

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Інженерно-технологічний факультет
Кафедра енергетики та електротехнічних систем

До захисту
Допускається
Завідувач кафедри енергетики та
електротехнічних систем

доцент Чепіжний А.В.

ДИПЛОМНА РОБОТА
за магістерським рівнем вищої освіти

На тему: «Дослідження електротехнічного комплексу процесу сушки зерна різноманітних культур в умовах ФГ «Фортуна ДЕ», Шосткинського району, Сумської області»»

Виконав

_____ (підпис)

Старосельський С.А.
(прізвище, ініціали)

Група

ЗЕТЕС 2301м

(Науковий) керівник:

_____ (підпис)

Лобода В.Б.
(прізвище, ініціали)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Інженерно-технологічний факультет
Кафедра енергетики та електротехнічних систем

Ступінь вищої освіти «Магістр»

Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

завідувач кафедри енергетики та
електротехнічних систем

доцент _____ Чепіжний А.В.
(підпис, вчене звання, прізвище, ініціали)

«_____» _____ 202__ року

ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ
ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ
Старосельський Сергій Анатолійович
(прізвище, ім'я та по батькові)

1. Тема роботи: Дослідження електротехнічного комплексу процесу сушки зерна різноманітних культур в умовах ФГ «Фортуна ДЕ», Шосткинського району, Сумської області

керівник роботи: Лобода Валерій Борисович, к.ф.-м.н., професор _____
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджено наказом по закладу вищої освіти від «26» 02 2024 р. № 572/ос

2. Термін подання здобувачем закінченої роботи «11» 11 2024 р.

3. Вихідні дані до роботи показники роботи зерносушильного обалнання, нормативні документи для проведення досліджень, стандарти.

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, що підлягають розробці):

1 Основні особливості процесу сушіння зерна в ФГ «Фортуна ДЕ».

2 Аналіз електротехнічного та апаратного комплексу зерносушарки.

3 Дослідження особливостей роботи електротехнічного обладнання та системи автоматизації зерносушильного обладнання.

4 Охорона праці.

5 Економічна ефективність запропонованих рішень.

Висновки та пропозиції.

5. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу:

Презентаційний матеріал виконаний в програмі Power Point

6. Консультанти розділів роботи:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата

КАЛЕНДАРНИЙ ГРАФІК

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітки
1	Аналіз літературних джерел з обраної тематики	до 15.08.2024 р.	
2	Складання плану роботи	до 23.08.2024 р.	
3	Написання вступу	до 26.08.2024 р.	
4	Підготовка розділу «Розділ 1»	до 28.08.2024 р.	
5	Підготовка розділу «Розділ 2»	до 16.09.2024 р.	
6	Підготовка розділу «Розділ 3»	до 14.10.2024 р.	
7	Підготовка розділу «Розділ 4»	до 21.10.2024 р.	
8	Написання висновків та пропозицій	до 28.10.2024 р.	
9	Подання роботи на перевірку унікальності до експертної ради факультету	до 01.11.2024 р.	
10	Подання роботи на рецензування	до 05.11.2024 р.	
11	Подання до попереднього захисту	до 12.11.2024 р.	

Здобувач вищої освіти

(підпис)

(Старосельський С.А.)

(прізвище, ініціали)

**(Науковий) керівник
дипломної роботи**

(підпис)

(Лобода В.Б.)

(прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ

Дослідження електротехнічного комплексу процесу сушки зерна різноманітних культур в умовах ФГ «Фортуна ДЕ», Шосткинського району, Сумської області. Магістерська робота / Старосельський Сергій Анатолійович – Суми: СНАУ, 2024 р. – 51 с.

В роботі виконано аналіз основного обладнання, що використовується для сушки зернових мас в ФГ «Фортуна ДЕ», Шосткинського району, Сумської області.

Визначено для проведення аналіз сушарку типу ДСП-32 та проведено аналіз основного обладнання для виконання операцій та забезпечення роботи системи автоматизації та контролю. Виконано аналіз основного обладнання, що використовується в даній сушарці.

Проведено аналіз роботи загальної системи автоматизації та контролю сушарки з визначенням основних елементів для проведення дослідження. Виконано дослідження різних режимів роботи автоматизації зерносушильного обладнання та проведено аналіз основних особливостей узгодження роботи електричного обладнання з системою контролю температури сушильного агенту.

Виконано аналіз основних заходів з охорони праці та проведено дослідження основних показників економічної ефективності.

Ключові слова: сушарка, температура, сушильний агент, зернова маса, датчик, система керування, інтерфейс, баланс.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
1 ОСНОВНІ ОСОБЛИВОСТІ ПРОЦЕСУ СУШІННЯ ЗЕРНА В ФГ «ФОРТУНА ДЕ».....	7
1.1 Аналіз особливостей технологічного процесу сушіння зернових культур та обладнання.....	7
1.2 Аналіз особливостей електротехнічного комплексу зерносушарки ДСП-32.....	12
1.3 Особливості формування принципів функціонування системи керування зерносушильним обладнання.....	18
Висновок до розділу.....	19
2 АНАЛІЗ ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНОГО ТА АПАРАТНОГО КОМПЛЕКСУ ЗЕРНОСУШАРКИ.....	21
2.1 Формування загальної структурної схеми процесу керування зерносушаркою.....	21
2.2 Аналіз обладнання для забезпечення апаратного обладнання системи керування.....	23
2.3 Особливості формування теплового балансу зерносушарки.....	28
Висновки до розділу.....	32
3 ДОСЛІДЖЕННЯ ОСОБЛИВОСТЕЙ РОБОТИ ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ ТА СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ ЗЕРНОСУШИЛЬНОГО ОБЛАДНАННЯ.....	33
Висновки до розділу.....	38
4 ОХОРОНА ПРАЦІ.....	39
Висновки до розділу.....	41
5 ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАПРОПОНОВАНИХ РІШЕНЬ.....	42
Висновок до розділу.....	48
ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ.....	49

ВСТУП

Актуальність теми. На сьогодні виробництво зернової продукції потребує значної уваги з точки зору процесу сушіння зернової маси різноманітних культур. Основною проблемою є дотримання температурного режиму в зерносушарках.

Виходячи з такої проблематики необхідною умовою є забезпечення ефективного регулювання температури сушильного агенту та температури зернової маси потребує дослідження з подальшим узгодженням. При цьому система автоматизації процесів в зерносушильному агрегаті повинна забезпечувати вчасний контроль та узгодження електротехнічного обладнання.

Іншою умовою є дотримання температурного режиму сушіння зерна для кожної з культур та різних типів зерна та його призначення. Виходячи з цього основною умовою аналізу роботи електротехнічного комплексу зерносушильного обладнання є дослідження особливостей роботи систем автоматизації та контролю зерносушарки.

Процес узгодження роботи різноманітного електрообладнання є доволі складним, а отже потребує проведення досліджень. Виходячи з цього обрана тема є актуальною та потребує проведення дослідження.

Мета та задачі дослідження. Основною метою роботи є проведення дослідження електротехнічного обладнання для забезпечення ефективності процесу сушіння зернової маси різноманітних культур.

Для проведення дослідження нами пропонується вирішити наступні задачі:

1. Провести аналіз основних технологічних процесів сушіння зернових мас різних культур.
2. Виконати аналіз електротехнічного обладнання та систем автоматизації та контролю зерносушарки.
3. Провести дослідження основних режимів сушки з узгодженням роботи електротехнічного обладнання та систем автоматизації.

Об'єктом дослідження в роботі є технологічний процес сушки зернових культур в зерносушарках шахтного типу.

Предметом дослідження в роботі є температурний режим сушарки з аналізом працездатності електротехнічного обладнання.

Методи дослідження. В роботі застосовувались математичні методи моделювання та аналізу різноманітних літературних джерел з аналізом останніх досліджень.

Практичне значення отриманих результатів полягає в наданні рекомендацій по узгодженню роботи електротехнічного обладнання з системою автоматизації та керування зерносушарки.

1 ОСНОВНІ ОСОБЛИВОСТІ ПРОЦЕСУ СУШІННЯ ЗЕРНА В ФГ «ФОРТУНА ДЕ»

1.1 Аналіз особливостей технологічного процесу сушіння зернових культур та обладнання

Процес сушіння зернової маси – це процес при якому виконується виділення вологи з зерна культури. При цьому до процесів сушіння зерна різних культур потрібно ставитись доволі обережно, адже від сушіння зерна культур залежить його подальше зберігання та подальшої реалізації.

В більшості процесами сушіння зерна займаються різноманітні елеваторні підприємства, що займаються очисткою, сушінням та подальшим зберіганням. При цьому зерно закуповується з різноманітних підприємств та продається для подальшому продається на переробні чи різноманітні мукомольні підприємства. Також елеватори дозволяють зберігати зерно підприємств для посіву. Для більшості малих підприємств цінова політика елеваторних підприємств є доволі не вигідною через низьку закупівельну ціну. Через це різноманітні невеликі підприємства, що в свою чергу одразу після збирання направляють свою продукцію на продаж до елеватора мають низьку ціну на неї. Цінова політик формується виходячи з вологості та забрудненості маси зерна конкретної культури.

Виходячи з цього більшість підприємств перед продажем свого зерна різноманітних культур проводить сушку та попередню очистку. Це дозволяє отримати більш вигідну цінову політику, а також надає можливості для проведення зберігання зернових мас різноманітних культур для кращих періодів її реалізації.

Технологічний процес виконання сушіння зерна культур має на меті виконання набору операцій, що сприяють покращенню його якості. Технологічний процес першочергово складається з наступних операцій:

- зважування зерна культур, що поступило на елеватор;
- попередня очистка зерна від домішок;
- сам процес сушіння зерна;

- проведення операцій сортування зерна культур;
- проведення транспортних операцій з транспортування зерна та різних відходів;
- зважування висушеної та очищеної зернової маси;
- інші додаткові операції;
- зберігання зерна культур в різноманітних сховищах чи силосах.

На сьогодні в світі поширеним є конвективний спосіб сушки зерна. Даний спосіб полягає в передачі тепла зерновій масі від сушильного теплового агенту. При цьому процесі зерно в сушарках переміщується, а волога з зерна передається до агента сушіння та виводиться з зернової маси.

Для більш детального аналізу розглянемо технологічну схему процесу сушіння на поточно транспортній лінії елеваторного господарства чи підприємства з вирощування сільськогосподарської продукції (рис. 1.1).

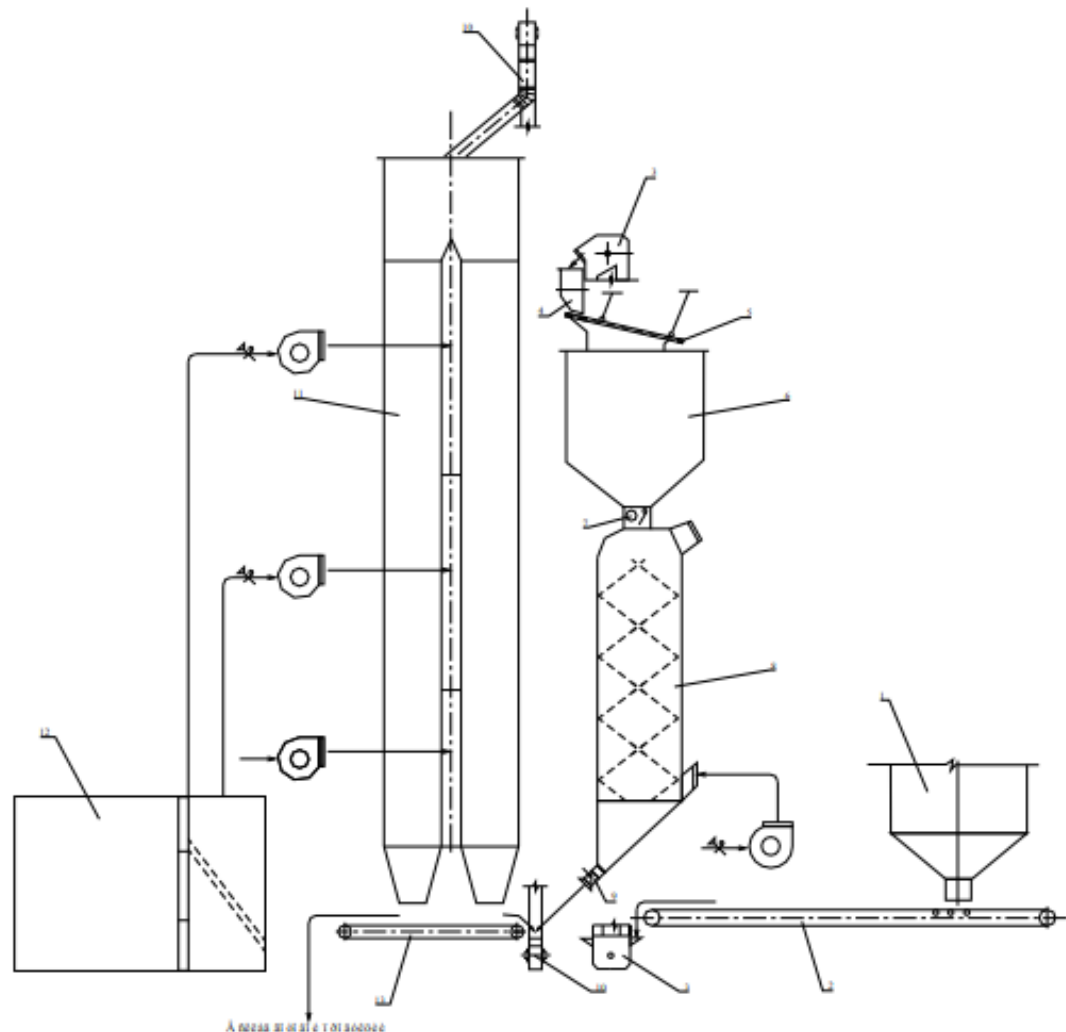


Рисунок 1.1 – Схема лінії зберігання та обробки зерна різних культур

Вологе зерно спочатку подається від транспортних засобів в приймальний бункер. Далі з використанням конвеєра скребкового типу подається до норії. Зерно з норії потрапляє до розподільного бункеру, який перерозподіляє на сито. На ситі проводиться очистка та подальша подача на накопичення до бункеру. З бункеру за допомогою живильника насіння подається до підігрівача, де воно очищується від легких домішок. Дані домішки осаджуються в циклоні з подальшим накопиченням в бункері.

