

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ ЕНЕРГЕТИКИ, АВТОМАТИКИ І ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ

УДК 621.3:631.24(477.81)

ПОГОДЖЕНО
Директор ІНІ енергетики, автоматики і
енергозбереження

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ
Завідувач кафедри
електротехніки, електромеханіки та
електротехнологій

_____ /Каплун В.В./
(підпис)

_____ /Окушко О.В./
(підпис)

« _____ » _____ 2024 р.

« _____ » _____ 2024 р.

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
на тему: «РОЗРОБКА ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕКТРОТЕХНОЛОГІЧНОГО
КОМПЛЕКСУ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ КОРМІВ
СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ПТИЦІ»

Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
(код і назва)

Освітня програма Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
(назва)

Орієнтація освітньої програми освітньо-професійна
(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Гарант освітньої програми

к.т.н доцент
(науковий ступінь та вчене звання)

(підпис)

Усенко С.М.
(ПІБ)

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи

к.т.н доцент
(науковий ступінь та вчене звання)

(підпис)

Усенко С.М.
(ПІБ)

Виконав

(підпис)

Найдич С.В.
(ПІБ)

КИЇВ – 2024

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ ЕНЕРГЕТИКИ, АВТОМАТИКИ І ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ**

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
електротехніки, електромеханіки та електротехнологій
к.т.н доцент Окушко О.В.
(ступінь, звання) (підпис) (ПІБ)
« ____ » _____ 2024 р.

**ЗАВДАННЯ
ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТУ**

Найдич Сергій Віталійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» (код і
назва)

Освітня програма Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
(назва)

Орієнтація освітньої програми освітньо-професійна
(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Тема магістерської роботи «Розробка та дослідження електротехнологічного комплексу для підвищення якості кормів сільськогосподарської птиці.» затверджена наказом ректора Національного університету біоресурсів і природокористування України від 26.09.2024р. № 1666 С

Термін подання завершеної роботи на кафедру 15.11.2024
(рік, місяць, число)

Вихідні дані до магістерської роботи «Правила устаткування електроустановок»; «Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів»; «Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів».

Перелік питань, що підлягають дослідженню:

1. Існуючі технології обробки кормів для птахів, їхні недоліки та переваги
2. Принципи дії електротехнологічного обладнання для обробки кормів
3. Види електричних методів обробки (електроплазмоліз, електроімпульсна обробка, електромагнітні методи) та їх застосування у кормо виробництві
4. Можливості вдосконалення методів для оптимізації поживних властивостей кормів
5. Розробка електротехнічного комплексу для покращення якості кормів
6. Економічна ефективність розробленого комплексу
7. Питання охорони праці на виробництві

Перелік графічного матеріалу: презентація виконана в програмному забезпеченні MS Power Point

Дата видачі завдання «26» 09 2024 р.

Керівник магістерської роботи _____
(підпис)

Усенко С.М.
(ПІБ)

Завдання прийняв до виконання _____
(підпис)

Найдич С.В.
(ПІБ)

РЕФЕРАТ

Магістерська робота: 80 с., 11 рис., 2 табл., 10 джерел.

Мета дослідження. Розробити, обґрунтувати та дослідити електротехнологічний комплекс, що дозволяє підвищити якість кормів для сільськогосподарської птиці, шляхом застосування сучасних електротехнологічних методів обробки, що сприяють покращенню їх поживних властивостей та безпеки.

Об'єкт дослідження. Електротехнологічні методи обробки кормів для сільськогосподарської птиці, що впливають на їх поживну цінність, мікробіологічний склад та безпечність для використання.

Предмет дослідження. Корм для сільськогосподарської птиці, що піддається електротехнологічній обробці.

Практичне значення дослідження. Розроблений електротехнологічний комплекс може бути впроваджений у виробничі процеси підприємств аграрного сектору, зокрема птахівництва, з метою покращення якості кормів. Це дозволить знизити витрати на кормові добавки, покращити стан здоров'я птиці, збільшити продуктивність та якість кінцевої продукції, що призведе до зростання економічної ефективності та конкурентоспроможності підприємств птахівничої галузі.

Дослідження проводились за сучасними методиками. Обробка результатів виконувалась на ПК в середовищі математичного програмного забезпечення "Mathcad 15.1". Застосування цих методів дало цілком надійні та точні результати.

В магістерській роботі представлено вибір технологічного обладнання для приготування та розподілу кормів, обробки зерна.

Детально розглянуте питання можливості електротехнологічної обробки кормів для підвищення харчової цінності.

Проаналізовано питання безпеки праці. Проводяться техніко-економічні розрахунки.

Положення що виносяться на захист:

- Аналіз існуючого стану використання електротехнологічних методів обробки кормів з метою підвищення їх харчової цінності;
- Вибір технологічного обладнання для забезпечення для обробки та підготовки кормів:
- Обрахунок та вибір електротехнічного обладнання різних технологічних процесів на птахофермі;
- Розрахунок доцільності використання пристроїв обробки кормів;
- Заходи з охорони праці;
- Заходи з пожежної безпеки.

ВСТУП.....	8
РОЗДІЛ 1. РОЗРОБКА ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕКТРОТЕХНОЛОГІЧНОГО КОМПЛЕКСУ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ КОРМІВ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ПТИЦІ.....	10
1.1 Існуючі технології обробки кормів для птахів, їхні недоліки та переваги.....	10
1.2 Використання електротехнологій в аграрній галузі: сучасні досягнення та потенціал.....	18
1.3 Аналіз досліджень щодо впливу якості кормів на продуктивність та здоров'я птиці.....	21
1.4 Принципи дії електротехнологічного обладнання для обробки кормів.....	24
1.5 Види електричних методів обробки (електроплазмоліз, електроімпульсна обробка, електромагнітні методи) та їх застосування у кормовиробництві.....	26
1.6 Можливості вдосконалення методів для оптимізації поживних властивостей кормів.....	31
РОЗДІЛ 2. РОЗРОБКА ЕЛЕКТРОТЕХНОЛОГІЧНОГО КОМПЛЕКСУ....	35
2.1 Етапи проєктування та моделювання комплексу.....	35
2.2 Вибір матеріалів та компонентів для комплексу.....	43
2.3 Системи контролю та управління роботою комплексу.....	45
РОЗДІЛ 3. АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ.....	49
3.1 Методи дослідження змін в якості кормів після обробки (вологість, поживність, мікробіологічні показники).....	49
3.2 Порівняння якості кормів до та після обробки електротехнологічним комплексом.....	54
3.3 Вплив обробки на засвоєння кормів та продуктивність птиці.....	57

3.4 Порівняння з іншими методами обробки кормів та аналіз переваг електротехнологій.....	58
РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ ПРИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ЕЛЕКТРОТЕХНОЛОГІЧНОГО КОМПЛЕКСУ.....	61
4.1 Технічні та організаційні заходи безпеки.....	61
4.2 Електробезпека.....	64
4.3 Протипожежна безпека.....	67
4.4 Контроль за станом здоров'я працівників та медичні огляди.....	69
РОЗДІЛ 5. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ПРИЙНЯТИХ РІШЕНЬ.....	73
ВИСНОВКИ.....	76
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	79

**ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ,
СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ**

А - Ампер;

В - Вольт;

Вт - Ват;

гр. - група;

грн. - гривень;

ел. двигун - електродвигун;

ККД - коефіцієнт корисної дії;

КЛ - кабельна лінія;

КТП - комплектна трансформаторна підстанція;

ЛЕП - лінії електропередач;

м. - метр;

м. - місто;

НКП - низьковольтний комплектний пристрій;

ПР - поточний ремонт;

р. - рік;

рис. - рисунок;

с. - секунда;

САК - система автоматичного керування;

табл. - таблиця;

ТО - технічне обслуговування;

ТП - трансформаторна підстанція;

у.о. - умовна одиниця;

ФГ - фермерське господарство;

ШІМ - широтно-імпульсний модулятор;

Я - ящик.

ВСТУП

Сучасне сільське господарство активно впроваджує інноваційні рішення, спрямовані на підвищення ефективності виробництва, зокрема у тваринництві та птахівництві. Одним із важливих напрямків є створення та дослідження електротехнологічних комплексів для покращення якості кормів, що використовуються для вирощування сільськогосподарської птиці. Висока якість кормів є ключовим фактором для забезпечення здоров'я поголів'я, його швидкого росту, а також високих показників продуктивності. Недостатнє або неякісне живлення може негативно вплинути на імунітет та розвиток птиці, а також призвести до значних економічних втрат.

Електротехнологічні комплекси, які застосовуються для обробки кормів, дозволяють суттєво покращити їх харчову цінність і знизити ризик виникнення хвороб, пов'язаних із неправильним живленням. Використання таких комплексів може включати методи електромагнітного опромінення, обробки високочастотними струмами або електростатичними полями, які сприяють підвищенню біологічної доступності поживних речовин та ефективному знищенню шкідливих мікроорганізмів у кормі. Розробка подібних комплексів потребує глибоких наукових досліджень, що включають як технічний аспект створення обладнання, так і біологічний – з акцентом на вплив оброблених кормів на організм птиці.

Таким чином, дослідження у цій сфері має подвійне значення: воно спрямоване на створення технологічно вдосконаленого обладнання для обробки кормів, що відповідає високим стандартам, і на забезпечення здорового харчування птахів, яке безпосередньо впливає на якість і кількість кінцевої продукції. Розвиток електротехнологічних комплексів, орієнтованих на підвищення якості кормів, є важливим кроком до оптимізації птахівничих процесів і покращення економічної ефективності виробництва.

Актуальність дослідження. Забезпечення якісного живлення для сільськогосподарської птиці є важливою умовою для підвищення продуктивності, зниження захворюваності та покращення загального

економічного ефекту виробництва. У контексті зростаючих вимог до харчової безпеки та біологічної цінності продукції птахівництва, питання покращення якості кормів набуває особливого значення. Електротехнологічні комплекси відкривають нові можливості для поліпшення властивостей кормів, зокрема, через електромагнітну, електростатичну та інші види обробки. Це забезпечує підвищення поживної цінності, знищення патогенних мікроорганізмів та створення більш ефективних кормових добавок, що є актуальним завданням для сучасного агропромислового сектору.

Тема дослідження. Розробка та дослідження електротехнологічного комплексу для підвищення якості кормів сільськогосподарської птиці.

Мета дослідження. Розробити, обґрунтувати та дослідити електротехнологічний комплекс, що дозволяє підвищити якість кормів для сільськогосподарської птиці, шляхом застосування сучасних електротехнологічних методів обробки, що сприяють покращенню їх поживних властивостей та безпеки.

Об'єкт дослідження. Електротехнологічні методи обробки кормів для сільськогосподарської птиці, що впливають на їх поживну цінність, мікробіологічний склад та безпечність для використання.

Предмет дослідження. Корм для сільськогосподарської птиці, що піддається електротехнологічній обробці.

Практичне значення дослідження. Розроблений електротехнологічний комплекс може бути впроваджений у виробничі процеси підприємств аграрного сектору, зокрема птахівництва, з метою покращення якості кормів. Це дозволить знизити витрати на кормові добавки, покращити стан здоров'я птиці, збільшити продуктивність та якість кінцевої продукції, що призведе до зростання економічної ефективності та конкурентоспроможності підприємств птахівничої галузі.

РОЗДІЛ 1.

РОЗРОБКА ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕКТРОТЕХНОЛОГІЧНОГО КОМПЛЕКСУ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ КОРМІВ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ПТИЦІ

1.1. Існуючі технології обробки кормів для птахів, їхні недоліки та переваги

Розробка та впровадження нових електротехнологічних комплексів у птахівництві має потенціал суттєво покращити якість кормів для сільськогосподарської птиці, що в кінцевому результаті впливає на ефективність всього виробничого процесу. Сучасні технології обробки кормів, що включають електромагнітне опромінення, електростатичні та високочастотні струми, дозволяють досягти таких показників, які традиційними методами не є можливими. Електротехнологічні комплекси забезпечують глибоке та рівномірне проникнення електромагнітних хвиль у кормові маси, що дозволяє не лише підвищити біологічну цінність кормів, але й значно зменшити ризик розповсюдження патогенних мікроорганізмів. Це особливо важливо в умовах інтенсивного птахівництва, де якість кормів безпосередньо впливає на стан здоров'я птиці, рівень її продуктивності та стійкість до захворювань [1].

