

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

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА**  
**кваліфікаційної роботи ступеню бакалавра**

студента Десятерик Андрій Андрійович  
(П.І.Б.)

академічної групи 151-19-1  
(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 нагріву зерна у зерносушарці ДСП-50  
(назва за наказом ректора)

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

Дніпро  
2023

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

\_\_\_\_\_ Бубліков А.В.  
(підпис) (прізвище, ініціали)

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2023 року

**ЗАВДАННЯ**  
**на кваліфікаційну роботу**  
**ступеня бакалавр**

студенту \_\_\_\_\_ Десятерик А.А. \_\_\_\_\_ академічної групи \_\_\_\_\_ 151-19-1 \_\_\_\_\_  
(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 нагріву зерна у зерносушарці ДСП-50,  
затверджену наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка» від 08.05.2023 № 328-с

Розділ	Зміст	Термін виконання
Стан питання та постановка завдання	Вступ. Опис технологічного процесу об'єкта автоматизації. Аналітичний огляд існуючих аналогічних систем. Стан питання. Формулювання задач для проектування автоматизованої системи.	01.05.2023
Розробка апаратного забезпечення системи керування	Обґрунтування вибору датчиків, виконавчих пристроїв та пристрою керування, розробка структурних схем, функціональної схеми автоматизації та схеми електричної принципової.	08.05.2023
Визначення моделі об'єкта керування	Розробка методики дослідження об'єкту керування. Проведення експерименту, обробка результатів. Перевірка моделі на адекватність.	15.05.2023
Економічна частина	Економічне обґрунтування доцільності витрат на створення системи керування.	22.05.2023
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	Розробка організаційно-технічних заходів, щодо реалізації правил безпеки при експлуатації системи.	29.05.2023

Завдання видано \_\_\_\_\_

(підпис керівника)

доц. Соснін К.В.

(прізвище, ініціали)

Дата видачі 06.03.2023

Дата подання до екзаменаційної комісії \_\_\_\_\_

Прийнято до виконання \_\_\_\_\_

(підпис студента)

Десятерик А.А.

(прізвище, ініціали)

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка це: 71с., 29 рис., 11 табл., 1 додаток, 23 джерела.

Об'єкт дослідження: система автоматизованого керування нагрівом зерна у шахтній зерносушарці А1-ДСП-50.

Предмет дослідження – методи, моделі та інформаційне забезпечення при керуванні нагрівом зерна у зерносушарці.

Мета: підвищення якості процесу керування нагрівом зерна під час сушіння у зерносушарці А1-ДСП-50, шляхом ідентифікації об'єкту керування та розробки системи автоматизованого керування.

У кваліфікаційній роботі бакалавра виконано аналіз технологічного процесу післязбиральної обробки зерна, процесу сушіння зерна у шахтній сушарці, опис роботи шахтної зерносушарки А1-ДСП-50.

Обрано апаратне забезпечення системи автоматизації, що містить термоперетворювач зерна, газовий пальник, мікропроцесорний промисловий контролер VІРА з модулем аналогового вводу/виводу, блоки живлення напругою 24 В постійного струму, розроблено документи проекту.

Для ідентифікації об'єкту керування та отримання передавальної характеристики враховуючи принцип роботи рециркуляційної шахтної зерносушарки ДСП-50 розроблено план активного експерименту.

Обробка результатів експерименту використовуючи методи математичної статистики, програмні засоби середовища Matlab дозволила отримати модель процесу нагріву шару зерна у рециркуляційній сушарці по каналу температура агенту сушіння – температура зерна, з розрахованим ступнем відповідності за нормованим середньоквадратичним відхиленням, що має значення 99,9978%.

Імітаційна модель рециркуляційної сушарки може бути використана для моделювання об'єкта керування і проектування системи керування в цілому, що дозволить підвищити якість процесу керування нагрівом зерна при сушінні.

**ЗЕРНО, ТЕМПЕРАТУРА, СУШІННЯ, ДСП-50, ІДЕНТИФІКАЦІЯ**

## ЗМІСТ

Вступ	6
1 Стан питання та постановка завдання	7
1.1 Галузь промисловості	7
1.2 Технологічний процес	8
1.3 Об'єкт керування	13
1.3.1 Загальна характеристика об'єкта керування	13
1.3.2 Принцип функціонування об'єкта керування	18
1.4 Постановка завдання	18
1.5 Висновки по розділу	19
2 Розробка апаратного забезпечення системи керування	20
2.1 Розробка структурної схеми системи керування	20
2.2 Вибір апаратного забезпечення системи керування	21
2.2.1 Вибір датчиків	21
2.2.2 Вибір виконуючих пристроїв	23
2.2.3 Вибір пристроїв керування	23
2.2.4 Вибір джерел живлення	28
2.3 Розробка функціональної схеми автоматизації	31
2.4 Розробка схеми електричної принципової	32
2.5 Висновки по розділу	33
3 Визначення моделі об'єкта керування	34
3.1 Розробка структурної схеми інформаційних потоків дослідницької системи	34
3.2 Розробка методики дослідження об'єкта керування	35
3.3 Виконання експерименту	36
3.4 Обробка результатів експерименту	37
3.4.1 Підготовка даних	37
3.4.2 Структурна ідентифікація	38
3.4.3 Параметрична ідентифікація	43
3.4.4 Розробка моделі об'єкта керування в Simulink	47

	5
3.4.5 Перевірка моделі на адекватність	48
3.5 Висновки по розділу	50
4 Економічна частина	51
4.1 Техніко-економічне обґрунтування	51
4.2 Капітальні витрати	51
4.3 Розрахунок експлуатаційних витрат	55
4.4 Висновки по розділу	59
5 Охорона праці	60
5.1 Аналіз умов праці у операторській по керуванню нагріву зерна у зерносушарці	60
5.2 Заходи щодо нормалізації умов праці	61
5.3 Заходи з пожежної профілактики та забезпечення безпеки у надзвичайних ситуаціях	65
5.4 Висновки по розділу	66
Висновки	67
Перелік посилань	69
Додаток А	72

## ВСТУП

Найважливіша в господарській діяльності людини група рослин, що оброблюється це зернові культури, що дають зерно. У зв'язку з тим що зерно та його продукція потрібні для життєдіяльності цілий рік, то дуже важливо зберегти його якомога довше, одне з важливих вимог для тривалого зберігання зерна це зберігати його сухим.

Зерно потребує ретельної післязбиральної обробки, якщо хоч один процес виконаний не правильно, то це може привести до псування зерна, та зниженню його вартості. Не очищене зерно від смітної домішки або недостатнє прогрівання зерна може привести до швидкого псування. В процесі подальшого зберігання вологого зерна, з'являються сприятливі умови для розвитку мікроорганізмів і шкідників зерна, а це принесе у свою чергу великі збитки. Тому дуже важливе автоматизувати керування температурним режимом, яке допоможе зберегти врожай та принести прибуток.

Кваліфікаційна робота бакалавра присвячена проектуванню системи автоматизації керування технологічним процесом нагріву зерна у шахтній рециркуляційній сушарці шляхом вибору апаратного забезпечення, розробки технічних документів проекту автоматизації, використання математичних методів для отримання моделі об'єкту керування. Розробка системи допоможе забезпечити високу інтенсивність сушіння зерна у рециркуляційній зерносушарці, уникаючи перегріву зерна.

# 1 СТАН ПИТАННЯ ТА ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ

## 1.1 Галузь промисловості

Зернова промисловість в Україні завжди була і залишається провідною та найважливішою галуззю в аграрній сфері. Розвиток виробництва зерна безпосередньо впливає на матеріальний добробут населення та є об'єктом зовнішньої торгівлі та визначальним фактором у продовольчій безпеці країни.

Україна має суттєвий потенціал для розвитку зернової промисловості, пов'язаний із наявністю багатих земельних ресурсів для вирощування зерна помірний клімат, людський потенціал та має потужний потенціал задля зростання виробництва, а на світових ринках є зростаючий попит на зерно.

Для людей зерно та продукти його переробки є основою харчування. Зерно використовується людиною у вигляді хліба, кондитерських виробів, крупів, макаронів та ін. Продукти з зерна відзначаються високими поживними та смаковими якостями, містять достатню кількість білків, вуглеводів, вітамінів, амінокислот й мінеральних солей. Продукція вирощування зернових культур є цінним і незамінним кормом у тваринницькій галузі, сировиною для виготовлення спирту, медичних препаратів, крохмалю, паперу, інших цінних видів продукції, тому потреби в зерні постійно зростають. Дуже важливо не лише виростити хорошої якості зерно, але й виконати завдання правильного та тривалого зберігання особливо під час пандемії, окупації та військових дій. Підтримання якості керування процесом сушіння зерна під час перебоїв у постачанні енергоносіїв, переходу на альтернативні енергоносії, нестача кваліфікованих працівників стало викликом для підприємств з обробки зерна[1].

Для тривалого зберігання зерна на підприємствах необхідно виконати низки операцій, у результаті яких отримують зерно необхідної якості. Для виконання цих операцій необхідно залучити багато техніці для зважування, розвантаження автомашин та вагонів залізничного транспорту, попереднього очищення зерна, сушіння зерна, первинного та вторинного очищення зерна,

сортування, транспортування, довгострокового зберігання, оцінки показників якості зерна, зважування готової продукції.

Зберігання зерна сухим, протягом тривалого терміну зберігання – основний засіб підтримання високої життєдіяльності насіння в зернових партіях усіх культур. Зрозуміло що процес сушіння є дуже важливим для зберігання зерна, тому йому треба приділяти велику увагу та залучати найбільш продуктивні зерносушарки.

## **1.2 Технологічний процес**

Обробка продовольчого зерна на заготівельних підприємствах складається з низки операцій, для отримання зерна необхідної якості. Ці операції виконуються наступним чином: зважування матеріалу що надходить, розвантаження автомашин та залізничного транспорту, попереднє очищення, сушіння, первинне та вторинне очищення, при необхідності проводять термічне знезараження зерна від шкідників, сортування, транспортування зерна та відходів, зважування готової продукції, протравлювання, короткострокове зберігання, провітрювання, тривале зберігання у силосах, у складах насипом. Післязбиральна обробка зерна на підприємстві включає низку послідовних операцій[2]: приймання, розміщення зерна; очищення, сепарація сортування зерна; сушіння зерна, активне вентилявання зерна; зберігання зерна у силосах елеватору, зерноскладах (рис. 1.1).



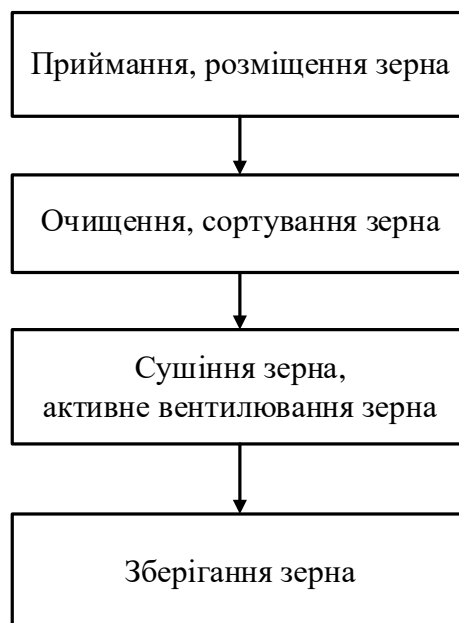


Рисунок 1.1 – Структурна схема післязбиральної обробки зерна

Приймання і розміщення зерна. Перед початком збиральних робіт, потрібно підготувати зерносклади, для цього перевіряють техніку, її комплектність та роботу для післязбиральної обробки врожаю. Приміщення зерноскладу необхідно звільнити від залишків зерна, та зробити дезінфекцію. Для збирання зерна треба скласти план їхнього розміщення із урахуванням об'ємів заготівлі й асортименту культур.

Після обмолочування комбайнами зерно розміщують окремими партіями залежно від показників якості, виду культури, сорту. Окремо розміщують низькоякісне і дефектне зерно (проросле, із невластивим запахом, уражене зерно, знебарвлене зерно, зерно із важковідокремлюваними і шкідливими домішками).

При розміщенні зерна враховують його стан і технологічні показники, за якими воно має бути оброблене і доведене до норм готової продукції. На смітність і вологість зерна треба також звернути увагу, бо за перевищення норми смітності, встановленої окремо для кожної культури, це зерно треба відокремлювати та надалі спрямувати на очищення.

Щодо вологості зерна, то має бути такий порядок розміщення і обробки: зерно до 14–15% – визначають як сухе і придатне для зберігання; до 17% – як вологе, таке, що потребує підсушування чи вентилявання; понад 17% – як сире з обов'язковим сушінням у потоці. Якщо сталися затримки із сушінням сирого

зерна його слід розміщувати на установках активного вентилявання з обов'язковим контролем за температурою і вологістю.

Очищення і сортування зерна. Після збору комбайнами зерна, треба негайно його очистити, особливо якщо воно вологе. Якщо буде затримка з очищенням вологого і сирого зерна може бути його самозігрівання і погіршення якості вже через 10–12 годин зберігання насипом. Залежно від чистоти, вологості та призначення зернової маси очищення може бути попереднім, первинним і вторинним. Підлягає первинному очищенню все свіжозібране зерно та відокремлюють крупні і дрібні домішки.

Далі йде вторинне очищення яке виконують у режимі сортування, його застосовують для насіння і продовольчого зерна з метою доведення до норм чистоти, встановлених для кожної культури. Завдяки сортування відбирають фракції із найкращими продовольчими якостями і посівними властивостями. Застосовують різні повітряно-решітні зерносепаратори, аспіратори для очищення та сортування. Трієри, пневмосортувальні столи, гірки використовують для відбору важковідокремлюваних домішок. В кожному конкретному випадку режим уточнюють, виходячи із фактичної чистоти і крупності зернівки, її вологості.

Один з відповідальних процесів з усього циклу післязбиральної обробки зерна це сушіння зерна на підприємствах. При наявності різних партій насамперед сушать вологіше, з ознаками самозігрівання та уражене зерно. У проведенні сушіння різні культури потребують індивідуальних підходів. Спочатку та за м'яких режимів висушують зерно цінних, сильних і твердих пшениць. Із урахуванням якості клейковини у зерні пшеницю висушують за змінних температурних режимів. Якщо клейковина пшениці слабка, то температуру підвищують, для за надто міцної треба знизити, для зберігання та поліпшення якості зерна. При підвищенні температури дають змогу дещо зміцнити клейковину, понижені – не призводять до її додаткового зміцнення. Також зерно проросле, ушкоджене також висушують за підвищених температур, але з постійним контролем за режимом сушіння.

Слід враховувати конструкцію прямоочної зерносушарки, вибираючи режим. Для зниження вологості понад 8% зерно слід пропустити через прямоочну сушарку декілька разів, після кожного проходження зерна через сушарку його вологість має знижуватись не більш як на 6–8%.

Використовуючи рециркуляційні сушарки зерно висушується за один прохід завдяки постійній циркуляції потоків зерна у шахтах сушарки. У рециркуляційних сушарках таке розподілення потоків: у середньому дві третини сухого зерна подається на рециркуляцію (змішується із вологим холодним зерном), а одна третина прямує у зерноскладище. Процес рециркуляційного сушіння включає п'ять циклів: змішування сирого холодного зерна із сухим нагрітим, короткочасне нагрівання суміші зерна, відлежування суміші у тепловологообміннику, основне сушіння, охолодження. Від вологості пшениці, якості клейковини та додаткових пристроїв для нагрівання зерна у рециркуляційних сушарках встановлюють температурний режим сушіння. Процес використання рециркуляційних сушарок має низку переваг: відпадає потреба у доборі партій зерна за вологістю, сушіння можна вести за м'якого режиму зі зменшенням витрат енергоресурсів. Також завдяки обладнанню рециркуляційних зерносушарок пристроями для підігрівання зерна перед основним сушінням можна заощадити енерговитрати та інтенсифікувати сушіння. Температура нагрівання зерна є основним показником процесу сушіння. Якщо сушарки не обладнано дистанційною термометрією, то через кожні 2 години процесу сушіння потрібно контролювати температуру нагріву зерна. В порівнянні різних сушарок, можна сказати, що зарубіжні, як правило, мають кращу енергетику, нижчі питомі витрати пального. Вітчизняні вирізняються рівномірнішим сушінням, оскільки товщина шару зерна між коробами не перевищує 200 мм.

Активне вентилявання зерна. Підвищені показники вологості та температури можуть бути у процесі збирання, обробки та зберігання, що знижує його стійкість і якість. Активне вентилявання, такого зерна полягає в продуванні атмосферним повітрям зернової маси за допомогою вентиляційного обладнання.

Цей процес має низку суттєвих переваг, зокрема: зерно обробляється без переміщення і травмування, цей метод не потребує значних капіталовкладень і енерговитрат, прискорює дозрівання недостиглого зерна, підвищує стійкість і тривалість його зберігання, як для продовольчо-кормового зерна, так і насіннєвого, він є однаково ефективним.

Залежно від стану зерна вентилявання відбувається у режимі підсушування або охолодження. Зерно вентилюють сухим чи нагрітим повітрям у режимі підсушування, за допомогою такого прийому зерно, зібране із вологістю до 17%, можна довести до сухого стану. У режимі охолодження зерно вентилюють холодним атмосферним повітрям у найхолодніші години доби або охолодженим за допомогою холодильних машин.

Зберігання зерна. Зберігають зерно залежно від його вологості та призначення. Якщо зерно, призначене для переробки чи зберігання, воно повинне мати вологість згідно стандартів, нормативних документів, залежно від культури та її призначення. Вологість при закладанні врожаю зернових культур на зберігання повинна становити: пшениця, жито, ячмінь, кукурудза 14–15%. Додатково знижують на 1–2%, для більш тривалого зберігання. Надалі для зберігання створюють такі умови, які запобігають її ушкодженню шкідниками, ураженню хворобами, зволоженню й самозігріванню та забезпечують стійкість.

У сухому стані насипом у зерноскладах, силосах елеваторів, бункерних сховищах зберігають зерно продовольчо-кормове і технічне. Контроль якості зерна – складний процес, який здійснюється як у процесі післязбиральної обробки, так і на стадії зберігання. У процесі обробки застосовують внутрішньогосподарський контроль якості, на стадії зберігання використовують державний контроль готової продукції. Зерно продовольчо-кормове і технічне контролюють за показниками, встановленими для кожної культури державними стандартами.

### **1.3 Об'єкт керування**

Технологічний об'єкт, що розглядається в кваліфікаційній роботі – шахтна рециркуляційна зерносушарка ДСП-50 безперервної дії для сушіння зерна.

#### **1.3.1 Загальна характеристика об'єкта керування**

Зерносушарка А1-ДСП-50 призначена для сушіння [3, 4] різних зернових, зернобобових культур та олійного насіння, забезпечуючи високе знімання вологи, очищення відпрацьованого теплоносія (агент сушіння) та повітря від легких домішок та пилу. Абревіатура ДСП означає двохступенева. Контролює роботу основних вузлів та показники цієї зерносушарки – система автоматики. Зерносушарка працює на газоподібному паливі, але може працювати на суміші газових газів з повітрям. Найбільша температура агенту сушіння у зерносушарках ДСП це 160 °С, інакше зерно може запалати.