При цьому очищене насіння через норію подається вгору до сушарки. В більшості випадків в сушці сушіння відбувається за допомогою сушильного агента, який є сумішшю топкових газів та повітря.

Для ефективності виконання сушіння зерна після нагрівання його охолоджують. Охолодження здійснюють повітрям з навколишнього середовища.

Сухе насіння надходить до відповідного живильника, яким переміщається до складу з готовою продукцією або до відповідних силосів для подальшого зберігання. У випадку надходження недосушеного насіння то воно через живильник перенаправляється до початку процесу на норію подачі.

Фермерське господарство відповідно до попередніх років вирощує різноманітні культури. Основні з них пшениця, кукурудза, жито, соняшник та інші. Необхідно також зазначити, що до кожної з культур ставляться відповідні вимоги та особливості протікання процесу.

Зібране зерно з полів транспортується до сушильної лінії і проходить сушка відповідно до вищеописаного процесу.

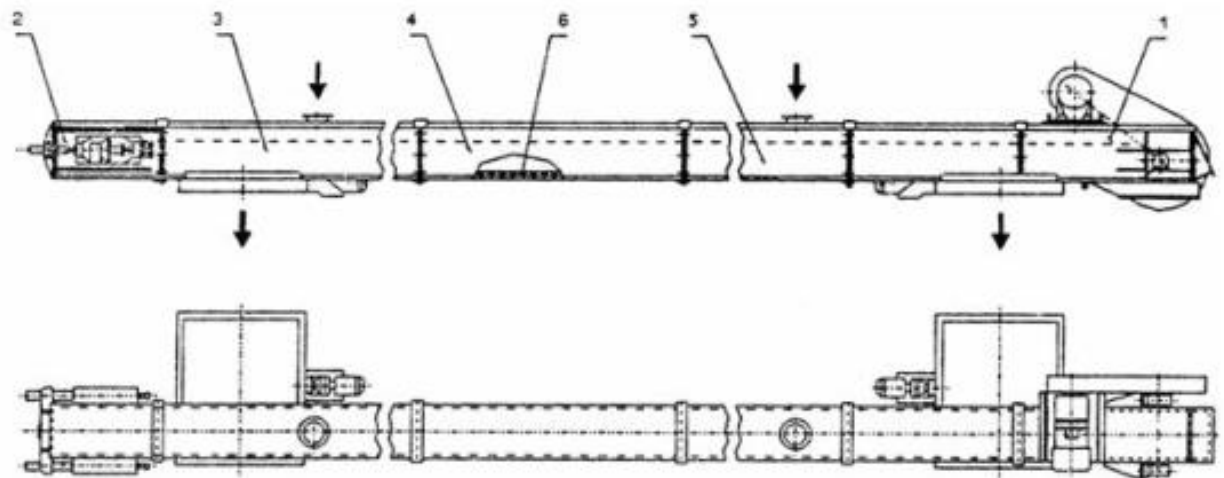
Також доволі сильно залежить технологічний процес від особливостей подальшого використання зерна. Так наприклад насінневий матеріал зернових культур сушать в дуже лагідному режимі, щоб не спричинити пошкодження зародка.

В ФГ «Фортуна ДЕ» використовують зерносушарки типу ДСП-32, що забезпечують певну безперервну дію при виконанні сушіння зернових культур. Сушіння кожної культури відбувається окремо за попередньо налаштованими параметрами процесу.

В фермерському господарстві використовують незначне елеваторне господарство, що дозволяє проводити сушіння та зберігання зерна різноманітних культур.

Конвеєрне господарство складається з певного переліку обладнання, до складу якого входять конвеєри, різноманітні норії, сушарка шахтного типу, пальник та різноманітні електро-клапани.

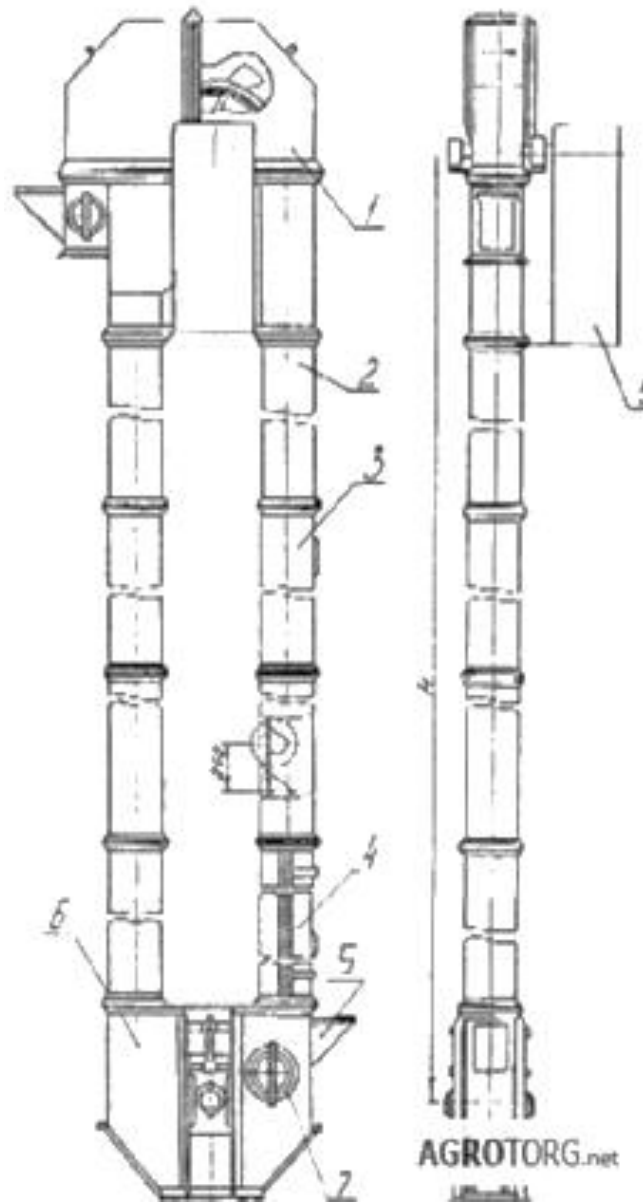
Конвеєри скребкового типу застосовуються для переміщення зерна культур в двох напрямках: горизонтальному і похилому. Загальний вигляд конвеєрів скребкового типу наведено на рисунку 1.2.



1 – головка приводу; 2 – головка для натягування; 3 – секція з шиберним затвором; 4, 5 – секції конвеєра; 6 – орган для переміщення конвеєра.

Рисунок 1.2 – Загальний вигляд конвеєрів скребкового типу

Для виконання операцій переміщення зернової маси в вертикальній площині використовують норії. Основна їх конструкція складається з системи труб, стрічки з ківшами, що рухається в трубі. До труби норії під'єднано черевик та головку. Загальна схема та будова норії наведена на рисунку 1.3.



1 – головка норії; 2 – гладкотрубна секція; 3 – труда для огляду секції;
 4 – секція для виконання натягу; 5 – носок норії; 6 – черевик; 7 – люк для
 проведення огляду; 8 – стрічка; 9 – привідний механізм; 10 – ківші.

Рисунок 1.3 – Загальна будова норії зі стрічкою з ківшами

На сьогодні випускається промисловістю набір типів:

- розмірами 2×10;
- розмірами 50;
- і т.д.

При цьому типорізмр кожної з норій характеризується зміною потужності. Так, наприклад норія 2×10 має 2 гілки для проведення

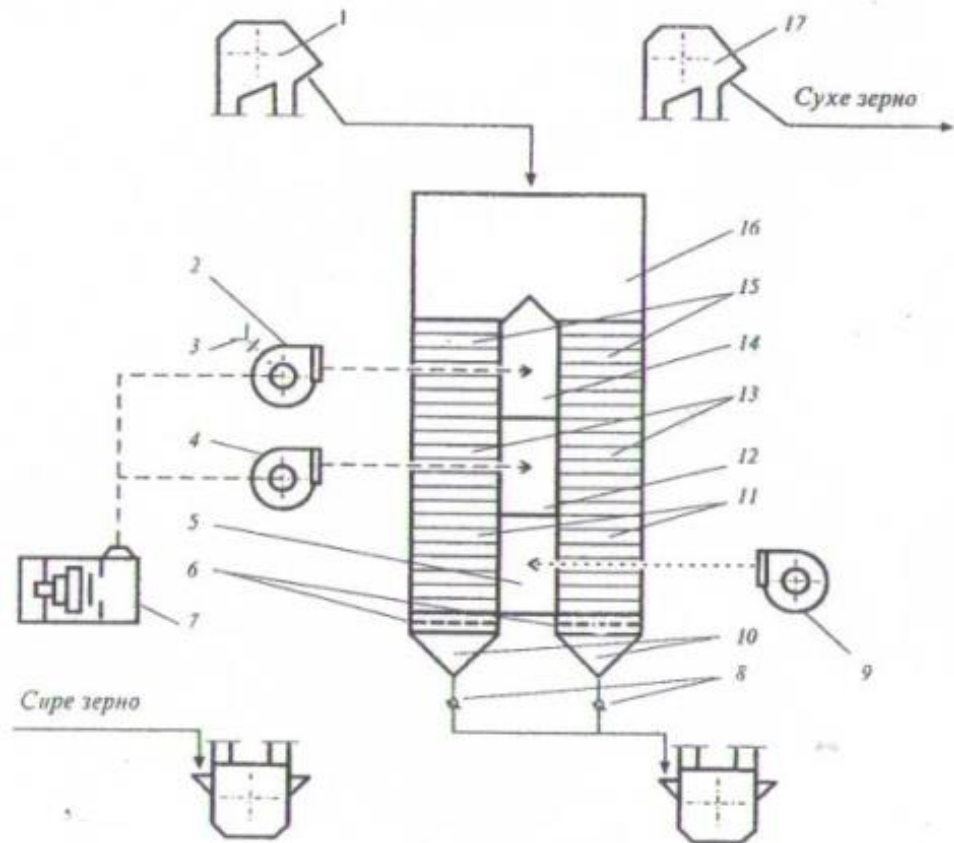
транспортування зерна. Кожна з цих гілок має продуктивність 10 т/год. Швидкість руху кожної з стрічок гілки становить 1,5 м/с. Даний тип норії використовується на різноманітних елеваторах та зерносушильних об'єктах підприємств.

1.2 Аналіз особливостей електротехнічного комплексу зерносушарки ДСП-32

В ФГ «Фортуна ДЕ», як вже зазначалось вище в основному застосовують зерносушарку типу ДСП-32. Необхідно зазначити, що даний тип сушарок встановлюється в основному в максимальній близькості до силосів для зберігання. Також їх встановлюють поблизу елеваторних корпусів а також в різноманітних механізованих лініях поблизу з складами для зберігання зернових культур.

Дана сушарка є стаціонарною сушаркою, що є шахтною. Режим сушіння в ній використовується двоступінчастий. Відповідно до технічної характеристики дана норія має продуктивність на рівні 32 т/год. При цьому розрахункове значення пониження вологості зерна в основному на 6%. Тобто, фактично пониження вологості буде відбуватись з 20 % до нормального значення 14 % за один прогін зерна через сушарку. В роботі пропонується розглянути сушку зернових культур з вологістю приблизно рівною 15 %, тобто не беремо до уваги продукцію зерна, що є доволі вологою чи з порушеннями технологічного процесу збирання.

На рисунку 1.4 наведено загальний принцип роботи зернової сушарки ДСП-32.



1 – норія для сирого зерна; 2 – вентилятор для зони проведення сушіння зерна; 3 – дросельна заслінка з патрубком; 4 – вентилятор для другої зони сушіння; 5 – камера повітророзподілу для охолодження; 6 – механізми для випуску повітря; 7 – топка; 8 – заслінка; 9 – зона охолодження з вентилятором; 10 – бункер для проведення підсушування; 11 – зона для проведення охолодження; 12 – камера газорозподілу для другої зони; 13 – друга зона для сушіння; 14 – камера газорозподілу для першої зони; 15 – перша зона для сушіння; 16 – бункер для досушування; 17 – норія для висушеного зерна.

