних процесів (ГОСТ 12.3.002-75. ССБТ. «Процессы производственные. Общие требования безопасности» — чинний нормативний документ з загальних вимог безпеки до виробничих процесів);

- електробезпека (ДНАОП 0.00-1.32-01 Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок, ДНАОП 1.1.10-1.01-97. Правила безпечної експлуатації електроустановок).

Таблиця 5.3 - Структурно-логічна схема аналізу виробничих небезпек

№ п/п	Назва операції, роботи та знарядь і засобів праці	Виробничі небезпеки			Можливі варіанти наслідків (Т)	Заходи безпеки
		Небезпечні умови (Вр)	Небезпечні дії	Небезпечні ситуації (П)		
1	Використання термотунелю, для термоплівки	Наявність високої температури	Дотик до поверхні нагрітого устаткування	Можливість термічного впливу на шкіряний покрив	Термічні опіки	Забороняється доторкуватися до поверхонь обладнання
2	Використання фасувального (кліпсовочного) автомату	Наявність високої температури та гідравлічних деталей	Дотик до гострої та поверхні нагрітого устаткування	Можливість механічному та термічного впливу на шкіряний покрив	Термічні опіки та порізи шкіри	Забороняється доторкуватися до поверхонь обладнання та недбале ставлення з гострими предметами праці

5.3 Інженерно-технічні заходи з безпеки праці

Перед початком роботи робітник повинен:

1. Одягти спецодяг, спецвзуття та засоби індивідуального захисту. Застібнути одягнений санітарний одяг на всі гудзики зав'язати зав'язки, не допускаючи звисаючих кінців одягу. Не заколювати одяг шпильками, голками, не тримати в кишенях одягу гострі, предмети, що б'ються.
2. Вимити руки та бути у задовільному санітарно-гігієнічному стані.
3. Перевірити наявність і справність необхідних для роботи інвентарю, пристроїв та інструменту; забезпечити наявність вільних проходів.
4. Перевірити наявність води у водопровідній мережі.
5. Надійно встановити (закріпити) пересувне (переносне) обладнання на виробничому столі.
6. Перевірити обладнання теплове, механічне на холостому ходу.
7. Про всі виявлені несправності обладнання, інвентарю, електропроводки і інші неполадки повідомити своєму

безпосередньому керівнику і приступити до роботи тільки після їх усунення.

Незалежно від призначення обладнання, інструментів до їх конструкцій пред'являється ряд загальних гігієнічних вимог. Матеріали не повинні виділяти в продукти харчування шкідливих хімічних речовин і змінювати органолептичні показники їжі. Вони повинні бути стійкі до впливу різних кислот і лугів їжі, витримувати існуючі санітарні режими миття та дезінфекції, володіти антикорозійними властивостями, бути стійкими до високої і низької температури, водо- і паронепроникними, не служити живильним середовищем для мікроорганізмів. Необхідними властивостями є також легкість, ударостійкість (стійкість до механічних впливів), гладка і світла поверхня, що дозволяє легко оцінити якість санітарної обробки цих виробів. На підприємстві обладнання виготовлене з нержавіючої сталі і відповідає загальним гігієнічним вимогам.

Проектування, організація та проведення технологічних процесів, відповідно до вимог ГОСТ 12.3.002-75 ССБТ «Процессы производственные. Общие требования безопасности» передбачають:

- зведення до мінімуму контакту працюючих з готовою продукцією та відходами виробництва, що чинить шкідливу дію;
- розробляти організаційно-технологічні карти і карти безпеки праці кожного робочого місця.

Проводити періодичні обстеження відповідності приміщень, агрегатів, машин та їх окремих елементів вимогам технічної й художньої естетики. При проведенні паспортизації і раціоналізації робочих місць звертати увагу на планування робочих місць, додержання параметрів проходів у приміщеннях та поліпшувати виробничу естетику. Складати карти відповідності кожного робочого місця естетичним вимогам, обговорювати ці питання на нарадах.