Застосування електротехнологічних методів сприяє збереженню біологічно активних речовин, що природно містяться в кормі, а також сприяє утворенню додаткових сполук, що стимулюють ріст і розвиток птиці. Наприклад, обробка корму високочастотними струмами дозволяє поліпшити його структуру та доступність поживних речовин для організму. Такий підхід дозволяє не лише скоротити використання хімічних добавок та антибіотиків, але й покращити загальні показники якості продукції, яку отримують від птахівництва, роблячи її безпечнішою та кориснішою для кінцевих споживачів.

Розробка і впровадження електротехнологічного комплексу для обробки кормів вимагає комплексного підходу, який враховує як інженерно-технологічні особливості обладнання, так і біологічні аспекти його впливу на корм. Ефективність такого комплексу повинна бути підтверджена у рамках

експериментальних досліджень, які демонструють не лише підвищення поживних властивостей кормів, але й реальні економічні переваги для підприємств. Зокрема, це проявляється у скороченні витрат на кормові добавки, підвищенні якості продукції, а також покращенні здоров'я та продуктивності птиці, що в цілому оптимізує роботу птахівничих підприємств та підвищує їхню конкурентоспроможність.

Прикладом розробки електротехнологічного комплексу для підвищення якості кормів сільськогосподарської птиці може слугувати система електромагнітної обробки зернових та комбікормів. Основною метою цієї технології є підвищення поживних властивостей корму шляхом змін у структурі біологічних молекул та знищення патогенних мікроорганізмів, що можуть бути присутніми у сировині.

Процес включає декілька етапів. На першому етапі зерновий корм подається у спеціальну камеру електромагнітної обробки, де піддається впливу змінного електромагнітного поля певної частоти та інтенсивності. Це поле спричиняє мікроструктурні зміни в зерні, зокрема поліпшує проникність клітинних мембран, що сприяє збільшенню біодоступності корисних речовин, таких як білки, вуглеводи та вітаміни. Крім того, електромагнітна обробка активує ферменти, що містяться у зерні, стимулюючи ферментативні процеси, що позитивно впливають на засвоєння корму.

Наступним кроком є застосування високочастотної обробки, що дозволяє значно знизити кількість шкідливих мікроорганізмів та грибків у кормі, які можуть спричинити захворювання у птиці. За рахунок контролю частоти й інтенсивності високочастотного поля можна досягти необхідного рівня дезінфекції без застосування хімічних речовин, що підвищує безпеку корму [2].

Високочастотна обробка є ефективним методом знезараження та підвищення якості кормів для сільськогосподарської птиці, оскільки вона сприяє глибокому проникненню електромагнітних хвиль у зернові маси, знищуючи шкідливі мікроорганізми та патогени. На відміну від традиційних методів обробки, високочастотна обробка забезпечує миттєвий нагрів корму до

потрібної температури на молекулярному рівні, що робить процес особливо ефективним і рівномірним. Це виключає ймовірність виживання мікробів у глибині кормової маси, де в інших випадках вони могли б зберігатися навіть після обробки.

Технологія високочастотної обробки полягає у створенні електромагнітного поля високої частоти, яке індукує електричні струми всередині корму. Ці струми збуджують молекули води та інші полярні молекули, змушуючи їх коливатися з високою частотою, що призводить до виділення тепла. Завдяки цьому процесу корм нагрівається зсередини, що не лише знищує бактерії та грибки, але й активує певні біохімічні процеси, які можуть покращити його поживну цінність. Наприклад, завдяки високочастотному нагріванню може збільшуватися доступність білків та амінокислот, що полегшує їх засвоєння організмом птиці.

Особливість високочастотної обробки також полягає у точності контролю температури, яка досягається завдяки можливості точно регулювати частоту та інтенсивність електромагнітного поля. Це дозволяє уникнути надмірного перегріву корму, який може спричинити втрату корисних речовин, і забезпечити оптимальні умови для збереження вітамінів та інших термолабільних компонентів. Завдяки високочастотній обробці стає можливим скорочення застосування хімічних консервантів, оскільки незаражений корм зберігає свою якість протягом тривалого часу. Такий метод обробки є безпечним, екологічним і дозволяє виробникам отримати більш високоякісну сировину для годування птиці, що в результаті сприяє підвищенню продуктивності у птахівництві [3].

Третім етапом є електростатична обробка корму, яка зменшує можливість окислення жирів, а також допомагає уникнути втрат вітамінів під час зберігання. Електростатичне поле сприяє стабілізації поживних речовин і допомагає зберегти корм тривалий час без зниження його якості. Цей електротехнологічний комплекс забезпечує не тільки поліпшення фізичних та хімічних властивостей корму, але й знижує його вартість для виробників за

рахунок зменшення потреби в додаткових консервантах і добавках. Результатом є високоякісний корм, який підвищує продуктивність та здоров'я птиці, покращуючи якість кінцевої продукції в птахівництві.

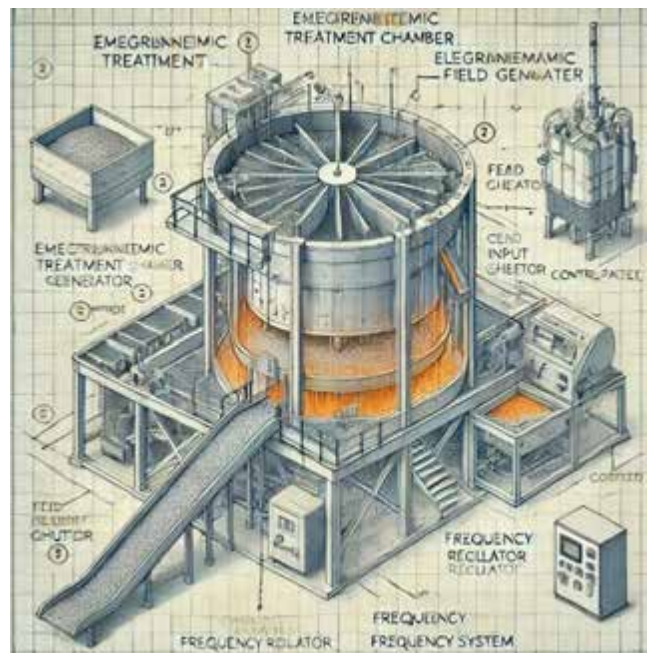


Рис. 1.1. Схема камери електромагнітної обробки зерна та кормів для птахівництва

Дослідження електротехнологічного комплексу для підвищення якості кормів сільськогосподарської птиці зосереджується на створенні та впровадженні передових методів обробки кормів, які можуть суттєво покращити їх поживні властивості, мікробіологічну чистоту та загальну безпеку для споживання птицею. Основною метою є застосування сучасних електротехнологічних підходів, таких як електромагнітне і високочастотне опромінення, електростатична обробка, що забезпечують високий рівень знезараження кормів, посилення їхньої енергетичної цінності та підвищення біодоступності ключових нутрієнтів. Використання електромагнітного поля високої частоти дозволяє впливати на структуру зерна на молекулярному рівні, змінюючи фізико-хімічні властивості корму, що підвищує засвоюваність поживних речовин у травній системі птиці. Процес опромінення знищує патогени та грибкові мікроорганізми, які часто зустрічаються в сировині,

зберігаючи при цьому термолабільні речовини, такі як вітаміни. Завдяки цим змінам, корм набуває більшого біологічного потенціалу, що сприяє швидшому росту, зміцненню імунітету та підвищенню стійкості птиці до стресів, що часто виникають у промисловому птахівництві [4].

Проведення досліджень також передбачає детальне вивчення параметрів, які забезпечують оптимальну ефективність обробки – частоту, інтенсивність, тривалість впливу електромагнітного поля та їхній вплив на різні види кормів. Це включає аналіз змін у мікробіологічному та хімічному складі обробленого корму, тестування його на наявність залишкових патогенів, а також оцінку його довготривалого зберігання без необхідності використання додаткових консервантів. Усе це сприяє тому, що розроблений електротехнологічний комплекс не лише покращує якість кормів, але й надає можливість аграрним підприємствам знизити витрати на кормові добавки та медикаменти, що використовуються для профілактики захворювань у птиці.

Результати такого дослідження мають важливе практичне значення для розвитку птахівництва, оскільки вони дозволяють створити нові стандарти для кормової промисловості, що відповідають сучасним вимогам безпеки і якості. Завдяки застосуванню електротехнологічного комплексу, підприємства отримують можливість оптимізувати свої виробничі процеси, скоротити витрати і підвищити рентабельність продукції, що в кінцевому результаті позитивно відображається на якості кінцевої продукції, доступній для споживачів.

Існуючі технології обробки кормів для птахів охоплюють різноманітні методи, що включають механічну, теплову, хімічну та біологічну обробку. Кожен із цих підходів має свої переваги, але також і недоліки, які потребують постійного вдосконалення.

Механічна обробка, така як подрібнення, шліфування або гранулювання, використовується для того, щоб зробити корм більш доступним для перетравлення птицею. Вона дозволяє знизити витрати на корм і сприяє рівномірному змішуванню різних компонентів. Однак, незважаючи на

зручність, цей метод не завжди дозволяє зберегти всі корисні властивості корму, особливо коли мова йде про вітаміни та мікроелементи, які можуть втрачатися під час механічного впливу. Крім того, механічне подрібнення може збільшити утворення пилу в кормах, що є небезпечним для здоров'я птиці, оскільки може викликати респіраторні захворювання [5].

Теплова обробка, така як варіння або парова обробка, є одним із найбільш поширених методів, оскільки вона дозволяє знищити шкідливі мікроорганізми та паразитів, що можуть бути в кормі. Вона також дозволяє полегшити перетравлення складних білків і вуглеводів, що особливо важливо для молодняку. Однак, цей метод має свої обмеження, оскільки надмірне тепло може знижувати вміст термолабільних вітамінів і мікроелементів у кормі. Крім того, він потребує значних енергетичних витрат, що збільшує собівартість виробництва кормів.

Хімічна обробка кормів передбачає додавання консервантів та антиоксидантів для покращення зберігання кормів, а також застосування добавок, що покращують їх біологічну цінність. Хоча цей метод дозволяє зберігати корм на тривалий час і запобігає розвитку шкідливих мікроорганізмів, він має один важливий недолік – використання хімічних добавок може викликати побічні ефекти у тварин. Високі концентрації консервантів чи антибіотиків можуть накопичуватися в організмі птиці, що призводить до порушень у її здоров'ї, а також може впливати на якість кінцевої продукції.

Біологічна обробка кормів, така як ферментація або використання пробіотиків, є ще одним перспективним методом, який дозволяє підвищити харчову цінність корму і покращити його засвоюваність. За допомогою цієї технології можна знизити рівень шкідливих мікроорганізмів, підвищити вміст корисних бактерій і ферментів, що покращують травлення. Однак процес біологічної обробки вимагає постійного контролю за умовами ферментації та підтримки необхідних температур і вологості. Крім того, цей метод може бути не таким ефективним у випадках, коли корм містить велику кількість

антибіотиків чи інших токсичних речовин, що перешкоджають росту корисних мікроорганізмів.

Таким чином, кожна з існуючих технологій має свої сильні та слабкі сторони, що визначають їхню доцільність у певних умовах. Сучасні дослідження все більше спрямовані на комбінування кількох методів, щоб забезпечити більш високий рівень якості та безпеки кормів, а також знизити витрати на їх виробництво, одночасно зберігаючи їх харчову цінність. Однак, застосування нових технологій, таких як електротехнології, відкриває нові можливості для більш ефективного підвищення якості кормів без шкоди для здоров'я птиці та без додавання хімічних консервантів [6].