Рисунок 1.4 – Загальний вигляд технологічного процесу сушки ДСП-32

Даний тип сушарки (рис. 1.4) складається з основних частин, якими є сушильні шахти; камери розподілення, що розташовується між сушильними шахтами. Сушарка даного типу забезпечена газовим пальником та вентиляторами для забезпечення різних ступенів сушіння та охолодження зернової маси. Оскільки форсунка потребує високого тиску повітря то вона додатково забезпечується вентилятором та електродвигунами для приводу затворок. Кожна шахта зерносушарки над собою має спеціальний бункер, що

забезпечує зерном. При цьому спостерігається утворення декількох зон сушіння:

- верхня зона – забезпечує початковий ступінь сушіння;
- середня зона – забезпечує другий ступінь досушування;
- нижня зона – забезпечення процесу охолодження.

На початковому рівні шахти розміщується 24 ряди з коробами при чому верхній їх ряд забезпечує підведення агенту сушіння, а другий після попереднього ряду забезпечує відвід агенту сушіння та вологи від зернової маси. При цьому є певна розбивка на парні та непарні канали, де непарні канали є підвідними, а парні – відвідними та розташовані під непарними.

Сушильна зона другого ступеню досушування має 6 рядів коробів, що є підвідними, а також 8 рядів, що є відвідними.

Камера для охолодження зерна має по 9 рядів підвідних та відвідних каналів.

Топкова камера сушки ДСП-32 працює в основному на рідкому чи газоподібному паливі. У топковій камері встановлено щит з форсункою. Повітря підводиться повітря через два циліндри з металу. Через них повітря надходить до змішувальної камери де змішується з димовими газами.

Загалом сушильна частина ДСП-32 розташовується на відкритому майданчику. При цьому топка з топковим обладнанням розміщується в будівлі. В цій же будівлі також розміщується всі засоби керування та автоматизації.

Всі засоби автоматизації забезпечують виконання основних операцій з сушіння. При цьому виконується повний контроль основних елементів зерносушарки, температуру теплового агенту та інші параметри. Виходячи з цього основною пропозицією є дослідження системи автоматизації для аналізу ефективності роботи електротехнічного комплексу зерносушарки загалом.

Нагрівання сушильного агенту виконується пальником, за рахунок спалювання рідкого або газоподібного палива. Газовий пальник є моноблочним з номінальним значенням потужності на рівні від 600 до

8000кВт. Необхідно зазначити, що пальник зерносушарки ДСП-32 працюють фактично на будь якому газоподібному паливі.

В зерновій сушарці використовується пальник з серії Unigas від фірми Cinquesento. Даний пальник є доволі ефективним для роботи в різноманітних котельних агрегатах, зерносушарках та іншому теплоенергетичному обладнанні. Загальний вигляд даного пальника наведено на рисунку 1.5.



Рисунок 1.5 – Загальний вигляд пальника для зерносушарки

Даний пальник в своїй системі вже попередні елементи автоматизації. При цьому система автоматизації пальника дає можливість в повній мірі відповідати загальній системі автоматизації зерносушарки.

Необхідно зазначити, що виробник гарантує високу ефективність спалювання палива не залежно від його виду (рідке чи газоподібне). При цьому забезпечується рівномірне спалювання та температурне поле при горінні. Паливо в повній мірі згорає та забезпечує його перетворення на екологічні види газів, а отже і екологічний ефект від застосування даного пальника є доволі значним.

Система керування та автоматизації даного пальника має мікропроцесорний блок, що забезпечує керування аналоговими та цифровими сигналами. Також він виконує обмін даними з допомогою інтерфейсу RS-485.

Додатково система забезпечена реалізацією протоколів Modbus RTU, що дає значно більшу сумісність з різними типами систем.

Для забезпечення необхідної температури сушильного агенту оператор повинен задати температуру через блок керування та автоматики пальника безпосередньо біля пальника. Іншим способом регулювання температури сушильного агенту є використання пульта оператора зерносушарки. При цьому операції виконуються через інтерфейс для обміну даних.

Наступним важливим елементом для проведення якісного процесу сушіння зернової продукції є клапан з електроприводом. Даний клапан призначається для проведення зміни напрямку руху зернової маси при сушінні. При цьому виконується рух зерна самопливом до подачі на сушку з подачею з бункера, а також підсушеного зерна на вхід зерна до зерносушарки при необхідності його досушування.

Засувка клапану має складну конструкцію та приводиться в дію мотор-редуктором з реверсивним електродвигуном. Система керування також має в два кінцевих вимикачів. Загалом корпус виконано з листової сталі з жорсткою конструкцією.

Клапан має два положення фіксації, що фіксуються за допомогою кінцевих вимикачів. За умови досягнення крайнього положення в якому виконується спрацювання кінцевого вимикача відключається електропривід системи. Загальний вигляд клапана для зерносушарки КПС наведено на рисунку 1.6.



Рисунок 1.6 – Загальний вигляд клапана для зерносушарки з приводом

Клапан (рис. 1.6) працює наступним чином: сировину, що накопичена в бункері змішують з нагрітим в сушарці зерном. Сухе зерно надходить з другої шахти сушіння. Далі суміш сухого та сирого зерна подається в сушильний бункер з подальшим рухом до першої шахти сушіння. З першої шахти зерно поступає в теплообмінник.

З другої шахти сушіння зерно поступає до сушильного бункера над другою шахтою. В даній зоні зерно проходить досушування з подальшим попереднім охолодженням. Після проходження трьох зон та зони контролю вологості з визначенням температури, зернова маса подається до зони виходу. Вихід зерна з сушарки здійснюється на основі аналізу результатів вологості та температури зернової маси.

Необхідно зазначити, що робота всіх механізмів зерносушарки мають певний принцип дії, що є періодичним. При цьому висушена маса зерна надходить до норій з подальшою подачею до бункеру накопичення. При цьому бункер накопичення може бути замінений на одразу на зерновий склад або бути проміжним елементом в даній схемі.

Для проведення контролю вологості зернової маси встановлюються відповідні вологоміри. Вологоміри розміщуються в шахті де проходить остаточне досушування зернової маси.

Всі розміщені датчики поділяють на первинні та вторинні. первинний датчик проводить контроль за параметрами температури для теплоносія, а також нагрітого зерна та охолодженої зернової маси. При цьому ці датчики встановлюються в місцях з мінімальними значеннями в сушарці та в місцях з максимальними значеннями, що забезпечує максимально можливий ефект від контролю за необхідними властивостями зерна.

Як зазначалось вище, пульт керування з системою автоматизації розташовується в передтопочному приміщенні. При керування процесу в ручному режимі оператор стежить за параметрами сушіння та всіма даними від різних датчиків і виконує контроль за транспортуванням, вентиляванням та рівнями насіння в усіх бункерах та шахтах зерносушарки.

Необхідно зазначити, що сушіння різноманітних зернових культур проводиться відповідно до інструкцій. При цьому є інструкції для проведення сушки зернових мас різних культур та для кожної культури наведено інструкції по сушінню їх в сушарці. Основною метою всіх інструкцій є дотримання всіх норм та забезпечення необхідних, як продовольчих так і кормових якостей зернової маси.

В більшості випадків для сушіння різноманітного зерна зесросушарка ДСП-32 може забезпечувати температурний режим для сушильного агенту 130°C з відхиленням $\pm 5^{\circ}\text{C}$. Необхідно зазначити, що система автоматизації даної зерносушарки дозволяє в повній мірі контролювати параметр температури, але система автоматизації дозволяє отримати певний зворотний зв'язок для контролю за параметрами та вчасним коригуванням температури.

Виходячи з цього необхідно зазначити, які саме параметри будуть контролюватись при проведенні сушки зернових культур:

- зернова маса – температура, волога;
- сушильний агент – температура.

Контроль параметрів для зернової маси здійснюється на вході та виході з зерносушарки та основних її камер. А отже кількість датчиків є доволі великою для контролю одним оператором або лише ним. При цьому обов'язковою умовою є використання автоматизації певних процесів для забезпечення загальної якості зернової продукції. Виходячи з цього система автоматизації зерносушильного обладнання необхідно через неможливість контролювати всі параметри протікання процесу людиною.

При цьому необхідно зазначити, що максимальна температура нагрівання зернової маси за раз не повинна бути вищою за 50°C з відхиленням $\pm 5^{\circ}\text{C}$.

1.3 Особливості формування принципів функціонування системи керування зерносушильним обладнанням

Основним принципом функціонування кожної системи керування, в тому і системи керування зерносушильним обладнанням є контроль

параметрів. В зерносушильному обладнанні керування здійснюється за двома параметрами – вологою зернової маси та температурою. При цьому першочерговим параметром є параметр вологості зернової маси, але керування даним параметром можливо виконати лише за умови контролю температури. Виходячи з цього параметром, що є другорядним та здатним врегулювати основні процеси в зерносушарці є саме температура.

Виходячи з цього керування окремого параметру за температурою нагрівання зернової маси можна виразити в вигляді рівняння:

$$T_{c.відх} = |T_c - T_{c.зад}| \rightarrow \min \quad (1.1)$$

де $T_{c.відх}$ – величина відхилення значення температури від початкової величини;

$T_{c.зад}$ – значення температури до якої необхідно нагрівати зернову масу;

T_c – миттєве значення температури або поточне її значення.

Даний параметр необхідно застосовувати для роботи всього обладнання системи автоматизації на кожному етапі процесу сушки зернової маси. Необхідно зазначити, що додатковою умовою використання даної системи є необхідність коригування її відповідно до даного рівняння. Кожен з датчиків температури підлаштовується відповідно до даного закону.

В подальшому необхідно розглянути рівняння теплового балансу зерносушарки, для аналізу загальної системи автоматизації електротехнічного комплексу зерносушильного обладнання.

Висновок до розділу

Основним типом зерносушарок в ФГ «Фортуна ДЕ» є зерносушарка типу ДСП-32, яка виконує сушку різноманітних культур вирощених в господарстві. Аналіз основних елементів електрообладнання, що застосовується при роботі зерносушарці показує необхідність їх узгодження

за різними параметрами. Виходячи з основних елементів електрообладнання зерносушарки узгодження обладнання можливе лише з використанням системи автоматизації, яка дозволить контролювати якість висушування зернових культур. При цьому робота основного електрообладнання в повній мірі залежить від коректності розміщення та роботи датчиків вологості та температури.

2 АНАЛІЗ ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНОГО ТА АПАРАТНОГО КОМПЛЕКСУ ЗЕРНОСУШАРКИ

2.1 Формування загальної структурної схеми процесу керування зерносушаркою

Оскільки попередньо визначено, що основним типом сушарок, що використовується в ФГ «Фортуна ДЕ» є сушарка прямоочного типу ДСП-32 то систему керування загальним процесом роботи зерносушарки та електротехнічного комплексу доцільно саме для неї.

Для початку необхідною умовою є встановлення основних температурних обмежень при проведенні сушки зерна. Так початковою температурою повітря обираємо 5°C . До температури зерна в сушарці прив'язки не робимо, адже вона визначається відповідними датчиками в кожній з зон зерносушарки. При цьому враховується, що в середньому значення температури повинно складати $50\pm 5^{\circ}\text{C}$, а температура для сушильного агенту на вході до сушки повинна мати температуру $130\pm 5^{\circ}\text{C}$.

Виходячи з того, що ДСП-32 має три зони сушки та охолодження то необхідною умовою є вибір трьох рівневої системи керування електрообладнанням. Додатково для контролю також обираємо три рівні керування, де на:

- першому рівні розташовуються датчики з різноманітними виконавчими механізмами;
- другому рівні розташовуються системи обробки отриманих даних від датчиків;
- третьому рівні розташовуються різноманітні пульти керування та автоматизації процесом сушки.

Дані рівні доцільно зобразити в вигляді блок-схеми (рис. 2.1).

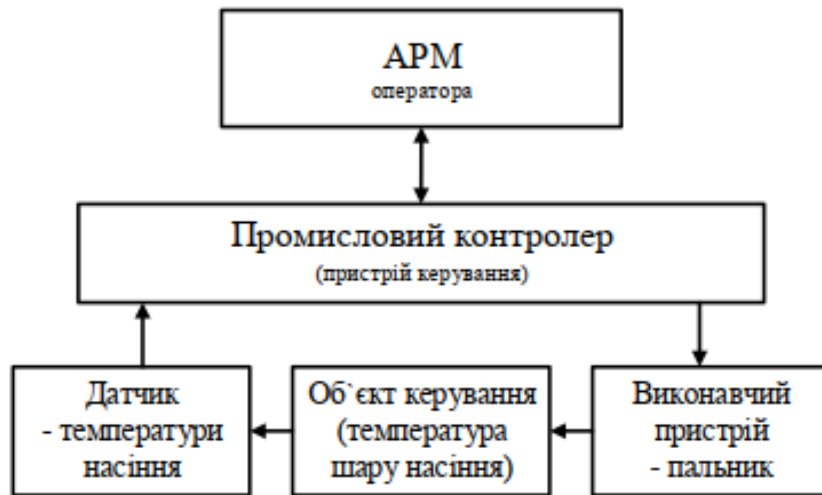


Рисунок 2.1 – Блок-схема загальної системи керування електрообладнанням зерносушарки

Виходячи з цього на першому рівні в системі автоматизації процесу сушіння знаходяться датчики температури та вологості зернової маси. В якості виконавчих механізмів на даному рівні використовуються системи керування пальником та іншими пристроями подачі та розподілу зернової маси. В якості виконавчого пристрою на даному рівні є пальник.