Зерносушарка складається з наступних основних частин: з двох вертикальних шахт і становить єдину конструкцію з металевих секцій тепло волого обмінника з регульованим охолодженням, охолоджувача, випускних механізмів, надсушильних бункерів, вентиляторів, норій, топки та шафи керування. Технологічна схема зерносушарки А1-ДСП-50 представлена на рисунку 1.2.

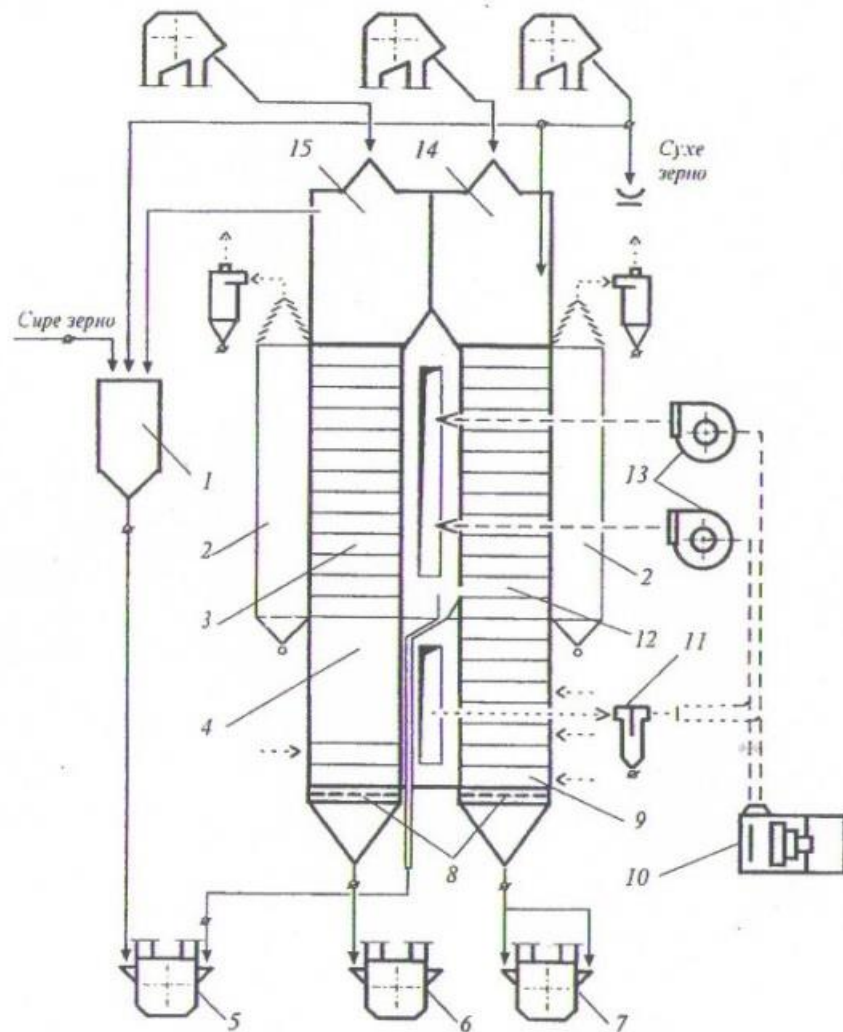


Рисунок 1.2 – Зерносушарка А1-ДСП-50,

де 1– оперативний бункер, 2–осадочна камера, 3–перша сушильна шахта, 4–тепловолгообмінник, 5, 6, 7 – норії, 8 – випускні механізми, 9–охолоджувальна шахта, 10–топка, 11–осадочна камера, 12–друга сушильна шахта, 13–вентилятори, 14–надсушильний бункер другої сушильної шахти, 15–надсушильний бункер першої сушильної шахти.

Шахта зерносушарки А1-ДСП-50 має розміри: 13275x3770x1200 мм. При цьому висота першої зони сушіння дорівнює 4700 мм, другої зони 3000 мм та зони охолодження зерна 4700 мм. Камера нагрівання має 38 рядів коробів, охолодження 19 рядів, кожен непарний ряд має 19 коробів, а парний 18 коробів і 2 напівкороби, що позитивно позначається на зменшенні і товщини продувного шару зерна, також є економія палива та електроенергії у зв'язку с

тим , що агент сушіння поєднується з нагрітим повітрям із зони охолодження і подається в зону сушіння.

Топка складається з двох камер, а також двох циклонів, призначення яких вловлювати іскри, та камери змішування, рівень подачі повітря в які регулюється заслінкою, вона обладнана засобами автоматичного контролю, що забезпечують підтримання постійного тиску перед форсункою, запалення палива при пуску зерносушарки А1-ДСП-50 та відключення його подачі при несанкціонованому погасанні факела у процесі роботи.

Сировину накопичену подають з оперативного бункера і змішують його із сухим нагрітим зерном, яке надходить із другої сушильної шахти. Ця суміш надали надходить у надсушильний бункер і далі в першу сушильну шахту і тепловологообмінник.

По другій норії суміш подається до надсушильного бункера другої шахти, де проходить сушильну зону та зону охолодження. Зерно, після проходження трьох зон контролю температури та вологості, відправляється на досушування або до вихідної зони, згідно результатів. Випускні механізми просушеного та охолодженого зерна мають періодичний принцип дії. Висушене зерно подається на норію, а вже потім у накопичувальний буфер або на зерносклад.

Контроль стану зерна за вологістю здійснюється вологоміром, датчики якого встановлюються у шахті остаточного сушіння. Первинними датчиками здійснюється контроль температури теплоносія, нагрітої та охолодженої сировини, які встановлюються в зонах з максимальними та мінімальними температурними властивостями сировини. Пульт контролю та дистанційного керування встановлено у передтопочному приміщенні. В ручному режимі оператор може стежити за параметрами роботи зерносушарки, контролюються такі вузли: транспортне та вентиляційне обладнання, положення та рівень зерна у зерносушарці, бункері сирого зерна та бункері сухого зерна. Для подвійного контролю температури в заданій точці обробки зерна, також у шафі управління встановлений вторинний температурний датчик.

Сушіння зерна на підприємствах виконується згідно інструкції [5]. Головною задачею сушіння зерна є зменшення вологи для перевodu зерна у стійке для зберігання становище. При сушінні суворо заборонено зниження хлібопекарських, продовольчих і кормових якостей зерна та якості олійного насіння. Робітники, що обслуговують зерносушарку повинні дотримуватися режимів сушіння зерна, виконувати норми продуктивності, економити паливо та електроенергію. За кількісне та якісне зберігання зерна при сушінні несуть відповідальність оператор зерносушарки та лаборант, що контролює процес сушіння та відбирає проби зерна. Інструкція визначає вимоги до безпечної експлуатації сушарок, щоб уникнути загоряння сушарки, перегріву, псування зерна при сушінні, но інструкція не вказує значень керуючих впливів. Наприклад, для різних культур вказані лише верхня межа значення температури агенту сушіння по зонам та температура нагріву зерна. Для нагріву повітря використовується паливник. Паливник МДГП (мікро-дифузійний газовий паливник) номінальною тепловою потужністю 1000 – 3150 кВт використовується для високоефективного спалювання природного газу, пропан-бутанової суміші та іншого газоподібного палива у будь-якому обладнанні, що використовує газ[6]. Паливник МДГП (рис.1.3) використовується на промислових парових та водогрійних котлах, зерносушарках, промислових печах, сушарках та інших теплових агрегатах промислового призначення. Економічне та екологічно чисте спалювання засновано на струминному змішуванні газу с повітрям та утворенні на зрізі пілонів паливника МДГП горючої суміші. Мікродифузійний процес спалювання газу у паливнику МДГП протікає: в короткому факелі; забезпечує високу стійкість спалювання до коливань тиску газу у газопроводі; забезпечує рівномірне температурне поле в камері горіння теплового агрегату; забезпечує високі екологічні показники.

Комплектування паливника включає наступні системи: автоматичного продування топки, автоматичного розпалювання та контролю полум'я, автоматичного регулювання теплової потужності, безпеки та контролю, пульт автоматичного керування ОКА-2-Альфа (мікропроцесорний блок). Можливість



ручного регулювання (з пульта керування пальником) або плавного автоматичного регулювання теплової потужності пальника. Пульт автоматичного керування (мікропроцесорний блок) має різні інтерфейси для обміну даними, у тому числі аналогові інтерфейси 0...10 В, 4...20 мА, інтерфейс RS-485, з реалізацією протоколу Modbus RTU. Значення температури агенту сушіння задається оператором за допомогою блоку автоматики пальника або через інтерфейс обміну даними з пульта оператора (комп'ютера) оператора.



Рисунок 1.3 – Зовнішній вигляд пальника МДГП

Коефіцієнт корисної дії пальника МДГП складає 95%. Для зерносушарки ДСП-50 існує економія витрат газу у порівнянні з попереднім пальником.

При опису процесу керування сушінням зерна варто відзначити, що це керування, при якому значення керуючої дії виробляється за допомогою людини-оператора, він вказує цільове значення температури агенту сушіння. Блок автоматики пальника підтримує значення температури агенту сушіння. Температура агенту сушіння у другій зоні зерносушарки А1-ДСП-50, підтримується на рівні  $150^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$ . Це керування зі зворотнім зв'язком, при якому керуюча дія виробляється з врахуванням стану об'єкту керування.

Відомості про якісні показники зерна після сушіння дозволяють виконувати керування по відхиленню, коли керуюча дія виробляється з врахуванням сигналів відхилення. Під час сушіння зерна кукурудзи [7] контролюються найбільш важливі параметри: температура агенту сушіння, температура нагріву зерна, вологість зерна до сушіння, вологість та температура зерна на виході зерносушарки, стан обладнання та інші, а також

якісні показники партії зерна у лабораторії підприємства. Найбільше значення температури нагріву зерна кукурудзи може дорівнювати та мати наступний допуск  $55 \pm 5$  °С.

### 1.3.2. Принцип функціонування об'єкту керування

Правило керування за окремим вихідним параметром температурою нагріву зерна у шахті рециркуляційної сушарки задається формулою:

$$\text{відх } T_3 = |T_3 - T_{3.\text{зад}}| \rightarrow \min \quad (1.1)$$

де  $\text{відх } T_3$  – відхилення параметра температура нагріву зерна від заданого значення;

$T_{3.\text{зад}}$  – задане значення параметра температура нагріву зерна у шахті рециркуляційної сушарки;

$T_3$  – поточне значення параметра температура нагріву зерна у шахті рециркуляційної сушарки.

### 1.4. Постановка завдання

Відповідно до завдання та мети у роботі потрібно вирішити наступні задачі:

розробити структурну схему системи автоматизації, обґрунтувати вибір апаратного забезпечення, розробити схему функціональну автоматизації, схему електричну принципову, перелік елементів системи автоматизації процесом нагріву зерна у рециркуляційній сушарці ДСП-50;

Отримати модель об'єкту керування шляхом ідентифікації, оцінити адекватність отриманої моделі об'єкта керування. Використовуючи SCADA систему ZENON для створення керуючого впливу, програмне забезпечення "Identification System Toolbox" середовища Matlab, виконати ідентифікацію об'єкту керування шляхом отримання динамічної, статичної, П-подібної (імпульсна) характеристики та перевірочних даних;

визначити капітальні та експлуатаційні витрати при впровадженні системи автоматизації процесом нагріву зерна у рециркуляційній сушарці;

розробити комплекс заходів з охорони праці у технологічному процесі сушіння зерна у рециркуляційній шахтній сушарці.

### **1.5. Висновки по розділу**

Розглянуто технологічний процес післязбиральної обробки зерна, процес сушіння зерна з використанням рециркуляційної сушарки А1-ДСП-50, розглянуто технічні характеристики. Як об'єкт керування, рециркуляційна сушарка ДСП-50 відноситься до класу безперервних об'єктів, що призначена для сушіння зерна у потоці. Важливим параметром технологічного процесу сушіння та системи автоматизації є температура зерна на виході зони нагріву першої сушильної шахти рециркуляційної сушарки. Нагрів зерна здійснюється нагрівання агенту сушіння за допомогою пальника газового мікро-дифузійного. Визначеним критерієм керування системи автоматизації процесу нагріву зерна у рециркуляційній сушарці це мінімальне відхилення температури нагріву зерна від заданого значення.

## 2. РОЗРОБКА АПАРАТНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ

### 2.1. Розробка структурної схеми системи керування

Система керування температурою нагріву зерна, що розглядається у даній роботі підтримує задане значення температури зерна кукурудзи у шахті рециркуляційної сушарки А1-ДСП-50. Приймаємо початкове значення температури зерна, що надходить до сушіння, дорівнює приблизно температурі повітря та дорівнює  $15^{\circ}\text{C}$ . Значення температури зерна у шахті рециркуляційної сушарки вимірюється за допомогою датчика температури або термоперетворювача та повинне мати наступне значення та допуск  $50^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ . Керування нагрівом зерна здійснюється нагрівом агенту сушіння, що подається до зерносушарки. Температура агенту сушіння повинне мати наступне значення та допуск  $150^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$ .

Обираємо структуру системи керування, що має три рівня. На нижчому рівні це датчики та виконавчі механізми – датчик температури зерна кукурудзи у шахті зерносушарки, пальник газовий, для підігріву повітря або агенту сушіння, що проходить крізь шар зерна та нагріває його. Другий рівень здійснює обробку інформації, що надійшла від датчику, формує значення температури агенту сушіння для пальника, виконує обмін даними з верхнім рівнем. Ці функції виконуються мікропроцесорним пристроєм керування – промисловим мікроконтролером. Третій рівень це пульт керування або автоматизоване робоче місце (АРМ) оператора виконує функцію людино-машинного інтерфейсу між людиною-оператором та об'єктом керування. Реалізується візуалізація стану технологічного обладнання у вигляді мнемосхем, діаграм, трендів; керування технологічним процесом; збереження даних технологічного процесу у базі даних. Ці функції виконуються на базі промислового спеціалізованого персонального комп'ютеру за допомогою відповідного прикладного програмного забезпечення. (рис. 2.1) .

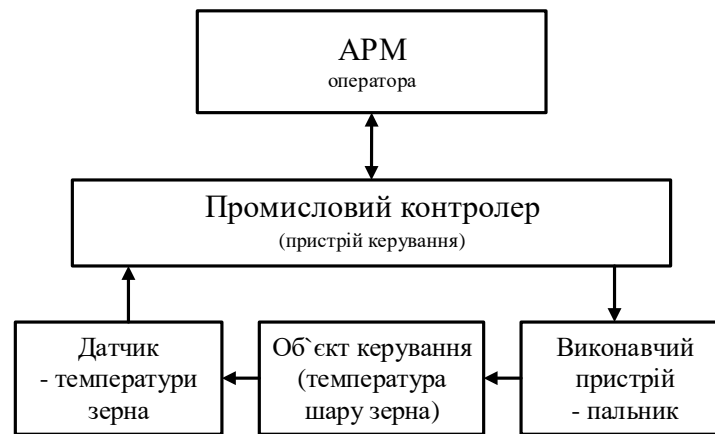


Рисунок 2.1 – Структурна схема системи автоматизації процесу нагріву зерна у шахтній рециркуляційній сушарці

## 2.2. Вибір апаратного забезпечення системи керування

### 2.2.1. Вибір датчиків

Основним призначенням автоматизованої системи керування, що розробляється, є підтримання температури зерна кукурудзи у шахті рециркуляційної сушарки ДСП-50, значення якої має дорівнювати та мати наступний допуск  $55^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ . Датчик температури зерна розташовується у першій сушильній шахті зерносушарки, ближче до зони тепловологообмінника. Значення температури зерна до мікроконтролеру повинно передаватися за допомогою завадостійкого інтерфейсу обміну. З огляду на те, що температура зерна не перевищує  $60^{\circ}\text{C}$ , то для контролю температури зерна буде обрано термоперетворювач опору мідний з високоточним нормованим перетворювачем, що оснащено уніфікованим вихідним струмовим сигналом 4...20 мА [8]. Діапазон вимірюваних температур термоперетворювача ОВЕН ДТС045М–50М.0,5.630.И[1] складає від мінус 50 до плюс 180 С. Такий термоперетворювач (рис. 2.2) призначено для безперервного вимірювання та перетворення значень температури рідин, газоподібних, твердих та сипучих речовин в уніфікований вихідний сигнал струму 4...20 мА. Технологічний робочий діапазон температур знаходиться від температури навколишнього середовища до плюс  $60^{\circ}\text{C}$  що знаходиться в діапазоні температур обраного термоперетворювача.

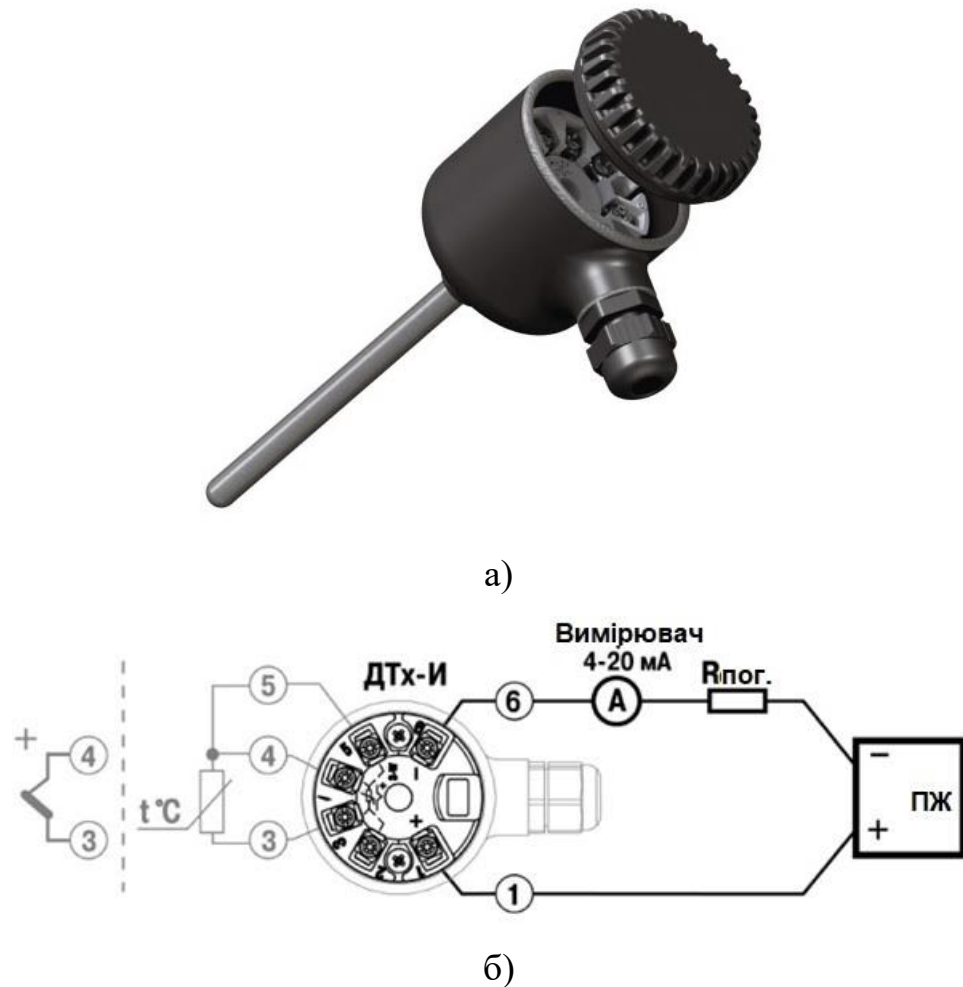


Рисунок 2.2 – Термоперетворювач ОВЕН ДТС045М–50М.0,5.630.И[1], де а) загальний вигляд термоперетворювача зовні, б) схема електрична підключення, ПЖ прилад або блок живлення, Rпог – погоджувальний резистор.

