

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ТАВРІЙСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРОТЕХНОЛОГІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ДМИТРА МОТОРНОГО

«На правах рукопису»
УДК 621.798:636.085.55:636.5.084

ЗАТВЕРДЖУЮ
В.о. зав. кафедри
«Електротехніка і електромеханіка
імені професора В. В. Овчарова»
доц. _____ С.В. Чаусов
"16" __червня_2026 року

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи
здобувача першого (бакалаврського) рівня вищої освіти

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ЛІНІЇ УКЛАДКИ ТА
ОБВ'ЯЗКИ ПІДДОНІВ З КОРМАМИ ДЛЯ КУРЧАТ БРОЙЛЕРІВ
“КОПИЛЯНСЬКОГО КОМБІКОРМОВОГО ЗАВОДУ ПОЛТАВСЬКОЇ
ОБЛАСТІ

21ЕЕД.10310552.06.26.000000.ПЗ

Виконав: студент 4 курсу, 41 ЕЕ групи
спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
Освітня програма: Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Здобувач вищої освіти _____ О.О. Скрипка
Керівник, к.т.н, доцент _____ В.В. Гузенко
(підпис)

Консультант, к.т.н., доцент _____ М.В. Зоря
(підпис)

Консультант, к.е.н., доцент _____ Плотніченко С. Р.
Нормоконтролер, к.т.н., доцент _____ С.В. Чаусов
Рецензент, к.т.н., доцент
кафедри ЕЕМ ДБТУ _____ А.І. Серeda

Запоріжжя, 2026 р.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ТАВРІЙСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ДМИТРА МОТОРНОГО

Факультет: Енергетики і комп'ютерних технологій

Кафедра: Електротехніка і електромеханіка імені професора В.В. Овчарова

Ступінь вищої освіти: Бакалавр

Спеціальність: 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о завідувача кафедри

"Електротехніка і електромеханіка
імені професора В.В. Овчарова"

к.т.н., доц. _ Сергій Чаусов

" 10 " березня 2026 року

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНИЙ ПРОЄКТ ЗДОБУВАЧУ

Скрипки Олександр Олександрович
1. Тема роботи: Підвищення ефективності технологічної лінії укладки та обв'язки піддонів з кормами для курчат бройлерів "Копилянського комбікормового заводу Полтавської області
керівник проєкту: Гузенко В.В., к.т.н., доцент.
затверджені наказом ректора університету від 29 вересня 2025 року № 522-С.
2. Строк подання здобувачем проєкту: 12 червня 2026 року.
3. Вихідні дані до проєкту: статистичні дані, технічне завдання на кваліфікаційний проєкт, матеріали виробничих та переддипломних практик, нормативні документи, науково-технічна література, електронні ресурси та ін.
4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):
Вступ.
1. Аналіз виробничо-господарської діяльності ТОВ "Копилянський комбікормовий завод" Полтавської області
2 Технологія виробничих процесів
3 Розрахунок і вибір силового електрообладнання
4. Розробка системи керування технологічним процесом
5. Техніко-економічні розрахунки і показники проєкту
6 .Охорона праці

Висновки.
Список літератури.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслеників):

1. Лінія укладки та обв'язки піддонів з кормами для курчат-бройлерів. Схема скомбінована функціональна
2. Цех укладки та обв'язки піддонів. Мережа внутрішньоцехова розподільча. Схема електрична принципова
3. Шафа керування лінією укладки та обв'язки піддонів з кормами. Схема електрична з'єднання шафи керування
4. Порівняння показників до і після автоматизації. Капітальні витрати проекту.

6. Консультанти розділів (підрозділ) проекту

Розділ (підрозділ)	П.І.Б, посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
5	Зоря М. В. к.т.н., доцент	12.06.2026	12.06.2026
6	Плотніченко С. Р., к.е.н., доцент	12.06.2026	12.06.2026

7. Дата видачі завдання: 10 березня 2026 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1. Аналіз виробничо-господарської діяльності ТОВ “Копилянський комбікормовий завод” Полтавської області	17.03.2026р	
2 Технологія виробничих процесів	31.03.2026 р.	
3 Розрахунок і вибір силового електрообладнання	21.04.2026 р.	
4. Розробка системи керування технологічним процесом.	19.05.2026 р.	
5. Техніко-економічні розрахунки і показники проекту	28.05.2026 р.	
6 .Охорона праці	09.06.2026 р.	
7.. Підпис керівником проекту.	12.06.2026 р.	
8. Підпис завідувачем кафедри.	16.06.2026 р.	

Здобувач _____ О. О. Скрипка

Керівник проекту, к.т.н., доцент _____ В. В. Гузенко

ЗМІСТ

ВСТУП	6
РОЗДІЛ 1 ОБҐРУНТУВАННЯ ТА ВИБІР ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЧИХ ПРОЦЕСІВ	8
1.1 Характеристика виробництва кормів для курчат-бройлерів	8
1.2 Аналіз існуючих технологій укладки піддонів	9
1.3 Аналіз технологій обв'язки піддонів	10
1.4 Огляд сучасного обладнання	12
1.5 Обґрунтування вибору технології	16
1.6 Розрахунок і вибір силового обладнання для технологічної лінії пакування	22
1.7 Визначення архітектурно-планувальних вихідних даних	25
Висновки до першого розділу	27
РОЗДІЛ 2 РОЗРОБКА СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМ ПРОЦЕСОМ	29
2.1 Загальна характеристика системи керування	29
2.2 Вибір технічних засобів автоматизації	31
2.3 Розробка алгоритму роботи лінії	34
2.4 Розробка структурної схеми системи керування	25
2.5 Опис програмного забезпечення	37
Висновки до другого розділу	38
РОЗДІЛ 3 АВТОМАТИЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ЛІНІЇ	40

					21ЕЕД.10310552.06.26.000000.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		4

3.1 Загальна характеристика системи автоматизації технологічної лінії	40
3.2 Автоматизація процесу палетування	41
3.3 Автоматизація процесу обв'язування піддонів	51
3.4 Автоматизована система керування	52
3.5 Візуалізація та диспетчеризація процесу	52
Висновки до третього розділу	53
 РОЗДІЛ 4 ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ПРОЕКТУ	 55
4.1 Загальна характеристика економічної ефективності проекту	55
4.2 Капітальні витрати на впровадження проекту	56
4.3 Розрахунок експлуатаційних витрат	58
4.4 Економічний ефект від автоматизації	61
4.5 Розрахунок загальних економічних показників	61
4.6 Соціальна ефективність проекту	62
Висновки до четвертого розділу	63
 РОЗДІЛ 5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА	 64
5.1 Аналіз умов праці	64
5.2 Небезпечні та шкідливі фактори	65
5.3 Заходи з охорони праці	66
5.4 Електробезпека	67
5.5 Пожежна безпека	68
Висновки до п'ятого розділу	69
ВИСНОВКИ	70
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	73

					21ЕЕД.10310552.06.26.000000.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

ВСТУП

У сучасних умовах розвитку агропромислового комплексу України особливого значення набуває підвищення ефективності виробничих процесів у галузі птахівництва зокрема при виробництві кормів для курчат-бройлерів. Важливим етапом є процес пакування, транспортування і підготовки продукції від зберігання до реалізації, який безпосередньо впливає на якість продукції, продуктивність праці та економічні показники підприємства.

На багатьох підприємствах процеси укладки та обв'язки піддонів з кормами залишаються недостатньо автоматизованими, що призводить до значних трудових витрат, зниження продуктивності та втрат продукції. Використання сучасних технологічних ліній, що включають транспортери, палетайзери та стрепінг-машини, дозволяє значно підвищити ефективність цих процесів.

Актуальність теми дипломної роботи зумовлена необхідністю впровадження сучасних автоматизованих рішень для оптимізації логістичних процесів на підприємствах, що виробляють комбікорми для птахівництва.

Мета роботи - підвищення ефективності технологічної лінії укладки та обв'язки піддонів з кормами для курчат-бройлерів шляхом впровадження сучасних технічних засобів та автоматизації виробничого процесу.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

- проаналізувати існуючі технології укладки та обв'язки піддонів;
- обґрунтувати вибір оптимальної технології;
- розробити структуру технологічної лінії;
- підібрати сучасне обладнання;
- оцінити ефективність впровадження.

					21ЕЕД.10310552.06.26.000000.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

Об'єкт дослідження - технологічний процес укладки та обв'язки піддонів з кормами.

Предмет дослідження - технічні та організаційні рішення щодо підвищення ефективності технологічної лінії.

У роботі використано методи аналізу, порівняння, техніко-економічного обґрунтування та елементи інженерного проектування.

Практичне значення роботи полягає у можливості впровадження запропонованої технологічної лінії на підприємствах кормовиробництва з метою підвищення продуктивності та зниження витрат.

					21ЕЕД.10310552.06.26.000000.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

РОЗДІЛ 1 ОБҐРУНТУВАННЯ ТА ВИБІР ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЧИХ ПРОЦЕСІВ

1.1 Характеристика виробництва кормів для курчат-бройлерів

Виробництво комбікормів для курчат-бройлерів є важливою складовою птахівничої галузі, оскільки від якості кормів залежить швидкість росту птиці, її продуктивність та економічна ефективність виробництва.

ТОВ «Копилянський комбікормовий завод» (Полтавська обл., с. Копили) спеціалізується на виробництві повнораціонних комбікормів та кормосумішей для сільськогосподарських тварин та птиці, зокрема для курчат-бройлерів. [1]

Основна інформація про продукцію для бройлерів (ТМ «Копилянський млин»):

- Асортимент складається з кормів для різних вікових груп курчат-бройлерів - СТАРТ (1-21 день), РІСТ (22-35 днів), ФІНІШ (6 тижнів і старші).
- Корми виготовляються за рецептурою компанії «UKRFARMFEED» під лабораторним контролем.
- За даними виробника, використання кормів «Копилянський млин» дозволяє отримати живу вагу бройлерів не менше 230 гр на 7-й день та до 3100 гр на 42-й день.
- Предстартовий та стартовий корми випускаються у вигляді дрібної крупки (крихти) та гранул (2 мм).
- Фасування у мішки вагою 10 кг та 25 кг.

До основних вимог до пакування кормів належать:

- збереження якості продукції;

					21ЕЕД.10310552.06.26.000000.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

- захист від вологи та механічних пошкоджень;
- зручність транспортування;
- можливість механізованого складування.

Комбікорми слід зберігати в сухих (вологість < 70%), темних, добре вентильованих приміщеннях при температурі нижче +10⁰С. Обов'язковим є використання піддонів щоб забезпечити циркуляцію повітря, захист від гризунів, окреме зберігання різних рецептур та дотримання термінів придатності. Транспортування здійснюється в чистих, закритих контейнерах, що запобігають забрудненню та зволоженню.

Укладання мішків на піддони дозволяє оптимізувати складські операції, підвищити ефективність логістики та зменшити втрати продукції.

1.2 Аналіз існуючих технологій укладки піддонів

На сучасних підприємствах застосовуються різні технології укладки мішків на піддони.

Ручна укладка передбачає виконання всіх операцій працівниками без використання автоматизованих систем. Цей спосіб має певні переваги - низькі капітальні витрати та простота організації. Але є й недоліки: низька продуктивність; висока трудомісткість; підвищений ризик травматизму.

Напівавтоматичні системи передбачають використання допоміжного обладнання, зокрема транспортерів. Вони дозволяють часткову механізацію процесу та підвищення продуктивності. До недоліків транспортерів відносять залежність від людського фактора, обмежену швидкість роботи.

Автоматизовані системи включають палетайзери, які виконують укладку мішків без участі людини. Ці механізми мають високу продуктивність,

					21ЕЕД.10310552.06.26.000000.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

забезпечують точність укладки та знижують трудові витрати. Значні початкові інвестиції і висока ціна можуть бути причиною відмови від використання.

Автоматичний палетайзер із конвеєром дозволяє збільшити продуктивність та зменшити витрати на оплату праці співробітникам, тому окупає себе дуже швидко. Палетайзери незамінні в тому випадку, коли потрібно запакувати велику кількість продукції за короткий час, коли товар має велику вагу або потрібно сформувати високу палету.

Для закріплення штабелю мішків до піддону використовують стрепінг-машини, які забезпечують обв'язку піддонів стрічкою.

1.3 Аналіз технологій обв'язки піддонів

Аналіз технологій обв'язки піддонів (палет) є ключовим елементом у логістиці, оскільки забезпечує цілісність вантажу, його стійкість під час транспортування та зручність вантажно-розвантажувальних робіт.

Основні технології та засоби обв'язки включають пакетоутворюючі засоби - стреп-стрічки, безпосередньо піддони, обв'язки та стяжки, що формують стабільну транспортну одиницю.

Типи матеріалів для обв'язки:

- поліпропіленові (PP) стрічки гнучкі та легкі, підходять для легких та середніх вантажів;
- поліестерові (PET) стрічки міцні та мають високу стійкість від ударних навантажень;
- сталеві стрічки використовуються для дуже важких або гострих вантажів.

					21ЕЕД.10310552.06.26.000000.ПЗ	Аркуш
						10
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

В залежності від типу виробництва на підприємствах застосовують наступні методи обв'язки:

- ручна обв'язка з використанням ручного інструменту (натягувачі, кліщі) для невеликих обсягів виробництва;
- напівавтоматичні машини підвищують швидкість пакування, потребують оператора для розміщення стрічки;
- автоматичні системи вбудовуються в конвеєрні лінії, забезпечують максимальну продуктивність.