Сучасні технології обробки кормів для птахів мають певні недоліки, які впливають на якість продукції та здоров'я тварин. По-перше, обробка кормів високими температурами, наприклад, під час екструзії або гранулювання, призводить до втрат важливих вітамінів і мікроелементів. Вітаміни, такі як А, Е та деякі з групи В, є термолабільними і руйнуються під час теплової обробки. Втрата цих компонентів позначається на імунитеті, рості та продуктивності птахів. Крім того, такі процеси обробки, як гранулювання, можуть впливати на структуру та засвоюваність білка. Наприклад, висока температура може спричинити денатурацію білків, знижуючи їх біологічну цінність і доступність для травної системи птахів. У підсумку, навіть якщо корм містить достатню кількість білка, його засвоєння буде обмежене, що може призвести до затримки росту та збільшення витрат на годівлю.

Інший аспект стосується застосування синтетичних добавок для збереження поживних властивостей корму. Ці добавки, зокрема консерванти та антиокислювачі, іноді мають токсичний ефект при надмірному споживанні, що може негативно вплинути на здоров'я птахів. Зокрема, накопичення деяких синтетичних речовин може призвести до порушень у функціонуванні органів, таких як печінка, нирки, та може вплинути на репродуктивну здатність.

Додатково, зосередженість на інтенсивному підвищенні калорійності часто призводить до того, що раціон стає одноманітним і не враховує

повноцінні потреби птахів у клітковині та інших речовинах, які необхідні для здорового травлення. Це може викликати проблеми зі шлунково-кишковим трактом та зниження засвоєння їжі. Нарешті, сучасні методи обробки не завжди відповідають екологічним вимогам. Вони часто є енергоємними і мають високий рівень викидів, що негативно впливає на довкілля.

Сучасні технології обробки кормів для птахів мають численні переваги, які забезпечують високу якість продукції, ефективність годівлі та здоров'я тварин. Високотехнологічні методи, такі як екструзія, гранулювання та мікронізація, дозволяють створити корм, який добре засвоюється й відповідає біологічним потребам птахів. Обробка кормів високими температурами, що відбувається під час екструзії, сприяє знищенню шкідливих мікроорганізмів, бактерій та плісняви. Це підвищує гігієнічні характеристики корму та зменшує ризик захворювань у птахів, а також забезпечує більш безпечне зберігання продукту.

Такі методи обробки також дозволяють точно контролювати склад корму, створюючи баланс між поживними речовинами, вітамінами, мінералами та амінокислотами. Завдяки такому підходу можна задовольнити специфічні потреби птахів на різних етапах їхнього розвитку – від молодняка до дорослих особин. Гранулювання, наприклад, забезпечує оптимальне співвідношення інгредієнтів у кожній гранулі, зменшуючи можливість розділення компонентів і, отже, забезпечуючи стабільне харчування [7].

Крім того, обробка кормів підвищує їхню енергетичну цінність. Під час процесу екструзії відбувається розщеплення складних вуглеводів, таких як крохмаль, на простіші форми, які легше засвоюються. Це сприяє швидкому поповненню енергії та підвищенню продуктивності птахів, що особливо важливо для бройлерів і несучок, оскільки вони мають підвищену потребу в енергетичному підживленні.

Ще однією перевагою сучасних технологій є можливість додавання різноманітних добавок, таких як пробіотики, пребіотики та ферменти, що покращують мікрофлору кишківника та засвоюваність поживних речовин.

Присутність таких компонентів сприяє зміцненню імунної системи птахів, що, в свою чергу, покращує стійкість до хвороб і підвищує загальний рівень їхнього здоров'я. Технології обробки кормів значно знижують витрати на годування, оскільки підвищена засвоюваність поживних речовин дозволяє отримувати максимальний ефект з меншої кількості корму. Це не тільки знижує вартість утримання птахів, а й зменшує обсяг відходів, сприяючи більш екологічно стійкому виробництву [8].

1.2 Використання електротехнологій в аграрній галузі: сучасні досягнення та потенціал

Електротехнології стають однією з ключових рушійних сил у сучасній аграрній галузі, відкриваючи нові можливості для підвищення ефективності, екологічної безпеки та якості продукції. Сучасні досягнення в цій сфері охоплюють інноваційні підходи, зокрема електромагнітну та високочастотну обробку, плазмову стерилізацію, озонування та електростатичну обробку різних сільськогосподарських продуктів. Ці методи дозволяють значно поліпшити якість обробки кормів, підвищити зберігання врожаю та забезпечити стійкість продукції до біологічних загроз без застосування хімічних добавок.

Наприклад, електромагнітна обробка зернових та кормів дозволяє впливати на структуру продукту, покращуючи біодоступність поживних речовин. У процесі обробки електромагнітними хвилями відбувається руйнування клітин патогенів, що підвищує безпеку продукції без використання агресивних консервантів. Це особливо цінно у вирощуванні продукції для харчування тварин, де якість і безпечність кормів мають безпосередній вплив на здоров'я та продуктивність тварин. Крім того, застосування плазмових технологій для знезараження насіння допомагає підвищити врожайність, оскільки плазмовий вплив стимулює процеси зростання, забезпечуючи посівний матеріал більшою стійкістю до хвороб. Високочастотна обробка, що активно застосовується для знезараження кормів і води, відкриває перспективу зменшення використання антибіотиків і хімічних дезінфікуючих речовин,

оскільки знезараження відбувається за рахунок електромагнітного впливу на молекулярному рівні. Завдяки цьому можна підтримувати чистоту виробничих потужностей без токсичних залишків, що є особливо важливим для забезпечення безпеки продуктів і збереження корисних властивостей сировини.

Водночас електротехнології широко використовуються для оптимізації енергоефективності в сільському господарстві, зокрема в системах освітлення теплиць, де застосовуються LED-світильники із регульованим спектром, що оптимізує фотосинтез рослин. Крім того, електрообігрів дозволяє забезпечити теплицям постійний мікроклімат незалежно від зовнішніх погодних умов, що сприяє безперервному зростанню врожаю та підвищенню його якості. Системи керування електроенергією в аграрних підприємствах забезпечують точний контроль над умовами навколишнього середовища, знижуючи витрати на електрику та забезпечуючи ефективне використання ресурсів. З огляду на ці можливості, електротехнології розглядаються як фундамент для майбутніх досягнень у галузі сталого сільського господарства. Інвестиції в дослідження та розвиток нових електротехнологічних рішень обіцяють створення безпечніших, екологічно чистіших методів обробки сільськогосподарської продукції та підвищення її якості. Сучасний розвиток електротехнологій у сільському господарстві сприяє не лише підвищенню продуктивності аграрних підприємств, а й робить внесок у досягнення глобальних екологічних цілей, таких як скорочення хімічних забруднень і збереження ресурсів [9].

Використання електротехнологій у сільському господарстві досягло значного прогресу завдяки розробці нових підходів до обробки продукції, поліпшення умов зберігання та створення більш екологічних методів вирощування культур. Ці інновації охоплюють такі сфери, як знезараження насіння, поліпшення властивостей кормів, електромагнітну стимуляцію росту рослин та ефективні системи енергоспоживання для теплиць і ферм. Так, застосування електромагнітних полів для обробки насіння дозволяє підвищити його схожість та прискорити ріст культур, що надзвичайно важливо в умовах кліматичних змін, де час і ефективність сівби часто визначають врожайність. У

кормовій галузі електротехнології дозволяють покращити якість кормів за рахунок використання електромагнітного або високочастотного опромінення, яке знезаражує сировину, не вдаючись до хімічних обробок. Ця технологія сприяє збереженню поживних речовин, зокрема вітамінів, білків і мікроелементів, що підвищує цінність кормів і знижує потребу у хімічних добавках та антибіотиках. Це відкриває нові можливості для більш екологічного вирощування тварин, сприяючи отриманню більш здорової продукції для споживачів. Крім того, зменшення кількості хімічних речовин у виробничому циклі сприяє зниженню забруднення довкілля та захисту ґрунтів і водних ресурсів від хімічних залишків [10].

Технології LED-освітлення та автоматизація кліматичних умов у теплицях відкрили нові перспективи для ефективного вирощування овочевих культур. Сучасні LED-системи забезпечують рослинам оптимальні умови освітлення, необхідні для фотосинтезу, водночас знижуючи енергоспоживання. У теплицях, обладнаних такими системами, створюються штучно контрольовані кліматичні умови, які мінімізують ризики, пов'язані з погодними аномаліями, і дозволяють фермерам забезпечувати стабільні врожаї протягом року. Важливим досягненням також є автоматизація систем вентиляції, поливу та добрив, які знижують витрати води та ресурсів, забезпечуючи більш точне керування процесом росту рослин.

Потенціал подальшого розвитку електротехнологій у сільському господарстві пов'язаний з інтеграцією цих систем у комплексні «розумні» мережі. Це дозволить не лише оптимізувати витрати енергії та ресурсів, але й створити моделі повністю автоматизованих ферм, де всі процеси — від контролю за якістю повітря та рівнем вологості до збору врожаю та його первинної обробки — керуватимуться електронними та електромагнітними системами. Використання таких технологій виведе агропромисловість на новий рівень стійкості, де вплив людського фактору буде мінімізований, а екологічна та економічна ефективність — максимізовані. Ці досягнення демонструють потужний потенціал електротехнологій, які здатні забезпечити стійкий розвиток

сільського господарства, підвищити врожайність та якість продукції і, що важливо, захистити довкілля. Подальший розвиток і масштабування цих технологій дозволять аграрній галузі не лише ефективно відповідати на виклики, пов'язані з продовольчою безпекою, але й створити нові еталони якості та екологічності сільськогосподарської продукції [11].

1.3 Аналіз досліджень щодо впливу якості кормів на продуктивність та здоров'я птиці.

Аналіз наукових досліджень у галузі птахівництва показує, що якість кормів має фундаментальне значення для продуктивності та здоров'я птиці. Живлення є головним фактором, що визначає фізіологічний стан птиці, її зростання, репродуктивну здатність та імунну стійкість. Погано збалансований корм або корм низької якості часто призводять до численних проблем: уповільнення росту, зниження яйценосності, порушення обміну речовин та підвищення вразливості до інфекцій. Такі наслідки безпосередньо впливають на продуктивність підприємств, які займаються вирощуванням птиці, адже вони залежать від високих показників приросту та здоров'я поголів'я. Останні дослідження демонструють, що корми, збагачені необхідними білками, жирами, вітамінами та мінералами, позитивно впливають на метаболічні процеси в організмі птиці, забезпечуючи швидкий ріст і зміцнення імунної системи. Наприклад, підвищений вміст білка та амінокислот у кормах сприяє активному набору маси, тоді як наявність вітамінів та мінералів зміцнює кісткову систему та покращує функціонування внутрішніх органів. З іншого боку, неякісні корми, що містять забруднення або недоліки в складі, провокують дефіцит необхідних речовин, що відображається на фізіології птиці та часто стає причиною хвороб [12].

Крім того, важливе значення мають біологічна доступність та якість компонентів корму, адже поживні речовини повинні легко засвоюватися, щоб організм птиці міг ефективно використовувати їх для росту та розвитку. Наприклад, науковці виявили, що обробка корму електромагнітними методами сприяє підвищенню біодоступності нутрієнтів та зниженню кількості патогенів,

що покращує травлення і знижує ризик інфекцій. Це особливо важливо в умовах інтенсивного вирощування, де велике скупчення птиці вимагає підвищеного рівня знезараження кормів для запобігання хворобам.