Термометри опору як перетворювачі надійні в експлуатації, мають достатню чутливість. У аббревіатурі термоперетворювача ОВЕН ДТС045М–50М.0,5.630.И[1] позначення 045 позначає модель з діаметром захисної арматури  $D=10$  мм; 50М це назва використаної номінальної статичної характеристики; 0,5 це поріг приведеної похибки перетворення температури у сигнал вихідного струму у відсотках або клас точності; 630 це довжина у міліметрах монтажної частини з чутливим елементом, ця довжина розрахована на розташування вимірювального елемента термоперетворювача у середині шахти зерносушарки; [1] це позначення діапазону перетворення від мінус 50 до плюс 180 °С. На підставі обраного термоперетворювача та його технічних характеристик складена таблиця 2.1

Таблиця 2.1. – Датчики системи керування

№	Найменування параметра	Принцип роботи	Тип	Діапазон вимірювання	Точність, %	Значення вихід. сигналу	Період оновлення	Потужність
1	Температура зерна у сушарці	Перетворення температури в опір	Аналоговий	мінус50 – плюс 180°C	0,5	4-20 мА	10 с	1 Вт

### 2.2.2. Вибір виконавчих пристроїв

Для технологічного процесу нагріву зерна у рециркуляційній сушарці ДСП-50 виконавчим пристроєм для нагріву повітря є мікродифузійний газовий пальник МДГП. Значення технічних характеристик пальника визначаються моделлю рециркуляційної сушарки що є складним технологічним об'єктом. Пальник додатково комплектується блоком автоматики, блоком розпалювання, датчиками тиску. Блок автоматики або мікропроцесорний модуль пальника містить різні інтерфейси для обміну даними, у тому числі аналогові інтерфейси напруги 0...10 В та струму 4...20 мА. У технологічному процесі сушіння у рециркуляційній сушарці значення температури агенту сушіння задається оператором в ручну за допомогою мікропроцесорного блоку автоматики пальника або оператором через людино-інтерфейс верхнього рівня з використанням комп'ютера.

### 2.2.3. Вибір пристроїв керування

Сучасний рівень технологічного обладнання технологічного процесу сушіння зерна, вимоги до автоматизованої системи керування температурою нагріву зерна кукурудзи вимагають використання в якості пристрою керування мікропроцесорного програмованого логічного контролера, що має модульну структуру, наприклад компанії VIPA[9]. Довжина циклу виконання робочої програми програмованого контролера має тривати не більше 100 мс, що забезпечить реакцію на зміну значень важливих параметрів зерна при сушінні.

Розмір пам'яті мікропроцесорного промислового контролера має складати не менше 1 кілобайта вільної робочої пам'яті для реалізації програми автоматизованої системи керування.

Пристрій керування або промисловий мікропроцесорний контролер повинен мати модульну структуру для під'єднання виконавчого пристрою з цифровим інтерфейсом, та під'єднання аналогового термоперетворювача, для забезпечення високої ремонтпридатності та надійності роботи.

Для підключення пульта оператора або підсистема інформаційного забезпечення роботи оператора, яка відповідно до вимог повинна бути реалізована на базі персонального комп'ютера, мікропроцесорний контролер повинен містити Ethernet інтерфейс, щоб забезпечити достатню швидкість передачі даних.

Раніше вказаним вимогам відповідає модуль 214-2BE03 промислового мікропроцесорного контролера компанії VIPA. Цей модуль мікропроцесорного контролера має значення часу виконання арифметичної операції над речовим числом 40 мкс, значення обсягу пам'яті програм 144 кілобайта і значення обсягу робочої пам'яті 96 кілобайт відповідно до документації (рис. 2.3).



Рисунок 2.3 – Вигляд модуля мікропроцесорного контролера 214-2BE03

Технічні характеристики контролера наведені в таблиці 2.2.



Таблиця 2.2 – Значення технічних характеристик

№	Найменування параметру	Значення
1	Тип	CPU 214NET
2	Загальний розмір пам'яті, кБайт	144
3	Розмір області робочої пам'яті, кБайт	96
4	Кількість модулів максимальна, штук	32
5	Наявність інтерфейс Ethernet	існує
6	Значення постійної напруги живлення, В	24
7	Потужність споживання, Вт	6

Для підключення термоперетворювача мідного буде використано модуль аналогового вводу з діапазоном вхідного сигналу від 4 до 20 мА постійного струму. Вказаним характеристикам задовольняє модуль VIPA 234-1BD50, що містить два аналогових входи та два аналогових вихода [9] з діапазоном сигналу від 4 до 20 мА постійного струму та сигналу від 0 до 10 В постійної напруги. Загальний зовнішній вигляд модулю та схема електрична підключення зображені на рисунку 2.4.

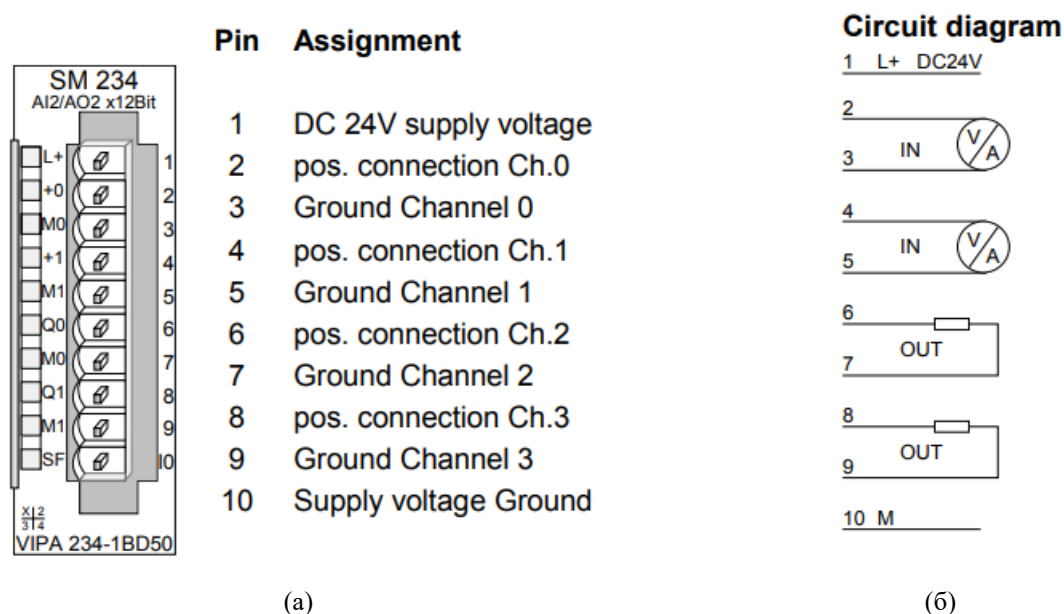


Рисунок 2.4 – Модуль аналогового вводу/виводу VIPA 234-1BD50, де а – зовнішній вигляд модуля, найменування роз'ємів, б – схема електрична підключення.

Значення технічних характеристик модуля аналогового вводу/виводу наведені в таблиці 2.3 та містить короткі відомості.

Таблиця 2.3 – Значення технічних характеристик модуля вводу/виводу

№	Найменування параметру	Значення
1	Значення розрядності АЦП, біт	12
2	Наявна кількість входів/виходів	2/2
3	Тип входу	аналоговий
4	Допустимі діапазони значень сигналів	4-20mA, 0-10V
5	Поріг довжини екранованого провідника, м	200
6	Максимальна потужність споживання, Вт	2,9

Підключення мікродифузійного газового пальника МГДП здійснюється через його блок автоматики або мікропроцесорний блок з використанням цифрового інтерфейсу RS-485, протокол Modbus. На стороні промислового мікроконтролера використовується модуль VIPA CP240-1CA20. Такий модуль цифрового послідовного інтерфейсу RS-485, ізольовано від шини контролера, і підтримує наступні цифрові протоколи передачі даних ASCII, STX/ETC, 3964(R), RK512 і Modbus. Напруга живлення модуля береться від шини промислового мікропроцесорного контролера, що розташовано в середині. Вигляд зовні та позначення контактів роз'єму підключення модуля CP240-1CA20 представлено на рисунку 2.5. Короткі технічні характеристики модуля аналогового вводу/виводу наведені в таблиці 2.4. відповідно до технічної документації до обладнання.

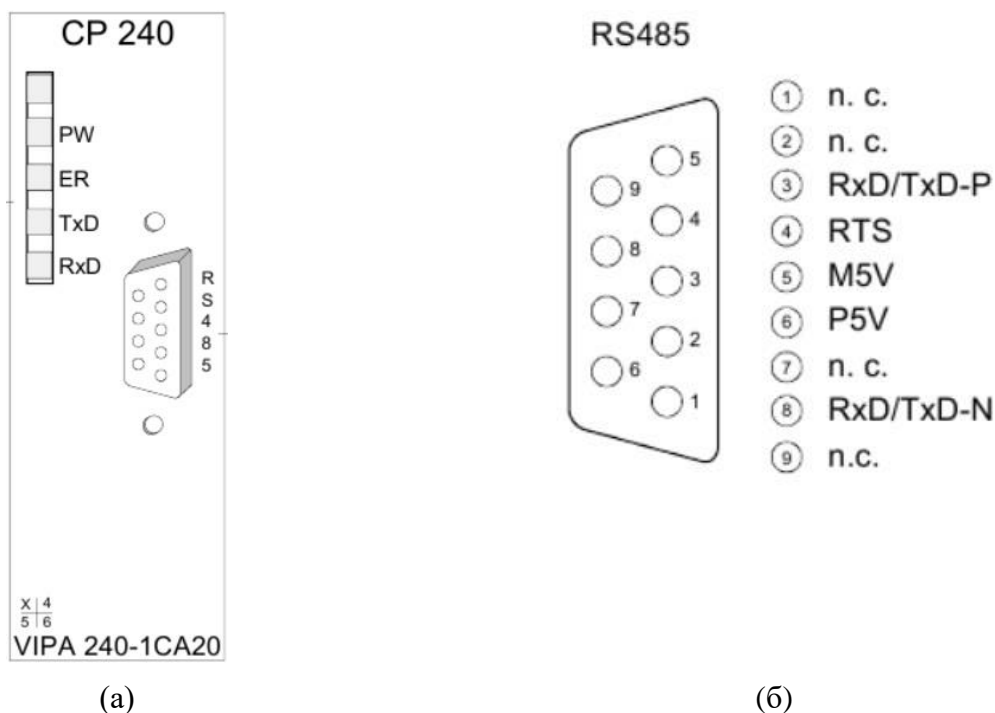


Рисунок 2.5 – VIPA CP240-1CA20 модуль серійного інтерфейсу RS-485, де а – вигляд модуля зовні, б – позначення контактів у роз’ємі.

Таблиця 2.4 – Значення технічних характеристик модуля VIPA CP240-1CA20

№	Найменування параметру	Значення
1	Швидкість передачі даних максимальна, кбіт/с	115.2
2	Відстань передачі даних максимальна, м	1200
3	Кількість під’єднаних абонентів максимальна	32
4	Оцінка ступеню захисту від завад	висока
5	Режим роботи передачі даних	напівдуплексний
6	Максимальна потужність споживання, Вт	0.75

Автоматизована система технологічного процесу нагріву зерна через пульт оператора або підсистему інформаційного забезпечення роботи оператора відображає поточний стан технологічного процесу на базі даних від мікропроцесорного програмованого логічного контролера. Пульт оператора або підсистема може бути реалізована на базі промислового персонального комп’ютера, а зв’язок з програмованим логічним контролером виконано за допомогою інтерфейсу Ethernet з відповідною схемою підключення (рис. 2.6) через роз’єми.

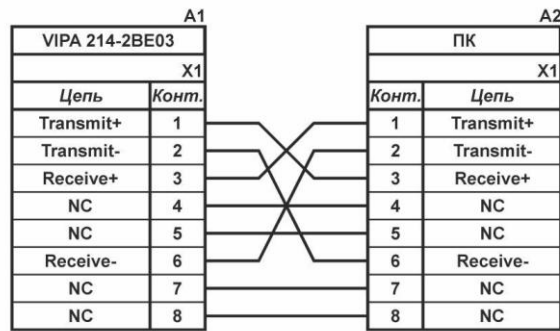


Рисунок 2.6 – Схема під'єднання пульта до мікропроцесорного контролера

Обравши модуль мікропроцесорного програмованого контролера і його модулів складена таблиця 2.5. для розрахунку потужності споживання обраними приладами для подальшого розрахунку мінімальної потужності блоку живлення.

Таблиця 2.5 – Значення потужності обраних приладів

№	Найменування	Пристрій	Потужність
1	VIPA 214-2BE03	Центральний мікропроцесорний модуль	6,00 Вт
2	VIPA 234-1BD50	Модуль сигналів аналогового вводу/виводу	2,90 Вт
		Датчик ОВЕН ДТС045М-50М.0,5.630.И[1]	1 Вт
3	VIPA CP240-1CA20	Модуль серійного інтерфейсу RS-485	0,75 Вт

#### 2.2.4. Вибір джерел живлення

Модуль мікропроцесорного контролера 214-2BE03 і його інші модулі мають напругу живлення 24 В постійного струму. Потужність споживання одного модуля мікропроцесорного контролера складає 6 Вт. Джерелу живлення SPD24301 з вхідною напругою живлення від ~ 85 до ~ 264 В змінного струму, вихідною напругою 24 В постійного струму і потужністю 30 Вт (рис. 2.7) надаємо перевагу в якості джерела живлення постійної напруги модуля мікропроцесорного контролера. Значення технічних характеристик джерела живлення наведені в таблиці 2.6 згідно технічної документації.



Рисунок 2.7 – Джерело живлення SPD24301

Схема підключення модуля мікропроцесорного програмованого логічного контролера 214-2BE03 до джерела живлення SPD24301 24 В постійного струму приведена на рисунку 2.8.

Таблиця 2.6 – Значення технічних характеристик джерела SPD 2430, 24 В

№	Найменування параметру	Значення
1	Значення вхідної напруги живлення, В	~85÷~264
2	Значення вихідної напруги постійного струму, В	24
3	Потужність споживання джерела, Вт	30
4	Максимально допустимий вихідний струм, А	1,25

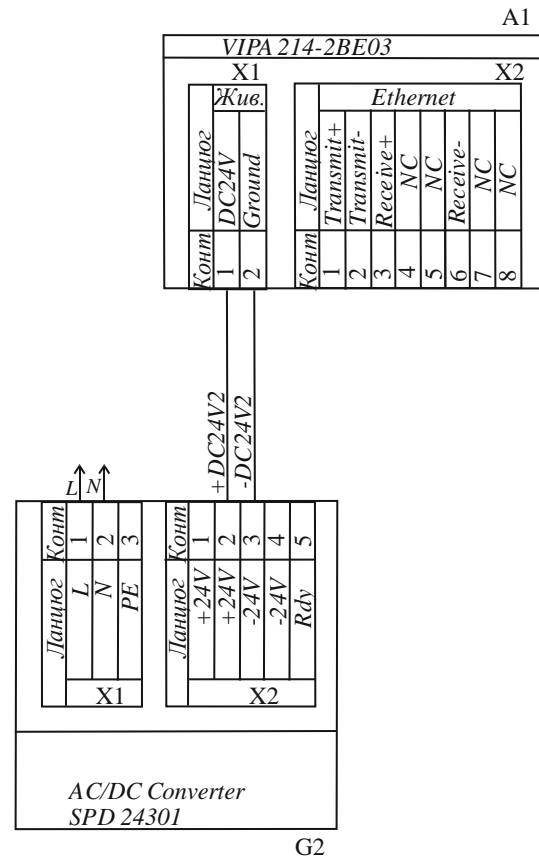


Рисунок 2.8 – Схема підключення модуля мікропроцесорного до живлення 24В

Використаємо додатковий окремий блок живлення для модуля аналогового вводу/виводу та обраного термоперетворювача ОВЕН ДТС045М для підвищення надійності роботи системи у разі виходу з ладу одного з блоків живлення. Обраний термоперетворювач опору та модуль аналогового вводу/виводу будуть живитися напругою живлення 24 В постійного струму. Блок автоматики мікродифузійного газового пальника МДГП має напругу живлення 220 В змінного струму, тому у розрахунку потужності блоку живлення 24 В не приймає участі. Загальна споживана потужність модуля вводу/виводу, підключеного до нього термоперетворювача опору розраховується шляхом підсумовування:

$$P = 2.9 + 1 = 3.9 \text{ Вт}, \quad (2.1)$$

Другим джерелом напруги 24 В постійного струму для модуля вводу/виводу та термоперетворювача обрано джерело живлення SPD 24301, аналогічне вказаному вище.

### 2.3. Розробка функціональної схеми автоматизації

Документи проекту автоматизованої системи керування нагрівом зерна у рециркуляційній шахтній сушарці ДСП-50 починаються розробкою документа функціональна схема автоматизації системи, рисунок 2.9 (Додаток А), що містить мнемосхему рециркуляційної сушарки зерна, на якій вказано розташування термоперетворювача (ТЕ) та виконавчого механізму (ТС).