Для забезпечення стійкості вантажу застосовуються різні методи обв'язки. Стрепінг - найбільш поширений метод, який передбачає використання поліпропіленової або поліестерової стрічки. Його перевагами є надійна фіксація та швидкість виконання. Також для обв'язки піддонів використовується стрейч-плівка. Її перевагами є універсальність та додатковий захист від вологи.

В деяких випадках використовують комбіновані методи обв'язки, які полягають в поєднанні стрепінгу та плівки. Це дозволяє забезпечити максимальну надійність кріплення та зниження втрат при транспортуванні.

Таблиця 1.1 - Порівняння ефективності обв'язки піддонів стрейч-плівкою та стрепінг-стрічкою

Характеристика	Стрейч-плівка	Стрепінг-стрічка
Основна функція	Стабілізація, захист (пил волога)	Жорстка фіксація, стягування
Тип вантажу	Коробки, палети, легкі вантажі	Важкі вантажі, будматеріали, техніка

					21ЕЕД.10310552.06.26.000000.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

Продовження табл 1.1

Захист від зовнішнього впливу	Високий (волога, пил)	Відсутній (тільки фіксація)
Міцність фіксації	Середня	Висока (на розрив)
Матеріаломісткість	Економічна	Вища вартість при великій кількості обв'язок

1.4 Огляд сучасного обладнання

Транспортери використовуються для переміщення мішків між операціями. Основні типи транспортерів:

- стрічкові (рис. 1.1)



Рисунок 1.1 - Транспортер стрічковий для переміщення мішків з комбікормом

- роликові (рис. 1.2):

					21ЕЕД.10310552.06.26.000000.ПЗ	Аркуш
						12
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 1.2 - Транспортер роликів для переміщення мішків з комбікормом

Палетайзери діляться на два основні типи: роботизовані (гнучкі маніпулятори) та конвеєрні (низько- або високорівневі), що автоматизують укладання вантажів на піддони. Вибір залежить від продуктивності: роботи кращі для різноманітних завдань, а конвеєрні - для високих швидкостей.

Роботизовані палетайзери (Robot Palletizer) мають механічну руку-маніпулятор, що піднімає продукт (коробки, мішки) і укладає його на піддон (рис. 1.3). Гнучкі у налаштуваннях, можуть обслуговувати кілька ліній, компактні.



Рисунок 1.3 - Роботизований палетайзер

Традиційні (конвеєрні) палетайзери бувають:

					21ЕЕД.10310552.06.26.000000.ПЗ	Аркуш
						13
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- низькорівневі; продукт подається на низькій висоті, формуються шари, які потім опускаються на піддон, зручні для обслуговування;

- високорівневі; продукт піднімається конвеєром вгору, там формується шар і укладається на піддон, що стоїть нижче, мають дуже високу швидкість.

Портальні палетайзери (рис.1.4) являють собою конструкцію, що переміщується по горизонтальних та вертикальних осях (координатний робот), захоплюючи та укладаючи вантаж.



Рисунок 1.4 - Портальний палетайзер

За рівнем автоматизації палетайзери діляться на автоматичні (рис. 1.5), які працюють без участі людини, інтегровані у виробничу лінію, та напівавтоматичні (рис. 1.6), що вимагають присутності оператора для запуску циклу або маніпуляцій з піддоном (популярні на невеликих складах).

					21ЕЕД.10310552.06.26.000000.ПЗ	Аркуш
						14
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 1.5 - Автоматичний палетайзер

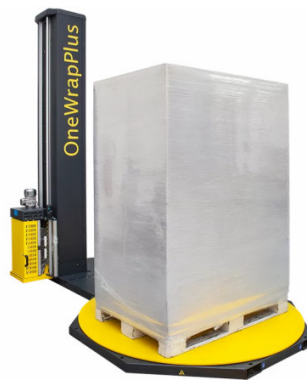


Рисунок 1.6 - Напіваавтоматичний палетайзер

Обладнання для стрепінг пакування призначене для надійного фіксування вантажів за допомогою поліпропіленових або металевих стреп-стрічок. До обладнання для стрепінг пакування належать:

- стрепінг-машини автоматичні (рис. 1.7) та напіваавтоматичні;

					21ЕЕД.10310552.06.26.000000.ПЗ	Аркуш
						15
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 1.7 - Стрепінг-машина автоматична

- ручні пристрої для натягу та обрізки стрічки (рис.1.8);
- допоміжні механізми для підготовки та транспортування вантажу.



Рисунок 1.7 - Стрепінг-машина ручна

1.5 Обґрунтування вибору технології

Вибір технології укладки та обв'язки піддонів з кормами для курчат-бройлерів є одним із ключових етапів проектування виробничої лінії, оскільки саме від рівня автоматизації та технічного оснащення залежить продуктивність підприємства, собівартість продукції, ефективність використання трудових ресурсів і якість виконання складсько-транспортних операцій.

					21ЕЕД.10310552.06.26.000000.ПЗ	Аркуш
						16
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

На сучасних підприємствах комбікормової промисловості особливого значення набуває автоматизація логістичних процесів, пов'язаних із транспортуванням, укладанням і фіксацією продукції на піддонах. Це пояснюється значними обсягами виробництва, високою інтенсивністю роботи та необхідністю мінімізації втрат продукції під час транспортування і зберігання.

Під час вибору технології було проаналізовано три основні варіанти організації виробничого процесу:

- ручна технологія;
- напіваавтоматична система;
- автоматизована технологічна лінія.

Основною перевагою ручного способу є незначний обсяг початкових інвестицій, оскільки підприємству не потрібно закуповувати складне обладнання. Крім того, ручна система характеризується простотою організації та обслуговування.

Проте ручна технологія має значну кількість недоліків: низька продуктивність праці; значні фізичні навантаження на персонал; високий ризик травматизму; нерівномірність укладки мішків; збільшення втрат продукції через пошкодження упаковки; складність забезпечення стабільної якості роботи. При збільшенні обсягів виробництва ефективність ручної праці різко знижується, а витрати на оплату праці суттєво зростають.

Напіваавтоматичні системи передбачають використання окремих механізованих елементів, наприклад транспортерів або механічних підйомників, при збереженні частини ручних операцій. Використання транспортерів дозволяє прискорити процес транспортування мішків, зменшити фізичне навантаження та покращити організацію виробництва. Однак укладання

					21ЕЕД.10310552.06.26.000000.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

мішків на піддони та їх фіксація часто залишаються ручними операціями, що обмежує загальну продуктивність системи.

Основними недоліками напівавтоматичних систем є залежність від людського фактора, обмежена швидкість роботи, недостатня точність укладки та потреба у значній кількості персоналу. Такі системи є ефективними лише для підприємств із середнім рівнем виробництва, тоді як для великих комбикормових підприємств вони не забезпечують необхідної продуктивності.

Автоматизована технологічна лінія, яка пропонується для ТОВ «Копилянський комбикормовий завод» (Полтавська обл., с. Копили), включає комплекс взаємопов'язаного обладнання:

- транспортери;
- автоматичний палетайзер PAL 1100 (рис. 1.7);
- автоматичну стрепінг-машину TP-6000 (рис. 1.8);
- систему автоматичного керування.

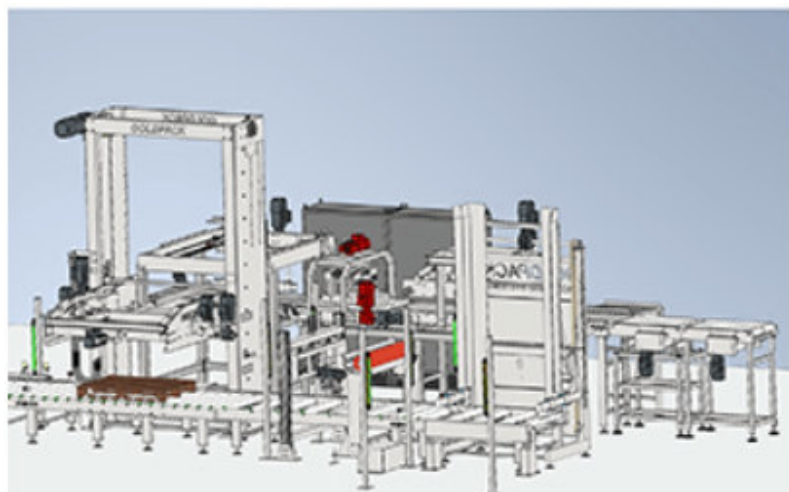


Рисунок 1.7 - Автоматичний палетайзер PAL 1100

					21ЕЕД.10310552.06.26.000000.ПЗ	Аркуш
						18
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 1.8 - Автоматична стрепінг-машина ТР-6000

У запропонованій системі транспортери забезпечують безперервне переміщення мішків із кормом між технологічними операціями. Палетайзер автоматично формує шари та укладає мішки на піддон відповідно до заданої схеми, а стрепінг-машина виконує обв'язку піддону поліпропіленовою стрічкою для забезпечення стійкості вантажу. Технологічний процес пакування показано на структурній схемі рис. 1.9.

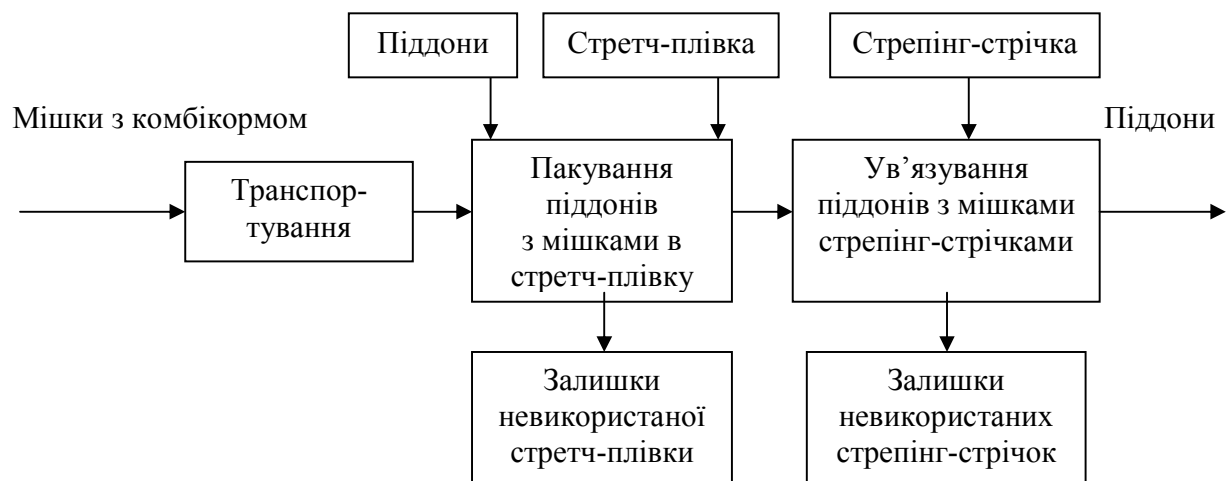


Рисунок 1.9 - Схема структурна технологічного процесу пакування мішків з комбікормом на піддони

					21ЕЕД.10310552.06.26.000000.ПЗ	Аркуш
						19
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Основними перевагами автоматизованої лінії є:

- висока продуктивність;
- стабільна якість укладки;
- мінімізація втрат продукції;
- зменшення потреби у ручній праці;
- зниження ризику травматизму;
- можливість безперервної роботи;
- покращення умов праці персоналу.

Технічні характеристики обраного обладнання зведені в табл. 1.2.

Таблиця 1.2 - Технічні характеристики обраного обладнання

Параметр	PAL 1100	TP-6000
1	2	3
Тип обладнання	Автоматичний палетайзер	Автоматична стрепінг-машина
Призначення	Укладання мішків/пакетів на піддони	Обв'язка піддонів поліпропіленовою стрічкою
Принцип роботи	Пошарове палетування	Автоматична стрепінг-обв'язка
Система керування	PLC-контролер	Електромеханічна система

					21ЕЕД.10310552.06.26.000000.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

Продовження табл 1.2

Продуктивність	800 мішків/год	29 обв'язок/хв
Тип стрічки	-	РР (поліпропіленова)
Ширина стрічки	-	8-15,5 мм
Сила натягу	-	7-70 кг
Тип транспортування	Конвеєрна подача	Роликовий стіл
Тип палетування	Пошарове	-
Електроживлення	380 В	220/380 В
Частота струму	50 Гц	50/60 Гц
Споживана потужність	3-5 кВт (залежно від комплектації)	0,4-0,65 кВт
Маса	1500 кг	220 кг
Особливості	Автоматичне формування шарів, PLC-керування	Автоматичне натягування та термозварювання стрічки

На підставі схеми структурної технологічного процесу та визначеного технологічного обладнання розробляємо схему комбіновану функційну, яка є основним технологічним документом, що визначає функційну структуру технологічного процесу (рис. 1.10).