Дослідження також показують, що правильно збалансований раціон є ключовим фактором для підвищення яйценосності. Якість яйцекладки значною мірою залежить від наявності достатньої кількості кальцію, вітаміну D та інших елементів, які безпосередньо впливають на формування шкаралупи та якість яєць. Дефіцит цих елементів або їх погана засвоюваність може призвести до того, що яйця будуть ламкими, а продуктивність курей-несучок – зниженою. Окрім цього, дослідження вказують на важливість наявності антиоксидантів у кормі, які захищають організм птиці від стресу та підвищують її загальну витривалість. Аналізуючи ці дані, стає очевидним, що якісний корм є основою не тільки для підтримання високого рівня продуктивності, але й для забезпечення здоров'я птиці. Дослідники також відзначають, що інвестиції у виробництво високоякісних кормів, які відповідають біологічним потребам птиці, є економічно виправданими, адже такі корми не лише підвищують вихід продукції, але й знижують ризики, пов'язані з витратами на лікування і втратами через зниження продуктивності. Отже, підвищення якості кормів є ключовою стратегією для забезпечення ефективного та сталого розвитку галузі птахівництва [13].

Додаткові аспекти, які підкреслюють значення якісного корму для птиці, охоплюють не лише його склад і біодоступність, але й технологію виробництва, яка також впливає на кінцеві характеристики корму. Сучасні дослідження акцентують увагу на важливості структурної однорідності корму, що дозволяє рівномірно забезпечувати птицю необхідними речовинами протягом усього циклу живлення. Наприклад, дрібнодисперсний корм сприяє тому, що поживні речовини легше засвоюються організмом, забезпечуючи стабільний ріст і розвиток, особливо на ранніх етапах. Разом із тим, рівень грануляції має бути оптимальним, оскільки надто дрібна структура може утворювати пил, що погано впливає на дихальну систему птиці. Таким чином, рівномірність

структури корму є важливим параметром, який дослідники розглядають для підвищення ефективності живлення.

Крім того, одним із нових напрямків досліджень є вивчення впливу ферментів, що додаються до корму, для покращення його засвоюваності. Додавання ферментативних препаратів, які розщеплюють важкодоступні для травлення компоненти, дозволяє покращити перетравність таких речовин, як клітковина та складні вуглеводи. Наприклад, ферменти, що розщеплюють фітинову кислоту, забезпечують кращу засвоюваність фосфору, який є критично важливим для росту та підтримки здорової кісткової структури птиці. Це особливо актуально в умовах промислового вирощування, де оптимізація живлення є вирішальним фактором для економічної рентабельності.

Також існує вагома різниця в потребах птиці на різних етапах її життєвого циклу, що відображається на розробці спеціалізованих кормів для різних фаз росту і розвитку. Наприклад, виявлено, що молодняку потрібні більш концентровані корми з високим вмістом білка і амінокислот для забезпечення швидкого набору маси, тоді як доросла птиця потребує більше мінералів і вітамінів для підтримки репродуктивної здатності і яйценосності. Таким чином, якісний корм не є універсальним, а потребує ретельного підбору компонентів залежно від фізіологічного стану птиці, що є пріоритетом для оптимального живлення в умовах високої інтенсивності виробництва.

Ще одним важливим аспектом, який підкреслюється в сучасних дослідженнях, є питання стабільності кормів під час зберігання, адже деякі поживні речовини, такі як вітаміни та антиоксиданти, можуть руйнуватися під впливом температури, світла та вологи. Це призводить до зниження поживної цінності корму, що, в свою чергу, впливає на здоров'я та продуктивність птиці. Тому виробники активно працюють над вдосконаленням технологій зберігання, таких як упаковка з контрольованим рівнем вологості, що дозволяє зберегти якість корму навіть при тривалому зберіганні. Дослідження показують, що якість корму для птиці є комплексним питанням, яке включає як його склад, так і технологічні особливості виробництва, рівень ферментативного збагачення,

відповідність до потреб птиці на різних етапах її розвитку та стабільність під час зберігання. Інтеграція цих аспектів дозволяє отримати високоякісний продукт, що забезпечує максимальну продуктивність і здоров'я поголів'я [14].

1.4 Принципи дії електротехнологічного обладнання для обробки кормів

Електротехнологічне обладнання для обробки кормів працює на основі застосування електромагнітних, електростатичних або високочастотних полів, які впливають на структуру та властивості кормових матеріалів. Принцип дії таких пристроїв полягає у створенні умов, за яких корм піддається впливу електричних полів певної частоти та інтенсивності, що змінює молекулярну структуру речовин, підвищуючи їх біодоступність та ефективно знищуючи мікроорганізми. При опроміненні корму електромагнітними хвилями, молекули води та інші полярні молекули починають коливатися та нагріватися, що спричиняє швидкий та рівномірний прогрів усієї маси корму. Це забезпечує не тільки термічну обробку для знищення патогенів, але й покращує структуру корму, що робить його легшим для травлення. Високочастотна обробка забезпечує рівномірний вплив на всі компоненти корму, адже хвилі проникають у глибокі шари зернових, знищуючи шкідливі бактерії та плісняву, яка може розвиватися під час зберігання [16].

У разі використання електростатичних полів принцип роботи обладнання полягає у створенні сильного електричного поля, яке діє на корм, підвищуючи його антиоксидантні властивості та стабільність. Цей метод допомагає зберегти поживні речовини, такі як вітаміни та білки, які часто руйнуються при традиційній термічній обробці, та забезпечує захист корму під час зберігання. Електростатичне поле також допомагає усунути мікроорганізми та знизити рівень окислювальних процесів, що позитивно впливає на термін придатності корму.

Така обробка дозволяє зменшити необхідність у додаткових консервантах, знизити ризик захворювань у поголів'я та забезпечити стабільний і надійний

рівень якості кормів. Електротехнологічне обладнання працює автоматизовано, дозволяючи точно налаштувати параметри впливу на корм, що забезпечує оптимальну інтенсивність та тривалість обробки для різних видів сировини. Завдяки цьому можна досягти максимального ефекту у знищенні патогенів і збереженні поживної цінності корму, що робить електротехнології перспективним напрямом для підвищення ефективності та екологічної безпеки аграрного виробництва. Ще одним важливим аспектом у роботі електротехнологічного обладнання для обробки кормів є здатність цих технологій глибоко змінювати структуру кормових молекул, що позитивно впливає на їх засвоюваність та поживну цінність. Наприклад, під впливом електромагнітного випромінювання відбувається денатурація білків та розщеплення великих молекул вуглеводів, що робить їх більш доступними для травної системи птиці. Завдяки цьому підвищується ефективність засвоєння корму, а отже, птахи можуть отримувати більше поживних речовин із тієї ж кількості корму, що оптимізує витрати та підвищує рентабельність господарств [17].

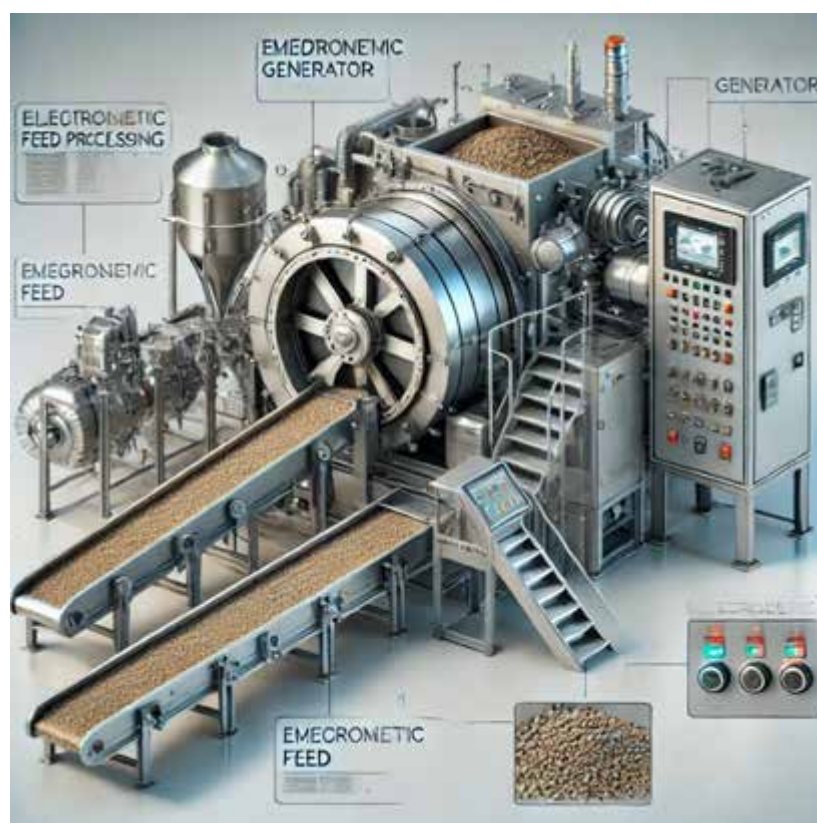


Рис. 1.2 Електротехнологічне обладнання для обробки кормів

Також важливим є те, що високочастотна обробка корму сприяє активації ферментативних процесів усередині клітин, що створює більш сприятливі умови для травлення. У процесі опромінення активуються ендogenousні ферменти, що містяться у зерні, які розщеплюють поживні речовини та сприяють їхньому перетравленню. Це допомагає зменшити кількість неперетравлених залишків у шлунково-кишковому тракті, що знижує ризик розвитку патологій, пов'язаних із травленням. Подібний вплив є особливо корисним у годівлі молодняка, який ще не має повністю розвиненої травної системи та потребує кормів, легких для засвоєння. Додатково, технологія електрообробки сприяє зниженню алергенності деяких компонентів корму, що є критично важливим у вирощуванні птиці, схильної до алергічних реакцій на певні білки або складні вуглеводи. Під впливом електричного поля ці алергени можуть змінювати свою структуру, втрачаючи здатність викликати небажані реакції в організмі птиці, що покращує її загальний стан та знижує рівень стресу [18].

Крім того, вплив електростатичного поля на корм має ефект стерилізації, зменшуючи шанси розвитку патогенів не лише під час виробництва, але й протягом зберігання. Електростатична обробка змінює поверхневий заряд мікроорганізмів, що порушує їхню здатність до розмноження та виживання. Це робить корм стійкішим до зараження бактеріями та грибками під час тривалого зберігання, а отже, знижує ймовірність утворення шкідливих токсинів, що є небезпечними для здоров'я птиці.

Використання електротехнологій у процесі обробки кормів не тільки підвищує їхню якість, але й створює корм, більш безпечний, поживний та екологічно стійкий. Це виводить сучасне птахівництво на новий рівень ефективності, дозволяючи скоротити витрати на ветеринарні препарати та знизити ризик втрат від хвороб, пов'язаних із недостатньою якістю кормів [19].

1.5 Види електричних методів обробки (електроплазмоліз, електроімпульсна обробка, електромагнітні методи) та їх застосування у кормовиробництві

Електричні методи обробки кормів, такі як електроплазмоліз, електроімпульсна обробка та електромагнітні методи, розроблені для того, щоб поліпшити засвоюваність поживних речовин, знищувати патогени та збільшувати загальну ефективність кормів у тваринництві. Кожен з цих методів має унікальний підхід до обробки сировини, що впливає на молекулярні структури кормових компонентів і допомагає підвищити їх біодоступність.

Електроплазмолізна обробка

Електроплазмолізна обробка є інноваційним методом, що використовує високовольтні електричні розряди для руйнування клітинних структур кормової сировини, завдяки чому поживні речовини стають легше доступними для засвоєння організмом птиці. Під час цієї обробки створюється електричне поле, яке викликає плазмоліз — процес, при якому клітинні мембрани розриваються через різницю електричних потенціалів між внутрішнім і зовнішнім середовищем клітини. У результаті цього порушуються природні бар'єри, що захищають нутрієнти, такі як білки, вуглеводи та жири, які залишалися недоступними для засвоєння.

Процес електроплазмолізу особливо ефективний для обробки кормів із зернових, оскільки зерно має щільні клітинні стінки, що заважають вивільненню корисних речовин у процесі травлення. Завдяки електроплазмолізу молекули води всередині клітини нагріваються та розширюються, що призводить до збільшення тиску всередині клітин і, зрештою, до їх розриву. Це відкриває доступ до поживних речовин, дозволяючи організму птиці отримувати максимум корисних елементів із корму, не витрачаючи зайву енергію на його розщеплення. Крім покращення біодоступності, електроплазмолізна обробка також має стерилізуючий ефект. Високовольтний розряд створює умови, за яких гинуть патогенні мікроорганізми, гриби та пліснява, які можуть перебувати у сировині. Це дозволяє суттєво знизити ризик

захворювань у птиці, спричинених неякісним кормом, а також продовжити термін зберігання обробленої сировини без застосування хімічних консервантів [20].