Замовляти машини, які мають кращі техніко-економічні та естетичні параметри; списувати стару, морально застарілу техніку. Якісно і вчасно виконувати ремонт машин, обладнання та - інструменту, використовувати

кольорові спектри, рекомендовані технічною естетикою на виробництві; перевіряти справність світлової сигналізації та відповідність освітлення приміщень і робочих місць існуючим нормам].

5.4 Пожежна безпека

Пожежна безпека починається на стадії проектування підприємства, планування технологічного процесу, встановленні технологічного обладнання, тобто враховується інженерно-технологічними заходами, які передбачені в проектах при розробці проектної документації на будівництво, і вимагає суворого виконання протипожежних вимог в процесі експлуатації.

Пожежна безпека регламентується ГОСТ 12.1–004–86 «Пожарная безопасность. Общие требования» та СНіП 2.01.02 – 85 «Противопожарные нормы проектирования зданий и сооружений» СНіП 2.09.02 – 85 «Производственные здания».

Найбільш пожежонебезпечними об'єктами на підприємстві є котельня, склад паливно-мастильних матеріалів. Пожежа може виникнути у разі порушення вимог техніки безпеки та норм з охорони праці, а також у випадку аварійних ситуацій на підприємстві.

Для запобігання пожежам впроваджені наступні заходи:

- герметизація виробничого обладнання; обмеження обсягів речовин, що застосовуються і зберігаються; контроль концентрації речовин у повітрі в приміщеннях і в технологічному обладнанні;
- застосування робочої і аварійної вентиляції; відведення горючого середовища в спеціальні пристрої і місця; застосування інгібуючих і флегматизуючих домішок; вибір безпечних швидкісних режимів руху середовища та ін.

Будівлі та споруди за ступенем вогнестійкості відносяться до 4 ступеня згідно категорій вогнестійкості виробництв та СНіП 2.09.02 – 85.

На випадок виникнення пожежної небезпеки в кожному цеху передбачено схеми евакуації працюючих. На ділянках підвищеної пожежної небезпеки біля

виходу з приміщень встановлені засоби пожежогасіння (пожежний інвентар, вогнегасники ОХП-10, ПС-1, ПС-5).

Всі двері відкриваються у напрямку виходу з приміщення. У випадку виникнення пожежі передбачена система сигналізації. Для протипожежного водопостачання на заводі передбачений недоторканий запас води.

5.5 Висновки по розділу

З вивчення стану охорони праці на «ТОВ Тростянецький молочний завод» можна зробити наступний висновок. Основними потенційними причинами травматизму є - недотримання працівниками інструкцій та правил техніки безпеки, невикористання захисних пристроїв, несправність обладнання, інструменту, технічних засобів, недостатня механізація процесу виробництва.

На підприємстві для гасіння первинних загорань застосовують вогнегасники ОХП-10 та ОУ-2. В якості пожежної сигналізації встановлена звукова сигналізація. На підприємстві розміщені пожежні щити, ящики з піском, існує періодичний інструктаж і проводяться навчання по пожежній безпеці. Відповідальний за протипожежний стан в цеху плавлених сирів –майстер.

Всі ці причини травматизму вимагають від керівництва підприємства проводити виховну роботу з порушниками інструкції та правил техніки безпеки для полегшення праці робітників.

В даному розділі на підставі аналізу небезпечних і шкідливих виробничих факторів, виявлених на проєктованому об'єкті, розроблено заходи, направлені на створення здорових і безпечних умов праці та розглянуті питання пожежної безпеки.

ВИСНОВКИ

Актуальність роботи пояснюється необхідністю модернізації систем керування, які використовуються на підприємствах молочної промисловості. Сучасна система керування дозволить оперативна контролювати значну кількість технологічних параметрів, дозволяючи отримувати режими роботи технологічного обладнання з заданими показниками якості та надійності. Також ця система керування матиме можливість фіксації та збереження параметрів роботи технологічного обладнання.