					21ЕЕД.10310552.06.26.000000.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

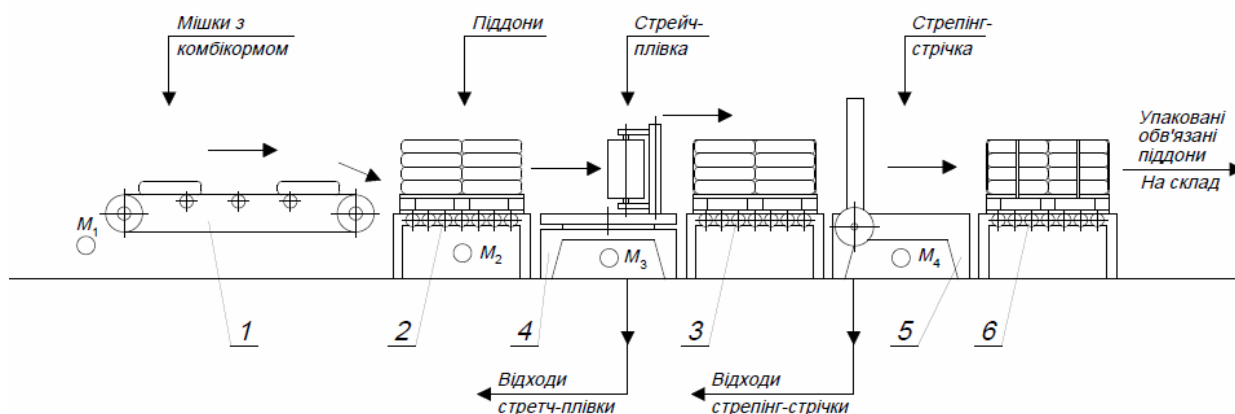


Рисунок 1.10 - Схема комбінована функційна технологічного процесу: 1 - стрічковий транспортер; 2, 3, 6 - роликові транспортери; 4 - автоматизований палетайзер; 5 - стрепінг-машина

Хоча автоматизована лінія потребує значних початкових інвестицій, її впровадження забезпечує скорочення витрат на оплату праці, зниження втрат продукції, підвищення продуктивності та зменшення простоїв. Термін окупності запропонованої системи становить менше одного року, що підтверджує економічну ефективність впровадження.

1.6 Розрахунок і вибір силового обладнання для технологічної лінії пакування

Основним завданням розрахунку є визначення встановленої потужності, розрахункової потужності, струмового навантаження та вибору електродвигунів та апаратів захисту.

Визначення встановленої потужності обладнання (табл. 1.3):

					21ЕЕД.10310552.06.26.000000.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

Таблиця 1.3 - Потужність обладнання

Обладнання	Кількість	Потужність, кВт	Загальна потужність, кВт
Стрічковий транспортер	1	1,5	1,5
Роликовий транспортер	2	1,1	2,2
Палетайзер PAL 1100	1	5,0	5,0
Стрепінг-машина TP-6000	1	0,65	0,65
Допоміжне обладнання		0,2	0,2
Разом			9,55

Визначення розрахункової потужності

Оскільки обладнання не працює одночасно з максимальним навантаженням, застосовується коефіцієнт завантаження $K_z = 0,85$, тоді розрахункова потужність:

$$P_{\text{розр}} = 9,55 \times 0,85 = 8,12 \text{ кВт.}$$

Розрахунок струмового навантаження

Для трифазної мережі 380 В струм визначається за формулою:

$$I = \frac{P_{\text{розр}}}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \varphi},$$

Де U - напруга в мережі; $U = 380 \text{ В}$;

$\cos \varphi = 0,8$.

$$I = \frac{8120}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,8} = 15,4 \text{ А.}$$

					21ЕЕД.10310552.06.26.000000.ПЗ	Аркуш
						23
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вибір електродвигунів

Для транспортерів і палетайзера обираємо асинхронні трифазні двигуни серії AIP (табл. 1.4).

Таблиця 1.4 - Вибір електродвигунів

Обладнання	Тип двигуна	Потужність, кВт	Частота обертання, об/хв
Стрічковий транспортер	AIP90L4	1,5	1500
Роликовий транспортер	AIP80B4	1,1	1500
Палетайзер PAL 1100	AIP112M4	4,0	1500

Для струму 15,4 А обираємо мідний кабель тип ВВГнг; переріз 4 мм²; допустимий струм до 27 А. Це забезпечує необхідний запас по навантаженню.

Вибір автоматичного вимикача

Номінальний струм автомата:

$$I_{\text{авт}} = 1,25 \times I_{\text{розр}} = 1,25 \times 15,4 = 19,25 \text{ А.}$$

Приймаємо автоматичний вимикач 20 А, триполюсний, характеристика С.

Вибір магнітних пускачів

Для двигунів транспортерів обираємо пускачі 9-12 А, для палетайзера - пускач 25 А.

Розрахунок споживання електроенергії

При роботі 8 год/добу:

					21ЕЕД.10310552.06.26.000000.ПЗ	Аркуш
						24
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$W_d = 8,12 \times 8 = 64,96 \text{ кВт/год.}$$

За місяць (22 робочі дні) споживання електроенергії:

$$W_{\text{міс}} = 64,96 \times 22 = 1429 \text{ кВт/год.}$$

1.7 Визначення архітектурно-планувальних вихідних даних

Будівлі, споруди підприємств мають відповідати будівельним нормам і правилам, санітарним нормам проектування промислових підприємств [21], а також галузевим нормативним документам.

Організація робочого місця у значній мірі впливає на умови праці та її ефективність. Основним елементом організації робочого місця є компоновка обладнання, вибір основних та допоміжних пристроїв, які забезпечують безпеку праці. Правильний розташунок дозволяє найбільш раціонально організувати робочі місця, забезпечувати безпеку, зменшувати втому працюючих, а відтак підвищувати продуктивність праці. Об'єм виробничих приміщень на одного працівника згідно із санітарними нормами приймаємо 15 м^3 , а площа приміщення - $4,5 \text{ м}^2$. Ширина основних проходів усередині цехів та ділянок має бути не менша 1,5 м, а ширина проїздів - 2,5 м. Висота виробничих приміщень повинна бути 4 м [21, 22]. Будівельні параметри приміщень зводимо в табл. 1.5.

Таблиця 1.5 - Будівельні параметри приміщень пакувального цеху

Назва приміщення	Довжина, м	Ширина, м	Площа, м^2	Висота стелі, м	Матеріал стін
1. Відділення пакування піддонів	18,0	9,0	162,0	4,0	Бетонні плити
2. Електрощитова	5,0	3,0	15,0	4,0	Бетонні плити

					21ЕЕД.10310552.06.26.000000.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

Приміщення цеху пакування мішків з комбікормом має статус особливо небезпечного, що характеризуються наявністю в ньому двох факторів небезпеки: струмопровідна залізобетонної підлоги; можливість одночасного дотику людини до металоконструкцій, що мають з'єднання із землею, технологічних апаратів, механізмів і т.д., з одного боку, і до металевих корпусів електроустановок - з іншого.

На основі плану приміщень об'єкту будівництва, з урахуванням геометричних обмежень, визначається його розташунок (рисунок 1.11):

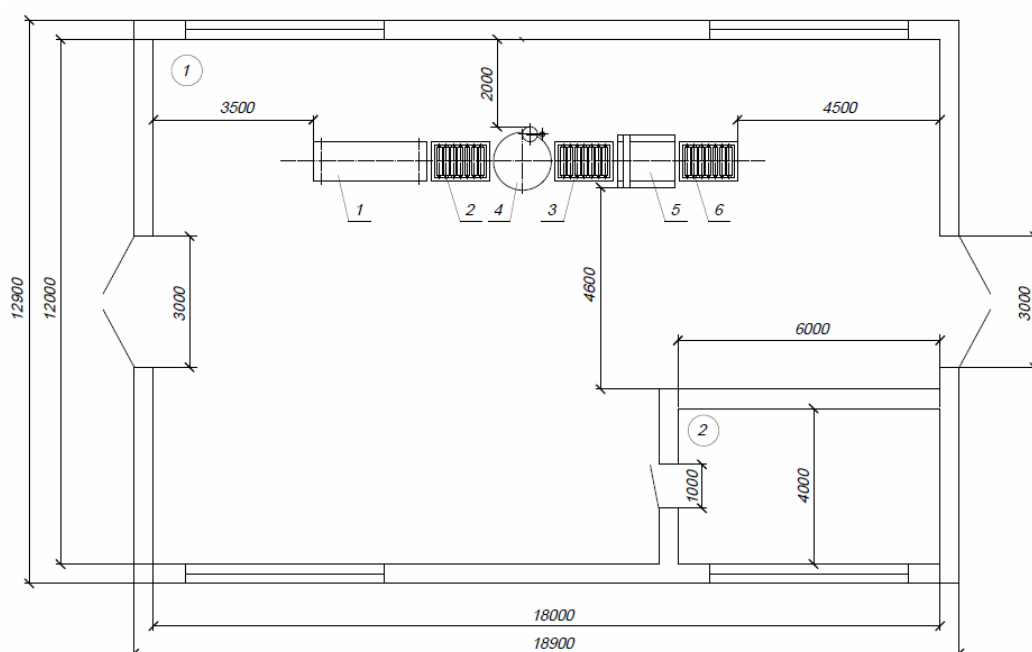


Рисунок 1.11 - План приміщень об'єкту будівництва: 1 - стрічковий транспортер; 2, 3, 6 - роликові транспортери; 4 - автоматизований палетайзер; 5 - стретпінг-машина

					21ЕЕД.10310552.06.26.000000.ПЗ	Аркуш
						26
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

При опису призначення обраних приміщень характеристики за умовами навколишнього середовища та можливості поразки персоналу електричними струмом заносяться в таблицю 1.6.

Таблиця 1.3 - Характеристика приміщень цеху пакування мішків з комбікормом

Найменування приміщення	Характеристика приміщень	
	за умовами навколишнього середовища	за ступенем ймовірності ураження ел. струмом
1. Відділення пакування	Сухе	Особливо небезпечне
2. Електрощитова	Сухе	Особливо небезпечне

Висновки до першого розділу

На основі проведеного аналізу встановлено, що найбільш ефективним рішенням для підприємства є впровадження автоматизованої технологічної лінії укладки та обв'язки піддонів з кормами для курчат-бройлерів. Використання сучасних транспортерів, палетайзера та стрепінг-машини дозволить підвищити продуктивність виробництва, знизити трудові витрати та покращити якість логістичних процесів.

В першому розділі дипломного проекту було проаналізовано технологію пакування та обв'язки мішків з комбікормом для курчат-бройлерів на піддонах, в результаті чого було скомпоновано технологічну лінію пакування. Розташували технологічне обладнання в приміщенні з урахуванням особливостей процесу пакування. Проведено оцінку характеру умов

					21ЕЕД.10310552.06.26.000000.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

навколишнього середовища в приміщенні. Оцінено ймовірність враження електричним струмом персоналу як особливо небезпечна.

					21ЕЕД.10310552.06.26.000000.ПЗ	Аркуш
						28
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 2 РОЗРОБКА СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМ ПРОЦЕСОМ

2.1 Загальна характеристика системи керування автоматичною лінією укладки та обв'язування піддонів

Сучасні виробничі процеси у комбікормовій промисловості характеризуються високим рівнем автоматизації, що дозволяє підвищити продуктивність обладнання, забезпечити стабільну якість продукції та знизити вплив людського фактора. Одним із важливих напрямів автоматизації є створення систем керування технологічними лініями укладки та обв'язування піддонів.

Система керування технологічною лінією являє собою сукупність технічних і програмних засобів, призначених для автоматичного контролю та координації роботи всіх елементів виробничого процесу. До складу системи входять програмований логічний контролер, датчики, виконавчі механізми, операторська панель та програмне забезпечення для моніторингу і керування.

Запропонована система забезпечує автоматичне виконання таких операцій:

- транспортування мішків із кормом;
- формування шарів продукції;
- укладання мішків на піддони;
- переміщення готового піддону;
- обв'язування піддону стрічкою;
- контроль параметрів роботи обладнання.

					21ЕЕД.10310552.06.26.000000.ПЗ	Аркуш
						29
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Автоматизація технологічної лінії дозволяє значно підвищити ефективність виробництва, скоротити витрати праці та забезпечити безпечні умови роботи персоналу.

Основним призначенням системи керування є забезпечення безперервної, стабільної та безпечної роботи технологічної лінії укладки й обв'язування піддонів із кормами для курчат-бройлерів.

Система повинна виконувати автоматичне керування обладнанням, синхронізацію роботи всіх механізмів, контроль параметрів технологічного процесу, захист обладнання від аварійних режимів та передачу інформації оператору. Крім того, система повинна забезпечувати можливість швидкого налаштування параметрів роботи залежно від типу продукції та продуктивності лінії.

До основних функцій системи керування належать:

- автоматичний запуск і зупинка обладнання;
- контроль переміщення мішків транспортерами;
- підрахунок кількості мішків;
- керування роботою палетайзера;
- керування стрепінг-машиною;
- контроль аварійних ситуацій;
- сигналізація несправностей;
- візуалізація параметрів роботи.

Система також забезпечує блокування роботи обладнання у випадку перевантаження, заклинювання механізмів або відсутності продукції на лінії.

					21ЕЕД.10310552.06.26.000000.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

2.2 Вибір технічних засобів автоматизації

Для автоматизації технологічної лінії було обрано сучасні технічні засоби, які забезпечують високу надійність, простоту інтеграції та можливість подальшого розширення системи.

Основним елементом системи керування є програмований логічний контролер (PLC). Для даної лінії доцільно використовувати контролер серії Siemens SIMATIC S7-1200.

Основні переваги контролера:

- висока надійність;
- підтримка цифрових і аналогових сигналів;
- можливість підключення SCADA-систем;
- простота програмування;
- підтримка промислових мереж.