Електроплазмоліз має ще одну перевагу — енергоефективність. Використання коротких, але інтенсивних електричних імпульсів забезпечує швидкий ефект, що дозволяє досягти необхідних змін у структурі корму за мінімальних енергетичних витрат. Таким чином, електроплазмоліз є не тільки результативним методом покращення кормів, але й економічно вигідним підходом для сільськогосподарських підприємств, які прагнуть знизити витрати на обробку сировини без втрати її якості.

Електроімпульсна обробка

Електроімпульсна обробка є сучасним методом, який використовує короткі, інтенсивні електричні імпульси для обробки кормової сировини. Основний принцип дії цього методу полягає у створенні потужних електричних полів, які проникають у корм і викликають швидкі, але контрольовані зміни на клітинному рівні. Коли корм піддається впливу електроімпульсів, у клітинних мембранах утворюються тимчасові пори, через які відбувається більш ефективно вивільнення поживних речовин, таких як білки, жири та вуглеводи. Це сприяє кращому засвоєнню поживних компонентів, знижуючи необхідність у великих об'ємах корму для досягнення високої продуктивності. Важливою перевагою електроімпульсної обробки є її ефективність у знищенні шкідливих мікроорганізмів, таких як бактерії, грибки та віруси. Під дією потужних імпульсів структура клітин мікроорганізмів руйнується, що запобігає їх розмноженню і значно покращує мікробіологічну чистоту корму. Цей ефект не лише забезпечує безпеку для здоров'я тварин, але й дозволяє продовжити термін зберігання оброблених продуктів, оскільки знижує ризик появи плісняви та інших патогенів, які могли б негативно вплинути на якість сировини.

Електроімпульсна обробка також має позитивний вплив на стабільність кормів, зменшуючи ризики окислення жирів та втрати вітамінів. Порівняно з традиційними методами термічної обробки, цей підхід дозволяє зберегти

більше активних речовин, оскільки високочастотні імпульси діють дуже швидко, не викликаючи значного нагрівання сировини. Завдяки цьому важливі елементи, такі як вітаміни А, Е та мікроелементи, залишаються у кормі без змін, що робить його більш поживним і корисним для тварин. Крім того, електроімпульсна обробка є екологічно чистою технологією, оскільки не потребує використання додаткових хімічних речовин або консервантів. Це дозволяє зменшити кількість хімічних залишків у кінцевому продукті, що робить його більш безпечним для споживання і відповідає вимогам екологічно чистого виробництва [21].

Такий метод обробки є особливо цінним у великих виробничих масштабах, де якість і тривалість зберігання кормів мають критичне значення для зниження виробничих витрат і підвищення ефективності сільськогосподарських процесів.

Електромагнітні методи

Електромагнітні методи обробки кормів базуються на використанні електромагнітних полів для впливу на молекули води, жири, білки та інші компоненти у кормі. Коли сировина піддається впливу високочастотних або низькочастотних електромагнітних полів, відбувається коливання полярних молекул, що призводить до виділення тепла всередині корму. Це внутрішнє нагрівання забезпечує рівномірне прогрівання всієї маси корму без необхідності зовнішнього нагріву, що є важливим для збереження поживних речовин, чутливих до високих температур, як-от вітаміни, ферменти та інші біоактивні сполуки. Електромагнітна обробка створює потужний стерилізуючий ефект, знищуючи більшість патогенних мікроорганізмів і плісняви, які можуть розвиватися під час зберігання корму. Це особливо актуально у великих агропромислових комплексах, де велика кількість сировини зберігається протягом тривалого часу, піддаючись ризику забруднення. Завдяки електромагнітному впливу відбувається зниження мікробіологічного навантаження на корм, що дозволяє мінімізувати необхідність у додаткових

консервантах і знизити ризики для здоров'я птиці, зменшуючи вплив хімічних добавок на організм [22].

Крім знезараження, електромагнітні методи здатні підвищувати біодоступність поживних речовин, що містяться у кормі. Вплив на молекулярному рівні змінює структуру деяких макромолекул, таких як білки та вуглеводи, розщеплюючи їх на більш прості форми, які легше засвоюються організмом птиці. Це призводить до більш ефективного перетравлення корму та кращого засвоєння поживних речовин, що позитивно впливає на загальний стан здоров'я та продуктивність птиці, забезпечуючи швидший ріст та підвищену стійкість до хвороб.

Електромагнітні методи мають ще одну перевагу: вони є економічно ефективними, оскільки дозволяють обробляти великі обсяги корму за короткий час без значних енергетичних витрат. Використання змінних електромагнітних полів дозволяє налаштовувати інтенсивність та частоту обробки, що дозволяє адаптувати метод до конкретних видів сировини та вимог обробки. Це робить електромагнітні методи універсальним і гнучким рішенням для аграрної галузі, зокрема у птахівництві, де потрібен стабільний, безпечний і поживний корм для високої продуктивності поголів'я [23].

Застосування цих методів у кормовиробництві

Застосування електроплазмолізу, електроімпульсної та електромагнітної обробки в кормовиробництві забезпечує новий рівень якості та ефективності кормів для сільськогосподарської птиці. Використання електроплазмолізу дозволяє суттєво поліпшити доступність нутрієнтів у зернових і рослинних компонентах корму, оскільки цей метод відкриває клітинні стінки та забезпечує вивільнення білків, вуглеводів та інших поживних речовин. Завдяки цьому підвищується загальна засвоюваність корму, що сприяє більш економічному використанню сировини, оскільки птахи потребують меншого об'єму корму для досягнення оптимальних показників росту. Цей процес також знижує потребу в додаткових ферментативних добавках, адже поживні компоненти стають легкодоступними для травної системи. Електроімпульсна обробка, яка

використовується для стерилізації та структурування корму, дозволяє виробникам отримати продукт, вільний від патогенних мікроорганізмів, без застосування хімічних засобів чи високих температур, що можуть зруйнувати вітаміни і мікроелементи. Завдяки коротким, потужним імпульсам, корм проходить обробку на молекулярному рівні, що не лише знищує шкідливі мікроорганізми, але й змінює структуру складних молекул, полегшуючи їх засвоєння. Це особливо корисно в умовах великого промислового виробництва, де стабільна якість і тривале зберігання кормів мають критичне значення для рентабельності виробництва.

Електромагнітні методи дозволяють обробляти корм з мінімальними енергетичними затратами та максимальною ефективністю. Цей метод забезпечує одночасне знезараження та збереження поживних речовин, що робить його популярним для обробки чутливих до температури компонентів, таких як вітаміни та ензими. Завдяки цьому корм зберігає свою поживну цінність і водночас стає безпечнішим, оскільки електромагнітна обробка знищує бактеріальну флору та грибки. Така обробка також сприяє рівномірному нагріванню, що дозволяє отримати стабільний продукт, незалежно від типу сировини чи її об'єму [24].

У поєднанні ці методи дають кормовиробникам можливість створювати високоякісний продукт, що задовольняє сучасні стандарти ефективності та безпеки. Інтеграція таких технологій не лише підвищує рентабельність і знижує витрати на додаткові добавки та консерванти, але й дозволяє виробляти корм, який максимально підходить для інтенсивного птахівництва, де показники здоров'я та продуктивності безпосередньо залежать від якості харчування.

1.6 Можливості вдосконалення методів для оптимізації поживних властивостей кормів

Вдосконалення методів обробки кормів відкриває нові можливості для оптимізації їхніх поживних властивостей, сприяючи ефективнішому засвоєнню корму, кращій доступності нутрієнтів і зниженню ризиків, пов'язаних із

забрудненням сировини. Сучасні дослідження в галузі електротехнологій показують, що поєднання електроімпульсної обробки з ферментативною активацією є перспективним напрямом для підвищення ефективності перетравлення кормів. Коли корм піддається коротким, потужним електричним імпульсам, його структура стає більш пористою, що полегшує дію природних ферментів, які активуються у процесі травлення. Внаслідок цього покращується розщеплення складних молекул, таких як крохмаль і протеїни, до більш простих і легкозасвоюваних форм. Цей підхід дозволяє знизити потребу в додаткових ферментних добавках і покращити показники приросту птиці.

Ще одним напрямом вдосконалення є використання точкових електромагнітних полів, що дозволяють зберегти чутливі до нагрівання речовини, як-от вітаміни та антиоксиданти, які можуть зруйнуватися під час традиційної термічної обробки. Використання низькотемпературного електромагнітного впливу на певних частотах дозволяє підтримувати високу поживну цінність корму, зберігаючи його природні властивості. Дослідження показують, що налаштування частоти електромагнітного поля під конкретний тип сировини дозволяє досягти оптимального балансу між знезараженням та збереженням поживних компонентів. Це робить корм не тільки безпечним, а й біологічно цінним для птиці, сприяючи її росту та підвищенню продуктивності [25].

Іншим важливим аспектом вдосконалення є комбіноване використання електроплазмолізу з пробіотичними добавками. Після обробки корму електроплазмолізом, коли клітинні стінки рослинних компонентів руйнуються, поживні речовини стають доступнішими для шлунково-кишкової системи птиці. Додавання пробіотиків до такого корму допомагає створити більш сприятливе середовище для корисних бактерій у кишечнику птиці, що покращує її загальний стан здоров'я та забезпечує більш ефективне травлення. Пробіотики працюють разом із розщепленими нутрієнтами, сприяючи їх засвоєнню, а також захищаючи організм птиці від патогенів і зміцнюючи імунітет. Отже, вдосконалення електротехнологічних методів обробки кормів

відкриває нові горизонти у виробництві високоефективного корму з підвищеною поживною цінністю, збалансованим складом та безпечним для здоров'я птиці. Це дозволяє зробити корм більш адаптованим до потреб організму птиці, знижуючи витрати на додаткові добавки та лікувальні засоби, а також підвищуючи продуктивність аграрних підприємств завдяки оптимізації процесів живлення.

Додатковим і перспективним напрямом вдосконалення методів обробки кормів є інтеграція методів нанотехнології, що дозволяють на молекулярному рівні покращити структуру і властивості кормових добавок. Застосування наночасток, наприклад, у формі мінералів і вітамінів, підвищує їхню біодоступність, адже такі мікрочастинки здатні проникати через клітинні мембрани набагато ефективніше, ніж звичайні добавки. Це дозволяє підвищити рівень засвоюваності мінералів і вітамінів у кормі, знижуючи витрати сировини та забезпечуючи птицю всіма необхідними речовинами навіть при меншій дозуванні. Зокрема, дослідження показують, що наноформи цинку, кальцію або магнію мають вищий ступінь засвоєння, що не тільки покращує продуктивність, але й знижує ризик дефіцитів мінералів у птиці, сприяючи формуванню міцнішого скелета та здорового розвитку м'язів. Крім того, розробка «розумних» систем доставки поживних речовин у кормі є ще одним актуальним напрямом. Ці системи базуються на спеціальних мікрокапсулах, які містять активні компоненти, такі як вітаміни або ферменти, які вивільняються у шлунково-кишковому тракті птиці поступово або у відповідь на певні фізіологічні умови. Це забезпечує максимальну ефективність, оскільки поживні речовини поглинаються саме в тих відділах кишківника, де їх найбільше потребує організм. Такий підхід дозволяє не тільки знижувати витрати на кормові добавки, але й підтримувати стабільний рівень харчових речовин в організмі птиці протягом тривалого часу, що підвищує її витривалість і продуктивність [26].

Використання біоелектричних стимуляторів у процесі обробки корму є ще однією інновацією, що стає актуальною у виробництві кормів. Біоелектричний

вплив сприяє активації певних ферментів і процесів у клітинах кормової сировини, стимулюючи ферментативне розщеплення білків і складних вуглеводів. Це не тільки полегшує засвоєння поживних речовин, але й створює оптимальні умови для корисних бактерій у кишківнику птиці, що підвищує її імунітет і стійкість до інфекцій. В результаті птиця росте здоровою, і зменшується потреба у профілактичному застосуванні антибіотиків, що відповідає сучасним екологічним та етичним стандартам.