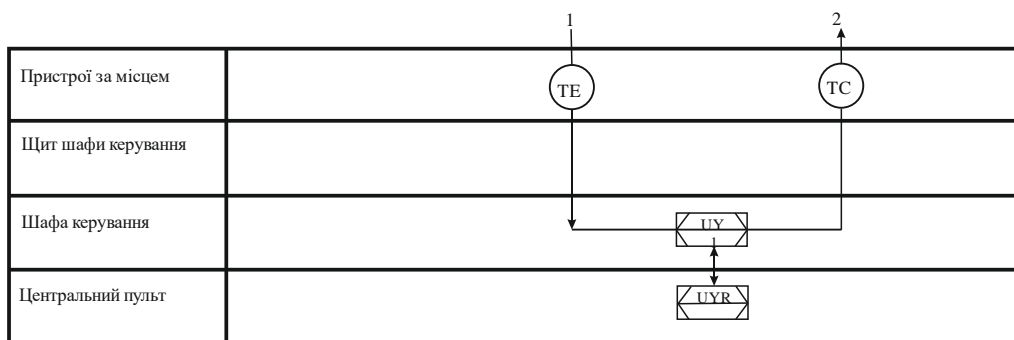
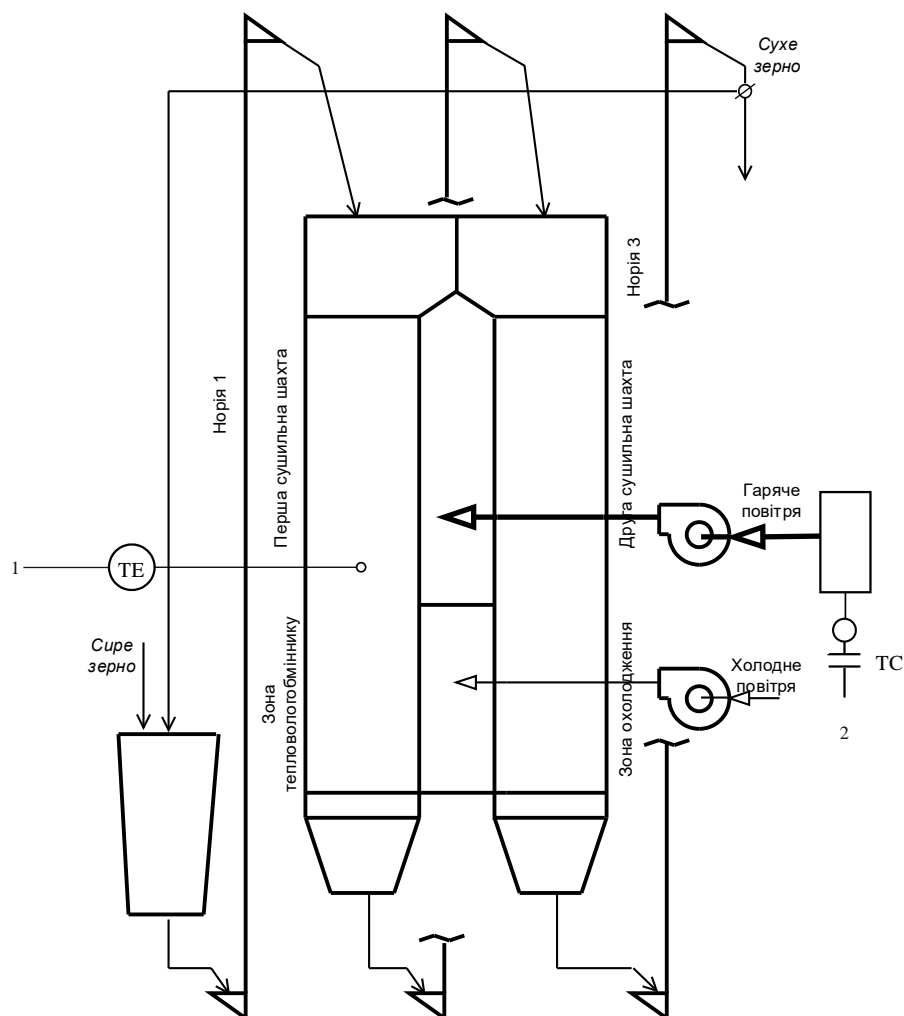


Рисунок 2.9 – Функціональна схема автоматизації технологічного процесу нагріву зерна у рециркуляційній сушарці ДСП-50

Показано розташування термоперетворювача (TE1 – ОВЕН ДТС045М) у першій шахті рециркуляційної сушарці ДСП-50 для виміру температури зерна, оцінки процесу керування нагрівом зерна у зерносушарці. Показано розташування мікродифузійного газового пальника (ТС – МГДП), що нагріває повітря або агент сушіння та передає тепло до шару зерна у зерносушарці. Мікропроцесорний програмований логічний контролер (UY – VIPA 214-2BE03) розташовується у шафі керування передає данні про хід технологічного процесу на персональний комп'ютер, що виконує функцію пульта оператора (UYR – Персональний комп'ютер) та знаходиться на центральному пульті.

#### **2.4. Розробка схеми електричної принципової**

Наступним кроком після обрання апаратного забезпечення системи автоматизації, розробки документа функціональна схема автоматизації розроблено документи перелік елементів та схема електрична принципова (рис. 2.10, Додаток А) системи автоматизації технологічного процесу нагріву зерна у рециркуляційній шахтній сушарці ДСП-50.

У системі автоматизації використовуються два джерела живлення Carlo Gavazzi SPD24301 (G1, G2) напругою 24 В постійного струму. Перше джерело живлення (G1) підключено до модулю аналогового вводу/виводу VIPA 234-1BD50 (A2) та термоперетворювача ОВЕН ДТС045М (TE), а друге джерело живлення (G2) підключено до мікропроцесорного програмованого контролера VIPA 214-2BE03 (A1). Відображення значень параметрів, дії щодо керування системою автоматизації процесом нагріву зерна у рециркуляційній сушарці ДСП-50 виконується за допомогою персонального комп'ютера (A3) це пульт оператора. Передача даних між мікропроцесорним програмованим контролером (A1) і промисловим комп'ютером (A3) реалізовано через інтерфейс Ethernet з використанням кабелю віта пара.

Температура зерна вимірюється за допомогою термоперетворювача (TE – ОВЕН ДТС045М), що перетворює значення температури зерна у струмовий сигнал 4-20 мА, що підключено до модуля аналогового вводу/виводу (A2)



програмованого логічного контролера (A1). Завдання значення температури агенту сушіння здійснюється програмованим логічним контролером (A1) завдяки модулю інтерфейсу RS-485 (A0), що передає цифровий сигнал до блоку автоматики пальника (ТС – МДГП) для нагрівання повітря до заданої температури.

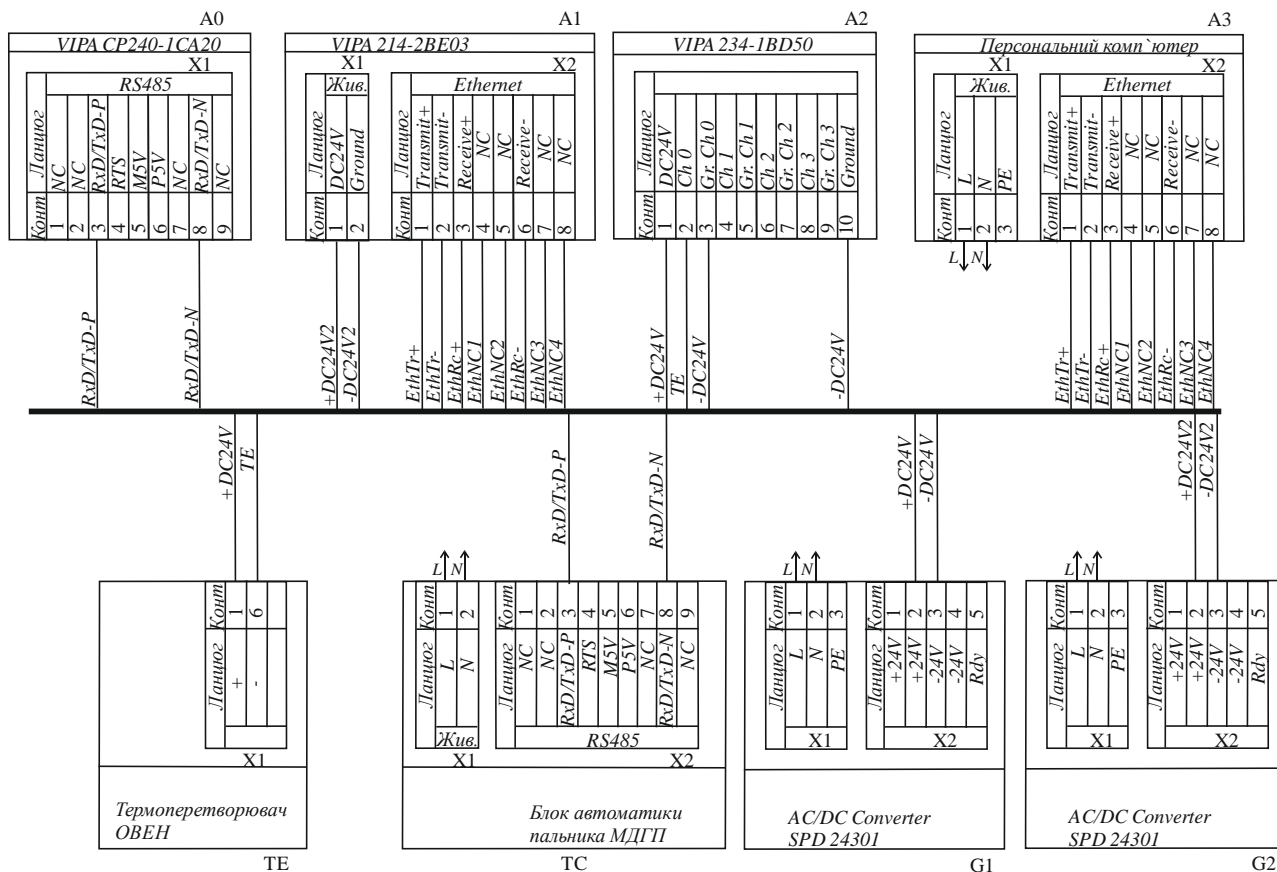


Рисунок 2.10 – Схема електрична принципова системи автоматизації нагріву зерна у рециркуляційній сушарці ДСП-50

## 2.5. Висновки по розділу

Розробка документів проекту системи автоматизації технологічного процесу нагріву зерна у рециркуляційній шахтній сушарці ДСП-50 складалося з розробки структурної схеми системи, обрання апаратного забезпечення системи на базі мікропроцесорного контролера VIPA, розробки проекту технічної документації з наступними документами – схема функціональна автоматизації, перелік елементів, схема електрична принципова.

### 3 ВИЗНАЧЕННЯ МОДЕЛІ ОБ'ЄКТА КЕРУВАННЯ

#### 3.1. Розробка структурної схеми інформаційних потоків дослідницької системи

Стенд SCADA системи Zenon [10] для дослідження та ідентифікації об'єктів керування включає мікропроцесорний логічний контролер, системне програмне забезпечення, людино-машинний інтерфейс користувача (рис. 3.1).

Налаштовування діапазону керуючого впливу і діапазону значень зворотнього зв'язку, налаштування форми для відображення значень параметрів, наприклад у вигляді трендів, здійснюється за допомогою людино-машинного інтерфейсу.

Задане значення керуючого впливу за допомогою системного програмного забезпечення перетворюється має діапазон цифрових значень коду від 0 до 27648 одиниць, передається по каналу зв'язку до системи віддаленого вводу-виводу промислового контролера. Мікропроцесорний контролер через модуль цифрового інтерфейсу передає значення на виконавчий пристрій об'єкта керування, у нашому випадку це пальник. Поточне значення температури зерна на об'єкті керування перетворюється за допомогою термоперетворювача, до струмового сигналу у діапазоні від 4 до 20 мА. Струмовий сигнал перетворюється модулем аналого-цифрового перетворювача у цифрове значення з діапазоном від 0 до 27648, та передається до системного програмного забезпечення, яке перераховує його у фізичні одиниці і відображає на екрані людино-машинного інтерфейсу пульта оператора.

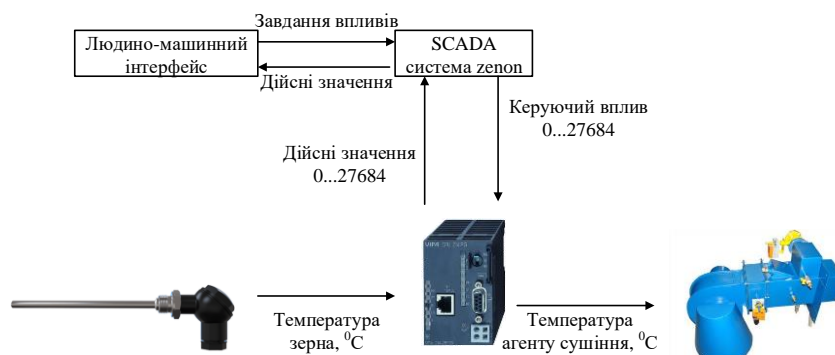


Рисунок 3.1 – Структура системи дослідження об'єкта керування

### 3.2 Розробка методики дослідження об'єкта керування

Стенд для дослідження та ідентифікації об'єкта керування дозволяє формувати керуючий вплив різних форм на вході об'єкта керування, що дозволяє використовувати метод активного експерименту, для ідентифікації об'єкта керування тобто дозволяє отримати математичну модель об'єкта керування під час його функціонування.

План виконання експерименту з ідентифікації складається з наступних етапів.

1. Зняття динамічної характеристики
  - 1.1 Приведення системи до початкового стану (дійсне вхідне значення температури зерна складає 15<sup>0</sup>С)
  - 1.2 Запуск системи реєстрації даних
  - 1.3 подача східчастого керуючого впливу зі значенням 160<sup>0</sup>С або 100%
  - 1.4 Очікування завершення перехідного процесу
  - 1.5 Вимкнення системи реєстрації даних
2. Зняття статичної характеристики
  - 2.1 Приведення системи до усталеного стану (дійсне вхідне значення температури зерна складає 15<sup>0</sup>С)
  - 2.2 Запуск системи реєстрації даних
  - 2.3 подача східчастого впливу зі значенням 32<sup>0</sup>С або 20%
  - 2.4 Очікування завершення перехідного процесу
  - 2.5 подача східчастого впливу зі значенням 64<sup>0</sup>С або 40%
  - 2.6 Очікування завершення перехідного процесу
  - 2.7 подача східчастого впливу зі значенням 96<sup>0</sup>С або 60%
  - 2.8 Очікування завершення перехідного процесу
  - 2.9 подача східчастого впливу зі значенням 128<sup>0</sup>С або 80%
  - 2.10 Очікування завершення перехідного процесу
  - 2.11 подача східчастого впливу зі значенням 160<sup>0</sup>С або 100%
  - 2.12 Очікування завершення перехідного процесу

- 2.13 Вимкнення системи реєстрації даних
- 3. Зняття П-подібної характеристики
  - 3.1 Приведення системи до початкового стану (дійсне вхідне значення температури зерна складає  $15^{\circ}\text{C}$ )
  - 3.2 Запуск системи реєстрації даних
  - 3.3 подача східчастого впливу зі значенням  $160^{\circ}\text{C}$  або 100%
  - 3.4 Очікування завершення перехідного процесу
  - 3.5 подача східчастого впливу зі значенням  $0^{\circ}\text{C}$  або 0%
  - 3.6 Очікування завершення перехідного процесу
  - 3.7 Вимкнення системи реєстрації даних
- 4. Зняття/формування масиву перевірочних даних
  - 4.1 Приведення системи до початкового стану (дійсне вхідне значення температури зерна складає  $15^{\circ}\text{C}$ );
  - 4.2 Запуск системи реєстрації даних;
  - 4.3 подача східчастих впливів тривалістю 10 000 с з випадково обраними значенням від 0 до 100% протягом 350 000 секунд;
  - 4.4 Вимкнення системи реєстрації даних.

### 3.3 Виконання експерименту

Першою отримується динамічна характеристика об'єкту керування. Приводимо систему до початкового стану, потім вмикаємо систему реєстрації керуючих та вихідних значень параметрів. Подаємо значення східчастого впливу зі значенням 100% та чекаємо на завершення перехідного процесу для вихідного параметру об'єкту керування (рис 3.4). Вимикаємо систему реєстрації даних.

Отримання П-подібної характеристики має наступний опис. Об'єкт керування знаходиться у початковому стані. Вмикаємо систему реєстрації даних та подаємо на вхід об'єкта східчастий вплив зі значенням 100%, очікуємо завершення перехідного процесу для вихідного параметра. Подаємо на вхід об'єкта східчастий вплив зі значенням 0 та по досягненню усталеного стану

вимикаємо систему реєстрації даних, що дозволяє отримати П-подібну характеристику (рис 3.6).

Отримання статичної характеристики має наступний опис. Приводимо об'єкт керування до усталеного початкового стану, подавши східчастий вплив зі значенням 0 та очікуємо завершення перехідного процесу для вихідного параметра. Вмикаємо систему реєстрації даних, та подаємо на об'єкт керування дискретні східчасті впливи зі значеннями 20%, 40%, 60%, 80% та 100%. Чекаємо на завершення перехідного процесу для вихідного параметра для кожного дискретного значення керуючого впливу, потім переходимо до наступного значення керуючого впливу. Після закінчення експерименту вимикаємо систему реєстрації даних та отримуємо масив даних для статичної характеристики об'єкту керування (рис. 3.5).

Отримання масиву перевірочних даних має наступний опис. Приводимо об'єкт керування до початкового стану та вмикаємо систему реєстрації даних. Потім, з інтервалом в 10 000 секунд, подаємо керуючи східчасті впливи з випадковим значенням від 0 до 100%. Після 350 000 секунд вимикаємо систему реєстрації даних та отримуємо масив перевірочних даних (рис. 3.2).

## **3.4 Обробка результатів експерименту**

### **3.4.1 Підготовка даних**

Експериментальні дані дослідження з ідентифікації технологічного процесу нагріву зерна у рециркуляційній шахтній сушарці ДСП-50 збережені у вигляді текстових файлів, до значень параметрів додані мітки часу. Значення параметрів цих файлів імпортовані до середовища Matlab(рис. 3.3) з використанням стандартних функцій.

Name ▲	Value	Min	Max
Check_Input	350001x1 double	1.2317	158.56...
Check_Output	350001x1 double	15	59.7092
Check_Raw	350001x1x1 iddata		
Dynamic_Input	350001x1 double	0	160
Dynamic_Output	350001x1 double	15	60.1200
Dynamic_Raw	350001x1x1 iddata		
P_Input	350001x1 double	0	160
P_Output	350001x1 double	15	60.0926
P_Raw	350001x1x1 iddata		
Static_Input	350001x1 double	0	160
Static_Output	350001x1 double	15	60.1200
Static_Raw	350001x1x1 iddata		
abc	ext		

Рисунок 3.2 – Дані експерименту з ідентифікації

Перед початком обробки експериментальних даних зменшуємо значення вихідного параметру на значення статичної складової, що являє собою початкову температуру зерна та дорівнює 15 °С. Цю операцію у середовищі Matlab можна представити у наступному вигляді:

```
Dynamic_Output = Dynamic_Output - 15;
Static_Output = Static_Output - 15;
P_Output = P_Output - 15;
Check_Output = Check_Output - 15;
```

Дані з текстових файлів конвертуються до іншого типу файлів для подальшої обробки у середовищі Matlab за допомогою наступних команд:

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

Експериментальні дані дослідження П-образного впливу будуть розділено на дві частини. Перша частина це відгук об'єкта керування, тобто температура зерна кукурудзи, на зміну керуючого впливу від 0 до 160 °С або 100%, а друга частина це відгук об'єкта керування, тобто температура зерна кукурудзи, на зміну керуючого впливу від 160 °С до 0 °С.

### 3.4.2 Структурна ідентифікація

Проаналізувавши графічний вигляд динамічної характеристики (рис. 3.4) можна сказати, що існує час транспортного запізнення на з'явлення зміни вихідного сигналу після подачі вхідного сигналу. Цей час чистого транспортного запізнення складається з часу запізнення на переніс нагрітого повітря від газового пальника до шахти зерносушарки та проходження

нагрітого повітря через шар зерна, та часу запізнення на нагрів зерна під час руху у шахті зерносушарки, складає приблизно 300 секунд.

Аналіз графічного вигляду динамічної характеристики показує наявність чітко виражених двох перегонів, що дозволяє зробити висновок, про наявність у об'єкта керування не менше двох явно виражених коренів у рівнянні. Це означає, що модель об'єкта керування може бути представлена у вигляді рівняння аперіодичної ланки другого або більш високого порядку.