Таблиця 2.1 - Технічні характеристики контролера SIMATIC S7-1200

Параметр	Значення
Тип пристрою	Програмований логічний контролер (PLC)
Серія	SIMATIC S7-1200
Напруга живлення	24 В DC
Робоча частота процесора	до 100 кГц
Кількість дискретних входів	14-24
Кількість дискретних виходів	10-16
Аналогові входи	2-6

					21ЕЕД.10310552.06.26.000000.ПЗ	Аркуш
						31
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Продовження табл 2.1

Інтерфейс зв'язку	PROFINET / Ethernet
Пам'ять програми	до 125 КБ
Пам'ять даних	до 1 МБ
Час виконання логічної операції	0,08 мкс
Мова програмування	LAD
Робоча температура	від 0 °С до +55 °С
Ступінь захисту	IP20
Можливість розширення	Так
Монтаж	DIN-рейка
Програмне забезпечення	TIA Portal

Контролер забезпечує обробку сигналів від датчиків, керування виконавчими механізмами та виконання алгоритмів роботи лінії. Для контролю параметрів роботи лінії використовуються такі датчики:

- фотоелектричні датчики - застосовуються для визначення положення мішків на транспортері та контролю їх переміщення;
- індуктивні датчики - використовуються для контролю положення механізмів палетайзера;
- кінцеві вимикачі - призначені для обмеження руху виконавчих механізмів;
- датчики натягу стрічки - контролюють якість обв'язування піддонів.

Використання датчиків дозволяє забезпечити точність роботи обладнання та своєчасне виявлення несправностей.

					21ЕЕД.10310552.06.26.000000.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

Таблиця 2.2 - Датчики та елементи контролю у складі технологічної лінії

Тип обладнання	Модель	Призначення	Основні характеристики
1	2	3	4
Фотоелектричний датчик	Omron E3Z-D61	Визначення положення мішків на транспортері та контроль їх переміщення	Дальність спрацювання до 1 м; живлення 12-24 В DC; ступінь захисту IP67
Індуктивний датчик	SICK IME08-02BPSZW2S	Контроль положення механізмів палетайзера	Дальність спрацювання 2 мм; живлення 10-30 В DC; циліндричний корпус M8
Кінцевий вимикач	Schneider Electric XCK-M115	Обмеження руху виконавчих механізмів	Механічний роликовий важіль; струм до 10 А; ступінь захисту IP66
Датчик натягу стрічки	FMS Technology FA202	Контроль натягу стрічки під час обв'язування піддонів	Діапазон вимірювання до 500 Н; аналоговий вихід 0-10 В;

					21ЕЕД.10310552.06.26.000000.ПЗ	Аркуш
						33
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

До виконавчих механізмів системи належать електродвигуни транспортерів, приводи палетайзера, приводи стрепінг-машини, пневматичні циліндри та електромагнітні пускачі.

Для приводів використовуються асинхронні трифазні двигуни, які характеризуються високою надійністю та простотою обслуговування.

Пневматичні циліндри забезпечують переміщення окремих вузлів палетайзера та механізмів подачі продукції.

2.3 Розробка алгоритму роботи лінії

Алгоритм роботи технологічної лінії визначає послідовність виконання операцій та взаємодію всіх елементів системи.

Після надходження мішків із кормом на вхідний транспортер фотоелектричні датчики фіксують наявність продукції та подають сигнал на PLC-контролер. Контролер запускає транспортери, які переміщують мішки до палетайзера. У випадку накопичення продукції або аварійної ситуації система автоматично зупиняє транспортери.

Після надходження необхідної кількості мішків палетайзер перевіряє правильність положення мішків та формує шар продукції відповідно до заданої схеми укладки. Далі здійснюється перехід до формування наступного шару.

Після заповнення піддону він автоматично переміщується до зони обв'язування. У зоні обв'язки датчики визначають наявність піддону та подають сигнал на запуск стрепінг-машини. Машина виконує подачу стрічки, натягування, термозварювання та обрізання стрічки.

Після завершення обв'язки піддон переміщується на склад або в зону навантаження.

					21ЕЕД.10310552.06.26.000000.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

2.4 Розробка структурної схеми системи керування

Структурна схема системи керування визначає взаємозв'язок між елементами автоматизації. До складу функціональної схеми входять: PLC-контролер, датчики, операторська панель, частотні перетворювачі, електродвигуни, палетайзер та стрепінг-машина. PLC-контролер є центральним елементом системи та забезпечує обробку інформації і керування обладнанням.

Інформаційні потоки у системі поділяються на вхідні сигнали від датчиків, керуючі сигнали до виконавчих механізмів, сигнали аварійної сигналізації, інформацію для оператора. Передача даних між елементами системи здійснюється через промислові мережі та цифрові інтерфейси (рис. 2.1).

Опис роботи структурної схеми

Фотоелектричні датчики контролюють переміщення мішків на транспортерах і передають сигнали до PLC-контролера. Індуктивні датчики здійснюють контроль положення рухомих механізмів палетайзера, а кінцеві вимикачі забезпечують захист обладнання від виходу за межі допустимих положень.

PLC-контролер аналізує сигнали та формує керуючі команди для електродвигунів транспортерів, приводів палетайзера та стрепінг-машини.

					21ЕЕД.10310552.06.26.000000.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35



Рисунок 2.1 - Структурна схема системи керування

Керування швидкістю електродвигунів здійснюється через частотні перетворювачі, що дозволяє плавно регулювати швидкість, зменшити пускові струми та підвищити енергоефективність.

Операторська панель HMI/SCADA забезпечує:

- моніторинг роботи лінії;
- відображення аварій;

					21ЕЕД.10310552.06.26.000000.ПЗ	Аркуш
						36
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- зміну параметрів роботи;
- ручне керування обладнанням.

Після завершення укладки піддон автоматично подається до стрепінг-машини TP-6000, яка виконує обв'язку продукції поліпропіленовою стрічкою.

2.5 Опис програмного забезпечення

Для керування технологічною лінією використовується спеціалізоване програмне забезпечення, яке забезпечує автоматичне виконання алгоритмів роботи та моніторинг параметрів процесу.

Програмне забезпечення реалізує автоматичний режим роботи, ручний режим керування, аварійний режим та контроль стану обладнання.

Алгоритми керування реалізуються мовою LAD (Ladder Diagram), яка широко використовується у PLC-системах. Програма забезпечує синхронізацію роботи обладнання, блокування аварійних режимів та контроль часу виконання операцій.

Для моніторингу роботи лінії використовується SCADA-система, яка дозволяє оператору контролювати параметри процесу, переглядати стан обладнання, отримувати повідомлення про аварії та змінювати параметри роботи.

На екрані оператора відображаються:

- стан транспортерів;
- робота палетайзера;
- стан стрепінг-машини;
- кількість оброблених піддонів;
- аварійні повідомлення.

					21ЕЕД.10310552.06.26.000000.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

Використання SCADA-системи значно підвищує ефективність керування технологічною лінією та забезпечує швидке реагування на несправності.

Висновки до другого розділу

У другому розділі дипломної роботи було розроблено систему керування технологічною лінією укладки та обв'язування піддонів з кормами для курчат-бройлерів. Проведений аналіз показав, що використання сучасних засобів автоматизації дозволяє значно підвищити ефективність виробничого процесу, забезпечити стабільну роботу обладнання та зменшити вплив людського фактора.

У ході виконання розділу було визначено основні функції системи керування, до яких належать автоматичне транспортування продукції, керування процесами палетування та обв'язування піддонів, контроль роботи обладнання і захист від аварійних режимів.

Для реалізації системи автоматизації було обрано програмований логічний контролер Siemens SIMATIC S7-1200, який характеризується високою надійністю, широкими функціональними можливостями та підтримкою сучасних промислових мереж. Також було виконано вибір технічних засобів автоматизації, зокрема фотоелектричних та індуктивних датчиків, кінцевих вимикачів, датчиків натягу стрічки, електроприводів і частотних перетворювачів.

Розроблено алгоритм роботи технологічної лінії, який забезпечує послідовне виконання операцій транспортування, палетування та обв'язування піддонів у автоматичному режимі. Запропонований алгоритм дозволяє

					21ЕЕД.10310552.06.26.000000.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

забезпечити безперервність виробничого процесу, підвищити продуктивність лінії та мінімізувати втрати продукції.

У розділі також була розроблена структурна схема системи керування, яка відображає взаємозв'язок між PLC-контролером, датчиками, виконавчими механізмами, операторською панеллю та технологічним обладнанням. Встановлено, що центральним елементом системи є PLC-контролер, який забезпечує обробку інформації та координацію роботи всіх елементів лінії.

Окрему увагу приділено опису програмного забезпечення та SCADA-системи, які забезпечують візуалізацію технологічного процесу, моніторинг параметрів роботи обладнання та оперативне реагування на аварійні ситуації.

Таким чином, запропонована система автоматизації забезпечує:

- підвищення продуктивності технологічної лінії;
- скорочення трудових витрат;
- покращення якості укладки та обв'язування піддонів;
- підвищення безпеки праці;
- зниження ризику аварійних ситуацій;
- ефективне керування виробничим процесом.

Розроблена система керування може бути впроваджена на підприємствах комбікормової промисловості для підвищення ефективності виробництва та оптимізації логістичних операцій.

					21ЕЕД.10310552.06.26.000000.ПЗ	Аркуш
						39
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 3 АВТОМАТИЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ЛІНІЇ

3.1 Загальна характеристика системи автоматизації технологічної лінії укладки та обв'язування піддонів

Автоматизація технологічних процесів є одним із найважливіших напрямів розвитку сучасного виробництва. Впровадження автоматизованих систем керування дозволяє підвищити продуктивність обладнання, покращити якість продукції, знизити витрати електроенергії та мінімізувати вплив людського фактора на виробничий процес.

Технологічна лінія укладки та обв'язування піддонів з кормами для курчат-бройлерів включає комплекс взаємопов'язаного обладнання - транспортери, палетайзер, стрепінг-машину, систему керування, датчики контролю та операторську панель.

Автоматизація лінії передбачає створення системи, яка забезпечує:

- автоматичне транспортування продукції;
- контроль положення мішків;
- автоматичне палетування;
- автоматичне обв'язування піддонів;
- контроль роботи обладнання;
- аварійний захист.

Основною метою автоматизації є забезпечення безперервної та безпечної роботи лінії з мінімальним втручанням оператора.

					21ЕЕД.10310552.06.26.000000.ПЗ	Аркуш
						40
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.2 Автоматизація процесу пакетування

Транспортування мішків із кормом здійснюється за допомогою стрічкових та роликів транспортерів. Для автоматизації процесу використовуються:

- електродвигуни;
- частотні перетворювачі;
- фотоелектричні датчики;
- PLC-контролер.

Фотоелектричні датчики контролюють наявність мішків на транспортері та передають сигнали до PLC-контролера. На основі отриманої інформації контролер керує запуском або зупинкою електродвигунів.

Регулювання швидкості транспортерів здійснюється за допомогою частотних перетворювачів, що дозволяє:

- плавно запускати електродвигуни;
- зменшити пускові струми;
- підвищити енергоефективність;
- синхронізувати роботу обладнання.

Для приводу транспортерів використовуються асинхронні електродвигуни потужністю 1,5 кВт.

Автоматичний палетайзер PAL 1100 є складним електромеханічним комплексом, у якому для виконання технологічних операцій використовується декілька електроприводів (табл. 3.1). Кожний електродвигун відповідає за окремий рухомий вузол палетайзера та працює у взаємодії з PLC-контролером і системою датчиків.

Розрахунок приводу подаючого транспортера

					21ЕЕД.10310552.06.26.000000.ПЗ	Аркуш
						41
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вихідні дані:

- | | |
|-------------------------|---------|
| 1. Довжина транспортера | 4 м |
| 2. Швидкість стрічки | 0,4 м/с |
| 3. Маса вантажу | 80 кг |
| 4. ККД приводу | 0,85 |

Визначення тягового зусилля транспортера:

$$F = m \cdot g \cdot \mu,$$

де m - маса вантажу; $m = 80$ кг;

μ - коефіцієнт тертя; $\mu = 0,3$.

$$F = 80 \cdot 9,81 \cdot 0,3 = 235,4 \text{ Н.}$$

Розрахунок потужності двигуна

$$P = \frac{F \cdot v}{\eta} = \frac{235,4 \cdot 0,4}{0,85} = 110,8 \text{ Вт.}$$

З урахуванням запасу:

$$P_{\text{дв}} = 1,5 \text{ кВт.}$$

Розрахунок приводу вертикального переміщення

					21ЕЕД.10310552.06.26.000000.ПЗ	Аркуш
						42
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вертикальний механізм виконує підйом укладального пристрою.

Вихідні дані:

- | | |
|----------------------|----------|
| 1. Маса механізму | 180 кг |
| 2. Швидкість підйому | 0,25 м/с |
| 3. ККД механізму | 0,8 |

Визначення сили підйому:

$$F = m \cdot g = 180 \cdot 9,81 = 1765,8 \text{ Н.}$$

Розрахунок потужності:

$$P = \frac{1765,8 \cdot 0,25}{0,8} = 551,8 \text{ Вт.}$$

З урахуванням динамічних навантажень:

$$P_{\text{дв}} = 2,2 \text{ кВт.}$$

Розрахунок приводу горизонтального переміщення

Вихідні дані:

- | | |
|-------------------|---------|
| 1. Маса каретки | 120 кг |
| 2. Швидкість руху | 0,5 м/с |
| 3. ККД приводу | 0,85 |

Сила переміщення:

					21ЕЕД.10310552.06.26.000000.ПЗ	Аркуш
						43
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$F=120\cdot9.81\cdot0.2 = 235,4 \text{ Н}$$

Потужність приводу:

$$P = \frac{235,4\cdot0,5}{0,85} = 138,5 \text{ Вт.}$$

Приймаємо двигун:

$$P_{\text{дв}}=1,5 \text{ кВт}$$

Розрахунок приводу роликового транспортеру

Вихідні дані:

- | | |
|--------------------------|----------|
| 1. Маса піддона | 600 кг |
| 2. Швидкість переміщення | 0,15 м/с |
| 3. ККД | 0,8 |

Сила переміщення:

$$F = 600\cdot9.81\cdot0.05 = 294,3 \text{ Н.}$$

Потужність:

$$P = \frac{294,3\cdot0,15}{0,8} = 55,1 \text{ Вт.}$$

З урахуванням пускових навантажень:

					21ЕЕД.10310552.06.26.000000.ПЗ	Аркуш
						44
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$P_{\text{дв}} = 1,1 \text{ кВт.}$$

На основі проведених розрахунків потужності двигунів приводів палетайзера зводимо в табл. 3.1.