Для забезпечення працездатності другого рівня застосовуються різноманітні пристрої керування з певними інтерфейсами типу RS-485. В основному даний рівень представляють різноманітні промислові контролери блочного типу з готовими рішеннями.

Третій рівень, як зазначалось вище представлено автоматизованим робочим місцем з відповідною системою контролю, автоматизації та вивобом даних на графчні панелі. При цьому остаточний контроль на даному рівні залишається саме за оператором. Саме оператор обирає програму сушки зерна та задає її загальною системою автоматизації, а також здійснює остаточний контроль.

2.2 Аналіз обладнання для забезпечення апаратного обладнання системи керування

Як зазначалось вище автоматизація системи контролю виконана фактично декількома рівнями для забезпечення необхідності температурної регуляції. Підтримання необхідного температурного рівня на першому рівні забезпечується датчиками температури. Для цього в зерносушарці ДСП-32 застосовується термодатчик ОВЕН-ДТС-35М-50М. Даний термодатчик здатен вимірювати температури в діапазоні $-50...+180^{\circ}\text{C}$. Загальний вигляд термодатчика та його схема керування наведені на рисунку 2.2.

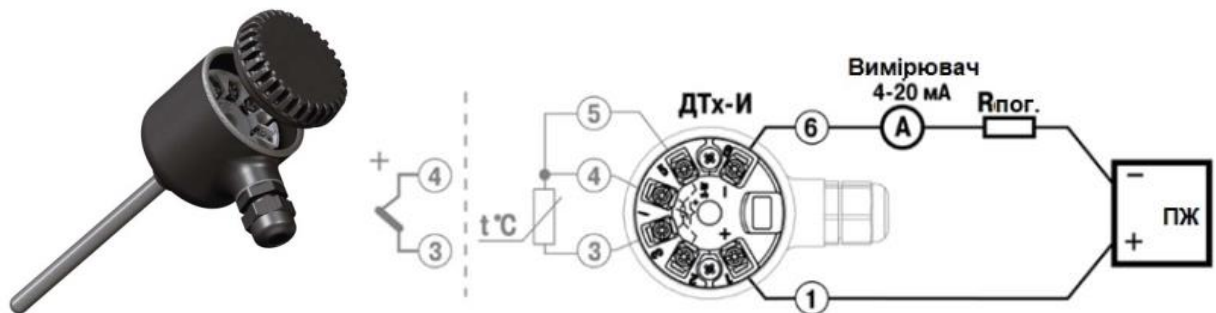


Рисунок 2.2 – Термодатчик ОВЕН-ДТС-35М-50М з схемою

Дані термодатчики є достатньо чутливими та мають необхідний діапазон вимірювання температури. Похибка вимірювання даного термодатчика становить 0,5. Також необхідно вказати основні технічні характеристики термодатчика для використання в системі автоматизації сушарки ДСП-32 в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Особливі технічні характеристики датчика для вимірювання температури

Найменування параметра	Принцип роботи	Тип	Діапазон вимірювання	Точність, %	Значення вихід. сигналу	Період оновлення	Потужність
Температура	Перетворення температури в опір	Аналоговий	мінус50 – плюс 180 $^{\circ}\text{C}$	0,5	4-20 мА	10 с	1 Вт

В якості пристроїв виконання процесу нагрівання використовується палиник. Як зазначалось вище в якості палиника використовується пристрій

серії Unigas від фірми Cinquecento. Даний пальник працює з інтерфейсом RS-485. Напруга необхідна для роботи даного пальника має бути в межах до 10В. При цьому величина струму також важлива, і знаходиться в межах від 4 мА до 20 мА.

Керування даним пальником виконується виходячи з ручного керування оператором на блоці мікропроцесорного керування, а також через пульт керування з попередньою синхронізацією пальника по інтерфейсу RS-485.

Для забезпечення контролю над процесом сушіння використовується спеціальний мікропроцесорний блок, що вміщає в себе логічний контролер з певною модульною структурою. Так на сушарці ДСП-32 в ФГ «Фортуна ДЕ» використовується мікропроцесорний блок від фірми VIPA.

Необхідною умовою використання даного пристрою є тривалість виконання програми робочого циклу, що має не перевищувати 100 мс. Дана тривалість дозволяє вчасно реагувати на зміну температури в зоні сушіння та не допускати значного перегрівання чи навіть згорання зернової маси.

Даний мікропроцесорний блок забезпечений модулем пам'яті, що вміщає 1 Кб робочої пам'яті. Даного місця вистачає для реалізації програми сушіння зерна та запису даних.

Особливістю застосування даного блоку є його модульна структура, що дозволяє під'єднати різноманітні виконавчі пристрої, що мають цифровий тип інтерфейсу. Додатково також необхідно зазначити, що даний пристрій дозволяє працювати з персональним комп'ютером та доступом до мережі інтернет.

В ДСП-32 мікропроцесорного блоку фірми VIPA використовується модуль 214-2BE-03. В даному модулі присутня пам'ять об'ємом 144 Кб та виконанням операцій з числом до 40 мкс. Загальний вигляд мікропроцесорного блоку наведено на рисунку 2.3.



Рисунок 2.3 – Загальний вигляд мікропроцесорного блоку

Основні технічні характеристики наведено в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Основні технічні характеристики модульного мікропроцесорного блоку

Найменування параметру	Значення
Тип або назва	CPU 214NET
Значення загального розміру пам'яті, кБ	144
Значення розміру області робочої пам'яті, кБ	96
Максимальна кількість модулів, штук	32
Наявність інтерфейсу Ethernet	існує
Постійна напруга живлення, В	24
Значення потужності споживання, Вт	6

Оскільки в системі керування застосовуються термодатчики з аналоговим сигналом, то необхідною умовою є використання модуля для перетворення аналогового сигналу. Для цього в системі використовується модуль 234-1BD50, з двома входами. Діапазони прийняття сигналу становлять 4-20 мА. Технічні характеристики модуля аналогового перетворювача наведені в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Характеристика модуля 234-1BD50

Найменування параметру	Значення
АЦП розрядності, біт	12
Кількість аналогових входів/виходів	2/2
Тип входу	аналоговий
Типи сигналів, допустимі діапазони значень	4-20mA, 0-10V
Значення довжини екранованого провідника, м	200
Значення потужності споживання, Вт	2,9

Контроль за всіма параметрами та вибором основних параметрів з обробкою видачою сигналу для виконання виконуються з допомогою CP240-1CA.

Необхідно зазначити, що все обладнання повинно бути однієї фірми, що дозволить здійснювати ефективну збірку всіх елементів та якісну роботу їх в загальній системі автоматизації та контролю.

Виконання під'єднання пульта керування з основним обладнанням необхідно виконувати відповідно до схеми з'єднань (рис. 2.4).



Рисунок 2.4 – Схема з'єднань для пульта керування зерносушаркою

Додатково необхідно вказати на потужність загальної системи керування та автоматизацією зерносушарки (таблиця 2.4).

Таблиця 2.4 – Зведені дані по системі контролю сушарки ДПС-32

Найменування	Пристрій	Потужність
VIPA 214-2BE03	Модуль центральний мікропроцесорний	6,00 Вт
VIPA 234-1BD50	Модуль аналогового вводу/виводу сигналів	2,90 Вт
	ОВЕН ДТС035М-50М	1 Вт
VIPA CP240-1CA20	Модуль інтерфейсу RS-485	0,75 Вт

Останнім елементом забезпечення працездатності даної системи є джерело живлення, що забезпечує роботу всього обладнання системи автоматизації та контролю. В досліджуваній системі використовується блок живлення SPD-243 з напругою живлення постійного струму 24 В. Необхідно зазначити, що даний блок живлення споживає 6 Вт.

Вхідна напруга живлення становить 85-265 В змінного значення струму. При цьому величина потужності, що подає даний блок живлення

складає 30 Вт. Загальний вигляд джерела живлення (рис. 2.5) та його технічні характеристики (табл. 2.6) наведено нижче.



Рисунок 2.5 – Загальний вигляд блока живлення системи керування

Таблиця 2.5 – Технічні дані блоку живлення

Найменування параметру	Значення
Вхідна напруга живлення змінного струму, В	~85÷~264
Значення вихідної напруги постійного струму, В	24
Потужність споживання джерела, Вт	30
Значення вихідного струму, А	1,25

Для подальшого дослідження системи контролю необхідно провести аналіз загальної схеми автоматизації та електрообладнання сушарки ДПС-32 (рис. 2.6). Необхідною умовою дослідження є зв'язок різноманітних параметрів з обладнанням системи керування різноманітних рівнів. Обов'язковою умовою є вказання розміщення датчиків на схемі.

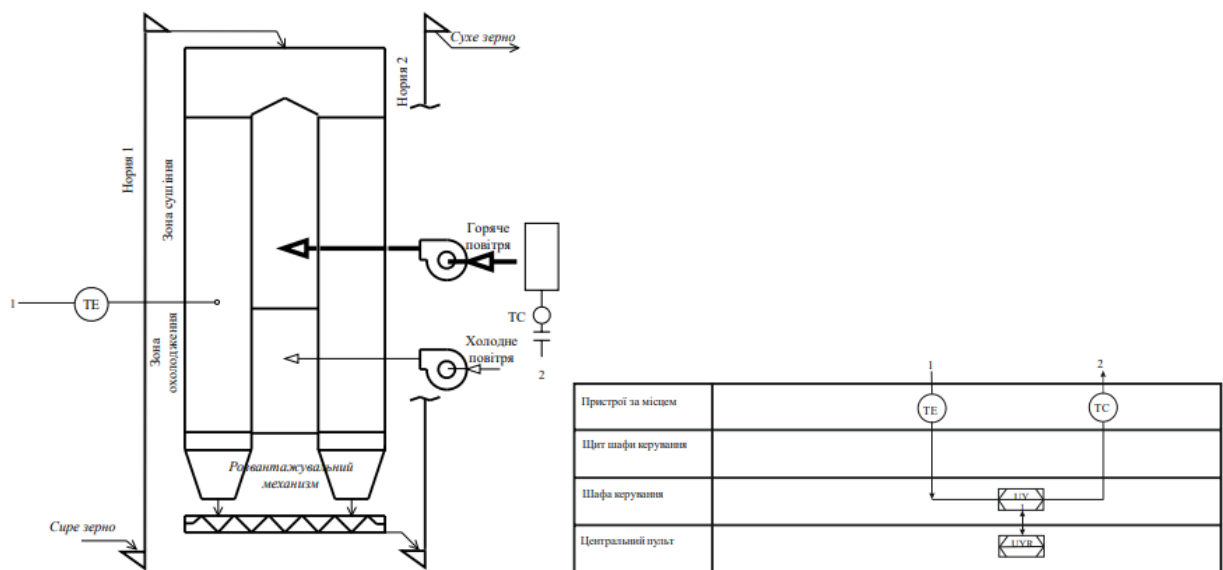


Рисунок 2.6 – Схема функціональна особливостей автоматизації зерносушарки

2.3 Особливості формування теплового балансу зерносушарки

Рівняння теплового балансу описується певними рівняннями, які необхідно враховувати при формуванні математичної моделі:

1. Рівняння визначення енергії, що затрачається на нагрівання сухої маси зерна:

$$dQ_3 = \vartheta_3(T_{\text{вих}} - T_{\text{вх}})m_3 \quad (2.2)$$

2. Рівняння визначення енергії витраченої на проведення випарювання вологи з зерна:

$$dQ_B = \vartheta_B(T_{\text{вих}} - T_{\text{вх}})(m_3\rho + m_3d\rho) \quad (2.3)$$

3. Рівняння витраченої енергії на проведення випаровування вологи з зернової маси:

$$dQ_{\text{вип}} = -r_{\text{вип}}m_3d\rho \quad (2.4)$$

4. Рівняння витраченої енергії на проведення процесу нагрівання пару:

$$dQ_{\text{пар}} = \vartheta_{\text{пар}}(T_{\text{вип}} - T_{\text{вх}})m_3(-d\rho) \quad (2.5)$$

В даних рівняннях dQ це певна кількість тепла, що затрачається на процес сушіння зернової маси з врахуванням процесу випаровування.

При визначенні процесу сушіння необхідно враховувати енергію, що віддається повітрям:

$$dQ_{\text{пар}} = m_{\text{воз}}(T_{\text{ва}} - T_{\text{вп}})\vartheta_{\text{воз}} \quad (2.6)$$

$$m_{\text{в}} = m_3\rho; m_{\text{пар}} = m_3d\rho \quad (2.7)$$

де ρ – величина відносної вологості зернової маси;

$m_{\text{в}}$ – кількість водяної пари в зернині;

$m_{\text{пар}}$ – кількість пари в зернині.