У якості об'єкта керування виступає розпилювальна сушарка WUXI ATZ Atomizer 12-986/4-1. Для створення системи керування вибрано апаратно-програмні засоби для створення підсистеми керування, розроблена функціональна схема автоматизації, розроблена схема принципова підсистеми керування, складено перелік елементів до схеми електричної принципової.

При виконанні структурної ідентифікації, яка проведена на підставі експериментальних даних отриманих на об'єкті керування (динамічної характеристики, даних для побудови статичної характеристики, даних отриманих при П-образному керуючому впливі) встановлено, що структурно модель об'єкта керування може бути представлена як аперіодична ланка першого, або більш високого порядку з запізненням.

За результатами параметричної ідентифікації встановлено, що структура моделі об'єкта керування відповідає аперіодичній ланці другого порядку з запізненням та розраховані параметрами моделі: коефіцієнт підсилення $-2,4841$ та постійними часу $3,5909$ с та $1,6429$, а запізнення становить $5,355$ с.

Комплексна перевірка на адекватність моделі до об'єкта керування за перевірочними даними об'єкта керування показала високу відповідність $82,2$ %, сильний кореляційний зв'язок $0,983$ та статичний критерій Фішера $25\ 273$ значно більше критичного значення $2,707$.

Враховуючи аналіз технологічного процесу, структури об'єкта керування, характеристик отриманих за результатами експериментів, результатів

структурної та параметричної ідентифікації та статистичного аналізу модель є адекватною до об'єкта керування та може бути використана у подальшому при синтезі системи керування в умовах досліджуваного технологічного обладнання – розпилювальної сушарки WUXI ATZ Atomizer 12-986/4-1.

При впровадженні проекрованої системи капітальні витрати складають 160 тис. грн., час розробки ПЗ становитиме 1,5 місяці. Річні експлуатаційні витрати, пов'язані з впровадженням системи становитимуть приблизно 1,8 млн. грн.

З вивчення стану охорони праці на «ТОВ Тростянецький молочний завод» можна зробити наступний висновок. Основними потенційними причинами травматизму є - недотримання працівниками інструкцій та правил техніки безпеки, невикористання захисних пристроїв, несправність обладнання, інструменту, технічних засобів, недостатня механізація процесу виробництва.

На підприємстві для гасіння первинних загорань застосовують вогнегасники ОХП-10 та ОУ-2. В якості пожежної сигналізації встановлена звукова сигналізація. На підприємстві розміщені пожежні щити, ящики з піском, існує періодичний інструктаж і проводяться навчання по пожежній безпеці. Відповідальний за протипожежний стан в цеху плавлених сирів –майстер.

Всі ці причини травматизму вимагають від керівництва підприємства проводити виховну роботу з порушниками інструкції та правил техніки безпеки для полегшення праці робітників.

В даному розділі на підставі аналізу небезпечних і шкідливих виробничих факторів, виявлених на проектованому об'єкті, розроблено заходи, направлені на створення здорових і безпечних умов праці та розглянуті питання пожежної безпеки.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Методичні рекомендації для студентів бакалаврів спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» Ткачов В.В., Бубликов 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/rBf8Zm>. – 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. Голінько В.І., Фрундін В.Ю. Охорона праці в галузі електротехніки та електромеханіки – Д.: Державний ВНЗ «НГУ», 2011. – 235 с.
6. Проектування розпилювальної дискової сушарки для сушіння молока. Режим доступу: <https://ukrbukva.net/69500-Proektirovanie-raspylitel-noiy-diskovoiy-sushilki-dlya-sushki-moloka.html>
7. Що таке сухе молоко, як його використовувати? Як розводити сухе молоко?. Режим доступу: <http://goodhouse.com.ua/poradi/18290-shho-take-suxe-moloko-yak-jogo-vikoristovuvati-yak-rozvoditi-suxe-moloko.html>