Таблиця 3.1 - Основні електроприводи палетайзера

Привід	Призначення	Потужність
1	2	3
Привід подаючого транспортера	Подача мішків до зони укладки	1,5 кВт
Привід вертикального переміщення	Підйом та опускання укладального механізму	2,2 кВт
Привід горизонтального переміщення	Переміщення каретки палетайзера	1,5 кВт
Привід роликового транспортеру	Переміщення піддонів	1,1 кВт

Усі приводи виконані на базі асинхронних трифазних електродвигунів, механічні характеристики асинхронного двигуна АІР112М4 див. табл. 3.2.

Таблиця 3.2 - Механічні характеристики асинхронного двигуна АІР112М4

Параметр	Позначення	Значення
1	2	3
Тип двигуна	-	Асинхронний

					21ЕЕД.10310552.06.26.000000.ПЗ	Аркуш
						45
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

		трифазний
Серія двигуна	-	AIP112M4
Номинальна потужність	P_H	5,5 кВт
Номинальна частота обертання	n_H	1430 об/хв
Синхронна частота обертання	n_0	1500 об/хв
Номинальний момент	M_H	36,7 Н·м
Максимальний момент	$M_{\max}$	91,8 Н·м
Пусковий момент	$M_{\text{пуск}}$	73,4 Н·м
Мінімальний момент	$M_{\min}$	58,7 Н·м
Відношення пускового моменту до номинального	$M_{\text{пуск}}/M_H$	2,0
Відношення максимального моменту до номинального	$M_{\max}/M_H$	2,5
Відношення мінімального моменту до номинального	$M_{\min}/M_H$	1,6
Номинальний струм (380 В)	I_H	11,5 А
Пусковий струм	$I_{\text{пуск}}$	80,5 А

Продовження таблиці 3.2

Відношення пускового струму до номинального	$I_{\text{пуск}}/I_H$	7,0
ККД	η	84,7 %
Коефіцієнт потужності	$\cos\varphi$	0,86
Частота живлення	f	50 Гц

					21ЕЕД.10310552.06.26.000000.ПЗ	Аркуш
						46
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Кількість полюсів	p	4
Напруга живлення	U	220/380 В
Ступінь захисту	IP	IP54-IP55
Режим роботи	-	S1 (тривалий)
Маса двигуна	m	38,5-55 кг

Опис механічної характеристики двигуна AIP112M4

Асинхронний двигун AIP112M4 має жорстку механічну характеристику, що означає незначну зміну частоти обертання при зміні навантаження. Така характеристика є оптимальною для приводів транспортерів, палетайзерів та іншого промислового обладнання.

Механічна характеристика двигуна описує залежність частоти обертання ротора від електромагнітного моменту:

$$n = f(M).$$

При збільшенні навантаження зростає ковзання ротора, частота обертання незначно зменшується, двигун розвиває більший електромагнітний момент.

Максимальний момент двигуна у 2,5 раза перевищує номінальний, що забезпечує стійку роботу при короткочасних перевантаженнях, надійний запуск механізмів палетайзера та стабільну роботу транспортних систем.

Пусковий струм двигуна є значним та приблизно у 7 разів перевищує номінальний струм, тому для зменшення навантаження на електромережу у системі електроприводу застосовуються частотні перетворювачі. Для керування електроприводами палетайзера застосовуються частотні перетворювачі виробництва Siemens серії SINAMICS V20.

					21ЕЕД.10310552.06.26.000000.ПЗ	Аркуш
						47
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Частотний перетворювач - це електронний пристрій, призначений для плавного регулювання швидкості обертання електродвигуна шляхом зміни частоти та напруги живлення.

Основними функціями частотних перетворювачів є:

- плавний пуск електродвигунів;
- регулювання швидкості;
- реверс двигуна;
- захист від перевантаження;
- зниження пускових струмів;
- енергозбереження.

Частотний перетворювач працює за таким принципом:

1. Напруга мережі 380 В подається на випрямляч.
2. Змінний струм перетворюється у постійний.
3. Інвертор формує змінну напругу необхідної частоти.
4. Електродвигун отримує живлення із заданими параметрами.

Швидкість обертання асинхронного двигуна залежить від частоти живлення:

$$n = \frac{60f}{p},$$

де n - частота обертання двигуна, об/хв;

f - частота струму, Гц;

p - число пар полюсів двигуна.

Таким чином, зміна частоти дозволяє плавно регулювати швидкість роботи механізмів палетайзера (рис. 3.1).

					21ЕЕД.10310552.06.26.000000.ПЗ	Аркуш
						48
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

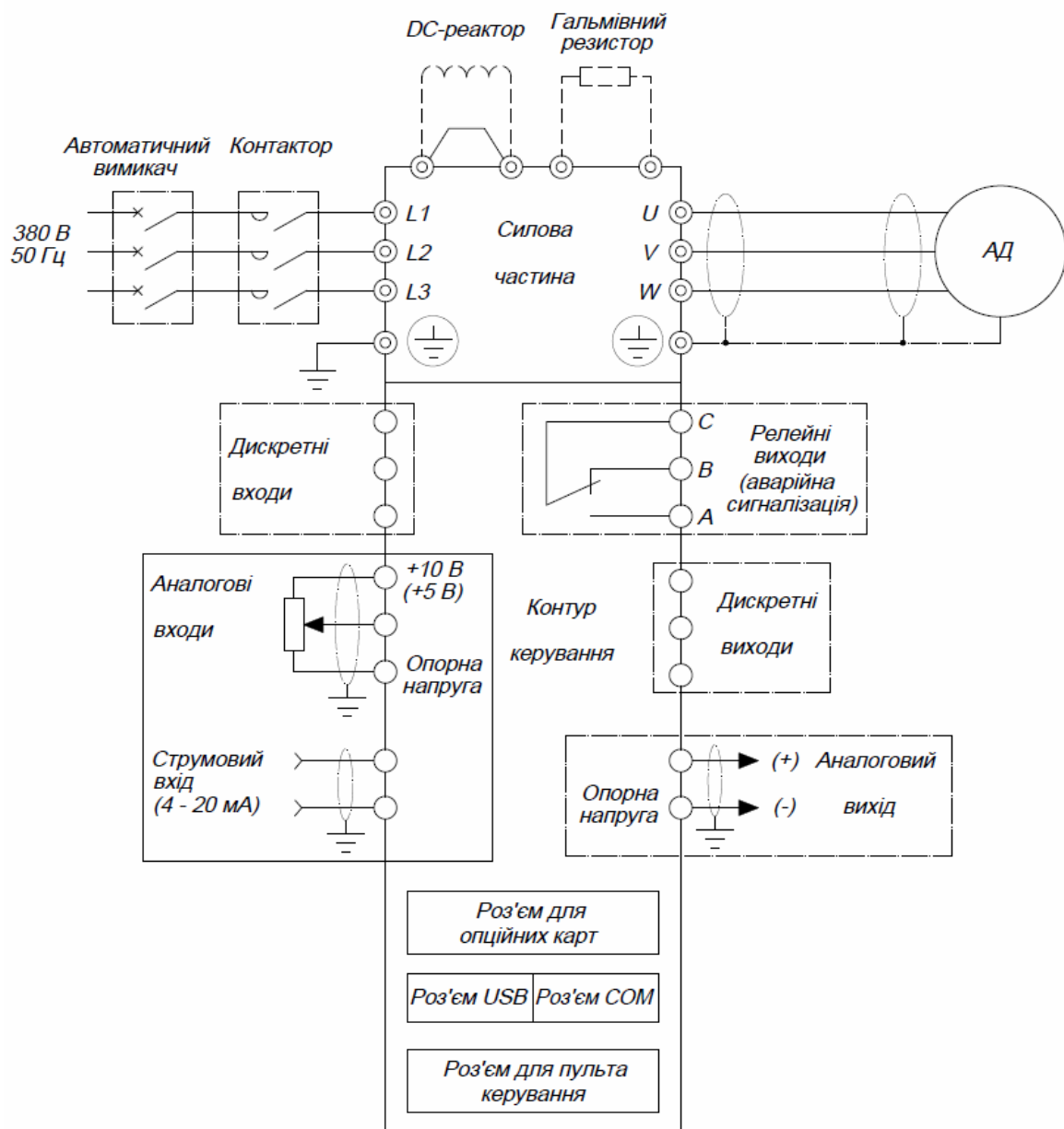


Рис. 3.1 - Схема підключення частотного перетворювача до асинхронного двигуна

Усі клеми частотного перетворювача (ПЧ) можна поділити на силові та сигнальні. До силових клем під'єднується живлення ПЧ, обмотки асинхронного

					21ЕЕД.10310552.06.26.000000.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

двигуна реактор постійного струму (для цього необхідно видалити перемичку) та гальмівний резистор.

Сигнальні клеми виконують різноманітні функції. Для забезпечення надійного захисту ПЧ використовуються релейні виходи А, В та С. До клем В і С, як правило, підключається котушка контактора. У випадку виникнення аварійного стану ПЧ релейні виходи перемикаються і коло котушки контактора знеструмлюється, в результаті чого ПЧ вимикається з мережі. До виходів В і А можна під'єднати аварійну сигналізацію (наприклад світловий індикатор), який буде сигналізувати про виникнення аварії ПЧ.

Сигналом задання для аналогових входів є або напруга (можливе підключення зовнішнього резистору, оскільки ПЧ має власну опорну напругу) або струм (4-20 мА).

ПЧ можуть мати різноманітні порти для підключення зовнішніх цифрових пристроїв: контролерів, інших ПЧ, комп'ютерів тощо. Останні використовуються для налаштування ПЧ. Для цього використовується спеціалізоване програмне забезпечення. Крім того, ПЧ має порт для підключення пульта керування, який досить часто використовується для задання параметрів ПЧ. Наприклад, декілька ПЧ працюють з АД на одотипне навантаження (конвеєр, палетайзер, стрепінг-машина). У цьому випадку налаштовані параметри одного ПЧ копіюються у пульт керування і потім переносяться на інші ПЧ. Це економить час налаштування ПЧ та виключає можливість помилки при налаштуванні.

Робота окремих приводів палетайзера.

Подаючий транспортер забезпечує переміщення мішків із кормом до зони палетування. Частотний перетворювач дозволяє синхронізувати швидкість подачі, запобігати накопиченню продукції та плавно запускати транспортер.

					21ЕЕД.10310552.06.26.000000.ПЗ	Аркуш
						50
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

При перевантаженні або зупинці палетайзера PLC-контролер автоматично знижує швидкість або зупиняє привід.

Привід вертикального переміщення відповідає за підйом та опускання укладального механізму. Використання частотного перетворювача забезпечує плавний розгін, точне позиціонування, зменшення ударних навантажень та зниження зношування механізмів. Під час підйому швидкість може бути більшою, а при укладанні шару - меншою для забезпечення точності.

Привід горизонтального переміщення переміщує каретку палетайзера між зонами подачі та укладки. Частотне регулювання дозволяє змінювати швидкість руху, забезпечити плавне гальмування та мінімізувати коливання конструкції.

Роликові транспортери використовуються для подачі піддонів у зону палетування та їх подальшого переміщення до стрепінг-машини. Частотний перетворювач забезпечує синхронізацію руху піддонів, регулювання швидкості та плавний запуск системи.

Використання частотних перетворювачів у системі електроприводів палетайзера забезпечує:

- технологічні переваги: плавний запуск механізмів, точне регулювання швидкості, синхронізацію роботи приводів та покращення якості укладки продукції;
- економічні переваги: зниження споживання електроенергії, зменшення пускових струмів, скорочення витрат на ремонт, збільшення терміну служби двигунів;
- експлуатаційні переваги: зменшення механічних навантажень, зниження рівня шуму, підвищення надійності обладнання, можливість автоматичного керування.

					21ЕЕД.10310552.06.26.000000.ПЗ	Аркуш
						51
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

PLC-контролер Siemens SIMATIC S7-1200 передає команди частотним перетворювачам через цифрові або аналогові сигнали.

Контролер забезпечує:

- запуск та зупинку приводів;
- зміну швидкості;
- контроль аварій;
- реверс двигунів;
- синхронізацію роботи обладнання.

У разі аварійної ситуації PLC-контролер автоматично вимикає приводи та подає сигнал оператору через SCADA-систему.

Застосування частотних перетворювачів у системі електроприводів палетайзера дозволяє забезпечити плавне та точне керування механізмами технологічної лінії. Використання частотного регулювання підвищує продуктивність обладнання, зменшує енергоспоживання та збільшує термін експлуатації електродвигунів і механічних вузлів палетайзера.