Кожен із цих методів та технологій робить корм не просто джерелом енергії, а високоефективною та оптимізованою системою живлення, що забезпечує птицю всіма необхідними компонентами для максимального росту та здоров'я. Інтеграція таких підходів у промислове кормовиробництво дозволяє створювати новий клас продуктів, що відрізняються довготривалою стабільністю, високою поживністю та низькою потребою в додаткових лікувальних засобах. Це сприяє підвищенню якості продукції, зниженню собівартості та розвитку сталого сільського господарства [27].

РОЗДІЛ 2.

РОЗРОБКА ЕЛЕКТРОТЕХНОЛОГІЧНОГО КОМПЛЕКСУ

2.1 Етапи проєктування та моделювання комплексу

Розробка електротехнологічного комплексу для обробки кормів у сільському господарстві є багатоступеневим процесом, що об'єднує інженерні, біотехнологічні та економічні аспекти. Такий комплекс покликаний забезпечити підвищення якості кормів для сільськогосподарської птиці шляхом оптимізації їх поживної цінності, знезараження, а також поліпшення структурних характеристик корму для більш ефективного засвоєння.

На першому етапі розробки здійснюється дослідження властивостей кормових компонентів, які будуть піддаватися обробці, зокрема їхньої реакції на різні види електричних полів (високочастотні, електромагнітні, електроімпульсні) та оптимальних умов для досягнення необхідного ефекту. Кожен метод має свої особливості: наприклад, електроімпульсна обробка ефективно руйнує клітинні стінки, покращуючи доступність нутрієнтів, тоді як високочастотне нагрівання забезпечує одночасне знезараження і збереження вітамінів. Після визначення оптимальних параметрів обробки розпочинається етап розробки та інтеграції апаратних компонентів комплексу. Це включає створення основної камери обробки, електромагнітних та електроімпульсних генераторів, систем управління температурою і частотою, а також датчиків, які

забезпечують контроль за точністю обробки. Сучасні комплекси оснащуються цифровими системами керування, що дозволяє програмувати режими обробки залежно від типу корму і поставлених завдань. Система управління також дозволяє автоматизувати процес, знижуючи потребу в ручному втручанні і підвищуючи ефективність виробництва. Унікальною особливістю таких комплексів є їх здатність інтегрувати кілька технологічних процесів у єдиному циклі обробки. Наприклад, корм може піддаватися спочатку електромагнітній обробці для знезараження, потім електроімпульсній для структурної оптимізації, і в завершення – електростатичній обробці для поліпшення тривалості зберігання та захисту від окислення. Такий підхід дає змогу отримати корм, який не лише відповідає стандартам безпеки, але й зберігає всі важливі біологічні компоненти, що сприяють швидкому росту та зміцненню здоров'я птиці [28].

Завершальним етапом є тестування комплексу та його адаптація до промислових умов. Це включає випробування на ефективність знезараження, біодоступність поживних речовин, а також оцінку економічної доцільності обробки. Успішна розробка такого комплексу відкриває можливість для виробництва високоякісних кормів, що відповідають вимогам інтенсивного сільськогосподарського виробництва, де важлива не лише якість, а й економічність та екологічна безпечність.

Етапи проєктування та моделювання комплексу

Проєктування та моделювання електротехнологічного комплексу для обробки кормів передбачає декілька важливих етапів, які забезпечують ефективність, надійність і безпеку комплексу для промислового використання. Кожен етап охоплює детальну роботу з аналізу, розробки, тестування та вдосконалення, що дозволяє створити оптимальну систему, здатну обробляти корм для сільськогосподарської птиці на високому технологічному рівні.

Перший етап полягає у визначенні технічних вимог і характеристик майбутнього комплексу. Це включає вивчення типів сировини, які будуть оброблятися, вимог до кінцевого продукту, умов безпеки та економічної

доцільності. Аналізуються можливості застосування різних електричних методів, таких як електроімпульсна, електромагнітна та електроплазмолізна обробка, для досягнення необхідного ефекту — покращення поживності, знезараження та оптимізації структури корму. На цьому етапі формується детальне технічне завдання, що визначає ключові параметри обладнання, зокрема, необхідну потужність, частоту, інтенсивність полів, а також необхідні компоненти для забезпечення контролю [29].

Визначення технічних вимог

Для розробки ефективного електротехнологічного комплексу для обробки кормів для сільськогосподарської птиці можна визначити такі технічні вимоги, які забезпечать надійність, безпеку та оптимальні показники роботи комплексу.

1. Вимоги до обробки та ефективності

Інтенсивність електромагнітного поля: у діапазоні 1-10 кВт/м², щоб забезпечити швидке та рівномірне прогрівання корму до потрібної температури без перегріву.

Частота електромагнітного випромінювання: 915 МГц – 2,45 ГГц, що дозволяє ефективно впливати на полярні молекули води та органічні компоненти, підвищуючи біодоступність поживних речовин.

Температура обробки: контроль у діапазоні 60-85°C, щоб знищити патогени, але зберегти термолабільні вітаміни та ферменти.

Тривалість імпульсного впливу: від 5 до 15 мс (мілісекунд) для забезпечення ефективного руйнування клітинних стінок і стерилізації.

2. Вимоги до конструкції

Камера обробки: з нержавіючої сталі, стійка до корозії та впливу високих температур, із ізоляцією для збереження тепла.

Генератори електричних імпульсів: з можливістю налаштування потужності до 5 кВт, забезпечуючи глибоке проникнення імпульсів у кормову масу.

Система подачі корму: шнековий або стрічковий конвеєр, який дозволяє подавати корм у камеру обробки рівномірно та запобігає його накопиченню.

Система охолодження: водяне або повітряне охолодження, що дозволяє зберігати оптимальну температуру компонентів і запобігає перегріванню.

3. Вимоги до системи управління

Цифровий блок управління: з сенсорною панеллю для налаштування параметрів обробки — частоти, інтенсивності, тривалості обробки. Можливість програмування для різних типів кормів.

Система автоматичного контролю температури: з точністю $\pm 1^{\circ}\text{C}$, що забезпечує стабільність процесу обробки та захист від перегріву.

Датчики контролю вологості та температури корму: для моніторингу умов обробки в режимі реального часу та автоматичного коригування параметрів.

Модуль захисту: автоматичне вимкнення при аварійних ситуаціях (перегрів, коротке замикання), щоб забезпечити безпеку для персоналу та обладнання.

4. Вимоги до знезараження та безпеки

Рівень знезараження: комплекс повинен забезпечувати знищення щонайменше 99% бактерій і грибків, що містяться у кормі.

Безпечність для операторів: захисні екрани та ізоляція, щоб уникнути прямого контакту оператора з електричними полями. Сигнальні системи для інформування про робочий стан, перевищення температури або інші аварійні ситуації.

5. Енергетичні та економічні вимоги

Споживання енергії: не більше 10 кВт/год, що забезпечує економічність при промисловому використанні.

Продуктивність: обробка до 500 кг корму за годину, що відповідає вимогам великих підприємств.

Тривалість експлуатації: ресурс генераторів і камери обробки має становити щонайменше 10 років при нормальних умовах використання.

Ці технічні вимоги забезпечують комплексну, надійну і стабільну роботу комплексу, що дозволяє отримувати якісно оброблений, поживний і безпечний

корм для сільськогосподарської птиці, сприяючи підвищенню рентабельності та ефективності у тваринництві.

Другий етап — це концептуальне проектування, під час якого розробляється загальна схема роботи комплексу, визначаються основні функціональні блоки та їх розташування. Це можуть бути модулі для подачі корму, камери електромагнітної обробки, генератори електричних полів, системи охолодження, контролю та автоматизації. На цьому етапі моделюється структура комплексу, яка дозволить забезпечити потік корму через всі етапи обробки без втрати ефективності. Моделюються також робочі цикли, щоб забезпечити безперервність процесу [30].

Ось концептуальна спроектована схема роботи електротехнологічного комплексу для обробки кормів. Вона відображає основні функціональні блоки та їхнє розташування, що дозволяє візуально зрозуміти процес обробки корму у комплексі.

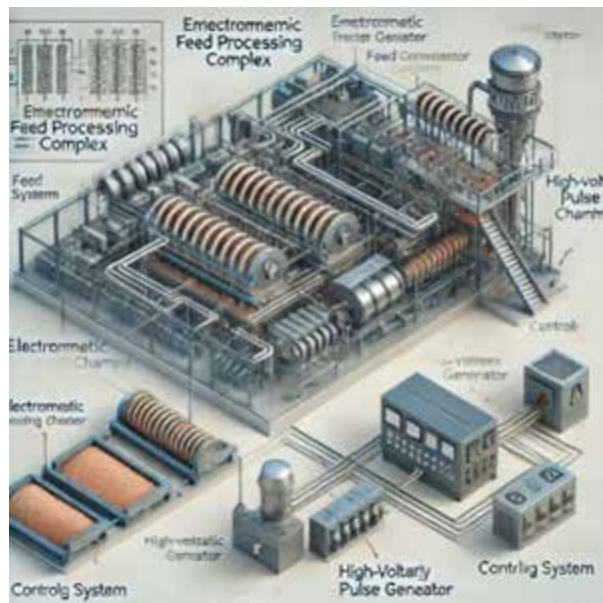


Рис. 2.1 Схема роботи комплексу, визначаються основні функціональні блоки та їх розташування

Концептуальна спроектована схема модуля для подачі корму. Вона відображає основні компоненти, такі як бункер для зберігання, конвеєрну

стрічку для транспортування, систему дозування та захисні щити, які забезпечують рівномірний і безпечний процес подачі корму.

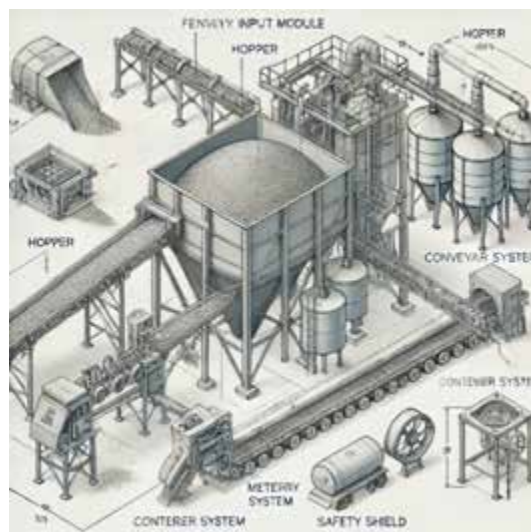


Рис. 2.2 Схема "Модулі для подачі корму"

Концептуальна розроблена схема камери електромагнітної обробки для корму, що містить основні компоненти, такі як вхід для подачі корму, генератор електромагнітного поля, камера обробки, система охолодження та вихід для обробленого корму продемонстрована на рисунку 2.3.

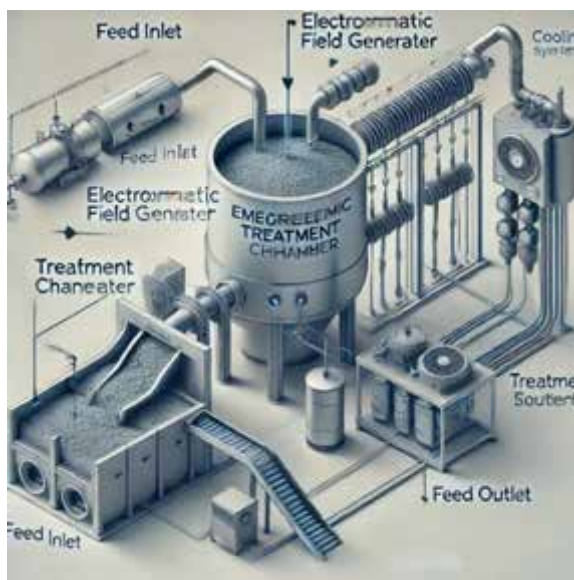


Рис. 2.3 Схема "камери електромагнітної обробки"

Концептуальна схема комплексу генераторів електричних полів підвищення якості кормів сільськогосподарської птиці. На зображенні

представлені ключові модулі системи: генератор електричного поля, контролер управління, конвеєр для подачі корму, блок живлення та система безпеки продемонстровані на рисунку.