8. Тема. Обладнання для виробництва згущених і сухих молочних продуктів. Режим доступу: <https://infopedia.su/9x8ad8.html>
9. УДК 66.047.596 : 637.137 Аналіз процесу сушіння молочних продуктів у розпилювальній сушарці як об'єкта керування Фединець В.О., Васильківський І.С., Юсик Я.П. Національний університет «Львівська політехніка».
10. Сушарка для розпилення молочного порошку. Режим доступу: <http://ua.atzmachinery.com/spray-dryer/high-speed-centrifugal-spray-dryer/spray-dryer-for-milk-powder.html>
11. Датчики температури жидких и сыпучих сред Т.п/п-420-Кл1-2, Т.ХА-420-Кл1-2. Режим доступу: <https://relsib.com/product/datchiki-temperature-zhidkosti-i-sypuchih-sred-tpp-420-kl1-2-tha-420-kl1-2>
12. Датчик давления MBS 1700. Режим доступу: https://ianv.com.ua/datchik-davleniya-mbs-1700?gclid=CjwKCAjwoduRBhA4EiwACL5RPxxh-3WMefznXJScYn456FD8q_KvqGFvQr4UThbXvIvUYt2GUJRITBoCfrYQAvD_BwE
13. Датчики влажности сыпучих материалов M-Sens 2. Режим доступа: https://rusautomation.ru/catalog/s/datchiki_vlazhnosti_sypuchikh_materialov_m_sens_2/
14. High Performance Valve – Wafer Type Butterfly Valve HP 111-E. Режим доступу: <http://exionasia.com/products/high-performance-valve-wafer-type-butterfly-valve-hp-111-e/>
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 ДНАОП 0.03-33.14-85. Санітарні норми допустимих рівнів шуму на робочих місцях.

19. Правила улаштування електроустановок Мінпаливвугілля України. – 2017 – 617с.
20. «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості на небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу». № 528 - 2001.
21. Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями, затверджені наказом Мінсоцполітики від 14.02.2018 № 207.
22. 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.
23. ДСанПіН 3.3.2-007-98 Державні санітарні правила і норми. Гігієнічні вимоги до організації роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин
24. ДСТУ 7234:2011 Дизайн і ергономіка. Обладнання виробниче. Загальні вимоги дизайну та ергономіки
25. ДСТУ 7950:2015 Дизайн і ергономіка. Робоче місце під час виконання робіт стоячи. Загальні ергономічні вимоги.
26. ДСТУ 8604:2015 Дизайн і ергономіка. Робоче місце для виконання робіт у положенні сидячи. Загальні ергономічні вимоги
27. ДСТУ 3191-95 (ГОСТ 12 2.137-96) Обладнання для кондиціонування повітря та вентиляції
28. ДСН 3.3.6.042-99 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень».
29. Внутренние санитарно-технические устройства / Под ред. И. Г. Староверова: Ч.2. Вентиляция и кондиционирование воздуха. - М.: Стройиздат, 1978.-509.
30. ДБН В2.5-28-2018 «Природне і штучне освітлення».

31. ДСН 3.3.6.037–99 «Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку».
32. ДСН 3.3.6.039-99 «Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації».
33. ДСТУ ГОСТ 26568: 2009 «Вибрация методы и средства защиты».
34. ДСТУ ІЕС 61140: 2015 «Захист проти ураження електричним струмом. Загальні аспекти щодо установок та обладнання».
35. ДБН В.1.1-7-2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва».
36. ДСТУ Б В.1.1-36:2016 «Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухо-пожежною та пожежною небезпекою».
37. ДСТУ 3675-98 «Пожежна техніка. Вогнегасники переносні. Загальні технічні вимоги та методи випробувань».
38. ДБН В.2.5-56-2014 «Системи протипожежного захисту».
39. ДСТУ Б В.2.5-38:2008 «Улаштування блискавкозахисту будівель та споруд».