3.3 Автоматизація процесу обв'язування піддонів

Після завершення палетування піддон автоматично переміщується до стрепінг-машини TP-6000.

Стрепінг-машина виконує подачу поліпропіленової стрічки, натягування стрічки, термозварювання та обрізання стрічки. Автоматичне керування стрепінг-машиною забезпечує PLC-контролер. Для контролю процесу використовуються датчики натягу стрічки, кінцеві вимикачі та фотоелектричні датчики положення піддона.

					21ЕЕД.10310552.06.26.000000.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

Датчики натягу дозволяють підтримувати необхідну силу обв'язки та запобігають пошкодженню упаковки. Після завершення обв'язки система автоматично подає команду на переміщення готового піддона до зони складування.

3.4 Автоматизована система керування

Основним елементом системи автоматизації є PLC-контролер Siemens SIMATIC S7-1200. Контролер виконує:

- обробку сигналів від датчиків;
- виконання алгоритмів керування;
- керування виконавчими механізмами;
- аварійний захист обладнання;
- передачу інформації оператору.

Для програмування контролера використовується середовище TIA Portal.

Основними перевагами PLC-контролера є висока швидкодія, надійність, модульність, підтримка промислових мереж та можливість підключення SCADA-систем.

3.5 Візуалізація та диспетчеризація процесу

Для контролю роботи технологічної лінії використовується операторська панель HMI та SCADA-система.

SCADA-система забезпечує візуалізацію технологічного процесу, контроль параметрів обладнання, сигналізацію аварій, архівування даних, а також можливість ручного керування.

На екрані оператора відображаються:

					21ЕЕД.10310552.06.26.000000.ПЗ	Аркуш
						53
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- стан транспортерів;
- робота палетайзера;
- параметри стрепінг-машини;
- аварійні повідомлення;
- кількість готових піддонів.

Використання SCADA-системи дозволяє оперативно реагувати на несправності та забезпечує ефективний контроль виробничого процесу.

Висновки до третього розділу

У даному розділі було розроблено систему автоматизації технологічної лінії укладки та обв'язування піддонів з кормами для курчат-бройлерів.

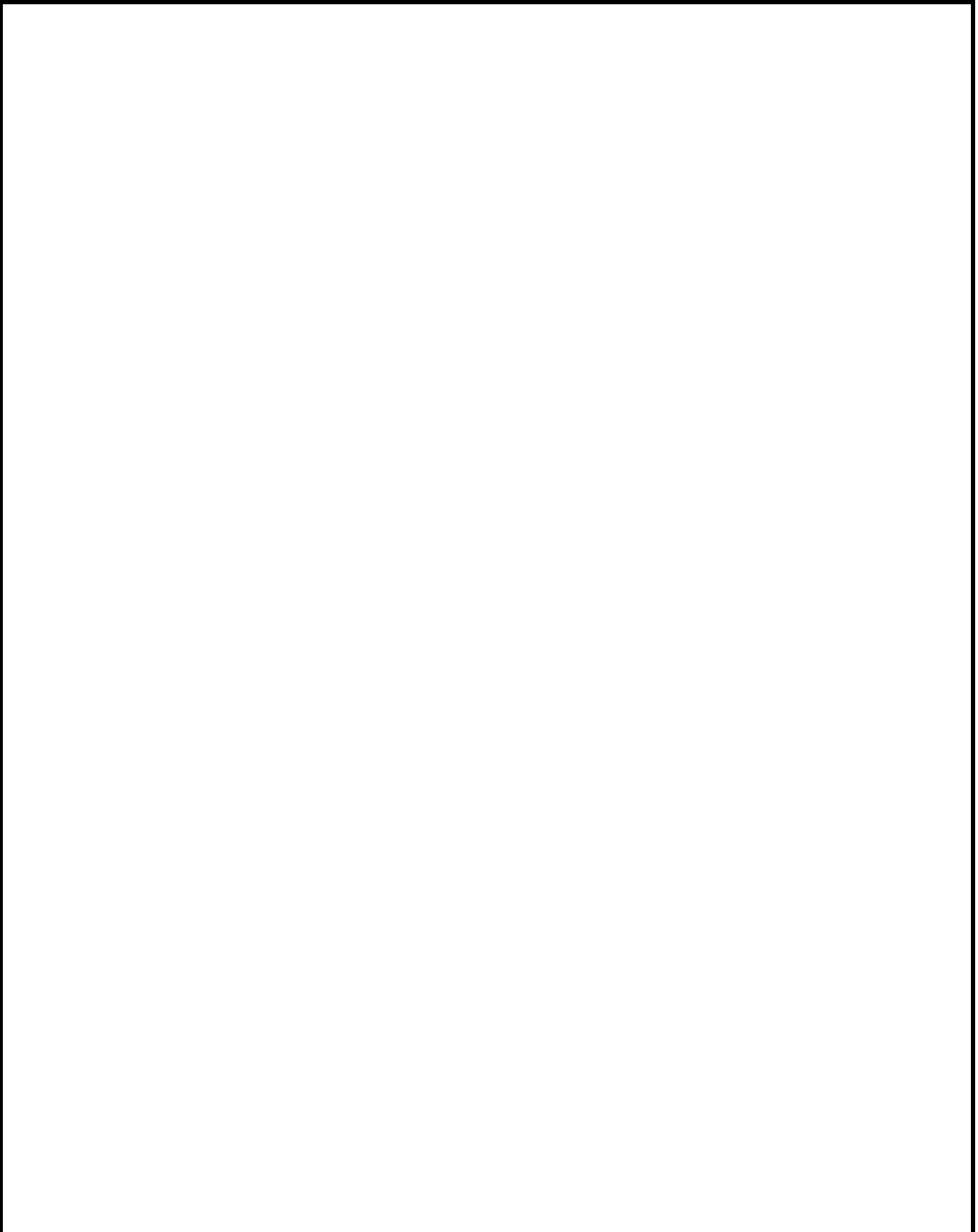
Розглянуто автоматизацію основних технологічних процесів: транспортування продукції, пакетування та обв'язування піддонів.

Для реалізації системи автоматизації було обрано PLC-контролер SIMATIC S7-1200, сучасні датчики контролю та частотні перетворювачі.

У результаті розрахунків було визначено необхідну потужність електроприводів палетайзера та виконано вибір асинхронних трифазних двигунів серії AIP із застосуванням частотних перетворювачів Siemens SINAMICS V20.

Впровадження автоматизованої технологічної лінії є економічно доцільним та дозволяє підвищити ефективність виробничого процесу на підприємствах комбікормової промисловості.

					21ЕЕД.10310552.06.26.000000.ПЗ	Аркуш
						54
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



					21ЕЕД.10310552.06.26.000000.ПЗ	Аркуш
						55
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 4

ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ПРОЕКТУ АВТОМАТИЧНОЇ ЛІНІЇ УКЛАДКИ ПІДДОНІВ

4.1 Загальна характеристика економічної ефективності проекту

В умовах сучасного виробництва важливим завданням підприємств комбікормової промисловості є підвищення продуктивності праці, зниження виробничих витрат та забезпечення стабільної якості продукції. Одним із найбільш ефективних шляхів вирішення даного завдання є впровадження автоматизованих технологічних ліній. Цей захід дозволяє добитися підвищення продуктивності на 35-40%.

Проект автоматичної лінії укладки та обв'язування піддонів з кормами для курчат-бройлерів спрямований на:

- підвищення продуктивності виробництва;
- скорочення кількості ручних операцій;
- зменшення витрат на оплату праці;
- зниження витрат продукції;
- підвищення якості пакування;
- покращення умов праці персоналу.

Економічна ефективність проекту визначається співвідношенням між витратами на впровадження автоматизованої лінії та отриманими економічними результатами.

Головні складові економічного ефекту:

1. Зниження витрат: зменшення використання енергоресурсів, сировини та операційних витрат завдяки точності обладнання.

					21ЕЕД.10310552.06.26.000000.ПЗ	Аркуш
						56
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. Оптимізація фонду оплати праці: скорочення витрат на рутинну працю. Працівники переходять до контролю процесів, що підвищує їхню продуктивність.

3. Збільшення обсягів виробництва: безперервна робота систем дозволяє випускати більше одиниць продукції за той самий час.

4. Підвищення якості: зменшення кількості браку за рахунок усунення людського фактора.

Таблиця 4.1 - Порівняння показників до та після автоматизації

Показник	До автоматизації	Після автоматизації
Продуктивність, піддонів/год	18	30
Кількість працівників	8	3
Відсоток пошкодження продукції	4,5 %	1,2 %
Споживання електроенергії	Високе	Знижене
Рівень травматизму	Підвищений	Мінімальний

4.2 Капітальні витрати на впровадження проекту

До складу капітальних витрат входять: придбання обладнання, монтажні роботи, транспортні витрати, налагодження системи автоматизації, проектні роботи, а також навчання персоналу (табл. 4.2). Капітальні витрати на автоматизацію - це одноразові інвестиції в придбання матеріальних і нематеріальних активів (обладнання, ліцензії, програмне забезпечення), що слугуватимуть бізнесу роками.

					21ЕЕД.10310552.06.26.000000.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

Таблиця 4.2 - Капітальні витрати проекту

Найменування	Кількість	Вартість за одиницю, грн	Загальна вартість, грн
Стрічковий транспортер	1	85 000	85 000
Роликовий транспортер	2	65 000	130 000
Палетайзер PAL 1100	1	1 450 000	1 450 000
Стрепінг-машина TP-6000	1	320 000	320 000
PLC-контролер SIMATIC S7-1200	1	48 000	48 000
Частотний перетворювач для подаючого транспортера SINAMICS V20 6SL3210-5BE21-5UV0 (1,5 кВт)	1	16 500	16 500
Частотний перетворювач для вертикального приводу палетайзера SINAMICS V20 6SL3210-5BE22-2UV0 (2,2 кВт)	1	19 800	19 800
Частотний перетворювач для горизонтального приводу палетайзера SINAMICS V20 6SL3210-5BE21-5UV0 (1,5 кВт)	1	16 500	16 500
Частотний перетворювач для роликового столу SINAMICS V20 6SL3210-5BE21-1UV0 (1,1 кВт)	1	14 200	14 200
Датчики та автоматика	комплект	55 000	55 000
Електромонтажні роботи	-	-	95 000
Монтаж обладнання	-	-	120 000
Проектні роботи	-	-	70 000
Пусконаладжувальні роботи	-	-	65 000

					21ЕЕД.10310552.06.26.000000.ПЗ	Аркуш
						58
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Навчання персоналу	-	-	25 000
--------------------	---	---	--------

Продовження таблиці 4.2

Разом	-	-	2 555 000 грн
-------	---	---	---------------

4.3 Розрахунок експлуатаційних витрат

Експлуатаційні витрати включають витрати на електроенергію, заробітну плату персоналу, амортизаційні відрахування, ремонт і технічне обслуговування, витрати на матеріали.

Витрати на електроенергію

Загальна встановлена потужність лінії:

$$P = 9,55 \text{ кВт.}$$

Час роботи: 8 год/добу; 22 робочі дні на місяць.

Річне споживання електроенергії:

$$W = P \cdot t;$$

$$W = 9,55 \cdot 8 \cdot 22 \cdot 12 = 20169,6 \text{ кВт/год.}$$

					21ЕЕД.10310552.06.26.000000.ПЗ	Аркуш
						59
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

При тарифі $C = 6,5$ грн/кВт/год річні витрати:

$$V = 20169,6 \cdot 6,5 = 131102 \text{ грн.}$$

Витрати на оплату праці

До автоматизації лінію обслуговували 8 працівників.

Після автоматизації - 3 оператори.

Середня заробітна плата 25000 грн/міс.

Витрати на оплату праці до автоматизації:

$$8 \cdot 25000 \cdot 12 \cdot 8 = 2400000 \text{ грн/рік.}$$

Витрати на оплату праці після автоматизації:

$$3 \cdot 25000 \cdot 12 \cdot 3 = 900000 \text{ грн/рік.}$$

Економія фонду оплати праці:

$$2\,400\,000 - 900\,000 = 1\,500\,000 \text{ грн/рік.}$$

Амортизаційні відрахування

					21ЕЕД.10310552.06.26.000000.ПЗ	Аркуш
						60
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Амортизаційні відрахування на автоматизацію - це процес поступового перенесення вартості обладнання, програмного забезпечення або роботизованих комплексів на собівартість продукції впродовж їхнього строку використання. Це один з ключових способів накопичення коштів для подальшої реновації та розвитку підприємства.

Амортизаційні відрахування застосовуються до наступних активів:

- матеріальні (апаратні): виробничі лінії, роботи, датчики, сервери, контролери, пульти управління;
- нематеріальні (програмні): системи управління підприємством, виробничі програми (SCADA), ліцензії, алгоритми штучного інтелекту.

Норма амортизації 10%.

Розмір амортизаційних відрахувань складає:

$$A = 2\,555\,000 \cdot 0,1A = 255\,500 \text{ грн/рік.}$$

Витрати на ремонт і обслуговування

Витрати на ремонт та обслуговування при автоматизації – це ключова стаття операційних витрат підприємства, яка охоплює сервісне обслуговування обладнання, закупівлю запчастин, профілактику та ліцензійне забезпечення. Управління цими витратами дозволяє мінімізувати простой та оптимізувати роботу інфраструктури.