Величина швидкості подачі теплової енергії в сушарку прямо пропорційна до різниці значення температури:

$$dQ = k_2(T_{\text{ва}} - T_{\text{вх}})dt \quad (2.8)$$

де $T_{\text{вх}}$ – початкове значення температури зернової маси;

$T_{\text{ва}}$ – значення температури, що проходить в середині основного процесу сушіння.

$$T(t) = T_{\text{вх}}; T_{\text{вих}} = T(t) + dT \quad (2.9)$$

$$k_2(T_{\text{ва}} + T(t))dt = \vartheta_3 m_3 dT + \vartheta_{\text{в}} m_3 (\rho + d\rho) \Delta T - r_{\text{вип}} m_3 d\rho - \vartheta_{\text{пар}} (T_{\text{вп}} - T(t)) m_3 dt \quad (2.10)$$

$$k_2(T_{\text{ва}} + T(t)) = m_3 \left(\frac{dT}{dt} (\vartheta_3 + \vartheta_{\text{с}} (\rho + d\rho)) - (r_{\text{вип}} + \vartheta_{\text{пар}} (T_{\text{вп}} - T(t))) \frac{d\rho}{dt} \right) \quad (2.11)$$

В даних рівняннях $d\rho$ є певного роду нескінченно малою величиною.

$$\frac{k_2}{m_3} (T_{\text{ва}} + T(t)) = \frac{dT}{dt} (\vartheta_3 + \rho \vartheta_{\text{в}}) - (r_{\text{вип}} + \vartheta_{\text{пар}} (T_{\text{вп}} + T(t))) \frac{d\rho}{dt} \quad (2.12)$$

де $\frac{dT}{dt}$ – величина швидкості процесу нагрівання зернової маси;

$\frac{d\rho}{dt}$ – величина швидкості процесу зміни вологи;

$r_{\text{вип}}$ – величина відносного випаровування.

Виконаємо вираження $m_{\text{пов}}$ через величину швидкості прокачування повітря $v_{\text{пов}}$, в результаті отримаємо рівняння:

$$m_{\text{пов}} = v_{\text{пов}} dt \quad (2.13)$$

З вищеведених рівнянь можна отримати наступні вирази:

$$v_{\text{пов}} \cdot \vartheta_{\text{пов}} (T_{\text{ва}} - T_{\text{вп}}) dt = k_2 (T_{\text{ва}} - T_{\text{вх}}) dt \quad (2.14)$$

$$v_{\text{пов}} \cdot \vartheta_{\text{пов}} (T_{\text{ва}} - T_{\text{вп}}) = k_2 (T_{\text{ва}} + T(t)) \quad (2.15)$$

Значення температури зернової маси після нагріву описується рівнянням:

$$T_{\text{вп}} = T_{\text{во}} - \frac{k_2}{v_{\text{пов}} \cdot \vartheta_{\text{пов}}} (T_{\text{ва}} + T(t)) \quad (2.16)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{k_2}{m_3} (T_{\text{во}} - T) = \frac{dT}{dt} (\vartheta_3 + \rho \vartheta_B) - \left(r_{\text{вип}} + \vartheta_{\text{пар}} \left(T_{\text{во}} - \frac{k_2}{v_{\text{пов}} \cdot \vartheta_{\text{пов}}} (T_{\text{во}} - T) \right) \right) \frac{d\rho}{dt}; \\ \frac{d\rho}{dt} = k_1 (\rho - \rho_{\text{пов}}). \end{array} \right. \quad (2.17)$$

$$\frac{k_2}{m_3} (T_{\text{во}} - T) = \frac{dT}{dt} (\vartheta_3 + \rho \vartheta_B) - \left(r_{\text{вип}} + \vartheta_{\text{пар}} \left(T_{\text{во}} - \frac{k_2}{v_{\text{пов}} \cdot \vartheta_{\text{пов}}} (T_{\text{во}} - T) \right) \right) k_1 (\rho - \rho_{\text{вип}}) \quad (2.18)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{dT}{dt} = \frac{\frac{k_2}{m_3} (T_{\text{во}} - T) + \left(r_{\text{вип}} + \vartheta_{\text{пар}} \left(T_{\text{ва}} - \frac{k_2}{v_{\text{пов}} \cdot \vartheta_{\text{пов}}} (T_{\text{во}} - T) \right) \right) k_1 (\rho - \rho_{\text{пов}})}{\vartheta_3 + \rho \vartheta_B} \\ \frac{d\rho}{dt} = k_1 (\rho - \rho_{\text{пов}}). \end{array} \right. \quad (2.19)$$

Виходячи з цих рівнянь отримуємо:

$$T = T_{\text{на}} - \frac{1}{k} e^{-t \frac{k_2 m_3 - k_1}{\vartheta_3 - \rho \vartheta_3}} \quad (2.20)$$

Визначення швидкості руху зернової маси по зерносушарці необхідною умовою є складання системи рівнянь визначення її оптимального значення:

$$\begin{cases} T_3(0) = T_{па}(1 - e^{-kt_0}); \\ T_3(\tau) = T_{па}(1 - e^{-k(t_0+\tau)}). \end{cases} \quad (2.21)$$

де $T_3(0)$ – початкове значення температури зернової маси;

$T_3(\tau)$ – кінцеве значення температури зернової маси в результаті його прогріву.

В результаті можна отримати відповідний графік, що відповідає та характеризує процес сушіння (рис. 2.7).

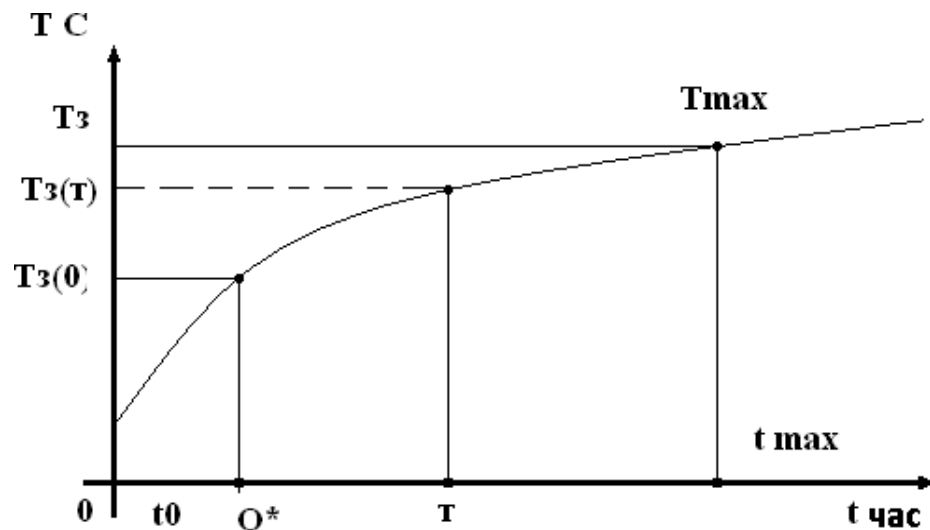


Рисунок 2.7 – Графік процесу нагрівання зернової маси для отримання необхідної системи рівнянь

З описаних вище рівнянь виникає можливість визначити температуру зернової маси за час проведення процесу нагрівання:

$$T_3(t) = T_a \left(1 - \frac{T_3(0)}{T_a} e^{-\frac{1}{\tau} \ln \frac{T_a - T_3(0)}{T_a - T_3(\tau)}} \right) \quad (2.22)$$

З даного рівняння можливо провести визначення швидкості переміщення зернової маси по сушарці для забезпечення оптимального

процесу сушіння. Для роботи даної математичної моделі необхідною умовою є формування алгоритму дій:

- проводиться замір температури зернової маси в будь який момент часу після початку виконання процесу сушіння зернової маси;
- очікування часу, який необхідний для нагрівання зерна до температури в 15°C;
- визначення параметру $T_3(t)$;
- визначення параметру T_a ;
- закладання максимального значення температури зернової маси на вході;
- з параметру повного об'єму можливо визначити параметр швидкості переміщення зернової маси в сушарці, що описується наступним рівнянням:

$$v = \frac{V_k}{\tau} \cdot \frac{\ln \frac{T_a - T_3(0)}{T_a - T_3(\tau)}}{\ln \frac{T_a - T_3(0)}{T_a - T_{max}}} \cdot k_3 \quad (2.23)$$

де k_3 – коефіцієнт, що враховує пропорційність матеріалу для проведення сушіння.

Отримана математична модель в повній мірі описує процес сушіння зернової маси з визначенням необхідних температур та необхідної швидкості процесу сушіння зернової маси.

Висновки до розділу

Проведений аналіз основних елементів електротехнічного комплексу та особливостей автоматизації системи керування дозволяють провести моделювання основних процесів їх роботи в загальній схемі сушіння зерні. Математична модель дотримання теплового балансу процесу сушіння зерна пов'язує основні параметри для ефективності сушки зернової маси та роботи обладнання.

3 ДОСЛІДЖЕННЯ ОСОБЛИВОСТЕЙ РОБОТИ ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ ТА СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ ЗЕРНОСУШИЛЬНОГО ОБЛАДНАННЯ

Для початку необхідно провести побудову основної структурної схеми переміщенні різноманітних інформаційних потоків для формування основних параметрів роботи системи автоматизації. Схема інформаційних потоків наводиться на рисунку 3.1.

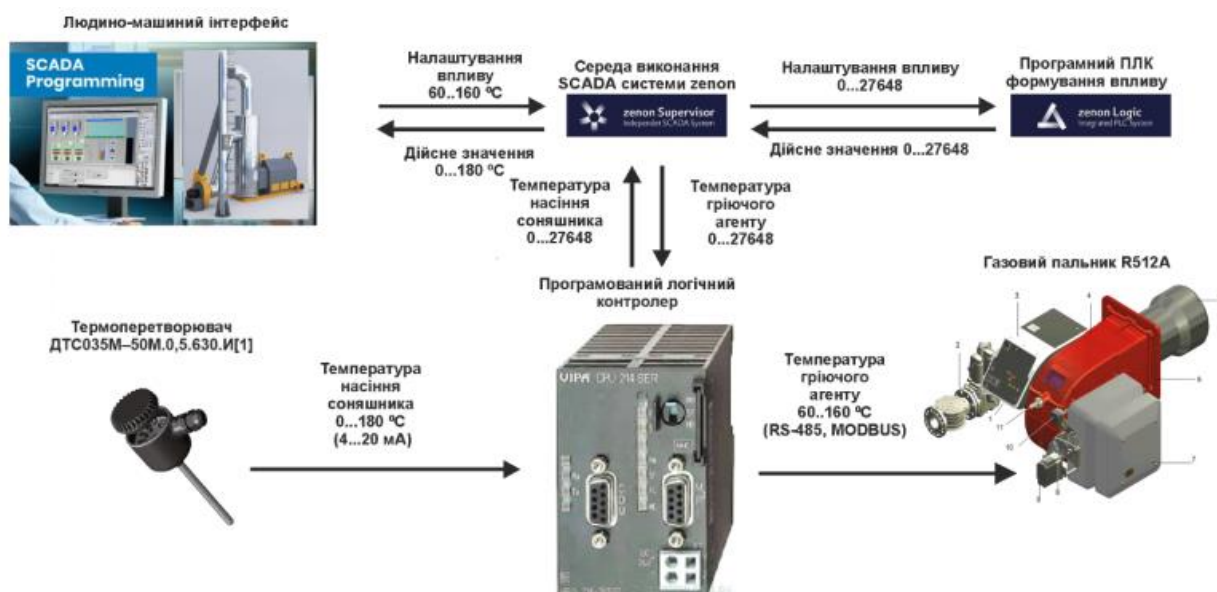


Рисунок 3.1 – Загальна схема інформаційних потоків сушарки

Наведена схема (рис. 3.1) призначена для формування та проведення операцій реєстрації впливу на керування. При цьому дана схема дозволяє провести візуалізацію основних процесів та отримання даних загальною системою.

Аналізом особливостей електротехнічного комплексу зерносушарки є проведення дослідження поведінки всієї системи. При цьому необхідною умовою є формування ключових впливів на температурні параметри сушильного агенту, а отже і на палиник.

Для проведення експерименту планується провести декілька етапів. Першим етапом проведення дослідження є виконання загального налаштування системи так, щоб зміна температури сушильного агенту

відбувалось дискретно з значення, що є мінімальним. При цьому температура зернової маси під дією сушильного агента повинна змінюватись в певному часовому проміжку до значення, що є максимально можливим для заданої зернової маси.

Другим етапом є отримання певних динамічних характеристик системи керування сушильним агентом. Загальний вигляд динамічної характеристики для сушарки ДСП-32 наведено на рисунку 3.2. Для прикладу було обрано процес сушки насіння соняшнику.