ДОДАТОК А

Відомість матеріалів кваліфікаційної роботи

№ рядка	Формат	Позначення	Найменування	Кількість аркушів	Шифр документу	Примітка	
1			<u>Документація</u>				
2							
3	A4	KIBС.KBP.151.19.01.ПЗ	Пояснювальна записка		ПЗ		
4							
5			<u>Графічна частина</u>				
6							
7	A2	KIBС.KBP.151.19.01.E2	Функціональна схема				
8			автоматизації	1	E2		
9							
10	A2	KIBС.KBP.151.19.01.E3	Схема електрична				
11			принципова	1	E3		
12							
13	A4	KIBС.KBP.151.19.01.ПЕЗ	Перелік елементів	1	ПЕ		
14							
15	A4	KIBС.KBP.151.19.01.Д	Презентація		Д		
16							
17		KIBС.KBP.151.19.01.ВДЕ	Носій інформації	1	ВДЕ		
18							
19							
20							
21							
22							
23							
24							
25							
26							
27							
			Підп.	Дата	KIBС.KBP.151.19.01.ТП		
Зм.	Арк.	№ докум.			Літ.	Аркуш	Аркушів
Розробив		Бабаков		08.05.22		1	1
П. конс.		Заславський			Національний ТУ «Дніпровська політехніка», ЕТФ, 151-19ск-1		
Н. контр.							
					Автоматизація технологічного процесу сушіння молочних продуктів.		
					Відомість проекту		

ДОДАТОК Б**Перелік компонентів для схеми електричної принципової**

Позиційне позначення	Найменування				Кількість	Примітка		
A1	ПЛК VIPA 214-2BS33				1			
A1-X3, X4	Модуль аналогового вводу VIPA 231-1BD40				2			
A1-X5	Модуль дискретного виводу VIPA 232-1BF00				1			
A2	Система керування, виконана на базі ПК				1			
BK1	Датчик температури Т.ХА-420				1			
BK2	Датчики тиску MBS 1700				1			
BK3	Вологомір M-Sens 2				1			
YA1...YA4	Електрозасувка High performance butterfly valve HP 111-E				2			
G1, G2	Блок живлення Carlo Gavazzi SPD24301							
			Підп.	Дата	КІВС.КВР.151.19.01.ПЕЗ			
Зм.	Арк.	№ докум.			Автоматизація технологічного процесу сушіння молочних продуктів. Перелік елементів			
Розробив		Бабаков		06.05.22			Літ.	Аркуш
Перевірів		Заславський						1
Н. контроль		Славинський						1
Перевірів		Проценко					НТУ «Дніпровська політехніка», ЕТФ, 151-19ск-1	

ВІДГУКИ КОНСУЛЬТАНТІВ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

ВІДГУК

кваліфікаційна робота бакалавра: «Автоматизація технологічного процесу сушіння молочних продуктів»,

студент гр. 151-19ск-1 Бабаков Олексій Васильович

Об'єкт розробки – система автоматичного керування ланками технологічного процесу сушіння молочних продуктів.

Об'єкт дослідження – Розпилювальна сушарка WUXI ATZ Atomizer 12-986/4-1.

Предмет дослідження – проведення структурної і параметричної ідентифікації та визначення математичної моделі об'єкта керування.

У сушарку підгущене молоко надходить на розпилюючий диск з ротаційного насоса під тиском. У сушильній башті молоко розпорошується на дрібні крапельки (розміром 10...20 мкм), назустріч яким знизу вгору рухається гаряче (140...200 °С) повітря з калорифера. Частинки сухого молока, висушені гарячим повітрям, осідають на дно сушильної вежі і пневмотранспортом вивалюються з неї. Температура висушеного молока близько 40...60 °С, завдяки чому не відбувається коагуляції білка. Повітря з сушильної вежі віддаляється через фільтри.

Визначальними критеріями ефективності технологічного процесу сушіння молока є вологість (як основний показник якості готового продукту) та продуктивність установки. Остання забезпечується регулюванням температури гарячого повітря що надходить з калорифера вбудованого в сушарку. Джерелом теплоносія для калорифера є перегріта водяна пара з парогенератора. Підвищення температури повітря, що подається в сушильну башту, обмежено небезпекою зіпсування (або навіть загоранням) сухого молока, а зниження температури веде до збільшенню витрати теплоносія на одиницю випаруваної вологи.