При запровадженні автоматизації виробництва підприємство несе витрати на:

					21ЕЕД.10310552.06.26.000000.ПЗ	Аркуш
						61
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- технічне обслуговування (ТО): регулярні планові перевірки, змащування, заміна деталей та калібрування систем для підтримки робочого стану;

- аварійні ремонти: позапланові відновлювальні роботи, викликані виходом обладнання з ладу, які можуть потребувати дорогих запчастин або термінового виклику спеціалістів;

- програмне забезпечення: оплата ліцензій, оновлень, хмарних сховищ та послуг ІТ-фахівців, що супроводжують роботу автоматизованих систем.

Витрати на ремонт приймаються у розмірі 5% від вартості обладнання.

$$R = 2\,555\,000 \cdot 0,05R = 127\,750 \text{ грн/рік.}$$

Таблиця 4.2 - Річні експлуатаційні витрати

Стаття витрат	Сума, грн
Витрати на електроенергію	131 102
Заробітна плата	900 000
Амортизація	255 500
Ремонт та обслуговування	127 750
Інші витрати	85 000
Разом	1 499 352 грн

4.4 Економічний ефект від автоматизації

					21ЕЕД.10310552.06.26.000000.ПЗ	Аркуш
						62
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Основний економічний ефект досягається за рахунок скорочення персоналу, підвищення продуктивності, зменшення втрат продукції та зниження простоїв.

Економія на заробітній платі 1500000 грн.

Зниження втрат продукції: до автоматизації втрати складали 4,5%, після автоматизації - 1,2% .

При річному обсязі продукції 18000000 грн економія складе:

$$18\,000\,000 \times (0,045 - 0,012) = 594\,000 \text{ грн}$$

4.5 Розрахунок загальних економічних показників

Загальний економічний ефект:

$$E = 1\,500\,000 + 594\,000 = 2\,094\,000 \text{ грн.}$$

Розрахунок терміну окупності проекту

Термін окупності визначається за формулою:

$$T = \frac{K}{E},$$

де K - капітальні витрати;

E - річний економічний ефект.

$$T = \frac{2555000}{2094000} = 1,22 \text{ роки.}$$

Розрахунок рентабельності проекту

Рентабельність визначається:

$$R = \frac{E}{K} \cdot 100\% = \frac{2094000}{2555000} \cdot 100 = 81,9\%.$$

Розраховані економічні показники зводимо у табл. 4.3.

					21ЕЕД.10310552.06.26.000000.ПЗ	Аркуш
						63
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 4.3 — Основні економічні показники проекту

Показник	Значення
Капітальні витрати	2 555 000 грн
Річні експлуатаційні витрати	1 499 352 грн
Річний економічний ефект	2 094 000 грн
Термін окупності	1,22 роки
Рентабельність	81,9 %

4.6 Соціальна ефективність проекту

Впровадження автоматичної лінії забезпечує не лише економічний, а й соціальний ефект.

Основні переваги від впровадження автоматизованої лінії - покращення умов праці, зменшення фізичного навантаження, зниження ризику травматизму, підвищення безпеки праці, скорочення ручних операцій.

Автоматизація дозволяє перевести персонал від важкої фізичної праці до функцій контролю та керування технологічним процесом.

Висновки до четвертого розділу

У даному розділі було проведено економічне обґрунтування проекту автоматичної лінії укладки та обв'язування піддонів з кормами для курчат-бройлерів.

Виконані розрахунки показали, що впровадження автоматизованої лінії є економічно доцільним.

					21ЕЕД.10310552.06.26.000000.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64

У результаті автоматизації досягнуто підвищення продуктивності виробництва, скорочення трудових витрат, зниження втрат продукції, підвищення енергоефективності та покращення умов праці.

Розрахований термін окупності проекту становить 1,22 роки, що свідчить про високу економічну ефективність впровадження автоматизованої технологічної лінії.

					21ЕЕД.10310552.06.26.000000.ПЗ	Аркуш
						65
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА

5.1 Аналіз умов праці

Під час експлуатації технологічної лінії укладки та обв'язування піддонів з кормами для курчат-бройлерів важливе значення має забезпечення безпечних і комфортних умов праці для персоналу. Робота з автоматизованим обладнанням пов'язана з впливом механічних, електричних та виробничих факторів, які можуть становити небезпеку для працівників.

Основним завданням охорони праці є створення умов, за яких забезпечується безпечна експлуатація обладнання, зниження ризику виробничого травматизму, підтримання оптимальних санітарно-гігієнічних умов та захист працівників від шкідливих факторів виробництва.

Робоче місце оператора технологічної лінії розташоване у виробничому приміщенні комбікормового підприємства та призначене для контролю роботи транспортерів, палетайзера, стрепінг-машини та системи автоматизації.

Оператор здійснює контроль технологічного процесу, запуск та зупинку обладнання, спостереження за параметрами роботи, усунення незначних несправностей, а також контроль аварійних повідомлень.

Робоче місце оснащується операторською панеллю, кнопками аварійної зупинки, освітленням, вентиляцією та засобами зв'язку.

Згідно з вимогами охорони праці проходи між обладнанням повинні бути не менше 1 м, а всі рухомі механізми мають бути огорожені захисними кожухами.

Під час роботи технологічної лінії можуть виникати такі небезпечні ситуації:

					21ЕЕД.10310552.06.26.000000.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		66

- травмування рухомими частинами обладнання;
- ураження електричним струмом;
- падіння мішків або піддонів;
- пожежа через коротке замикання;
- перевантаження електродвигунів;
- утворення пилу у виробничому приміщенні.

Для зниження ризику травматизму необхідно забезпечити справний технічний стан обладнання, використання засобів захисту, проведення інструктажів та дотримання правил експлуатації обладнання.

5.2 Небезпечні та шкідливі фактори

Під час роботи технологічної лінії на працівників можуть впливати небезпечні та шкідливі виробничі фактори.

До механічних факторів належать рухомі частини транспортерів, обертові вали, механізми палетайзера, рух піддонів, механізми стрепінг-машини.

Небезпека полягає у можливості затягування одягу, травмування рук, ударів рухомими деталями або падіння вантажів.

Для захисту працівників застосовуються захисні огороження, блокувальні пристрої, аварійні кнопки зупинки, світлова сигналізація.

Електрообладнання технологічної лінії працює від трифазної мережі напругою 380 В, що становить небезпеку ураження електричним струмом.

До основних електричних небезпек належать пошкодження ізоляції, короткі замикання, витік струму, перевантаження електромережі.

					21ЕЕД.10310552.06.26.000000.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		67

Для забезпечення електробезпеки необхідно використовувати захисне заземлення, встановлювати автоматичні вимикачі, застосовувати пристрої захисного вимкнення та регулярно перевіряти стан електромережі.

Під час роботи транспортерів, електродвигунів та палетайзера у виробничому приміщенні виникає шум. Основними джерелами шуму є електродвигуни, редуктори, рухомі механізми та пневматичні системи.

Рівень шуму може досягати 75-85 дБ, що негативно впливає на працездатність працівників.

Також під час переміщення комбікормів утворюється пил, який може подразнювати органи дихання, погіршувати умови праці та створювати вибухонебезпечне середовище.

Для зниження рівня шуму та пилу застосовуються:

- вентиляційні системи;
- шумоізоляція;
- респіратори;
- регулярне прибирання приміщення.

5.3 Заходи з охорони праці

Для забезпечення безпечної роботи технологічної лінії необхідно впроваджувати комплекс організаційних та технічних заходів.

Працівники повинні бути забезпечені спецодягом, захисним взуттям, рукавицями, захисними окулярами, респіраторами, а також протишумовими навушниками. Використання засобів індивідуального захисту дозволяє зменшити вплив шкідливих виробничих факторів та підвищити безпеку праці.

					21ЕЕД.10310552.06.26.000000.ПЗ	Аркуш
						68
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

До організаційних заходів належать:

- проведення інструктажів;
- навчання персоналу;
- перевірка знань з охорони праці;
- контроль технічного стану обладнання;
- дотримання режиму праці та відпочинку.

Працівники допускаються до роботи лише після проходження медичного огляду, вступного інструктажу та первинного інструктажу на робочому місці.

5.4 Електробезпека

Електробезпека є одним із найважливіших елементів безпечної експлуатації технологічної лінії.

Усі металеві корпуси електрообладнання повинні бути приєднані до системи захисного заземлення.

Захисне заземлення забезпечує:

- зниження напруги дотику;
- захист персоналу від ураження струмом;
- спрацювання захисної автоматики при аварії.

Опір заземлювального пристрою не повинен перевищувати 4 Ом.

Для захисту електрообладнання використовуються автоматичні вимикачі, запобіжники, пристрої захисного вимкнення (ПЗВ), теплові реле та реле контролю фаз. Автоматичні вимикачі забезпечують захист від коротких замикань, захист від перевантажень, автоматичне відключення аварійної ділянки мережі.

5.5 Пожежна безпека

					21ЕЕД.10310552.06.26.000000.ПЗ	Аркуш
						69
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Пожежна безпека є обов'язковою умовою експлуатації виробничого обладнання на підприємствах комбікормової промисловості.

Основними причинами виникнення пожеж є короткі замикання, перевантаження електромережі, несправність електрообладнання, накопичення пилу та порушення правил експлуатації. Особливу небезпеку становить кормовий пил, який може утворювати вибухонебезпечні суміші з повітрям.

Для гасіння пожеж у виробничому приміщенні застосовуються

- порошкові вогнегасники;
- вуглекислотні вогнегасники;
- пожежні крани;
- системи пожежної сигналізації.

У виробничих приміщеннях повинні бути евакуаційні виходи, плани евакуації, знаки пожежної безпеки, аварійне освітлення.

Працівники повинні проходити регулярні інструктажі з пожежної безпеки та знати порядок дій у разі виникнення пожежі.

Висновки до п'ятого розділу

У даному розділі було проведено аналіз умов праці під час експлуатації технологічної лінії укладки та обв'язування піддонів з кормами для курчат-бройлерів.

Визначено основні небезпечні та шкідливі фактори виробництва:

- механічні;
- електричні;
- шумові;
- пилові.

					21ЕЕД.10310552.06.26.000000.ПЗ	Аркуш
						70
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розроблено комплекс заходів з охорони праці, який включає:

- використання засобів індивідуального захисту;
- організаційні заходи;
- системи електробезпеки;
- протипожежний захист.

Запропоновані заходи забезпечують безпечну експлуатацію технологічної лінії, знижують ризик травматизму та створюють належні умови праці для персоналу.

					21ЕЕД.10310552.06.26.000000.ПЗ	Аркуш
						71
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

У даній роботі було розглянуто питання підвищення ефективності технологічної лінії укладки та обв'язування піддонів з кормами для курчат-бройлерів шляхом впровадження сучасних засобів автоматизації та удосконалення системи керування виробничим процесом.

У процесі виконання роботи проведено аналіз існуючих технологій транспортування, палетування та обв'язування піддонів. Встановлено, що використання ручних та напівавтоматичних систем не забезпечує необхідного рівня продуктивності, потребує значних трудових витрат та супроводжується підвищеним ризиком пошкодження продукції і виробничого травматизму.

У першому розділі було проаналізовано сучасні технології укладки та обв'язування піддонів, виконано огляд обладнання та обґрунтовано вибір автоматизованої технологічної лінії, до складу якої входять:

- транспортери;
- автоматичний палетайзер PAL 1100;
- автоматична стрепінг-машина TP-6000;
- система автоматизованого керування.

Встановлено, що впровадження автоматизованої лінії дозволяє значно підвищити продуктивність виробництва, скоротити кількість обслуговуючого персоналу та мінімізувати втрати продукції.

У другому розділі було розроблено систему керування технологічним процесом. Для автоматизації виробництва обрано PLC-контролер Siemens SIMATIC S7-1200, який забезпечує обробку сигналів від датчиків, керування виконавчими механізмами та реалізацію алгоритмів роботи технологічної лінії.

Було виконано:

					21ЕЕД.10310552.06.26.000000.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		72

- вибір технічних засобів автоматизації;
- розробку алгоритму роботи лінії;
- побудову структурної схеми системи керування;
- опис програмного забезпечення та SCADA-системи.

Запропонована система автоматизації забезпечує безперервність технологічного процесу, підвищує точність укладки та якість обв'язування піддонів.

У третьому розділі розглянуто автоматизацію основних виробничих процесів:

- транспортування продукції;
- палетування;
- обв'язування піддонів.

Проведено вибір датчиків, виконавчих механізмів, частотних перетворювачів та електроприводів. Розроблено автоматизовану систему керування з використанням сучасних промислових засобів автоматизації та диспетчеризації.

У результаті впровадження автоматизації досягнуто підвищення продуктивності лінії на 35-40%, скорочення кількості обслуговуючого персоналу, зменшення пошкодження продукції, підвищення стабільності виробничого процесу, покращення умов праці персоналу.

У четвертому розділі було проведено аналіз умов праці та визначено основні небезпечні та шкідливі виробничі фактори. Розроблено комплекс заходів з охорони праці, електробезпеки та пожежної безпеки.

Запропоновані заходи дозволяють забезпечити безпечну експлуатацію обладнання, знизити ризик виробничого травматизму, підвищити рівень електробезпеки та забезпечити пожежний захист виробничих приміщень.

					21ЕЕД.10310552.06.26.000000.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		73

У результаті виконання дипломної роботи поставлена мета була досягнута - розроблено ефективну автоматизовану технологічну лінію укладки та обв'язування піддонів з кормами для курчат-бройлерів, яка забезпечує підвищення продуктивності, зниження витрат та покращення якості виробничого процесу.