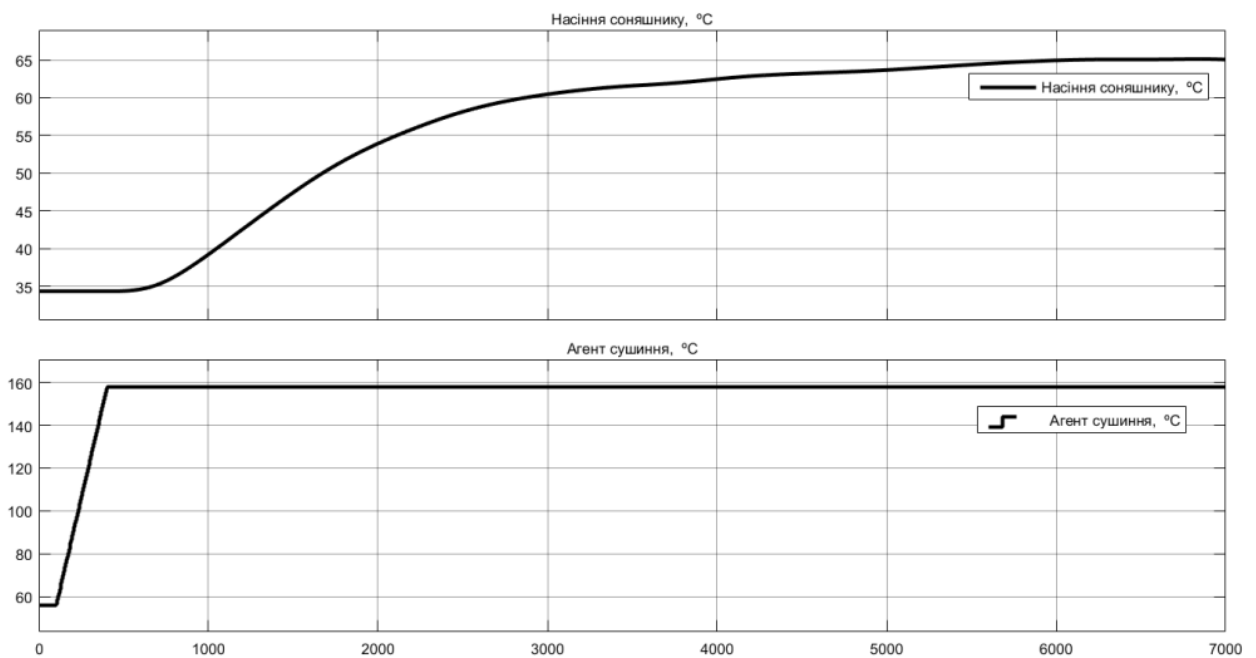


Рисунок 3.2 – Графік динамічних характеристик

Отже, як видно з рисунку 3.2 можна зробити висновок, що при зміні (майже різкій) температури сушильного агента, спостерігається плавний ріст температури насіння соняшнику. При цьому фактично стрибок температури сушильного агента супроводжується стрімкою зміною температури насіння. При утриманні температури сушильного агента на сталому рівні зернова маса продовжує плавне нагрівання.

Додатково також отримано графіки статистичних характеристик процесу сушіння (рис. 3.3). При цьому було встановлено особливості зміни сигналів керування, а отже і зміну роботи електротехнічного обладнання загальної системи керування електрообладнанням сушарки.

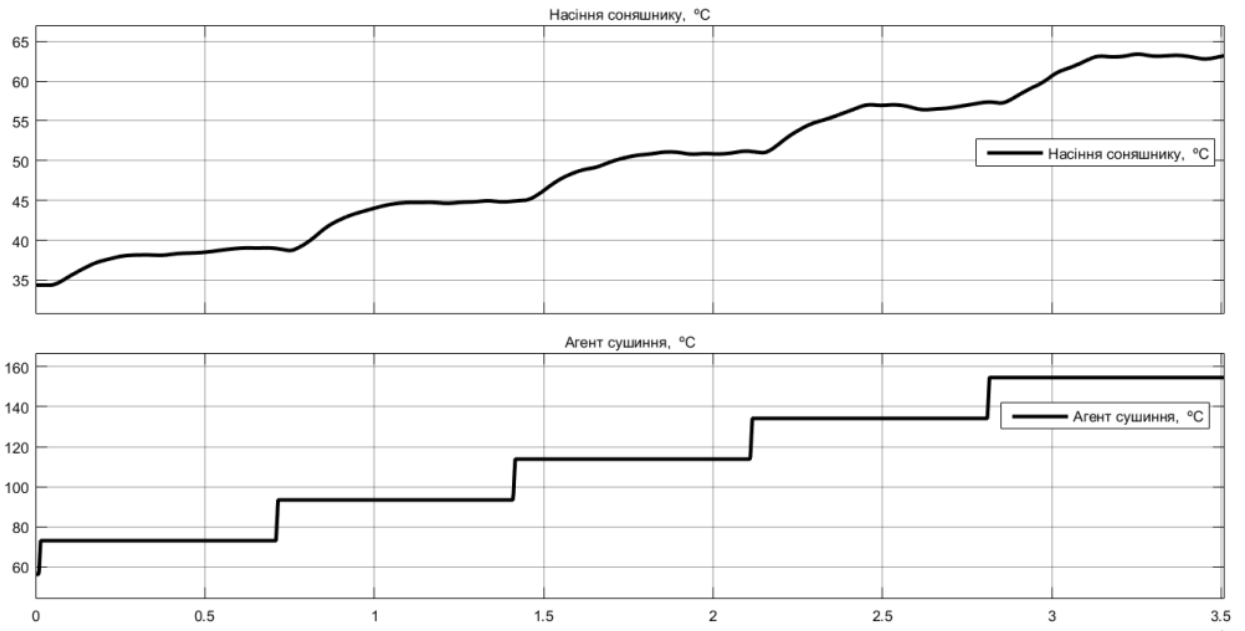


Рисунок 3.3 – Графік статистичних характеристик

З рисунків графіку статистичних характеристик за умови ступінчастої зміни температури сушильного агента виникає подібна ступінчаста зміна температури зернової маси. При чому кожна з ступіней на початковому етапі зростає а при зміні температури сушильного агента падає але не значно утворюючи велику кількість коливань.

Виходячи з аналізу графіків 3.2 та 3.3 можна зробити висновок про певне ступінчасте регулювання процесу сушіння. Це виникає в першу чергу через затримку сигналу від різноманітного обладнання по часу. Виходячи з цього можна зробити необхідне коригування процесів, що відбуваються при процесах сушіння зернових мас в тому числі насіння соняшнику.

Додатково для отримання певного П-подібного сигналу необхідно провести фактично четвертий етап дослідження. При проведенні даного типу дослідження було встановлення систему керування на нульовий рівень і було здійснено нагрівання зерна. Далі було встановлення систему керування на рівень в 100% і при досягненні усталеного типу сигналу зафіксували значення. Дані дії проводились декілька разів, що дозволило отримати результати, що наведені на рисунку 3.4. При цьому необхідно врахувати, що всі криві

потрібно отримувати для зернової маси та сушильного агенту та аналізувати їх зміну в комплексі.

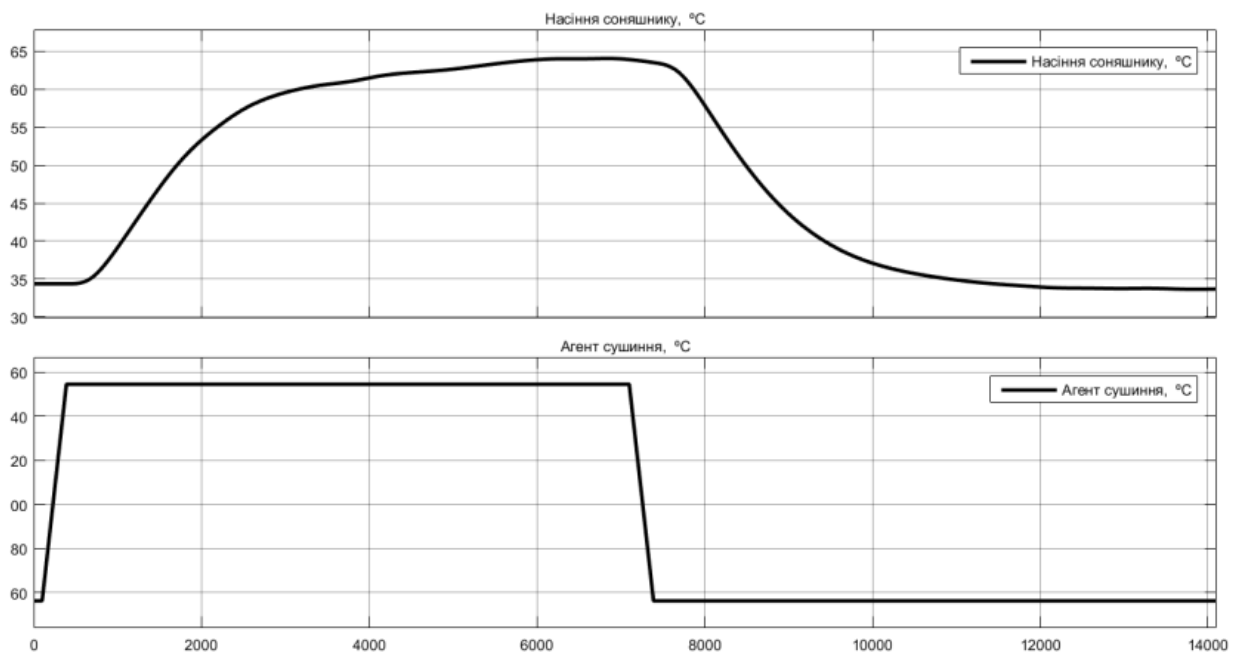


Рисунок 3.4 – Графік П-подібного керування системою сушки зерна

При П-подібній зміні температури сушильного агенту спостерігається доволі цікаві залежності температури агенту сушіння та температури зернової маси. Різка зміна температури призводить до стрімкого зростання температури зернової маси. Стале значення температури сушильного агенту сприяє плавному нагріванню зернової маси. Але різке зниження температури сушильного агенту призводить до плавної зміни температури зернової маси. Виходячи з цього можна зробити висновок, що в більшості випадків спостерігається певна плавність протікання процесів в зернових масах.

Виходячи з отриманих даних можна виконати вибір режиму роботи електротехнічного обладнання та системи автоматики. При цьому можна обрати швидке нагрівання зернової маси до певної температури з подальшим планним нагріванням чи ступінчасте нагрівання за плавною зміною або навіть швидке нагрівання та охолодження за П-подібним законом.

Все обладнання електротехнічного комплексу дозволяє забезпечити всі вищеперераховані режими сушки зерна з дотриманням температурних режимів та якісних показників виконання процесів.

Додатковою умовою є узгодження роботи шнеку для завантаження в зерносушильний бункер та температурою агенту сушіння. Даний графік наведено на рисунку 3.5.

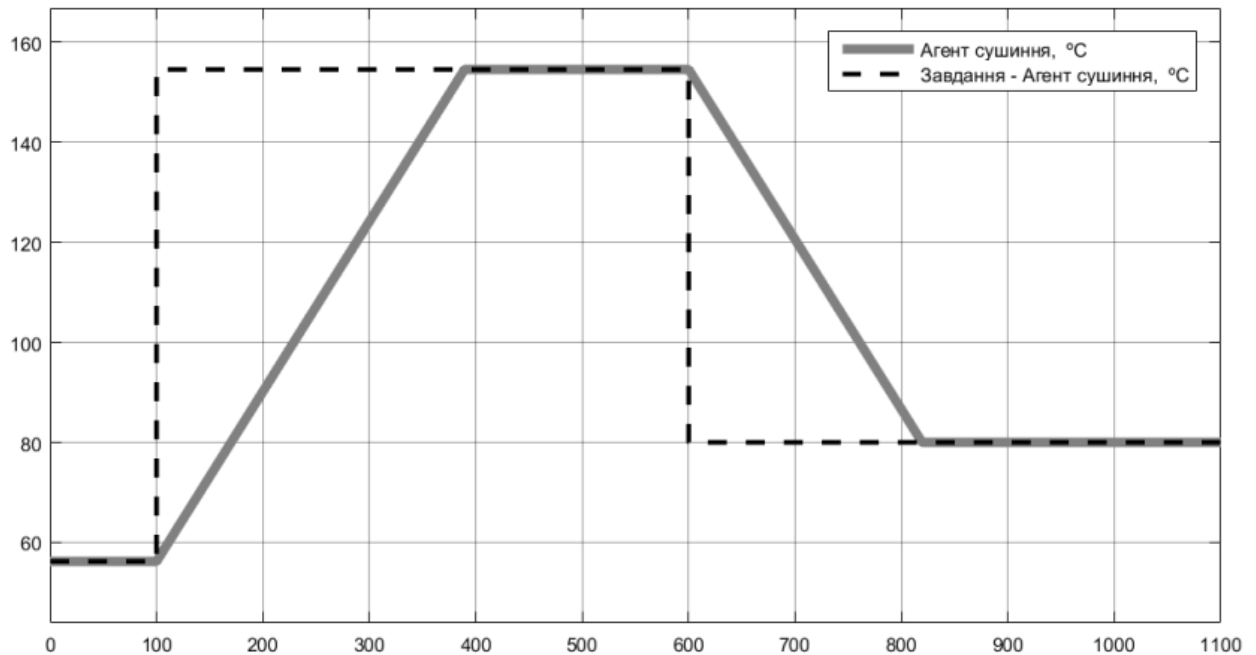


Рисунок 3.5 – Особливості узгодження роботи шнекового дозатора

З даного графіку видно, що завантаження зерновою масою шахти сушарки в часі відбувається доволі швидко, що викликає певну П-подібну зміну. При цьому і зупинка завантаження відбувається фактично різко, але змінити температуру сушильного агента змінити настільки швидко не можливо, а отже доводиться проводити синхронізацію по зміні часу регулювання параметрів.