В нашому випадку, для створення підсистеми автоматичного керування розпилювальною сушаркою, обрано один із головних каналів керування – «масова витрата перегрітої пари на вході калорифера сушарки → вологість сухого молока на виході з сушарки». Згідно технічних параметрів сушарки, підсистема керування має підтримувати задану вологість сухого молока на виході сушарки у межах 2...7 % завдяки регулюючим можливостям подачі перегрітої пари на вхід калорифера сушарки у межах 0,6...2,6 кг/с.

Виходячи з отриманих результатів можливо зробити висновок, що модель відповідає об'єкту керування, та може бути використана для подальшої розробки підсистеми керування.

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, _____ доц. Заславський О.М.

____.06.2022

РЕЦЕНЗІЯ

кваліфікаційна робота бакалавра: «Автоматизація технологічного процесу сушіння молочних продуктів»,

студент гр. 151-19ск-1 Бабаков Олексій Васильович

1. Завдання і зміст кваліфікаційної роботи ступеню бакалавра відповідає основній меті - перевірки знань і ступеня підготовленості студента за спеціальністю «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології».
2. Актуальність роботи полягає в тому, що розробка та дослідження нової підсистеми керування дозволить зменшити вплив основних недоліків технологічного обладнання.
3. Отримана модель може бути використана за для розробки програмного забезпечення підсистеми керування.
4. Повнота і глибина вирішення завдань, поставлених в завданні на кваліфікаційну роботу достатня.
5. В рамках кваліфікаційної роботи було визначено структуру об'єкта керування та побудована його модель.
6. В цілому кваліфікаційна робота ступеню бакалавра заслуговує оцінки «_____», за умови відповідного захисту.
7. Студент Бабаков О.В. присвоєння йому кваліфікації «бакалавр» за спеціальністю «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології».

Рецензент, _____

_____.06.2022

ЗАТВЕРДЖЕНО:
завідувачем кафедри
кіберфізичних та інформаційно-
вимірювальних систем

_____ Бубліковим А.В.

«_____» _____ 2022 року

ВИСНОВОК

Про рівень запозичень у кваліфікаційній роботі бакалавра на тему «Автоматизація технологічного процесу сушіння молочних продуктів», здобувача вищої освіти, групи 151-19ск-1, Бабаков Олексій Васильович.

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

Нормоконтролер,
посада, ас. каф. КФІВС
ступінь

(підпис)

Воскобойник Є.К.

(дата)

Ім'я користувача:
Олег Бойко

Дата перевірки:
03.06.2022 19:16:37 EEST

Дата звіту:
03.06.2022 19:18:21 EEST

ID перевірки:
1011456285

Тип перевірки:
Doc vs Internet + Library

ID користувача:
100008838

Назва документа: 01_151_-19ск_Бабаков_О_В_-ПЗС

Кількість сторінок: 83 Кількість слів: 14060 Кількість символів: 104981 Розмір файлу: 2.81 MB ID файлу: 1011334820

Виявлено модифікації тексту (можуть впливати на відсоток схожості)

37.7% Схожість

Найбільша схожість: 12.9% з Інтернет-джерелом (<http://ir.nmu.org.ua/bitstream/handle/123456789/158781/%D0%9A%D..>)

37.7% Джерела з Інтернету

275

Сторінка 85

Не знайдено джерел з Бібліотеки

0% Цитат

Вилучення цитат вимкнене

Вилучення списку бібліографічних посилань вимкнене

33% Вилучень

Деякі джерела вилучено автоматично (фільтри вилучення: кількість знайдених слів є меншою за 8 слів та 0%)

Немає вилучених Інтернет-джерел

33% Вилученого тексту з Бібліотеки

28

Сторінка 85

Модифікації

Виявлено модифікації тексту. Детальна інформація доступна в онлайн-звіті.

Замінені символи

128

Підозріле форматування

15
сторінок