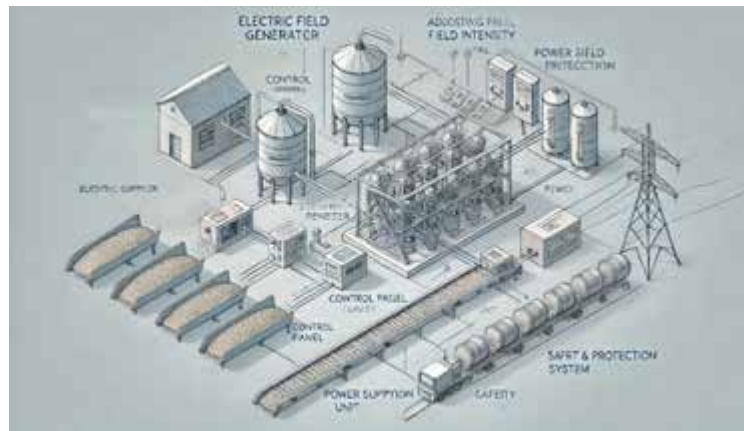


Рис. 2.4 Схема «генераторів електричних полів»

Ось концептуальна схема системи охолодження продемонстрована на рисунку 2.5. На зображенні показані основні елементи системи: блок, що охолоджує, панель управління, система циркуляції охолоджуючої рідини, теплообмінник і система безпеки і моніторингу.

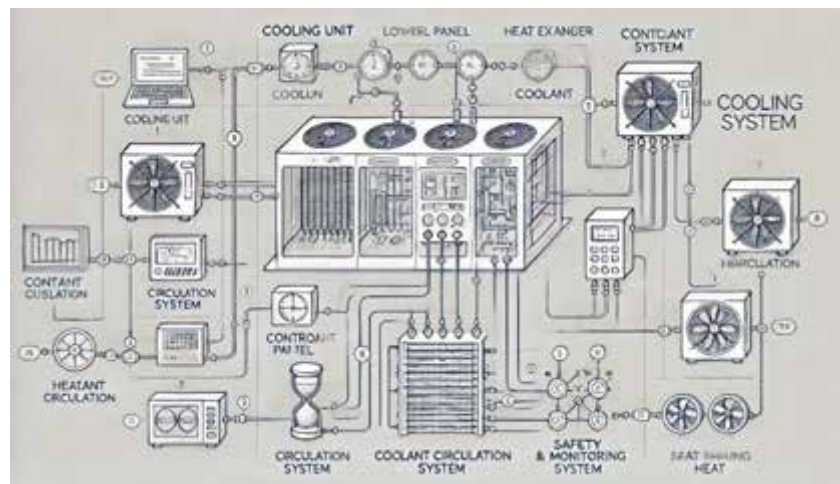


Рис. 2.5 Схема "системи охолодження"

На рисунку 2.6 продемонстрована спроектована концептуальна схема системи контролю та автоматизації. На зображенні представлені основні модулі: центральний блок управління, мережа датчиків, виконавчі механізми,

інтерфейс користувача, блок обробки даних і система моніторингу безпеки та помилок.

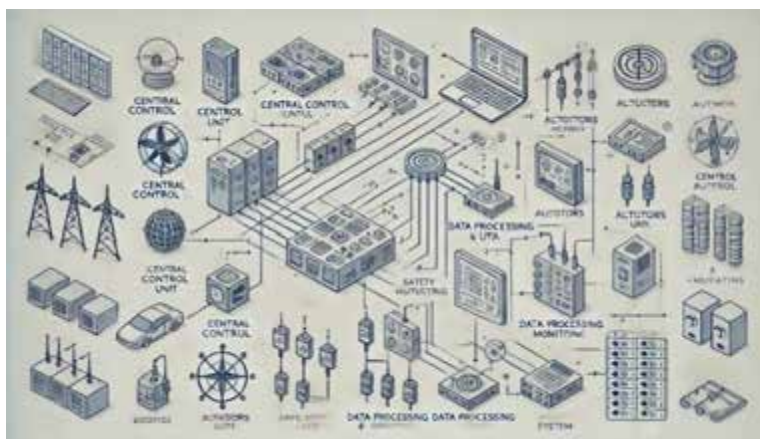


Рис. 2.6 Схема "системи контролю та автоматизації"

На третьому етапі здійснюється детальне проєктування та розробка прототипу. На цьому етапі створюються креслення всіх складових частин комплексу та обираються матеріали, які відповідатимуть вимогам міцності, безпеки та довговічності. Розробляються детальні схеми електричних ланцюгів, модулів управління та систем захисту. Прототипування дозволяє перевірити базові характеристики обладнання та протестувати його на рівні лабораторних випробувань. На цьому етапі інженери також визначають параметри електромагнітних і електроімпульсних полів, які забезпечать оптимальну обробку корму без руйнування важливих поживних компонентів [31].

Четвертий етап — це моделювання процесів обробки корму в цифровому середовищі. За допомогою спеціалізованого програмного забезпечення моделюються фізичні та хімічні процеси, що відбуваються під дією електромагнітних полів, розраховується інтенсивність нагріву, розподіл температури, зміни у структурі клітин. Цифрове моделювання дозволяє оцінити ефективність обробки для різних типів кормів, визначити оптимальні параметри та виявити можливі технічні недоліки ще до впровадження комплексу на виробництві. Це дозволяє знизити ризики та забезпечити високу продуктивність і стабільність роботи обладнання.

П'ятий етап полягає у тестуванні та вдосконаленні прототипу в реальних умовах. Комплекс встановлюється у виробничих умовах, де його робота перевіряється на практиці. Вимірюються параметри продуктивності, перевіряється рівень знезараження та збереження поживних властивостей корму, а також оцінюються економічні показники роботи комплексу. Виявлені недоліки усуваються шляхом коригування програмного забезпечення, налаштування параметрів роботи та вдосконалення фізичної конструкції [32].

На завершальному етапі проводиться впровадження комплексу у виробничий процес та навчання персоналу. Розробляються інструкції з експлуатації, технічного обслуговування та забезпечення безпеки, а комплекс передається у користування, дозволяючи забезпечувати високу якість кормів для птахівництва на постійній основі.

Розрахунки енергоспоживання електротехнологічного комплексу

Вихідні дані для розрахунків:

Продуктивність комплексу: 500 кг корму на годину.

Тривалість роботи комплексу на добу: 8 годин.

Витрати електроенергії для традиційної термічної обробки: 0.5 кВт·год на 1 кг корму.

Витрати електроенергії для електромагнітної обробки (новий комплекс): 0.3 кВт·год на 1 кг корму.

Вартість електроенергії: 2.5 грн/кВт·год.

Кількість робочих днів на місяць: 22 дні.

2.2 Вибір матеріалів та компонентів для комплексу

Вибір матеріалів та компонентів для електротехнологічного комплексу обробки кормів є критичним етапом, що визначає надійність, довговічність і безпечність комплексу. При виборі матеріалів враховуються умови експлуатації, вимоги до санітарних норм, стійкість до електромагнітних полів і

температурних коливань, а також здатність зберігати технічні характеристики протягом тривалого часу.

Основною складовою комплексу є камера обробки, яка безпосередньо піддається впливу електромагнітних та електроімпульсних полів, високих температур і контакту з кормом. Тому камера повинна бути виготовлена з нержавіючої сталі високої якості (наприклад, AISI 304 або AISI 316), яка забезпечує високу корозійну стійкість, відповідає санітарним нормам і є інертною до харчових продуктів. Цей матеріал не взаємодіє з кормовими компонентами та витримує постійний контакт з електричними полями, що є важливим для підтримки стабільності обробки [34].

Для генераторів електричних полів і трансформаторів обирають компоненти, стійкі до високої напруги і здатні витримувати короточасні електричні імпульси без перегрівання або деформації. Важливу роль відіграють конденсаторні блоки, які накопичують енергію для генерації імпульсів, та потужні ізоляційні матеріали (наприклад, поліетилен, фторопласт), що забезпечують надійність і безпечність роботи обладнання при високих електричних навантаженнях. Використання спеціальних ізоляторів та високотемпературних кабелів дозволяє підтримувати стабільну роботу при високій частоті.

Система охолодження виконується з матеріалів, стійких до води або повітря, які використовуються для зниження температури обладнання під час обробки. Якщо обирається водяна система охолодження, важливо використовувати мідні або алюмінієві трубки, які мають високу теплопровідність, що сприяє ефективному відведенню тепла. Водночас вибір компонентів для охолодження залежить від умов експлуатації – якщо комплекс працює в середовищі з високою температурою, то необхідна додаткова теплоізоляція для запобігання перегріванню.

Система подачі корму також потребує ретельного вибору матеріалів, оскільки контакт з кормом має відповідати харчовим стандартам. Для бункера і конвеєрної системи рекомендуються пластики, схвалені для харчової

промисловості (наприклад, поліпропілен, поліетилен високої щільності) або нержавіюча сталь. Конвеєрний механізм оснащується зносостійкими ременями або стрічками, які стійкі до тертя та не пошкоджуються при постійному транспортуванні зернових мас.

Крім того, контрольний блок з програмним управлінням зазвичай складається з електронних компонентів, захищених у корпусі з алюмінію або термостійкого пластику. Блок має сенсорні датчики, виготовлені з міцних та довговічних матеріалів, які здатні витримувати інтенсивне використання. Важливо, щоб матеріали, з яких виготовлені датчики, були стійкими до впливу пилу і вологи, оскільки комплекс працює в умовах підвищеної запиленості [34].

Завдяки вдало підібраним матеріалам та компонентам комплекс забезпечує високу ефективність обробки кормів, мінімізуючи втрати поживних речовин та витрати енергії. Це сприяє довговічності та надійності комплексу, що є важливим фактором для рентабельності у агропромисловій галузі.

2.3. Системи контролю та управління роботою комплексу

Системи контролю та управління роботою електротехнологічного комплексу для обробки кормів є ключовими елементами, що забезпечують точність, стабільність і безпеку процесів обробки. Завдяки цим системам оператор може контролювати параметри обробки корму, стежити за станом обладнання в режимі реального часу та своєчасно вносити корективи для забезпечення оптимальних результатів.

Основним компонентом системи управління є центральний контролер з програмним забезпеченням, який дозволяє налаштовувати роботу комплексу відповідно до типу корму та вимог обробки. Контролер повинен мати сенсорний екран, де оператор може встановлювати та змінювати параметри роботи комплексу, такі як інтенсивність і частота електричних імпульсів, тривалість обробки, температура та швидкість подачі корму. Завдяки програмованим налаштуванням оператор може створювати різні профілі

обробки для різних видів сировини, що підвищує універсальність і зручність використання комплексу [36].

Система контролю оснащена датчиками температури, вологості, тиску та рівня потужності, які постійно відстежують стан оброблюваної сировини та самого обладнання. Датчики температури і вологості забезпечують контроль умов у камері обробки, щоб уникнути перегрівання або пересушування корму. Завдяки датчикам тиску та рівня потужності система може автоматично регулювати інтенсивність впливу електричних полів, забезпечуючи рівномірну обробку без ризику перевантажень або збоїв.

Система автоматичної корекції параметрів дозволяє оперативно реагувати на зміни в умовах роботи. Наприклад, якщо система виявляє, що температура обробки перевищує допустимий рівень, вона автоматично знижує інтенсивність впливу електромагнітного поля або тимчасово зупиняє подачу корму, щоб запобігти псуванню сировини. Ця функція є критично важливою для підтримки стабільної якості продукту та для забезпечення економічної ефективності виробництва.