Практична цінність роботи полягає у можливості впровадження розробленої системи на підприємствах комбикормової промисловості для оптимізації логістичних операцій та підвищення ефективності виробництва.



Скрипка О.О.

					21ЕЕД.10310552.06.26.000000.ПЗ	Аркуш
						74
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Копилянський млин. URL: <https://kmlyn.com.ua/> (дата звернення 22.04.2026)
2. Бондаренко В. М. Автоматизація виробничих процесів у харчовій промисловості : навч. посіб. - Київ : Центр учбової літератури, 2020. - 320 с.
3. Гевко І. Б. Транспортуючі машини : навчальний посібник. - Тернопіль : ФОП Паляниця, 2019. - 256 с.
4. Ковальчук В. М. Основи автоматизації технологічних процесів : підручник. - Львів : Новий Світ-2000, 2021. - 344 с.
5. Ладанюк А. П., Решетюк В. М. Автоматизація технологічних процесів і виробництв. - Київ : Ліра-К, 2021. - 552 с.
6. Машини та обладнання для тваринництва / за ред. О. Г. Скляра. - Харків : ХНТУСГ, 2018. - 410 с.
7. Мельник В. І. Проектування систем автоматизації : навчальний посібник. - Київ : Каравела, 2020. - 280 с.
8. Назаренко І. П. Технологічне обладнання підприємств агропромислового комплексу. - Київ : Аграрна освіта, 2019. - 390 с.
9. Правила охорони праці у сільськогосподарському виробництві. - Київ : Основа, 2021. - 180 с.
10. Проектування електричного освітлення промислових підприємств : навчальний посібник / за ред. С. О. Кудрі. - Київ : Політехніка, 2020. - 240 с.
11. Системи автоматизованого керування технологічними процесами : підручник / за ред. П. Ф. Коваля. - Львів : Магнолія, 2022. - 470 с.

					21ЕЕД.10310552.06.26.000000.ПЗ	Аркуш
						75
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

12. Технологічне обладнання комбікормових підприємств / за ред. В. П. Тарасенка. - Одеса : Астропринт, 2019. - 365 с.
13. ДБН В.2.5-28:2018. Природне і штучне освітлення. - Київ : Мінрегіон України, 2018.
14. ДСТУ EN 619:2017. Обладнання безперервного транспортування та системи. Вимоги безпеки.
15. ДСТУ ISO 12100:2015. Безпечність машин. Загальні принципи конструювання.
16. Siemens SIMATIC S7-1200 Programmable Controller System Manual. - Siemens AG, 2021.
17. Schneider Electric. Industrial Automation Guide. - Paris, 2020.
18. Conveyor Equipment Manufacturers Association (CEMA). Belt Conveyors for Bulk Materials. - 7th Edition. - USA, 2020.
19. Robotic Palletizing Handbook. - ABB Robotics, 2021.
20. Packaging and Strapping Technologies in Industrial Production // Journal of Industrial Engineering. - 2022. - №4. - С. 45-53.
21. Automation in Feed Processing Industry // International Journal of Engineering Research. - 2023. - Vol. 15. - P. 112-119.

					21ЕЕД.10310552.06.26.000000.ПЗ	Аркуш
						76
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТОК А

Класифікація приміщень за умовами експлуатації електроустановок

Таблиця Д.1 – Класифікація приміщень за ступенем небезпеки ураження електричним струмом

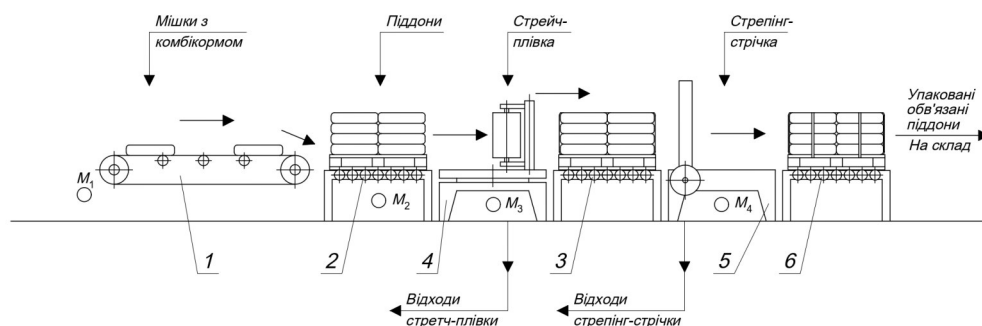
Категорія приміщення	Характеристика
Без підвищеної небезпеки	Сухі, чисті, нормальна температура, відсутність струмопровідного пилу та вологи
З підвищеною небезпекою	Висока вологість, пил, температура, можливість одночасного контакту з металом
Особливо небезпечні	Постійна вологість, агресивне середовище, робота у воді або металевих ємностях

Таблиця Д.2 – Класифікація приміщень за кліматичними умовами експлуатації

Тип приміщення	Умови експлуатації
Сухі	Вологість не перевищує норму, відсутність конденсату
Вологі	Вологість понад 75%, можливе періодичне утворення конденсату
Особливо вологі	Вологість близька до 100%, постійна наявність водяної пари або крапель
З хімічно активним середовищем	Пари кислот, лугів, солей, агресивні гази, потреба в антикорозійному захисті
З високою температурою	Температура понад +40 °С, необхідність термостійкого обладнання
З низькою температурою	Температура нижче 0 °С, потреба в морозостійкому обладнанні
Зовнішні установки	Вплив атмосферних явищ: дощ, сніг, вітер, сонце, потреба у високому ступені захисту

					21ЕЕД.10310552.06.26.000000.ПЗ	Аркуш
						77
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТОК Б Схема скомбінована функційна технологічного процесу



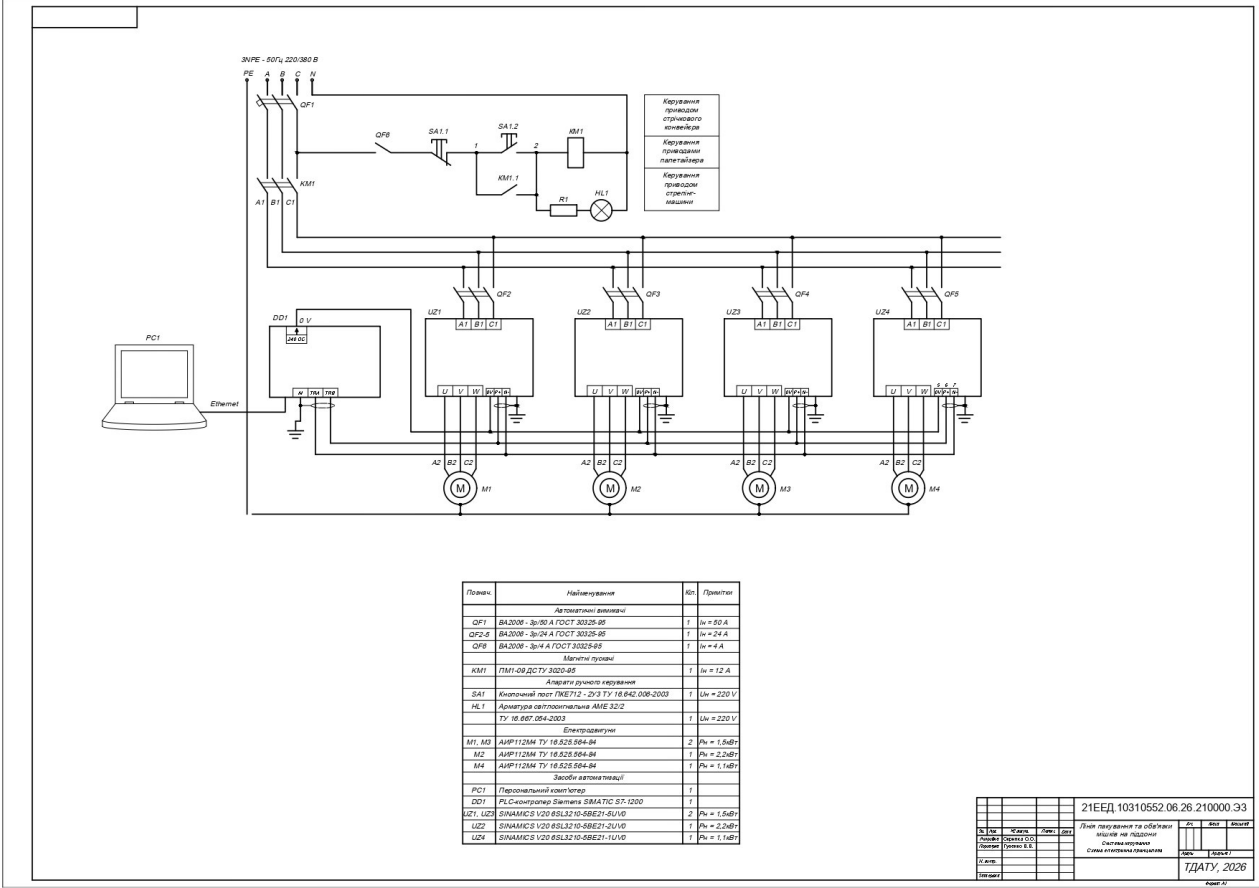
Технологічне обладнання

1. Стрічковий транспортер
2. Роликовий транспортер
3. Роликовий транспортер
4. Палетайзер автоматичний PAL 1100
5. Стрепінг-машина автоматична TP-6000
6. Роликовий транспортер

						21ЕЕД.10310552.06.26.200000.С2			
						Лінія укладки та обв'язки піддонів з кормами Схема комбінована функційна	Літ.	Маса	Масштаб
Зм.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата					
Розробив		Скрипка О.О.							
Перевірив		Гузенко В.В.			Архив		Архив 1		
Н. контр.					ТДАТУ, 2026				
Затвердив									

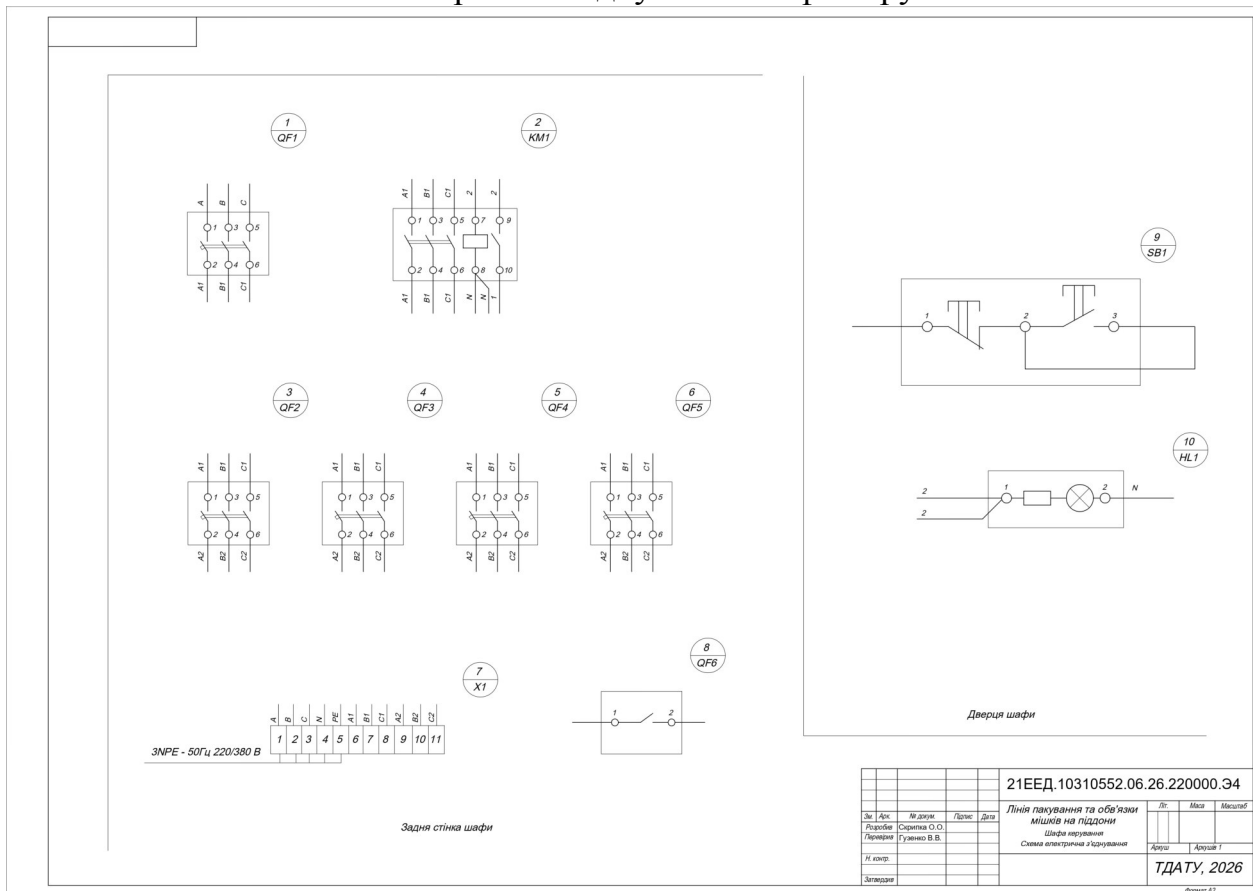
					21ЕЕД.10310552.06.26.000000.ПЗ	Аркуш
						78
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТОК В
Схема електрична принципова



ДОДАТОК Г

Схема електрична з'єднування шафи керування



					21ЕЕД.10310552.06.26.000000.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		80