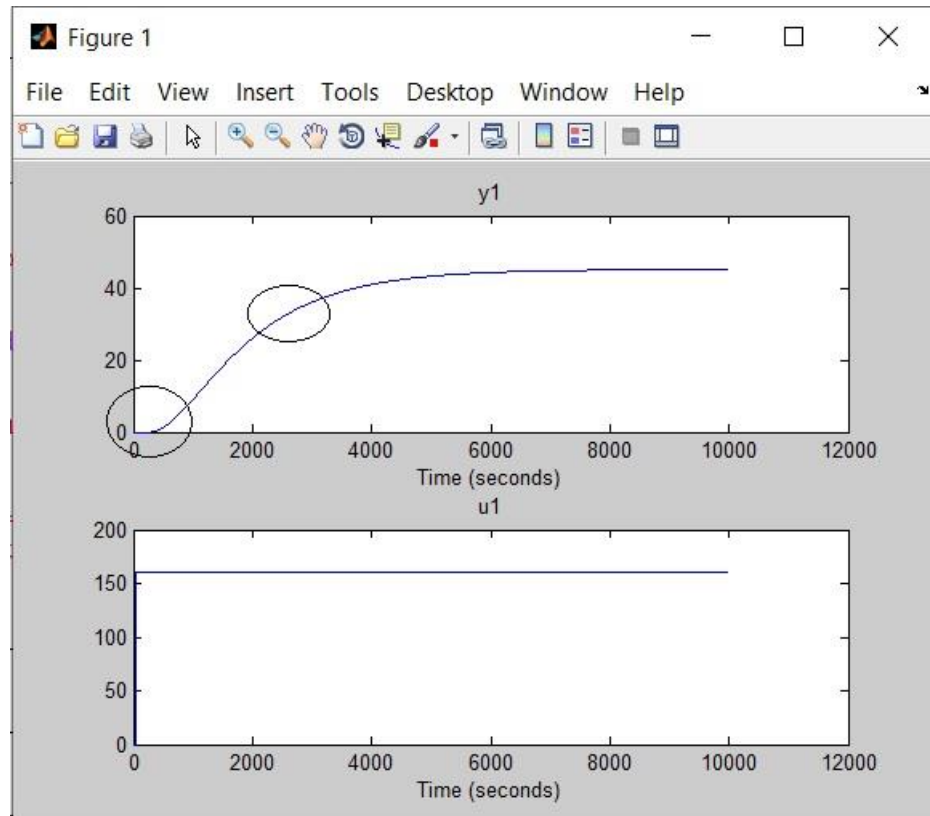


Рисунок 3.3 – Графічний вигляд динамічної характеристики

Аналіз графічної характеристики (рис. 3.4), на дію П-подібного керуючого впливу на вхід об'єкта керування, встановлено, що зміна керуючого впливу, тобто температури агента сушіння, від 0 до 160 °С або 100% призводить до збільшення дійсного значення вихідного параметра, а зміна керуючого впливу, тобто температури агента сушіння, від 160 °С до 0 °С призводить до його зменшення. На підставі цих двох дій можна зробити висновок, що об'єкт керування, шару зерна у рециркуляційній сушарці під впливом нагріву, самовирівнюється і не володіє інтегруючими властивостями.

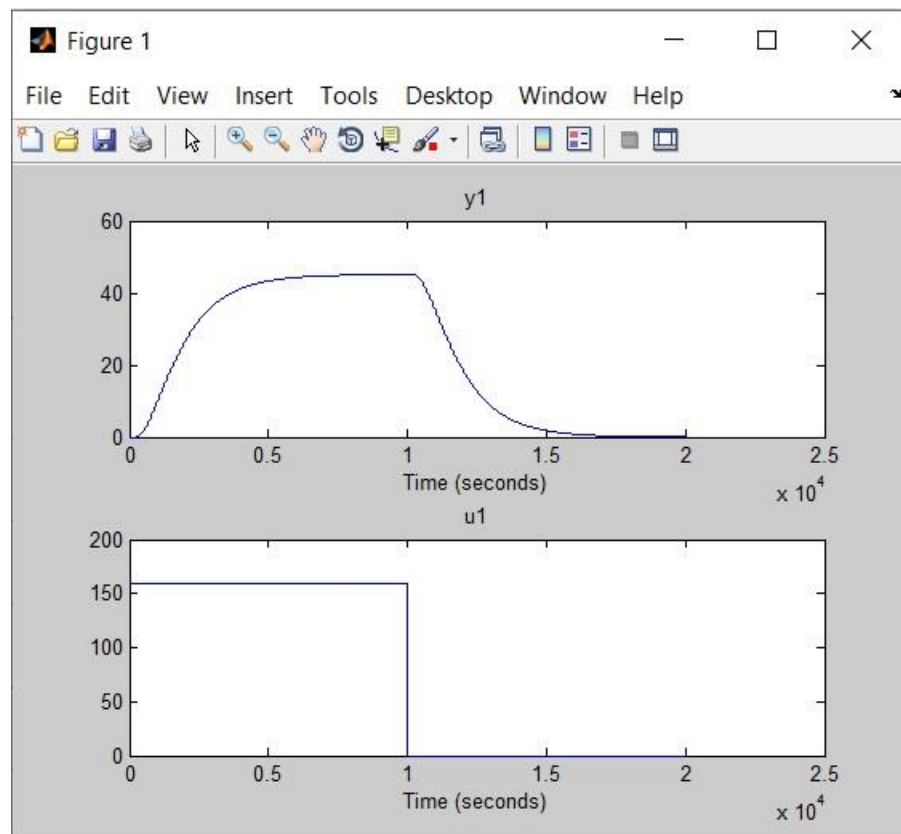


Рисунок 3.4 – Графічна характеристика на дію П-подібного збурення

Зробимо математичний аналіз характеристики на дію П-подібного збурення об'єкта керування на симетричність за допомогою функції стандартного відхилення. Математична операція представлена у наступному вигляді:

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

```
ans =
```

```
0.0070
```

У виконаному експериментальному дослідженні діапазон зміни вихідного значення об'єкта керування, тобто температури нагріву зерна кукурудзи, дорівнює 45.0865, отже, отримане значення різниці середньоквадратичних відхилень 0.0070 є величина, що становить менше 1% від діапазону. Враховуючи цей математичний розрахунок, можна зробити висновок, що об'єкт керування є симетричним, а його математична модель може використовуватися при моделюванні технологічного процесу як зі збільшенням так зі зменшенням значення керуючого параметра.



Використовуючи методи редагування графіків середовища MATLAB отримано графічне представлення значень для побудови статичної характеристики (рис. 3.6).

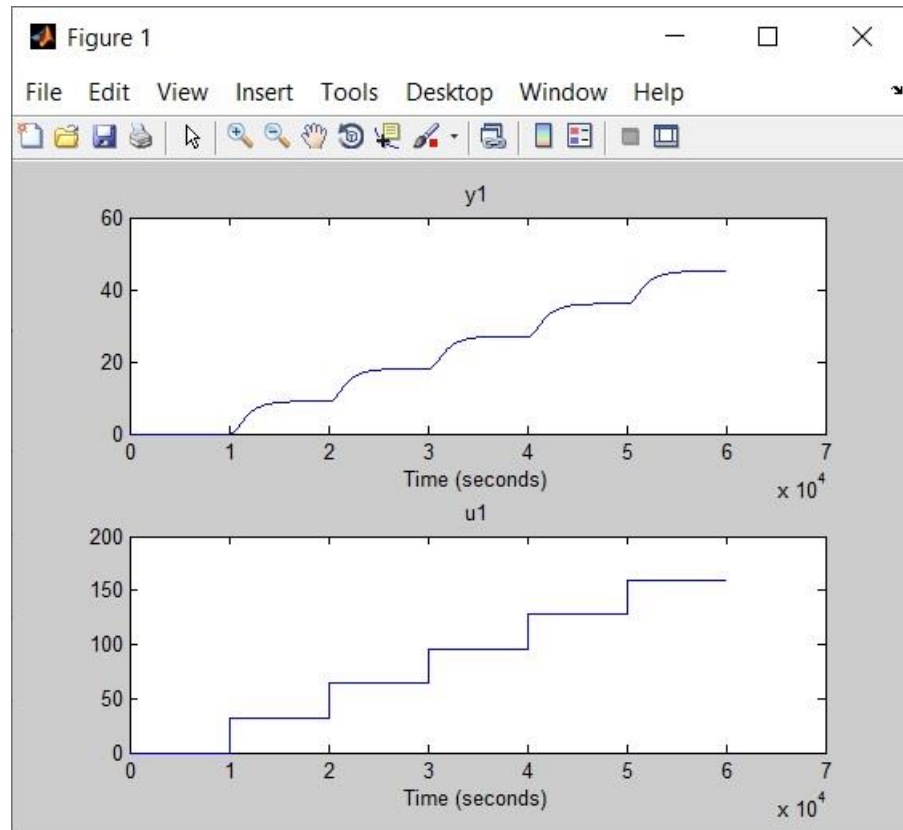


Рисунок 3.5 – Графічне представлення даних статичної характеристики

Проведений експеримент з ідентифікації дозволяє побудувати статичну характеристику(рис. 3.6) за допомогою наступних операцій:

```
Static_Input_Vector = [ 0  32  64  96  128  160];
```

```
Static_Output_Vector = [ 0  9.03  18.1  27.1  36.1  45.12];
```

```
plot(Static_Input_Vector, Static_Output_Vector, '-ok', 'LineWidth', 3)
```

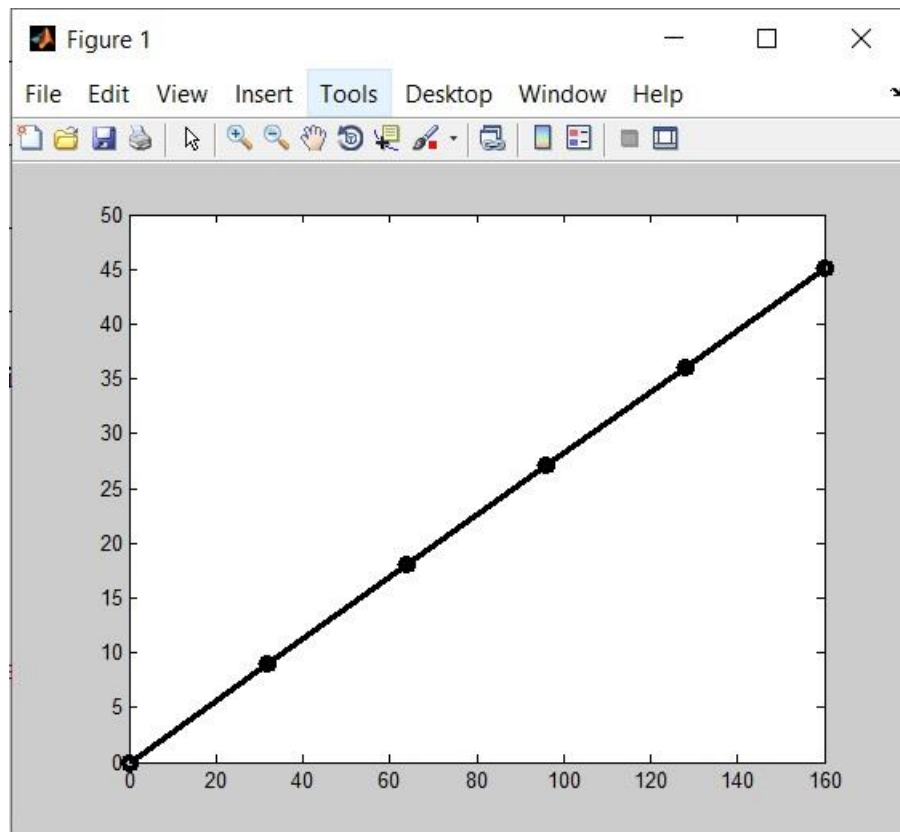


Рисунок 3.6 – Графічний вигляд статичної характеристики

Графічний вигляд статичних характеристик об'єкта керування є лінійним, що свідчить, що об'єкт керування так само є лінійним у всьому діапазоні керуючого впливу, тобто температури агенту сушіння, від 0 до 160 °С або 100%.

Аналіз обробки результатів експериментальних даних показує, що об'єкт керування може бути представлений у вигляді рівняння аперіодичної ланки другого або більш високого порядку з чистим запізненням:

$$W(p) = \frac{ke^{-\tau_0 p}}{(T_1 p + 1)(T_2 p + 1)}, \quad (3.1)$$

де  $W(p)$  – передаточна функція об'єкту керування;  $T_1$ ,  $T_2$  – постійні часу;  $k$  – коефіцієнт підсилення,  $\tau_0$  – час запізнення.

Графічний вигляд даних для верифікації проілюстровано на рисунку 3.7.

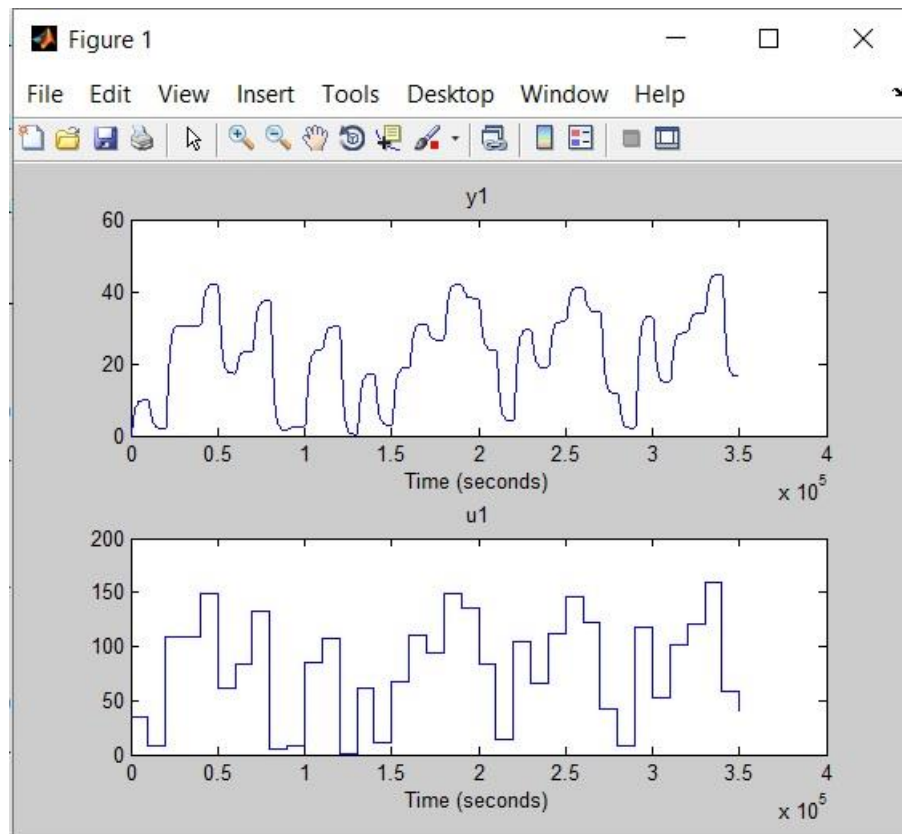


Рисунок 3.7 – Графічний вигляд перевірочних даних

### 3.4.3 Параметрична ідентифікація

Для розрахунку значень параметрів рівнянь аперіодичних ланок другого, третього ступенів з запізненням використовуємо у середовищі Matlab пакет System identification toolbox. Результати параметричної ідентифікації представлено на рисунках 3.8 – 3.10.

Аналіз чисельної оцінки результатів параметричної ідентифікації рівнянь аперіодичних ланок другого, третього ступенів з запізненням показує високу відповідність до перевірочних даних. Модель третього порядку має трохи більший ступень відповідності перевірочним даним (рис. 3.10).

Ретельний аналіз значень коефіцієнтів рівнянь аперіодичних ланок другого, третього ступенів з запізненням можна зазначити, що час запізнювання має більш нижче значення. Після збільшення часу запізнення рівнянь аперіодичних ланок другого, третього ступенів з запізненням було отримано результати, що мають більш вищий ступень відповідності (рис. 3.11).

Process Models

Model Transfer Function

$$\frac{K \exp(-T_d s)}{(1 + T_{p1} s)(1 + T_{p2} s)}$$

Poles

2 All real

Zero  
 Delay  
 Integrator

ParameterKnown	Value	Initial Guess	Bounds
K	0.28232	Auto	[-Inf Inf]
Tp1	1045.1232	Auto	[0 1215269.4]
Tp2	1046.1859	Auto	[0 621157.9]
Tp3	0	0	[0 Inf]
Tz	0	0	[-Inf Inf]
Td	30	Auto	[0 30]

Initial Guess

Auto-selected  
 From existing model:   
 User-defined  Value-->Initial Guess

Disturbance Model: None Initial condition: Auto Regularization...  
Focus: Simulation Covariance: Estimate Options...

Display progress Continue

Name: Obj\_P2 Estimate Close Help

Рисунок 3.8 – Результат параметричної ідентифікації для аперіодичної ланки другого порядку з запізненням

Process Models

Model Transfer Function

$$\frac{K \exp(-T_d s)}{(1+T_{p1} s)(1+T_{p2} s)(1+T_{p3} s)}$$

Poles

3 All real

Zero  
 Delay  
 Integrator

ParameterKnown	Value	Initial Guess	Bounds
K	0.28196	Auto	[-Inf Inf]
Tp1	492.3635	Auto	[0 551100.1]
Tp2	1243.5143	Auto	[0 1253706.4]
Tp3	299.0179	Auto	[0 95499.97]
Tz	0	0	[-Inf Inf]
Td	30	Auto	[0 30]

Initial Guess

Auto-selected  
 From existing model:   
 User-defined  Value-->Initial Guess

Disturbance Model: None Initial condition: Auto Regularization...  
Focus: Simulation Covariance: Estimate Options...