Розглянемо загальну схему узгодження роботи електротехнічного обладнання та системи автоматизації в регулюванні температури сушильного агента (рис. 3.6). Дана схема дозволить проводити аналіз загальної роботи всього обладнання та узгодження температурних режимів роботи сушарки в цілому.

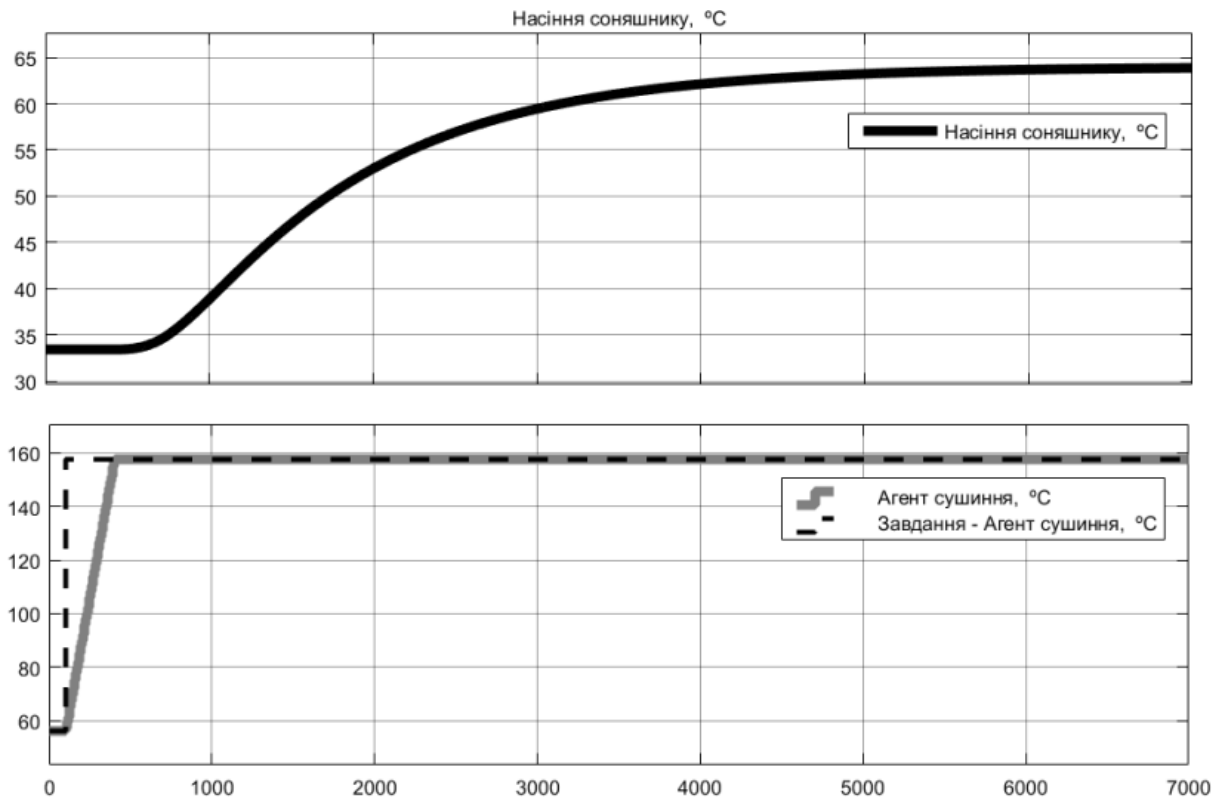


Рисунок 3.6 – Особливості узгодження обладнання зерносушарки

На рисунку 3.6 бачимо схожу картину, як і при узгодженні роботи з шнековим дозатором. Виходячи з цього основною проблемою узгодження є процес завантаження та зміни температури сушильного агенту.

Висновки до розділу

В роботі зерносушарки основним електротехнічних обладнанням є електроприводи різноманітних елементів сушарки. При цьому основним параметром для здійснення керування сушкою зернової маси є температура, а отже виникає необхідність узгодження рівня завантажування зерна та температури сушильного агенту. В результаті моделювання різних режимів роботи зерносушарок можна виконати необхідні корективи для забезпечення узгодженої роботи сушарки.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

Землеробство в будь-якому сільськогосподарському підприємстві не можливе без використання в технологічному процесі сушильного обладнання. Зерносушильне обладнання забезпечує швидкість процесу сушіння з подальшим підвищенням якісних та технологічних характеристик зернової маси. При цьому процес сушки зерна має велику кількість різноманітних небезпечних факторів, що негативно впливають в першу чергу на працівників та оточуюче середовище.

Вплив на оточуюче середовище здійснюється через викиди різноманітних шкідливих речовин в повітря. Ці шкідливі речовини пов'язані з тим, що для процесу сушіння зернової маси необхідно використовувати сушильний агент певної температури. При цьому підігрів сушильного агенту відбувається з використанням різноманітних горючих речовин, таких як, газ, дизельне паливо, відходи деревообробного виробництва, солома та інше. При спалюванні даних матеріалів виділяються димові гази, які підігрівають повітря та направляються на сушку зерна в камеру зерносушарки, а далі просто викидаються в повітря. В результаті процесу сушіння зерна з зернової маси виділяється надлишкова кількість вологи, що разом з димовими газами теж викидається в атмосферу. За умови контакту вологи з димовими газами можуть утворюватися різного роду шкідливі речовини чи навіть кислоти.

Зменшення подібного впливу можливо лише за умови використання більш екологічних способів сушіння зернової маси, таких як, НВЧ метод. При цьому в атмосферу виділяється лише волога з зернової маси без димових газів оскільки даний метод використовує електричну енергію для формування електромагнітного поля.

При цьому необхідно зауважити, що при всіх способах сушки в навколишнє середовище виділяється значна кількість теплової енергії, що негативно впливає на парниковий ефект.

Іншим негативним впливом з точки зору охорони праці є висока травмо небезпечність процесу сушки зернової маси. Отже розглянемо їх.

Зерно після збирання фактично одразу надходить на зерносушарки для зменшення його вологості та подальшого його очищення. Підвіз зернової маси виконується різноманітними вантажними автомобілями чи тракторними агрегатами. Виходячи з цього існує доволі велика ймовірність потрапити під колеса даних транспортних засобів при обслуговуванні та виконанні робіт в дворі елеваторного господарства. Тож перед початком зернозбиральних робіт проводять виконують аналіз руху транспортних засобів та прокладають їх таким чином, щоб вони мінімально перетинались з пішохідними маршрутами підприємства. При цьому водій при в'їзді до елеваторного господарства повинен подати звуковий сигнал для звернення уваги інших учасників руху. Піші працівники повинні пересуватись лише по пішохідним маршрутам та не потрапляти до сліпих зон вантажних транспортних засобів.

При виконанні процесу сушіння зерна першочергової уваги заслуговують різноманітні рухомі частини норій та завантажувально-розвантажувальних транспортерів. Всі рухомі частини повинні бути закриті відповідними кожухами та захисним обладнанням.

Доволі великої уваги потребує процес запуску сушарки та подальшого сушіння, адже тут використовується різноманітні види палива, що при необережному поводженні може призвести до виникнення пожежі. Необхідно зауважити, що велика кількість сухих зернових мас доволі легко загоряється та може нанести невиправної шкоди багатьом працівникам елеватору.

Іншою небезпекою є небезпека враження електричним струмом, що подається до різних складових частин зерносушарок чи допоміжного обладнання. Додатково необхідно зауважити, що всі елементи обладнання повинні бути заземлені, у випадку використання електричної енергії для процесу сушіння.

При проходженні процесу сушки зерна необхідно зазначити, що на працівників діє велика кількість небезпечних та шкідливих факторів. Це такі фактори як, шум, запыленість, підвищена температура, пар, електромагнітне випромінювання та інші.

Суттєвої уваги потребує запиленість особливо в закритих приміщеннях елеваторного господарства оскільки це є вибухонебезпечним явищем.

Необхідно зазначити, що для уникнення шкідливої дії вище перелічених факторів на працівників, необхідною умовою є чітке дотримання вимог охорони праці. Також, обов'язковою умовою є забезпечення всіх працівників засобами індивідуального захисту та спецодягом. Контроль за термінами використання його покладається на відповідні відділи з охорони праці та на керівника чи бригадира.

До роботи в шкідливих умовах забороняється допускати осіб, яким не виповнилося 18 років. При цьому всі працівники повинні вчасно проходити медичний огляд в медпункті підприємства чи в зазначеному закладі охорони здоров'я.

При аналізі діяльності підприємства з боку охорони праці можна зазначити високий рівень її організації. При цьому за останні роки діяльності господарства травмування чи нещасні випадки були відсутні.

Висновки до розділу

Виконання всіх заходів з охорони праці дає можливість уникнути виникнення травмонебезпечних ситуацій та летальних випадків. Наведені основні небезпечні фактори дають можливість аналізу та забезпечення працівників необхідними засобами індивідуального захисту. При цьому відсутність випадків травмування та нещасних випадків позитивно впливає на організацію праці на підприємстві та зменшує витрати на їх відшкодування.

5 ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАПРОПОНОВАНИХ РІШЕНЬ

Для визначення ефективності економічного обґрунтування пропонується почати з визначення кількості капіталовкладень в систему автоматизації, що ґрунтується на основних принципах описаних в попередніх розділах. Вартість обладнання та основні характеристики обладнання наведена в таблиці додатку А1. Отже величина капіталовкладень становить:

$$K = K_{\text{обор}} + K_{\text{дост}} + K_{\text{навч}} + K_{\text{зб}} \quad (5.1)$$

де $K_{\text{обор}}$ – вартість придбання необхідного обладнання, грн;

$K_{\text{дост}}$ – вартість доставляння обладнання, грн;

$K_{\text{навч}}$ – вартість навчання персоналу для роботи з системою автоматизації процесу сушіння, грн;

$K_{\text{зб}}$ – вартість операцій по збиранню обладнання системи автоматизації, грн.

Для розрахунку необхідно обрати наступні показники у відсотковому відношення від загальної вартості обладнання: вартість доставки становить 20%, вартість навчання складає 2% та вартість збиральних операцій становить 25 % від загальної вартості обладнання.

$$K = 1585000 + 317000 + 31700 + 396250 = 2329950 \text{грн}$$

Наступним показником є визначення річних експлуатаційних витрат на проведення сушіння зернової маси. Даний показник визначаємо з рівняння:

$$Z = Z_{\text{д}} + A + P + Z_{\text{ел}} + Z_{\text{зп}} + Z_{\text{оп}} + Z_{\text{ін}} \quad (5.2)$$

де $Z_{\text{д}}$ – затрати на отримання матеріалу, грн;

A – витрати по проведення амортизації, грн;

P – затрати пов'язані з проведенням ремонтних робіт, грн;

$Z_{ел}$ – затрати на оплату електричної енергії, грн;

$Z_{оп}$ – затрати пов'язані з витратами на охорону праці, грн;

$Z_{ін}$ – затрати пов'язані з іншими видами робіт чи послуг, грн.

Річні витрати на проведення амортизації становлять:

$$A = \frac{P_a \cdot K}{100} \quad (5.3)$$

де P_a – величина норми відрахувань на проведення амортизації, становить $P_a = 12,6\%$.

$$A = \frac{12,6 \cdot 2329950}{100} = 293573 \text{грн}$$

Відрахування на проведення ремонтів визначається з рівняння:

$$P = \frac{K \cdot H_p}{100} \quad (5.4)$$

де H_p – величина відрахувань на проведення ремонтів та різних технічних обслуговувань, становить $H_p = 5,1\%$;

$$P = \frac{5,1 \cdot 2329950}{100} = 118827 \text{грн}$$

Затрати пов'язані з закупівлею матеріалу визначаються з рівняння:

$$Z_d = 0 \cdot C_m \quad (5.5)$$

де C_m – величина собівартості закупки матеріалу, грн;

O – обсяг продукції, що необхідно обробити, м^3 .

Для розрахунку пропонується обрати зерно пшениці вартість якого в необробленому вигляді становить 3500 грн.

Значення необхідного об'єму продукції визначаються:

$$O = n \cdot E \quad (5.6)$$

де n – кількість циклів роботи камери сушарки, циклів;

E – місткість сушильної камери, м^3 .

Місткість сушильної камери визначається з рівняння:

$$E = \Gamma \cdot \beta \quad (5.7)$$

де Γ – об'єм камери відповідно до технічної характеристики, м^3 ;

β – коефіцієнт, що враховує особливості заповнення сушильної камери, $\beta = 0,9$.

$$E = 100 \cdot 0,9 = 90\text{м}^3$$

$$O = 48 \cdot 90 = 4320 \text{ м}^3/\text{год}$$

$$Z_d = 4320 \cdot 3500 = 15150000 \text{ грн}$$

Затрати на електричну енергію складають:

$$Z_{\text{ел}} = P_{\text{ус}} \cdot t_{\text{роб}} \cdot T_{\text{ел}} \quad (5.8)$$

де $P_{\text{ус}}$ – значення встановленої потужності, кВт;

$t_{\text{роб}}$ – час роботи зерносушарки за рік;

$T_{\text{ел}}$ – вартість електроенергії для підприємств, $T_{\text{ел}} = 6,9 \text{ грн/кВт} \cdot \text{год}$.