Display progress Continue

Name: Obj\_P3 Estimate Close Help

Рисунок 3.9 – Результат параметричної ідентифікації для аперіодичної ланки третього порядку з запізненням

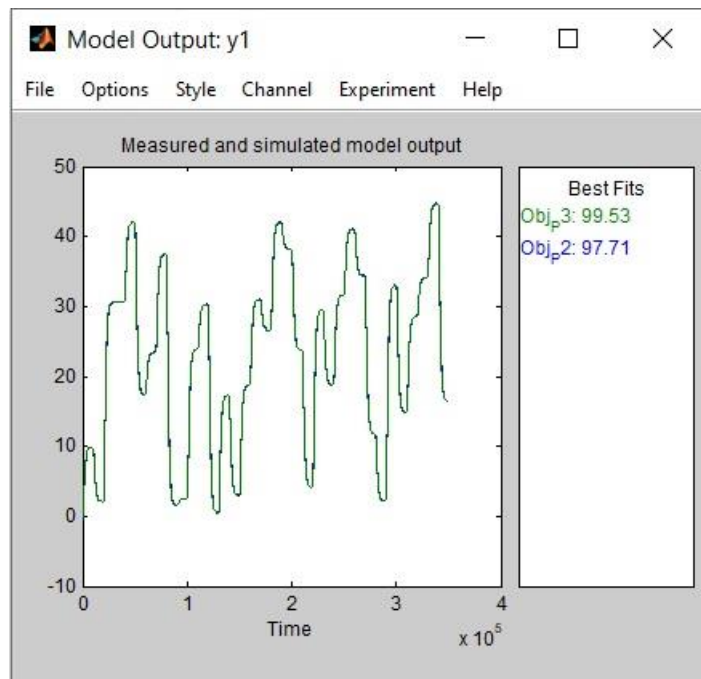


Рисунок 3.10 – Чисельна оцінка результатів параметричної ідентифікації згідно перевірочних даних

Process Models

Model Transfer Function

$$\frac{K \exp(-T_d s)}{(1 + T_{p1} s)(1 + T_{p2} s)}$$

Poles: 2, All real

Zero  
 Delay  
 Integrator

Parameter	Known	Value	Initial Guess	Bounds
K	<input type="checkbox"/>	0.282	Auto	[-Inf Inf]
Tp1	<input type="checkbox"/>	1250	Auto	[0 551100.1]
Tp2	<input type="checkbox"/>	560	Auto	[0 1253706.4]
Tp3	<input type="checkbox"/>	0	0	[0 Inf]
Tz	<input type="checkbox"/>	0	0	[-Inf Inf]
Td	<input type="checkbox"/>	250	Auto	[0 300]

Initial Guess:  Auto-selected  
 From existing model:   
 User-defined: Value-->Initial Guess

Disturbance Model: None  
Focus: Simulation

Initial condition: Auto  
Covariance: Estimate

Display progress

Name: Obj\_P2D

Рисунок 3.11 – Результат параметричної ідентифікації після збільшення часу запізнення

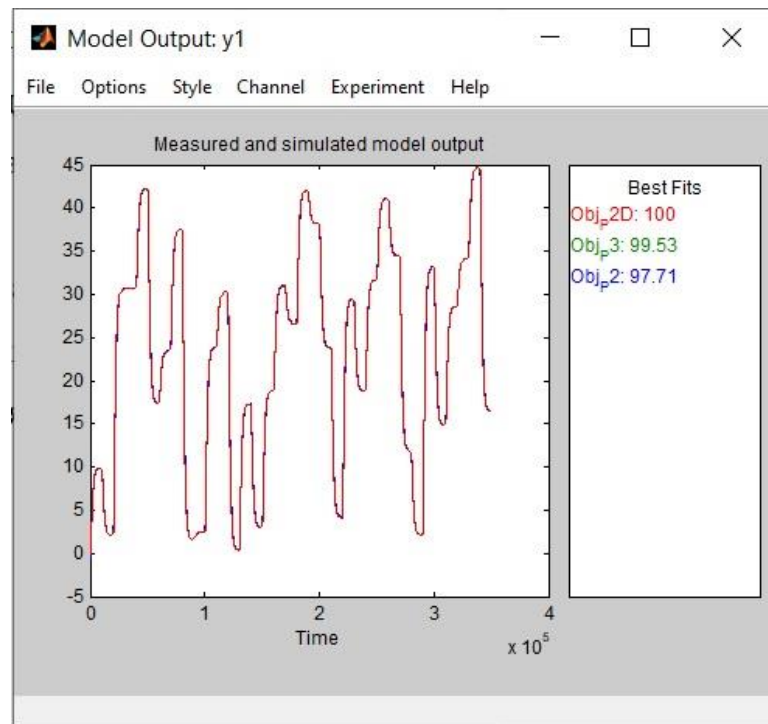


Рисунок 3.12 – Повторна чисельна оцінка результатів параметричної ідентифікації згідно перевірочних даних

Значення параметрів рівнянь аперіодичних ланок другого, третього ступенів з запізненням як результат параметричної ідентифікації у пакеті "System Identification Toolbox" представлено в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Значення параметрів рівнянь аперіодичних ланок другого, третього ступенів з запізненням

Найменування	Obj_P2	Obj_P2D	Obj_P3
<b>k</b>	0.28232	0.282	0.28196
<b>T<sub>1</sub>, с</b>	1045.1	1250	492.36
<b>T<sub>2</sub>, с</b>	1046.2	560	1243.5
<b>T<sub>3</sub>, с</b>	–	–	299.02
<b>τ, с</b>	30	250	30
<b>Dynamic Динамічна характеристика</b>			
<b>NRMSE, %</b>	95.93	100	99.54
<b>FPE</b>	0.3539	1.391e-19	0.01061
<b>MSE</b>	0.1987	1.976e-17	0.002536
<b>Check Перевірочні дані</b>			
<b>NRMSE, %</b>	97.71	100	99.53

Порівняльний аналіз оцінок щодо значень параметрів рівнянь аперіодичних ланок другого, третього ступенів з запізненням показує, що рівняння другого порядку зі збільшеним часом затримки (**Obj\_P2D**) має більший ступень відповідності перевірочним даним, ніж інші у чисельному вираженні це 100.0% проти 97.71% або 99.53%. Можна зробити остаточний висновок, що об'єкту керування технологічному процесу нагріву зерна у шахтній рециркуляційній сушарці ДСП-50 найбільш відповідає аперіодична ланка другого порядку з запізненням.

Аналітичний вигляд передавальної функції після виконання параметричної ідентифікації має наступні параметри та наступний вигляд:

$$W(s) = \frac{0.282e^{(-250s)}}{(1250s + 1)(560s + 1)} \quad (3.2)$$

#### 3.4.4 Розробка моделі об'єкта керування в Simulink

Наступним етапом є візуальне порівняння графіку динамічної характеристики об'єкта керування під час експериментального дослідження (рис. 3.3) та графіку динамічної характеристики аналітичного рівняння передавальної функції (3.2). Використовуючи пакет Simulink у середовищі Matlab побудована математична модель (рис. 3.13) технологічного процесу нагріву зерна у шахтній рециркуляційній сушарці ДСП-50, що містить блок для побудови графіку роботи моделі. Порівняльний аналіз показує велику схожість двох графіків (рис. 3.3 та рис. 3.14) перехідного процесу об'єкта керування.

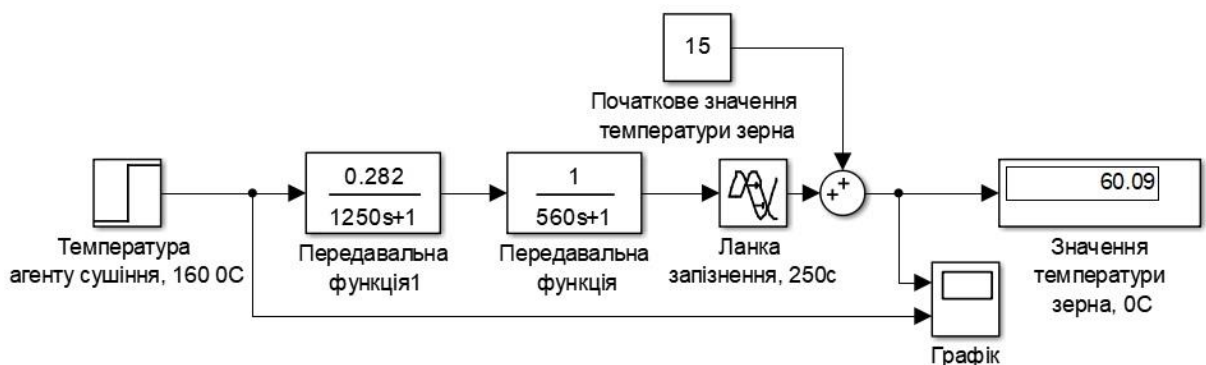


Рисунок 3.13 – Модель процесу нагріву зерна у шахтній рециркуляційній сушарці ДСП-50

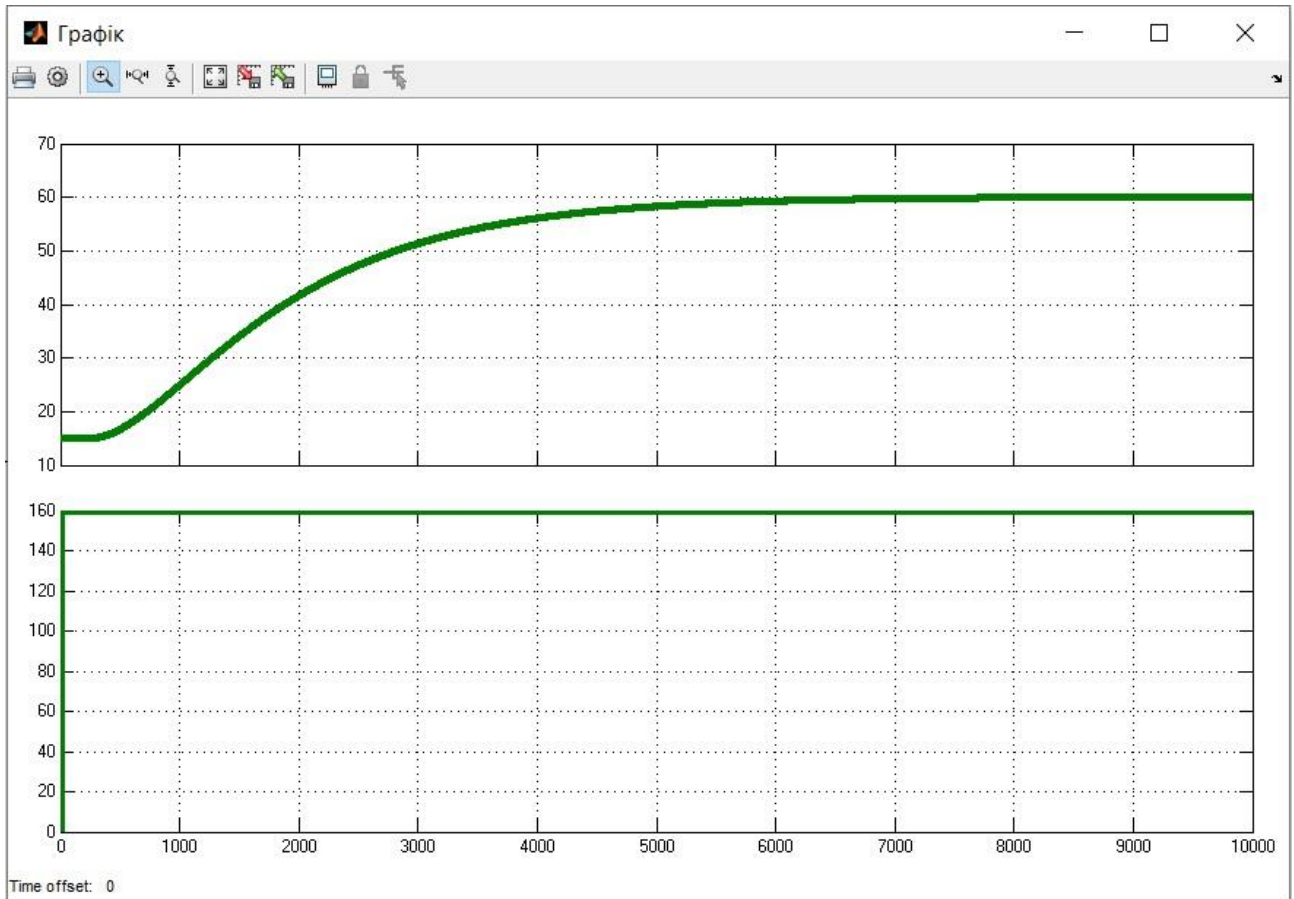


Рисунок 3.14 – Графічне зображення результату моделювання процесу нагріву зерна у шахтній рециркуляційній сушарці ДСП-50

### 3.4.5 Перевірка моделі на адекватність

Перевірка на адекватність буде порівняно данні з трьох джерел: результат параметричної ідентифікації у пакеті "System Identification Toolbox" (рис.3.11), результат моделювання у пакеті Simulink (рис. 3.14), та первірочні дані (рис.3.7). Для виконання порівняльного аналізу побудована модель (рис. 3.15) у пакеті Simulink.

Графічний вигляд моделі Simulink для порівняння даних об'єкту керування на різних етапах ідентифікації представлено на рисунку 3.16. показує схожість зміни вихідного параметру температура нагріву зерна на всьому часовому інтервалі.



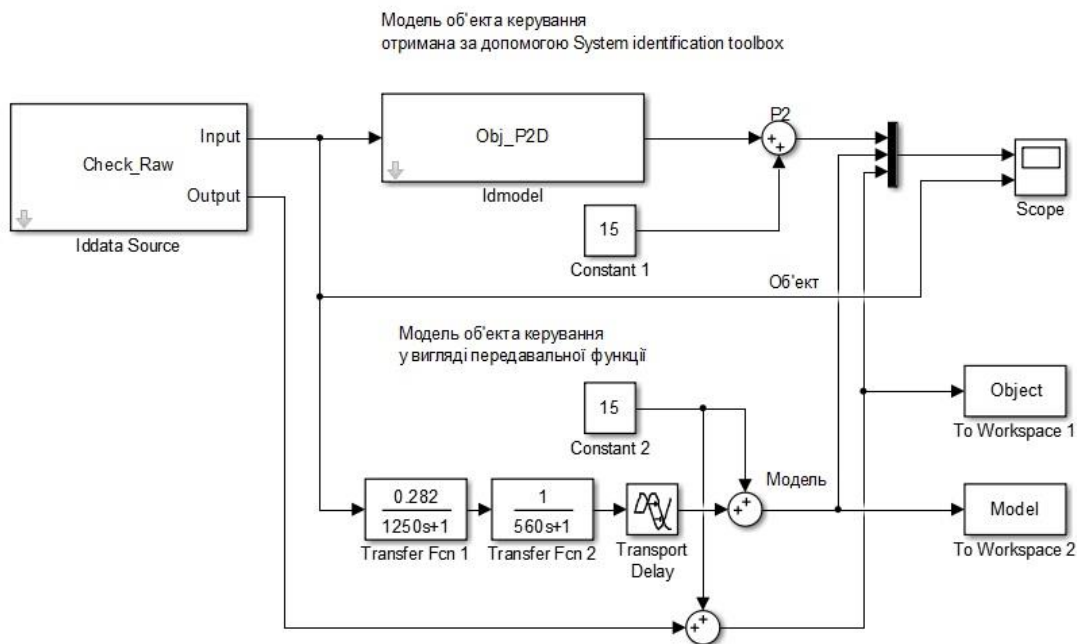


Рисунок 3.15 – Модель Simulink для порівняння даних об'єкту керування на різних етапах ідентифікації

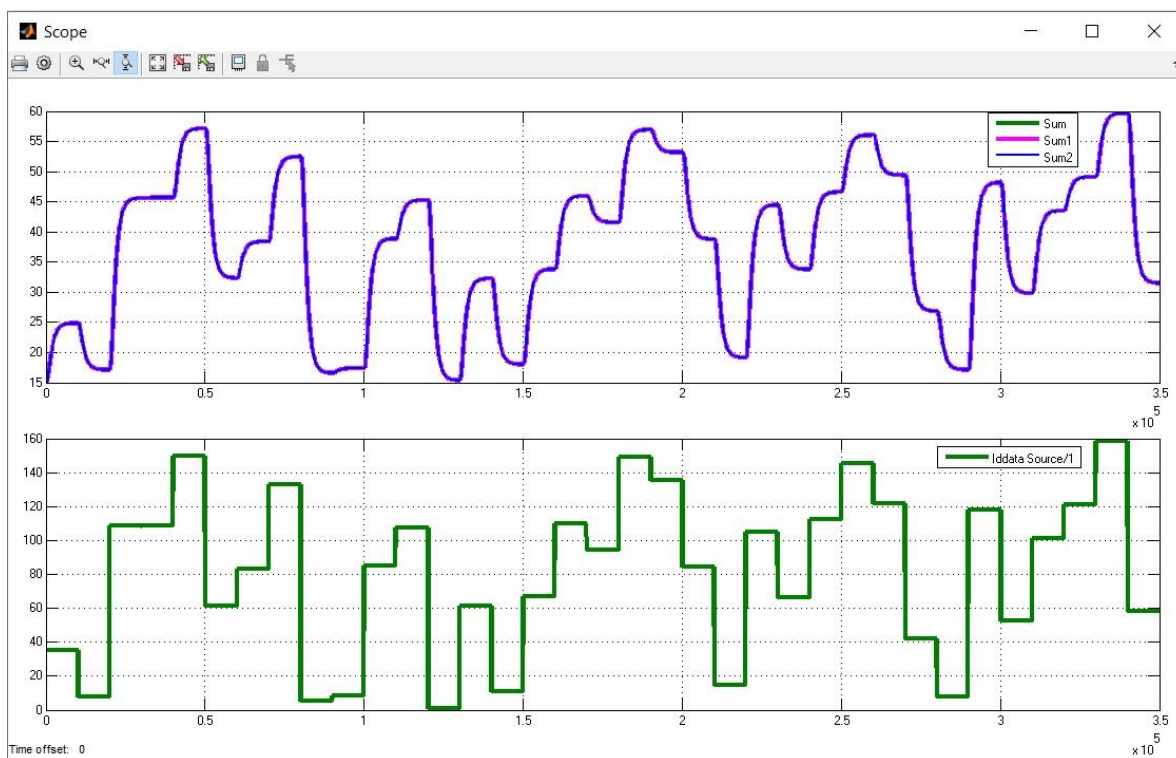


Рисунок 3.16 – Графічний результат моделювання перевірки на адекватність

Чисельна оцінка відповідності моделі процесу нагріву зерна у шахтній рециркуляційній сушарці ДСП-50 (3.13) до перевірочних даних за нормованим середньоквадратичним відхиленням "NRMSE" розраховується за допомогою наступного виразу.

```
>> nrmse = goodnessOfFit(Model, Object, 'NRMSE') * 100.0
```

```
nrmse =
```

```
99.9978
```

Аналіз чисельної оцінки свідчить, що модель процесу нагріву зерна у шахтній рециркуляційній сушарці ДСП-50 відповідає перевірочним даним на 99.9978%. Результат моделювання показує, що модель є адекватною і може бути використана для подальшого дослідження шляхом математичного моделювання.

### 3.5. Висновки по розділу

Методика ідентифікації процесу нагріву зерна у рециркуляційній шахтній сушарці ДСП-50 по каналу температура агенту сушіння – температура нагріву зерна дозволила отримати аналітичну модель об'єкту керування.

Виконання експериментального дослідження, графічний та математичний аналіз результатів структурної ідентифікації дозволяє стверджувати наступне: динамічна характеристика має два перегону, об'єкт керування має транспортне запізнення; об'єкт керування самовирівнюється і не володіє інтегруючими властивостями, симетричний; у всьому діапазоні керуючого впливу від 0 до 160 °С об'єкт керування є лінійним;

Виконання параметричної ідентифікації графічний та математичний аналіз результатів за допомогою пакету "System Identification Toolbox" дозволяє стверджувати наступне: модель другого порядку з запізненням 250 секунд більше відповідає перевірочним даним експериментального дослідження ніж інші моделі.

Чисельна оцінка за нормованим середньоквадратичним відхиленням показує що отримана математична модель об'єкту керування відповідає перевірочним даним на 99,9978%.

## 4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

### 4.1 Техніко-економічне обґрунтування

У кваліфікаційній роботі розглядається проектування системи автоматизації технологічного процесу нагріву зерна у рециркуляційній шахтній сушарці ДСП-50. Зерносушарка ДСП-50 це промислове обладнання призначене для сушіння зерна у потоці. Сушарка складається з джерела тепла, машини для подачі зерна, сушильного барабана, пристрою передачі, живильної машини, вентилятора тяги та шафи керування. Сушарка може швидко зневоднювати і сушити зерно до заданої вологості. Це технологічне обладнання має високий ступінь механізації, великі виробничі потужності.

Розроблювана система керування наступні переваги:

- значне підвищення швидкості та інформативності керування технологічним обладнанням;
- обмін інформацією з іншими автоматичними керуючими системами виробничого процесу;
- зручну і безперервну роботу;
- значне підвищення надійності і безпеки роботи технологічного обладнання;
- низькі витрати на обслуговування;
- низьке енергоспоживання.

### 4.2 Капітальні витрати

#### 4.2.1 Вартість обладнання

Як і будь-яка інвестиція, придбання капітальних активів або початок нового капітального проекту вимагає ретельного процесу оцінки. Цей процес може швидко ускладнитися, особливо коли треба керувати великими підприємствами.

Капітальні проекти можуть включати в себе все, від будівництва нової фабрики до підтримки старої будівлі до інвестування в поліпшений виробничий

процес. Такі проекти, як правило, являють собою значні інвестиції. Це велика покупка та / або довгостроковий проект, який вимагає значної кількості ресурсів компанії. Це не лише гроші, хоча це основна їх частина. Також є інвестиції в робочу силу і час.

Оскільки капітальні витрати часто мають значний вплив на майбутнє компанії, прийняття мудрих рішень щодо того, в які проекти інвестувати.

Як правило, для цього потрібна ефективна система керування технологічним обладнанням, яка матиме найкращу віддачу від інвестицій.

Капітальні витрати для системи автоматизації технологічного процесу нагріву зерна у зерносушарці ДСП-50 можна розрахувати за формулою:

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

де  $K_{\text{ПКВ}}$  – капітальні витрати, грн.;  $C_{\text{ОБ}}$  – вартість обладнання, грн.;  $D_{\text{ТР}}$  – транспортні витрати, грн.;  $M_{\text{МН}}$  – витрати на монтаж, грн.;  $K_{\text{ПЗ}}$  – витрати на розробку програмного забезпечення (ПЗ), грн.

Вартість обладнання наведена в табл. 4.1.

Таблиця 4.1 – Перелік обладнання, вартість

№	Найменування	Одиниці виміру	Кількість	Вартість (грн.)	Сума (грн.)
1	Модуль контролеру VIPA 214-2BE03	од.	1	17 160,00	17 160,00
2	Модуль комунікаційного процесора VIPA 240-1CA20	од.	1	5 800,00	5 800,00
3	Модуль аналогового вводу/виводу VIPA 234-1BD50	од.	1	11 012,00	11 012,00
4	Модуль живлення 24В SPD24301	од.	2	3 600,00	7 200,00
5	Термоперетворювач ОВЕН ДТС045М–50М.0,5.630.И[1]	од.	1	1 542,00	1 542,00
5	Кабель контрольний КВВГ 4х1	м	20	57,00	1 140,00
6	Кабель віта пара УТР	м	30	35,00	1 050,00
	Разом				<b>44 904,00</b>

Вартість обладнання складає  $C_{\text{ОБ}} = 44\,904,00$  грн.

Транспортно-заготівельні, як правило, визначаються в залежності від загальної вартості:

$$D_{\text{ТР}} = C_{\text{ОБ}} \cdot 0,08. \quad (4.2)$$

Витрати на транспортно-заготівельні роботи складають:

$$D_{\text{ТР}} = 44\,904,00 \cdot 0,08 = 3\,592,32 \text{ (грн.)}$$

Вартість монтажних-налагоджувальних робіт теж залежить від загальної вартості обладнання:

$$M_{\text{МН}} = C_{\text{ОБ}} \cdot 0,07. \quad (4.3)$$

Таким чином витрати на монтажні-налагоджувальні роботи складають:

$$M_{\text{МН}} = 44\,904,00 \cdot 0,07 = 3\,143,28 \text{ (грн.)}$$

## 4.2.2 Програмне забезпечення

### 4.2.2.1 Час розробки ПЗ

Час розробки ПЗ напряму залежить від творчої діяльності, яка вимагає великої кількості часу для виготовлення кінцевого програмного продукту і тому має більш високу частку трудомісткості у капітальних витратах.

Технологічний прогрес призвів до зниження зайнятості робочої сили в окремих галузях, оскільки збільшився граничний продукт на одиницю праці. Це зробило галузі менш трудомісткими. Однак окремі галузі, такі як створення програмних продуктів не можуть бути повністю механізовані через характер продукту таких галузей.

Такі галузі, як розробка програм для систем автоматизації, відомі тим, що продукт є унікальним, а системи керування складною. Продаж такого комплексного продукту має набагато вищу ціну, ніж товари масового виробництва.

Час розробки (ПЗ), як правило, визначається як:

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

де  $t$  – час розробки ПЗ (люд.-год.);  $t_o$  – час на підготовку до виконання завдання (люд.-год.);  $t_u$  – час на вибір найкращого алгоритму керування (люд.-год.);  $t_a$  – час на розробку алгоритму (люд.-год.);  $t_n$  – час на програмування по алгоритму (люд.-год.);  $t_{\text{н}}$  – час налаштування ПЗ (люд.-год.);  $t_g$  – час на підготовку документації (люд.-год.).

На підставі кількості операторів у ПЗ визначаються складові витрат часу:

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

де  $Q$  – розрахована кількість операторів у ПЗ;  $q$  – початкова кількість операторів у ПЗ, приймаємо  $q = 325$ ;  $c$  – коефіцієнт складності програми, приймаємо  $c = 1,6$ ;  $p$  – коефіцієнт корекції програми, приймаємо  $p = 0,4$ .

Для програмного забезпечення, що розробляється:

$$Q = 325 * 1,6 * (1 + 0,4) \approx 728$$

Час на підготовку і опис завдання складає  $t_o = 48$  (люд. – год. ).

Час на вивчення завдання можна розрахувати за наступною формулою:

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

де  $B$  – коефіцієнт часу (1,2...2,0), приймаємо  $B = 1,7$ ;  $k$  – коефіцієнт кваліфікації програміста (1,0...4,0), приймаємо  $k = 1,4$ .

Для ПЗ, що розробляється, час на вивчення завдання буде:

$$t_u = 728 * 1,7 / (82 * 1,4) \approx 11 \text{ (люд. – год. )}.$$

Час на розробку алгоритму керування:

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

Час на розробку алгоритму керування буде:

$$t_a = 728 / (22 * 1,4) \approx 24 \text{ (люд. – год. )}.$$

Час праці на складання програми по схемі алгоритму визначаються як:

$$t_n = \frac{Q}{(22 \dots 25) \cdot k} \quad (4.8)$$

Час праці на складання програми по схемі алгоритму буде:

$$t_n = 728 / (22 * 1,4) \approx 24 \text{ (люд. – год. )}.$$

Час праці на налаштування програми розраховуються як:

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

Час праці на налаштування програми становить:

$$t_h = 728 / (4,5 * 1,4) \approx 116 \text{ (люд. – год. )}.$$

Час праці на підготовку документації визначаються як:

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

де  $t_{др}$  – час підготовки матеріалів;  $t_{до}$  – час оформлення документації.

Час підготовки матеріалів до написання визначається як:

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

Час підготовки матеріалів до написання буде:

$$t_{др} = 728 / (17 * 1,4) \approx 31 \text{ (люд. – год. )}.$$

Час оформлення документації буде:

$$t_{до} = 0,75 \cdot t_{др}. \quad (4.12)$$

Час оформлення документації становить:

$$t_{до} = 0,75 * 31 = 24 \text{ (люд. – год. )}.$$

Для ПЗ час праці на підготовку документації буде:

$$t_g = 31 + 24 = 55 \text{ (люд. – год. )}.$$

Час розробки ПЗ буде:

$$t = 48 + 11 + 24 + 24 + 116 + 55 = 278 \text{ (люд. - год.)}$$

#### 4.2.2.2 Витрати на програмне забезпечення

Витрати на розробку ПЗ визначаються як:

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

де  $Z_{\text{ЗП}}$  – витрати на ЗП розробника ПЗ, грн.;  $Z_{\text{МІ}}$  – вартість машинного часу, грн.

ЗП розробника ПЗ визначається як:

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

де  $t$  – час розробки ПЗ, год;  $C_{\text{ПР}}$  – годинна тарифна ставка розробника ПЗ, приймаємо  $C_{\text{ПР}} = 170$  грн./год.

ЗП розробника ПЗ буде:

$$Z_{\text{ЗП}} = 278 \cdot 170 = 47\,260,00 \text{ грн.},$$

Вартість машинного часу буде:

$$Z_{\text{МІ}} = t_n \cdot C_{\text{МЧ}}, \text{ грн.}, \quad (4.15)$$

де  $t_n$  – час налаштування ПЗ, год;  $C_{\text{МЧ}}$  – вартість машинного часу, приймаємо  $C_{\text{МЧ}} = 22,5$  грн./год.

Вартість машинного часу буде:

$$Z_{\text{МІ}} = 24 \cdot 22,5 = 540,00 \text{ грн.}$$

Витрати на розробку ПЗ буде:

$$K_{\text{ПЗ}} = 47\,260,00 + 540,00 = 47\,800,00 \text{ грн.}$$

Очікуваний час розробки ПЗ можна визначити за формулою:

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

де  $T$  – час розробки ПЗ (міс.);  $B_k$  – кількість розробників (приймаємо  $B_k = 1$ );  $F_p$  – місячний фонд робочого часу ( $F_p = 176$  (год./міс.)).

$$T = 278 / (1 \cdot 176) = 1,86 \approx 1,5 \text{ (міс.)}$$

Час розробки ПЗ буде:

$$K_{\text{ПКВ}} = 44\,904,00 + 3\,592,32 + 3\,143,28 + 47\,800,00 \approx 9\,439,60 \text{ грн.}$$

#### 4.3 Розрахунок експлуатаційних витрат

Експлуатаційні витрати пов'язані з веденням і адмініструванням бізнесу на щоденній основі. Операційні витрати включають прямі витрати на

обслуговування системи автоматизації (відсотки на оновлення, інвестиції у модернізацію) та інші операційні витрати (заробітна плати та інші накладні витрати, технічне обслуговування та інше). Операційні витрати виключають позареалізаційні витрати, пов'язані з фінансуванням, такі як або переказ іноземної валюти.

Річні експлуатаційні витрати можна визначити 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, грн.;  $C_a$  – амортизація основних фондів, грн.;  $C_3$  – ЗП обслуговуючого персоналу, грн.;  $C_c$  – відрахування на соц. заходи, грн.;  $C_{PO}$  – витрати на технічне обслуговування, грн.;  $C_{ee}$  – вартість електроенергії, грн.;  $C_{\text{ІНШ}}$  – інші витрати, грн.

#### 4.3.1 Амортизація основних фондів

Обладнання системи керування, належить до 4 групи, 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.

Норма амортизації буде:

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

Амортизація буде:

$$C_a = 99\,439,60 \cdot 40 / 100 = 39\,775,84 \text{ грн.}$$

#### 4.3.2 Фонд заробітної плати

Фонд робочого часу одного працівника визначається за формулою:

$$T_{\text{НР}} = (T_k - T_{\text{ВС}} - T_{\text{В}}) \cdot T_3, \quad (4.20)$$



де  $T_{НР}$  – номінальний річний фонд робочого, год.;  $T_K$  – календарний фонд робочого часу, днів ( $T_K = 365$ );  $T_{ВС}$  – вихідні дні та свята, днів ( $T_{ВС} = 114$ );  $T_B$  – відпустка, днів ( $T_B = 21$ );  $T_3$  – тривалість зміни, год ( $T_3 = 8$ ).

Річний фонд робочого часу буде:

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

У процесі керування системи автоматизації технологічного процесу нагріву зерна у зерносушарці ДСП-50 будуть задіяні:

- 1 оператор на зміну;
- 1 інженер-технолог на добу;
- 1 наладчик електроустаткування на добу.

Технологічний процес нагріву зерна у зерносушарці ДСП-50 передбачається безперервний – 3 зміни на добу по 8 годин. Річний фонд ЗП виробничих робітників здійснюється у відповідності з формою, наведеною в табл. 4.2.

Таблиця 4.2 – Розрахунок ЗП персоналу

№ п/п	Найменування професії робітників	Число працюючих,	Годинна тарифна ставка,	Номінальний річний фонд	Пряма заробітна плата, грн.	Додаткова заробітна плата (8%), грн.	Доплати (7%), грн.	Всього заробітна плата, грн.
1	Оператор НМІ	3	118	1 840	651 360,00	52 108,80	45 595,20	749 064,00
2	Інженер-технолог	1	145	1 840	266 800,00	21 344,00	18 676,00	306 820,00
3	Наладчик	1	125	1 840	230 000,00	18 400,00	16 100,00	264 500,00
Разом								<b>1 320 384,00</b>

ЗП обслуговуючого персоналу системи керування  $C_3 = 1\,320\,384,00$  грн.

#### 4.3.3 Соціальні заходи

Відрахування на соц. заходи визначаються як:

$$C_c = 0,22 \cdot C_3, \text{ грн.} \quad (4.21)$$

Відрахування на соц. заходи будуть:

$$C_c = 0,22 * 1\,320\,384,00 = 290\,484,48 \text{ грн.}$$

#### 4.3.4 Технічне обслуговування

За класикою, витрати на технічне обслуговування приймаємо на рівні 5 %

від величини капітальних витрат:

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

Витрати на технічне обслуговування будуть:

$$C_{PO} = 0,05 * 99\,439,60 \text{ грн} = 4\,971,98 \text{ грн.}$$

#### 4.3.5 Витрати на електроенергію

Вартість електроенергії, споживаної системою керування для технологічного процесу з нагріву зерна у зерносушарці ДСП-50 можна визначити як:

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

де  $K_e$  – кількість споживаної електроенергії, приймаємо  $K_e = 0,55$  (кВт · год.);  $T_3$  – кількість часу роботи у сутках,  $T_3 = 24$  (год.);  $K_{РД}$  – кількість робочих днів у році,  $K_{РД} = 365$  (день);  $T_e$  – тариф на електроенергію з урахуванням ПДВ, приймаємо 3,432 (грн./кВт).

Вартість витраченої електроенергії буде:

$$C_{ee} = 0,55 * 365 * 24 * 3,432 = 16\,535,38 \text{ грн.}$$

#### 4.3.6 Інші витрати

Інші витрати визначаються в розмірі 4 % від фонду ЗП:

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

Інші витрати будуть:

$$C_{інш} = 0,04 * 1\,320\,384,00 = 49\,514,40 \text{ грн.}$$

Річні експлуатаційні витрати будуть (табл. 4.4):

$$C = 39\,775,84 + 1\,320\,384,00 + 290\,484,48 + 4\,971,98 + 16\,535,38 \\ + 52815,36 = 1\,724\,967,04 \text{ грн.}$$

Таблиця 4.3 – Експлуатаційні витрати

№ п/п	Назва показника	Проектний варіант, грн.
1	Амортизація	39 775,84
2	Фонд заробітної плати	1 320 384,00
3	Відрахування на соціальні виплати	290 484,48
4	Ремонт та технічне обслуговування	4 971,98
5	Електроенергія	16 535,38
6	Інше	52815,36
7	Загалом	<b>1 724 967,04</b>

#### **4.4 Висновки за розділом**

При впровадженні проектованої системи керування технологічним процесом нагріву зерна у зерносушарці ДСП-50 капітальні витрати складають 0,1 млн. грн., час розробки ПЗ становитиме півтора місяці, а річні експлуатаційні витрати, становитимуть трохи більше 1,7 млн. грн.

## 5 ОХОРОНА ПРАЦІ

### 5.1 Аналіз умов праці у операторській по керуванню нагріву зерна у зерносушарці

Дослідження проводиться у операторській по управлінню нагріву зерна у зерносушарці. Приміщення підприємства знаходиться на третьому поверсі п'ятиповерхової будівлі. Будівля виконана із цегли. Розміри досліджуваного приміщення складають: довжина – 5,45 м, ширина – 5,55 м, висота - 3,25 м, тобто загальна фактична площа складає 30,24 м<sup>2</sup>. У приміщенні наявні 2 дерев'яних вікна розміром 120 см у ширину і 200 см у висоту, дерев'яні двостулкові входні двері розміром 110 см у ширину і 200 см у висоту.

У приміщенні працюють 2 людини та розміщено 2 комп'ютери. Згідно [11-13], норма площі на одного працюючого не повинна бути менше 6 м<sup>2</sup>. В приміщенні, що розглядається, 2 робочих місця, таким чином необхідна площа:

$$S_{\text{необх.}} = 6 \times 2 = 12 \text{ м}^2. \quad (5.1.)$$

Отже, приміщення відповідає вимогам [14,15], так як на одного працюючого в приміщенні припадає 15 м<sup>2</sup> робочої площі.

Нормування параметрів мікроклімату у приміщенні операторський відбувається у відповідності до санітарних норм мікроклімату адміністративних приміщень [16] в залежності від періоду року.

Оцінка мікроклімату проводиться на основі контролю параметрів за допомогою приладів Термогігрометра побутового Flus FL-201W та анемометра Testo 417.

Для вимірювання постійного шуму і оцінки впливу його на людину використовується як показник рівень звукового тиску, який вимірюється в логарифмічних одиницях – децибелах (дБ).

Для живлення комп'ютерів у приміщенні використовується напруга ~220 В. За ступенем небезпеки ураження електричним струмом приміщення належить до категорії без підвищеної небезпеки ураження електричним струмом працюючих.

Аналіз умов праці в приміщенні операторської наведено в табл. 5.1.

Таблиця 5.1 - Аналіз умов праці операторського приміщення по управлінню нагріву зерна

Небезпечний або шкідливий фактор	Джерело виникнення та вплив на організм людини тривалість дії фактору	Нормативний документ
Мікроклімат	<p>Джерелом виникнення надлишкової теплоти є комп'ютери, принтери, влітку – не захищені вікна від сонця. При температурі повітря понад 30°C працездатність людини починає падати. Зневоднення організму на 6% викликає порушення розумової діяльності, зниження гостроти зору.</p> <p>За зниженої температури, значної рухомості та вологості повітря виникає переохолодження організму (гіпотермія). За тривалого впливу холоду дихання стає неритмічним, частота та об'єм вдиху зростають, змінюється вуглеводний обмін.</p> <p>Для відведення надлишкового тепла застосовують системи вентиляції і кондиціонування повітря згідно з СніП 2.04.05-91*У.</p>	ДСН 3.3.6.042-99
Рівень шуму	<p>В разі тривалого впливу шуму на людину не тільки знижується гострота слуху, але й погіршується робота центральної нервової і серцево-судинної систем, шлунково-кишкового тракту, органів дихання, виникають запаморочення та функціональні зміни нервової системи, втома, ослаблення пам'яті та уваги. Шум може стати причиною виробничого травматизму та зниження продуктивності праці. Підвищення шуму на 10 дБ зменшує продуктивність праці на 10%. Джерелом генерації механічного шуму у приміщенні є: комп'ютери, принтер, та кондиціонер.</p>	Правила улаштування електроустановок Мінпалив енерго – 2019 – 722 с.
Електро-безпека	<p>Недотримання вимог електробезпеки під час роботи на електроустановках, як правило призводить до електротравм. Можливою причиною електротравм може виступати безпосередній дотик до струмопровідних частин електроустановок, людина отримує місцеві електротравми, наприклад, електричний опік, удар, або це може призвести до смертельних наслідків.</p> <p>Напруга дотику і струму, що протікає через тіло людини при нормальному (неаварійному) режимі електроустановки, не повинна перевищувати значень, вказаних в таблиці 4.3, згідно з ГОСТ 12.1.038-82.</p>	Мінпалив енерго – 2019 – 722 с.