Час роботи зерносушарки за рік складає:

$$t_{\text{роб}} = (365 - B)t_{\text{доб}} - t_{\text{зав}} - t_{\text{ох}} \quad (5.9)$$

де B – дні в які камера зерносушарки вимушено простоює;

$t_{\text{доб}}$ – кількість годин в добі, год;

$t_{\text{зав}}$ – час на завантаження зернової маси до сушарки, год;

$t_{\text{ох}}$ – час на охолодження зернової маси, год.

Час, необхідний на проведення робіт з навантажування чи розвантажування зернової маси складає:

$$t_{\text{зав}} = t_{\text{п}} \cdot n \quad (5.10)$$

де $t_{\text{п}}$ – час потрібний для проведення навантажування та розвантажування однієї камери зерносушарки, год;

$$t_{\text{зав}} = 8 \cdot 48 = 384 \text{ год}$$

Час, необхідний для проведення охолодження зернової маси визначається:

$$t_{\text{ох}} = 1 \cdot 3 \cdot 48 = 144 \text{ год}$$

$$t_{\text{роб}} = (365 - 30) \cdot 24 - 384 - 144 = 7512 \text{ год}$$

$$Z_{\text{ел}} = 36 \cdot 7512 \cdot 6,9 = 1\,865\,981 \text{ грн}$$

Затрати на виплату заробітної плати складають:

$$Z_{\text{зп}} = \Phi_{\text{опл}} + \Phi_{\text{від}} \quad (5.11)$$

де $\Phi_{\text{опл}}$ – фонд для здійснення оплати праці;

$\Phi_{\text{від}}$ – різноманітні відрахування в фонди;

$$\Phi_{\text{опл}} = (ЗП_{\text{опер}} + ЗП_{\text{роз}} + ЗП_{\text{слюс}}) \cdot К \quad (5.12)$$

де $ЗП_{\text{опер}}$, $ЗП_{\text{роз}}$, $ЗП_{\text{слюс}}$ – заробітна плата, що отримують відповідно оператори, розкладчики та слюсарі електромонтери;

$К$ – коефіцієнт що враховує районування виконання робіт.

$$ЗП_{\text{опер}} = 3 \cdot 11000 \cdot 12 = 396000 \text{грн}$$

$$ЗП_{\text{слюс}} = 9500 \cdot 12 = 114000 \text{грн}$$

$$ЗП_{\text{роз}} = 15 \cdot 2 \cdot 4320 \cdot 2 = 259200 \text{грн}$$

$$\Phi_{\text{опл}} = (396000 + 114000 + 259200) \cdot 1,2 = 923040 \text{грн}$$

$$\Phi_{\text{від}} = 923040 \cdot 0,262 = 241836 \text{грн}$$

$$З_{\text{зп}} = 923040 + 241836 = 1164876 \text{грн}$$

Затрати на організацію охорони праці складають:

$$З_{\text{оп}} = \Phi_{\text{опл}} \cdot К_{\text{оп}} \quad (5.13)$$

де $К_{\text{оп}}$ – коефіцієнт відрахувань на заходи з охорони праці, 33 %.

$$З_{\text{оп}} = 923040 \cdot 0,33 = 304603 \text{грн}$$

Величина інших витрат складає 5,5 % від $\Phi_{\text{опл}}$:

$$З_{\text{ін}} = \Phi_{\text{опл}} \cdot К_{\text{ін}} \quad (5.14)$$

$$З_{\text{ін}} = 923040 \cdot 0,055 = 50767 \text{грн}$$

$$З = 15150000 + 293573 + 118827 + 1865981 + 1164876 + 304603 \\ + 50767 = 18948627 \text{грн}$$

Визначення вартості сушіння 1 м³ зернової маси:

$$\Pi_0 = C \cdot (1 + P_{\Pi}) \quad (5.15)$$

де C – величина собівартості виконання сушіння 1 м^3 ;

P_{Π} – запланована рентабельність, %.

$$C = \frac{3}{0} \quad (5.16)$$

$$C = \frac{18948627}{4320} = 4386 \text{ грн/м}^3$$

$$\Pi_0 = 4386 \cdot (1 + 0,25) = 5483 \text{ грн/м}^3$$

Знаходимо величину балансового прибутку:

$$\Pi_6 = (\Pi_0 - C) \cdot O \quad (5.17)$$

$$\Pi_6 = (5483 - 4386) \cdot 4320 = 4739040 \text{ грн}$$

Знаходимо величину рівня рентабельності виробництва:

$$P_p = \frac{\Pi_6}{C \cdot O} 100 \quad (5.18)$$

$$P_p = \frac{4739040}{4386 \cdot 4320} 100 = 25\%$$

Знаходимо термін окупності по капіталовкладенням:

$$T = \frac{K}{\Pi_6} \quad (5.18)$$

$$T = \frac{2329950}{4739040} = 0,5 \text{ року}$$

Всі отримані данні для полегшення аналізу пропонується звести в таблицю 5.1.

Таблиця 5.1 – Показники економічного обґрунтування

Показник	Значення
Величина капіталовкладень, грн	2329950
Річні експлуатаційні витрати на проведення сушіння зернової маси, грн	18948627
Вартість сушіння 1 м ³ зернової маси, грн/м ³	5483
Величина балансового прибутку, грн	4739040
Величина рівня рентабельності виробництва, %	25
Термін окупності по капіталовкладенням, років	0,5

Висновок до розділу

Виходячи з проведеної економічної оцінки запропонованих рішень по автоматизації процесу сушіння зернової маси, можна зробити висновок, що дана пропозиція є економічно вигідною з рівнем рентабельності 25 % та терміном окупності 0,5 року.

ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ

1. Основним типом зерносушарок в ФГ «Фортуна ДЕ» є зерносушарка типу ДСП-32, яка виконує сушку різноманітних культур вирощених в господарстві. Аналіз основних елементів електрообладнання, що застосовується при роботі зерносушарці показує необхідність їх узгодження за різними параметрами. Виходячи з основних елементів електрообладнання зерносушарки узгодження обладнання можливе лише з використанням системи автоматизації, яка дозволить контролювати якість висушування зернових культур. При цьому робота основного електрообладнання в повній мірі залежить від коректності розміщення та роботи датчиків вологості та температури.

2. Проведений аналіз основних елементів електротехнічного комплексу та особливостей автоматизації системи керування дозволяють провести моделювання основних процесів їх роботи в загальній схемі сушіння зерні. Математична модель дотримання теплового балансу процесу сушіння зерна пов'язує основні параметри для ефективності сушки зернової маси та роботи обладнання.

3. В роботі зерносушарки основним електротехнічним обладнанням є електроприводи різноманітних елементів сушарки. При цьому основним параметром для здійснення керування сушкою зернової маси є температура, а отже виникає необхідність узгодження рівня завантажування зерна та температури сушильного агента. В результаті моделювання різних режимів роботи зерносушарок можна виконати необхідні корективи для забезпечення узгодженої роботи сушарки.

4. Виконання всіх заходів з охорони праці дає можливість уникнути виникнення травмонебезпечних ситуацій та летальних випадків. Наведені основні небезпечні фактори дають можливість аналізу та забезпечення працівників необхідними засобами індивідуального захисту. При цьому відсутність випадків травмування та нещасних випадків позитивно впливає на організацію праці на підприємстві та зменшує витрати на їх відшкодування.

5. Виходячи з проведеної економічної оцінки запропонованих рішень по автоматизації процесу сушіння зернової маси, можна зробити висновок, що дана пропозиція є економічно вигідною з рівнем рентабельності 25 % та терміном окупності 0,5 року.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Хобін В.А, Бабіков А.Ю. Дослідження систем гарантує управління екстремальними нестационарними об'єктами з обмеженнями / Зб. наук. пр. Кіровоград. держ. техн. універ. - Кіровоград, 2002. - Вип. 11. - С. 54-57
2. Андріанов Н.М. Дослідження шахтної зерносушарки як об'єкта управління. Успіхи сучасного природознавства. 2004. № 9. - С. 86-91.
3. Ralf Joost and Ralf Salomon. «Advantages of fpga-based multiprocessor systems in industrial applications». In 31st Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society (IECON 2005). IEEE-I EON, November 2016.
4. Kholiddinov I. Kh, Musinova Gulasalkhon, Yulchiev M.E., et al. Modeling of calculation of voltage unbalance factor using Simulink (Matlab) // The American Journal of Engineering And Techonology. 2020. V.2. № 10. pp. 33-37.
5. Попова І.О. Контроль режимів роботи асинхронних двигунів при несиметрії напруг мережі: автореф. дис. на здобуття наук, ступеня канд. техн. наук: спец. 05.09.16 "Електротехнології та електрообладнання в агропромисловому комплексі" / І. О. Попова. – Мелітополь, 2003. – 20 с.
6. Калінова. П. Математичні моделі для дослідження впливу конструктивних несиметрій електричних машин на їх електромагнітні параметри/ Калінова. П., МамчурД. Г. // ВісникКДПУ. НауковіпраціКДПУ. – Вип. 3(44). – Ч. 2. - Кременчук: КДПУ, 2007. – С. 150–154
7. Гераскін О. А. Вібродіагностика ушкоджень роторів потужних асинхронних двигунів на основі польових математичних моделей: автореф. дис. канд. техн. наук : 05.09.01 / НАН України, Ін-т електродинаміки. – К., 2012. – 18 с.
8. Somka O, M. Zagirnyak, V. Prus. Reliability Models of Electric Machines with Structural Defects Proceedigs 2015 16th International Conference on “Computational Problems of Electrical Engineering” CPPE–2015, – Lviv, Ukraine, 2015. – p. 249-251.
9. Сьомка О. О. Розробка методів дослідження та прогнозування показників надійності асинхронних двигунів XV Міжнародна науково-

технічна конференція “Фізичні процеси та поля технічних і біологічних об’єктів”: Матеріали конференції. – Кременчук: КрНУ імені Михайла Остроградського, 2016. – С. 164-165.

10. Somka O., M. Zagirnyak, V. Prus, The methods for accounting the degree of electric machines aging in the assessment of their reliability 2019 IEEE International Conference on Modern Electrical and Energy Systems (MEES) – Kremenchuk, Ukraine, 2019. – P.194-197

11. Billinton and Ronald N. Allan, “Reliability Evaluation of Engineering Systems: Concepts and Techniques”, Second Edition, Springer-Verlag, Berlin 181 (Germany), 2008. – 342 p.

12. Matlab, Getting Started Guide, R2011b. The MathWorks, Inc., 3 Apple Hill Drive, Natick, MA 01760-2098, USA, 276 p.

13. Сьомка О. О., В. В. Прус Комп’ютеризований діагностичний комплекс для випробувань електричних машин на надійність Науковопрактичний журнал «Електротехніка і електромеханіка» – Харків: Національний технічний університет «ХПІ», 2015. – Вип. 3/2015 – Ст. 27–30.

14. M. Zagirnyak, V. Prus, Siomka O. Electric machine reliability prediction models taking into account the state of major structural components Proceedings of the abstracts the 15th International Conference on “Computational Problems of Electrical Engineering” CPEE–2014, – Terchova – Vratna dolina, Slovak Republic, 2014. – P. 57

15. O. Somka, V. Prus, A. Nikitina Somka O. The determination of the condition of the windings of electric machines with long mean-time-between failures 2017 International Conference on Modern Electrical and Energy Systems (MEES) – Kremenchuk, 2017. – P. 164-167.

16. M. Zagirnyak, A. Kalinov, and Zh. Romashykhina, “Decomposition of electromotive force signal of stator winding in induction motor at diagnostics of the rotor broken bars”, Scientific Bulletin of National Mining University, issue 4(154), 2016, pp. 54–61.

17. В. В. Прус, Сьомка О. О. Зміна властивостей електротехнічної сталі під впливом теплових та механічних факторів / Збірник наукових праць ХПІ

Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених і спеціалістів у місті Кременчук 8-9 квітня 2015 р. – Кременчук, КрНУ, 2015. – С. 229-230.

18. Somka O. The use of the thermal image control in the current monitoring of electric machines / M. Zagirnyak, V. Prus, O. Somka // Book of digests the 7th Symposium on Applied Electromagnetics SAEM'2018. – Podčetrtek, Slovenia, 2018. – P. 9–10

19. Somka O. The ways for the improvement of the information value of the thermal image control of electric machines with long mean time between failures / M. Zagirnyak, V. Prus, O. Somka // Przegląd Elektrotechniczny, 2019, R. 95 № 5 P. 63–66 (Польща)

20. Fedorov M. M. The improvement of the methods for forecasting the thermal state of alternating current electric motors in the unsteady conditions of their operation / Doctor's thesis in specialty 05.09.01 – Electric machines and devices, Kharkiv, NTU KhPI, (2003). – 36 p.

21. Hamid A. Toliyat, Subhasis Nandi, Seungdeog Choi, Homayoun Meshgin-Kelk, Electric Machines: Modeling, Condition Monitoring, and Fault 185 Diagnosis, London-New York: CRC Press, 2012.