## 5.2 Інженерно-технічні заходи з охорони праці

Для створення достойних умов праці для оператора пропонуємо заходи, щодо поліпшення умов праці та охорони здоров'я в операторському приміщенні.

При виконанні робіт, зв'язаних з нервово-емоційними навантаженнями, слід дотримуватись оптимальних значень температури повітря 22...24°C,

відносної вологості 40...60 % та швидкості переміщення повітря не більш як 0,1 м/с.

Усунути джерело тепловиділення можна зміною технологічного процесу, наприклад, заміною пічного обігріву на електричний, заміною розмірів тепловипромінюючих поверхонь та ін. Захистити виробниче середовище від надмірного радіаційного та конвективного тепла, що поступає від нагрітих поверхонь обладнання, можна за рахунок теплоізоляції цих поверхонь. В приміщеннях, де є можливість ураження людини електричним струмом і температура повітря досягає 30 °С і вище (приміщення особливо небезпечні і підвищеної небезпеки по класифікації 3 точки зору техніки безпеки, щоб уникнути опіків людини, температура гарячих поверхонь у виробничій зоні дії працюючих не повинна перевищувати 45 °С.

Захист від прямої дії теплового випромінювання здійснюється екрануванням – встановленням термічного опору на шляху теплового потоку.

Екрани досить різноманітні, за принципом дії бувають поглинаючими і відбиваючими променеве тепло. Вони можуть бути стаціонарними і пересувними. Екрани захищають людину не тільки від теплових променів, а й оберігають від дії іскор і розжарених та гарячих бризок, виплесків рідин та викидів шлаків та окалини.

При необхідності виконання робіт в зоні підвищеної температури повітря або в гарячих реактивних зонах обладнання (ремонт топочних камер, котлів, печей, сушарок та ін.) використовуються засоби індивідуального захисту від інфрачервоних випромінювань - термозахисним одягом, ізолюючими апаратами органів дихання, спеціальними рукавичками, касками та ін.

Полегшенню тепловіддачі від тіла людини сприяє підвищення швидкості руху повітря, що омиває тіло. Здійснюється це за допомогою вентиляційних систем.

Для запобігання отримання теплового удару працівниками, було виконано ряд вимог:

- забезпечення працівників спеціальним одягом відповідних розмірів (у т. ч. головними уборами – бажано з натуральних тканин), здійснювати контроль за їх використанням;
- складено розклад роботи так, щоб працівники регулярно відпочивали в охолоджуваних приміщеннях або у тіні. При виконанні важких робіт збільшувати перерви, регулювати графік роботи, додати кількість технологічних перерв;
- забезпечення працівників на робочих місцях охолодженою питною водою, вітамінізованими напоями;
- проведення медичних оглядів на початку робочої зміни працівників, які виконують роботи, що віднесені до робіт з підвищеною небезпекою;

Конструкція робочого місця повинна забезпечувати підтримання оптимальної робочої пози (тобто такої, яка дозволяє працівникові виконувати роботу з мінімальним напруженням тіла, і яка дозволяє уникнути перевтоми в ході і після закінчення робочого процесу). Раціональна робоча поза має важливе значення для збереження здоров'я працівника, оскільки тривале перебування його в незручній і напруженій позі може призвести до таких захворювань, як сколіоз (викривлення хребта), варикозне розширення вен, плоскостопість тощо. Установлено, що робота в зігнутому положенні збільшує затрати енергії на 20 %, а при значному нахиленні — на 45 % порівняно з прямим положенням корпусу [17-23].

За потреби особливої концентрації уваги під час виконання робіт суміжні робочі місця операторів необхідно відділяти одне від одного перегородками висотою 1,5 - 2 м.

Робочі місця слід розташовувати відносно джерела природного світла (вікон) таким чином, щоб світло падало збоку, переважно зліва. Також робоче місце має відповідати сучасним вимогам ергономіки:

- стіл повинен мати висоту поверхні 680 - 800 мм., ширину 600 - 1400 мм. і глибину 800 - 1000 мм. (такі параметри забезпечують

- можливість виконання операцій в зоні досяжності працівника);
- робочий стілець має бути підйомно-поворотним, з можливістю регулювання висоти, бажано зі стаціонарними або змінними підлокітниками і напівм'якою нековзкою поверхнею сидіння, що легко очищується і не електризується;
  - екран комп'ютера має розташовуватися на оптимальній відстані від користувача, що становить 600 – 700 мм., але не менше за 600 мм. з урахуванням літерна-цифрових знаків і символів.

Заходи електробезпеки під час роботи з комп'ютером:

Щодня перед початком роботи оператор повинен:

- оглянути своє робоче місце; про виявлення ознак пошкодження обладнання інформувати свого безпосереднього керівника;
- відрегулювати освітленість на робочому місці, переконатися в відсутності відблисків на екрані комп'ютера, відсутності зустрічного світла;
- перевірити правильність підключення обладнання ЕОМ до електромережі;
- очистити екран комп'ютера від пилу та інших забруднень;
- перевірити правильність організації робочого місця й за необхідності провести відповідні коригування.
- негайно відключити комп'ютер від електричної мережі у разі виникнення аварійної ситуації.

Заходи щодо усунення захворювань у працівників:

1. Коліна мають міститися на достатній відстані одне від одного.
2. Ступні добре опираються на підлогу чи підніжку.
3. Сидіння не стискає стегон.
4. Під час сидіння слід випростатися, витягнутися вгору і перевірити позу: спинка повинна бути встановлена так, аби можна було сидіти в правильній позі без зусиль або з мінімальними зусиллями.
5. Голову слід тримати прямо і нахиленою трохи донизу: верхня лінія



екрана повинна бути трохи нижче від рівня очей; екран не повинен блищати.

6. Ліктьовий суглоб має міститися на тій самій висоті, що й клавіатура: лікті щільно прилягають до тулуба (або їх підтримують підлокітники крісла), при цьому зап'ясток випрямлений.

7. Рекомендується в процесі роботи коригувати позу: якщо є відчуття м'язового напруження, робити 5 — 10 разів відповідні вправи.

8. Після кожних 50 хв роботи (доцільно використовувати будильник) влаштовувати 10-хвилинну перерву, під час якої також відповідними вправами знімають хоча б певну частину м'язової втоми (тіла і очей), поліпшуючи самопочуття за допомогою спеціального самомасажу та фізичних вправ.

9. Через дві години напруженої безперервної роботи відпочинок слід продовжити до 15 хв; після 4-годинної роботи — до 1 год; роботу на комп'ютері бажано чергувати з іншими видами діяльності.

10. У після-робочий час слід, крім загальних фізичних вправ, виконувати спеціальні вправи для очей.

Поєднанням усіх зазначених заходів досягається найвищий організаційний, або синергетичний ефект.

### **5.3 Заходи з пожежної профілактики та забезпечення безпеки у надзвичайних ситуаціях**

Операторська по категорії вибухо і пожежонебезпеки, згідно з ДСТУ Б В.1.1-36:2016 відноситься до категорії В – пожежонебезпечне.

Можливими причинами пожежі можуть бути:

- коротке замикання в електричній мережі, що може спричинити загоряння легкозаймистих речовин;
- займання паперу, дерева через необережне поводження з вогнем;
- поширення вогню з сусідніх приміщень.

Відповідно до ДСТУ Б В.1.1-36:2016 будівля належить до категорії А, так як в ній сумарна площа приміщень не перевищує 200м<sup>2</sup>.

З метою запобігання пожежі у будівлі пропонується застосовувати

димовий тип системи оповіщення згідно ДБН В.2.5-56:2010, який рекомендовано використовувати для приміщень з персональними комп'ютерами.

Основними первинними засобами пожежогасіння являються вогнегасники. На підприємстві відповідно до ДБН В.2.5-56:2014 приміщення рекомендується користуватися пінними 10-ти літровими вогнегасниками при пожежах класу А; порошковими вогнегасниками при всіх класах пожеж; хладоновими вогнегасниками в разі пожеж класу В, С; та вуглекислотними вогнегасниками в разі пожежі Е.

#### **5.4 Висновки за розділом**

В розділі охорона праці проведено аналіз шкідливих та небезпечних факторів у операторській по керуванню процесом нагріву зерна у шахтній сушарці, розроблені інженерно-технічні заходи з охорони праці, розроблені заходи пожежної профілактики та забезпечення безпеки у надзвичайних ситуаціях.

## ВИСНОВКИ

Кваліфікаційна робота пройшла апробацію на науково-технічній конференції «Тиждень студентської науки 2023» з 24 по 28 квітня 2023 року. Секція 12 Автоматизація і інформаційно-вимірювальні системи, НТУ «Дніпровська політехніка».

Розглянуто технологічний процес післязбиральної обробки зерна, процес сушіння зерна з використанням рециркуляційної сушарки А1-ДСП-50, розглянуто технічні характеристики. Як об'єкт керування, ця зерносушарка відноситься до класу безперервних об'єктів, що сушить зерно у потоці.

Розробка документів проекту системи автоматизації технологічного процесу нагріву зерна у рециркуляційній шахтній сушарці ДСП-50 складалося з розробки структурної схеми системи, обрання апаратного забезпечення системи на базі мікропроцесорного контролеру VIPA, розробки проекту технічної документації з наступними документами – схема функціональна автоматизації, перелік елементів, схема електрична принципова.

Розроблено методику ідентифікації процесу нагріву зерна у рециркуляційній шахтній сушарці ДСП-50 по каналу температура агенту сушіння – температура нагріву зерна.

Виконання експериментального дослідження, графічний та математичний аналіз результатів структурної ідентифікації дозволяє стверджувати наступне: динамічна характеристика має два перегону, об'єкт керування має транспортне запізнення; об'єкт керування самовирівнюється і не володіє інтегруючими властивостями, симетричний; у всьому діапазоні керуючого впливу від 0 до 160 °С об'єкт керування є лінійним;

Виконання параметричної ідентифікації графічний та математичний аналіз результатів за допомогою пакету "System Identification Toolbox" дозволяє стверджувати наступне: модель другого порядку з запізненням 250 секунд більше відповідає перевірочним даним експериментального дослідження ніж інші моделі.

Чисельна оцінка за нормованим середньоквадратичним відхиленням показує що отримана математична модель об'єкту керування відповідає перевірочним даним на 99,9978%. Отримана модель об'єкта керування може бути використана для моделювання та розробки системи керування в цілому, що дозволить підвищити якість керування технологічним процесом нагріву зерна.

В економічному розділі розраховано капітальні витрати при впровадженні системи автоматизації технологічного процесу нагріву зерна складають 0.1 млн. грн. Річні експлуатаційні витрати, пов'язані з впровадженням системи становитимуть 1.7 млн. грн.

В розділі охорони праці проведено аналіз шкідливих та небезпечних факторів у операторській по керуванню процесом нагріву зерна у шахтній сушарці, розроблені інженерно-технічні заходи з охорони праці, розроблені заходи пожежної профілактики та забезпечення безпеки у надзвичайних ситуаціях.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Огійчук В. Адаптація сушіння // The Ukrainian farmer.–№3.–2023 – [Electronic resource]. – Access mode: <https://agrotimes.ua/article/adaptacziya-sushinnya-zerna/> – 03.04.2023 р.
2. Кирпа М. Технологія післязбиральної обробки та сушіння зерна // Пропозиція. – Access mode: <https://propozitsiya.com/ua/tehnologiya-pislyazbiralnoyi-obrobki-ta-sushinnya-zerna> – 03.04.2023 р.
3. Зерносушарка ДСП-50 [Electronic resource]. – Access mode: <http://vektor.org.ua/oborudovanie/dlya-sushki-zernovyh-i-maslichnyh-kultur/25-zernosushilki-tipa-dsp> – 03.04.2023 р.
4. Зерносушарка А1-ДСП-50 [Electronic resource]. – Access mode: <https://kmzindustries.ua/ru/product/zernosushilki-dsp> – 03.04.2023 р.
5. Інструкція по сушінню продовольчого, кормового зерна, насіння олійних культур та експлуатації зерносушарок / [Станкевич Г.М., Шаповаленко О.І., Страхова Т.В., Петруня Б.М., Яковенко А.І., Остапчук М.В., Шашкін А.Б.] – Одеса-Київ : ДАК «Хліб України»,1997. – 72 с.
6. Горелка МДГГ. – Режим доступа: [www.URL:https://ukravtonomgaz.ua/ru/catalog/promislovi-gazovi-palniki/gazovye-gorelki-mdgg](http://www.URL:https://ukravtonomgaz.ua/ru/catalog/promislovi-gazovi-palniki/gazovye-gorelki-mdgg) – 30.04.2023 р.
7. Кукурудза. Технічні умови : ДСТУ 4525:2006. – [Чинний від 2006-02-28].– К. : Держспоживстандарт України, 2009. – 16 с. – (Національний стандарт України)
8. Термоперетворювачі опору з вихідним сигналом 4–20мА. – Access mode: <https://owen.ua/ua/datchyky/dtsxx5mi-yermoperetvorjuvachi-oporu-z-vyhidnym-sygnalom-4...20ma> – 23.05.2023 р.
9. VIPA. – режим доступу: <https://vipa.com.ua/products/control-systems/200v.html> – 23.05.2023 р.
10. Бойко О.О. Методичні вказівки до лабораторних робіт з теорії автоматичного керування для студентів напрямку підготовки «Комп'ютерна

інженерія» / Укл.: О.О. Бойко – Д.: Державний ВНЗ «НГУ», 2017. – С. 35-72 –  
Режим доступу: <https://goo.gl/nUMtFE>.

11. ДБН В.2.5-67:2013 Опалення, вентиляція та кондиціонування.
12. 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.
13. Правила улаштування електроустановок Мінпаливвугілля України. – 2017 – 617с.
14. «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості на небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу». № 528 - 2001.
15. Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями, затверджені наказом Мінсоцполітики від 14.02.2018 № 207.
16. Охорона праці в галузі. Конспект лекцій для студентів Інституту електроенергетики. / Уклад. В.І. Голінько, В.Ю. Фрундін, Ю.І. Чеберячко, М.Ю. Іконніков. - Дніпропетровськ: Державний ВНЗ «Національний гірничий університет», 2013. – 86 с.
17. 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.
18. ДСанПіН 3.3.2-007-98 Державні санітарні правила і норми. Гігієнічні вимоги до організації роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин
19. ДСТУ 7234:2011 Дизайн і ергономіка. Обладнання виробниче. Загальні вимоги дизайну та ергономіки
20. ДСТУ 7950:2015 Дизайн і ергономіка. Робоче місце під час виконання робіт стоячи. Загальні ергономічні вимоги.

21. ДСТУ 8604:2015 Дизайн і ергономіка. Робоче місце для виконання робіт у положенні сидячи. Загальні ергономічні вимоги
22. ДСТУ 3191-95 (ГОСТ 12 2.137-96) Обладнання для кондиціонування повітря та вентиляції
23. Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу (затверджено наказом МОЗ України від 27.12.2001р № 528).





**ВІДГУКИ ПО РОЗДІЛАМ ТА ПІДРОЗДІЛАМ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ  
РОБОТИ**

**ВІДГУКИ КОНСУЛЬТАНТІВ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ**

**ВІДГУК**

на кваліфікаційну роботу ступеню бакалавра

на тему: “Автоматизація технологічного процесу нагріву зерна у зерносушарці ДСП-50”

здобувач вищої освіти академічної групи 151-19-1

Десятерик Андрій Андрійович

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

Тема роботи актуальна, а досягнення поставленої у кваліфікаційній роботі мети призведе до створення сучасної системи керування яка буде відповідати вимогам часу. Повнота та глибина вирішення поставлених завдань в кваліфікаційній роботі бакалавра достатня для навчального процесу.

В рамках кваліфікаційної роботи виконано аналіз технологічного процесу сушіння зерна, відповідно до вимог технологічного процесу для системи керування обрано апаратне забезпечення, виконано структурну та параметричну ідентифікацію, отримано модель об'єкту керування, визначено капітальні та експлуатаційні витрати при впровадженні системи, запропоновані заходи з охорони праці та протипожежної безпеки об'єкту автоматизації.

Студент виконав роботу з добрим ступенем самостійності підтримуючи консультації з керівниками розділів. В цілому кваліфікаційна робота ступеню бакалавра заслуговує оцінки «\_\_\_\_\_» балів при відповідному захисті, а студент Десятерик А.А. присвоєння йому кваліфікації «бакалавр» за спеціальністю 151 “Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології”.

Керівник кваліфікаційної роботи, доцент

К.В. Соснін

01.06.2023

## РЕЦЕНЗІЯ

на кваліфікаційну роботу ступеню бакалавра

на тему: “Автоматизація технологічного процесу нагріву зерна у зерносушарці ДСП-50”

здобувач вищої освіти академічної групи 151-19-1

Десятерик Андрій Андрійович

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

Тема роботи актуальна, а досягнення поставленої у кваліфікаційній роботі мети призведе до створення гнучкої сучасної системи керування яка буде відповідати вимогам часу.

У кваліфікаційній роботі виконано аналіз технологічного процесу керування нагрівом зерна кукурудзи, відповідно до вимог технологічного процесу. Для системи керування обрано апаратне забезпечення, виконано структурну та параметричну ідентифікацію, отримано модель об'єкту керування, визначено капітальні та експлуатаційні витрати при впровадженні системи, запропоновані заходи з охорони праці та протипожежної безпеки об'єкту автоматизації.

Повнота та глибина вирішення поставлених завдань в кваліфікаційній роботі бакалавра достатня для навчального процесу. В цілому кваліфікаційна робота ступеню бакалавра заслуговує оцінки «\_\_\_» балів за умови відповідного захисту, а здобувач Десятерик А.А. присвоєння йому кваліфікації «бакалавр» за спеціальністю 151 “Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології”.

---

---

**ЗАТВЕРДЖЕНО:**  
завідувачем кафедри  
кіберфізичних та  
інформаційно-вимірювальних систем

\_\_\_\_\_ Бубліковим А.В.

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2023 року

### ВИСНОВОК

Про рівень запозичень у кваліфікаційній роботі бакалавра на тему “Автоматизація технологічного процесу нагріву зерна у зерносушарці ДСП-50”, здобувача вищої освіти, групи 151-19-1, Десятерик Андрій Андрійович.

Загальний обсяг кваліфікаційної роботи без переліку посилань складає 71 сторінку. Програмне забезпечення використане для перевірки роботи “<https://unicheck.com>”. Рівень запозичень у роботі складає \_\_\_\_\_ %, що є меншим 40 % запозичень з однієї роботи та відповідає вимогам Положення про систему запобігання та виявлення плагіату у Національному технічному університеті «Дніпровська політехніка».

Нормоконтролер,  
асистент КФІВС

\_\_\_\_\_ Воскобойник Є.К.  
(підпис)

\_\_\_\_\_  
(дата)