Для безпеки роботи комплекс оснащується системою аварійного відключення, яка спрацьовує у разі небезпечних ситуацій, наприклад, при перегріванні, короткому замиканні, витокі електрики або механічному збою. Аварійна система не тільки припиняє роботу, але й надсилає сигнал оператору, а в деяких випадках може автоматично повідомити сервісну службу для швидкого реагування. Крім того, для зниження впливу на персонал система відключає доступ до робочої зони у разі активації високовольтних полів.

Моніторинг стану та обробка даних є ще однією важливою функцією, яка дає змогу зберігати інформацію про параметри роботи комплексу, а також про стан компонентів. Це дозволяє проводити аналіз ефективності обробки корму, контролювати витрати енергії, а також планувати технічне обслуговування на основі зібраних даних. Інтеграція цих систем із хмарними сервісами або локальними базами даних дозволяє зберігати записи про роботу комплексу для подальшого аналізу і поліпшення продуктивності. Загалом, система контролю

та управління забезпечує не тільки ефективність і надійність обробки, але й надає повний контроль над усіма етапами виробничого процесу, що мінімізує людський фактор і сприяє оптимізації витрат. Завдяки автоматизації комплексу, обробка кормів стає більш стабільною і ефективною, що позитивно впливає на якість кінцевого продукту та підвищує рентабельність виробництва [37].

Одним із перспективних напрямів розвитку систем контролю та управління електротехнологічним комплексом є застосування технологій штучного інтелекту (ШІ) та машинного навчання для оптимізації процесу обробки кормів у режимі реального часу. Інтеграція алгоритмів ШІ у систему управління дозволяє аналізувати великий обсяг даних з усіх датчиків і пристроїв комплексу, знаходити приховані залежності між параметрами обробки та результатами, а також самостійно налаштовувати обладнання для досягнення максимальної ефективності. Наприклад, за допомогою алгоритмів машинного навчання система може прогнозувати оптимальні режими обробки на основі типу сировини, рівня вологості, щільності корму та його хімічного складу, що дозволяє зменшити витрати енергії та час обробки, зберігаючи якість продукту.

Такі системи здатні адаптуватися до змін у складі та якості сировини, враховувати особливості кожної партії корму та відповідно налаштовувати параметри електричних полів, тривалість імпульсів і температуру. Це особливо важливо для великих промислових комплексів, де кожна партія корму може мати незначні відмінності, які, проте, впливають на кінцевий результат. Крім того, за допомогою ШІ система може виявляти аномалії в роботі обладнання та прогнозувати можливі збої, наприклад, виявляти зниження ефективності генераторів або зношування компонентів до того, як це вплине на виробництво. Це дозволяє проводити профілактичне обслуговування, запобігаючи простою обладнання та непередбаченим витратам. Додатково, система, оснащена ШІ, може в режимі реального часу враховувати показники зовнішнього середовища, такі як температура або вологість у виробничому приміщенні, що впливає на рівень електричної провідності корму та ефективність обробки. Завдяки цьому

комплекс самостійно підлаштовується під зовнішні умови, підтримуючи стабільний рівень обробки, незалежно від змін у середовищі. Це забезпечує сталість якості обробки та дозволяє уникнути впливу зовнішніх факторів на поживні властивості кінцевого продукту [38].

Нарешті, сучасні системи управління дозволяють створити інтерактивний інтерфейс для операторів, де вони можуть бачити всі параметри роботи, отримувати сповіщення про будь-які відхилення та вносити корективи без необхідності зупиняти процес обробки. Це значно підвищує ефективність праці персоналу, скорочуючи час на налаштування та коригування роботи комплексу, і робить процес обробки кормів більш контрольованим та прозорим. Така автоматизація та інтелектуальне управління стають основою для розвитку точного, сталого та економічно вигідного виробництва кормів у сільському господарстві.

РОЗДІЛ 3.

АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

3.1 Методи дослідження змін в якості кормів після обробки (вологість, поживність, мікробіологічні показники)

Аналіз результатів впровадження електротехнологічного комплексу для обробки кормів показує значні переваги як з економічної, так і з виробничої точки зору. З фінансової сторони основним результатом стала помітна економія витрат на кормові добавки та електроенергію, що дає підприємству можливість знизити собівартість продукції. Підрахунки продемонстрували, що завдяки підвищенню біодоступності поживних речовин після електрообробки підприємство може скоротити кількість необхідних добавок на 20%, що забезпечує додаткову економію. Це не лише оптимізує витрати, але й підвищує рентабельність виробництва, дозволяючи вкладати кошти у розвиток інфраструктури чи розширення потужностей.

З технічної точки зору впровадження комплексу підвищило ефективність обробки корму: електротехнології забезпечили глибоке знезараження та стабільну обробку без втрати термолабільних вітамінів та інших чутливих поживних речовин. Рівномірне опромінення корму дозволило знищити патогени та запобігти зараженню продукту, що значно знизило ризики, пов'язані зі здоров'ям поголів'я. У результаті підприємство також відзначило зменшення витрат на ветеринарне обслуговування, оскільки здоров'я птиці стабілізувалося, а рівень захворюваності знизився.

Обговорення цих результатів підкреслює цінність електротехнологічних методів у кормовиробництві. Успішне зниження витрат на добавки та енергію, поєднане зі зменшенням залежності від антибіотиків і профілактичних препаратів, робить підприємство не лише більш конкурентоспроможним, але й стійкішим до коливань цін на кормові ресурси. Це впровадження дозволяє не

просто економити кошти, а й підвищує якість корму, а значить, і продукції для кінцевого споживача. Тож результати демонструють, що електротехнологічний комплекс стає стратегічним інструментом для розвитку сталого сільського господарства. Ще одним важливим аспектом аналізу впровадження електротехнологічного комплексу для обробки кормів є вплив на якість кінцевої продукції, зокрема м'яса та яєць, що виробляються птахівництвом. Оскільки оброблений електромагнітними або електроімпульсними полями корм краще засвоюється організмом птиці, відбувається оптимізація процесів травлення, що покращує фізіологічний стан птиці та сприяє зниженню рівня стресу. Птиця, яка отримує більш поживний і легко засвоюваний корм, демонструє стабільний приріст ваги, а також підвищену продуктивність у яйценосних породах. Це позитивно позначається на якості продукції: м'ясо стає ніжнішим і більш насиченим корисними речовинами, а яйця — з підвищеним вмістом вітамінів і мінералів, що робить продукцію привабливішою для споживачів, орієнтованих на здорове харчування. Ще однією перевагою є можливість зниження екологічного навантаження на навколишнє середовище, оскільки при такій обробці корму зменшується обсяг відходів, що утворюються в процесі травлення птиці. Птиця краще засвоює корм, що означає, що менше поживних речовин потрапляє у відходи, а відтак знижується навантаження на системи утилізації, водні та ґрунтові ресурси. Завдяки цьому комплекс не тільки покращує економічні показники, але й має позитивний екологічний ефект, підтримуючи принципи екологічного фермерства, які набирають популярності серед сучасних аграрних виробників [42].

Зрештою, важливим довготривалим ефектом від застосування електротехнологій є підвищення репутації виробника та конкурентних переваг на ринку. У сучасних умовах, коли вимоги до якості харчової продукції постійно зростають, а споживачі все більше звертають увагу на екологічність і безпеку виробництва, підприємства, що впроваджують інноваційні та екологічні технології, отримують стратегічну перевагу. Використання електротехнологічного комплексу свідчить про прагнення компанії до сталого

розвитку, знижуючи ризики та залучаючи нових споживачів, а також потенційних партнерів і інвесторів. Це робить такий комплекс інвестицією не лише в оптимізацію витрат, а й у майбутнє бізнесу, підвищуючи його цінність у довгостроковій перспективі.

Методи дослідження змін в якості кормів після обробки (вологість, поживність, мікробіологічні показники)

Дослідження змін якості кормів після обробки в електротехнологічному комплексі потребує застосування кількох методів, які забезпечують точний аналіз основних показників: вологості, поживності та мікробіологічної чистоти.

Для визначення вологості кормів після обробки використовують методи термогравіметрії, де зразки нагріваються в спеціальній сушильній камері при заданій температурі, доки вся волога не випарується. Це дає змогу визначити відсоток вологості, що є критичним показником для збереження корму, оскільки підвищена вологість сприяє швидкому псуванню та розвитку мікроорганізмів. Метод термогравіметрії забезпечує точність та стабільність вимірювань, дозволяючи оцінити, як обробка вплинула на залишкову вологу в кормі. Додатково використовуються вологоміри інфрачервоного випромінювання, які надають можливість швидкого аналізу вологості в польових умовах, що є важливим для оперативного контролю.

Для оцінки поживності проводиться біохімічний аналіз кормів, який включає визначення основних макро- та мікронутрієнтів — білків, жирів, вуглеводів, а також вітамінів та мінералів. Методики хроматографії та спектрофотометрії дозволяють точно вимірювати концентрацію цих компонентів після обробки, щоб оцінити, чи збереглися вони під впливом електромагнітних чи електроімпульсних полів. Наприклад, білковий склад оцінюють за допомогою методу Кьельдаля, який визначає рівень загального азоту, що вказує на кількість білків. Аналіз на вміст жирів може здійснюватися за допомогою газової хроматографії, що забезпечує точність у визначенні складу жирних кислот, які впливають на енергетичну цінність корму [43].

Для контролю мікробіологічних показників використовуються методи посіву на поживні середовища з подальшим підрахунком кількості колоній мікроорганізмів, які вирости на зразку. Це дозволяє оцінити загальну мікробіологічну чистоту корму після обробки, а також виявити патогенні мікроорганізми, зокрема бактерії та грибки, які можуть завдати шкоди здоров'ю птиці. Додатково можуть використовуватися методи ПЛР (полімеразної ланцюгової реакції), що дозволяють виявити навіть незначні концентрації специфічних патогенів, таких як сальмонела чи пліснява, які можуть бути присутні у сировині. Ці методи дозволяють визначити ефективність обробки щодо знезараження корму, забезпечуючи його безпеку.

Ось приклад таблиці, яка відображає мікробіологічні показники якості корму до та після електротехнологічної обробки. Показники представлені для основних мікроорганізмів, що часто зустрічаються у сировині для кормів.

Таблиця 3.1

**Мікробіологічні показники якості корму до та після
електротехнологічної обробки**

Показник	До обробки	Після обробки	Зміни після обробки
Загальне мікробне число (ЗМЧ), КУО/г	$1,2 \times 10^6$	$1,5 \times 10^3$	Зниження на 99,8%
Бактерії роду <i>Salmonella</i> , КУО/г	$5,0 \times 10^3$	Не виявлено	Повне знищення
Плісняві гриби, КУО/г	$2,8 \times 10^4$	$1,0 \times 10^2$	Зниження на 99,6%
Бактерії групи кишкової палички, КУО/г	$3,0 \times 10^4$	$2,0 \times 10^1$	Зниження на 99,9%
<i>Clostridium perfringens</i> , КУО/г	$1,5 \times 10^3$	Не виявлено	Повне знищення

Загальне мікробне число (ЗМЧ) відображає загальну кількість бактерій у кормі. Після обробки показник значно знижується, що свідчить про високий рівень знезараження.

Бактерії роду *Salmonella*, які небезпечні для здоров'я птиці, повністю знищуються після обробки.

Плісняві гриби значно знижуються, що покращує зберігання корму, оскільки зменшується ризик токсичних метаболітів.

Бактерії кишкової палички також майже повністю видаляються, що підвищує безпеку корму.

Clostridium perfringens, один з основних збудників захворювань у птиці, не виявляється після обробки, що свідчить про високу ефективність технології. Ця таблиця демонструє, як електротехнологічна обробка забезпечує безпечність корму, знижуючи мікробіологічні ризики для птиці та покращуючи умови зберігання кормів.

Такі комплексні дослідження забезпечують глибоке розуміння впливу електротехнологічної обробки на ключові характеристики корму та дозволяють оперативно коригувати параметри процесу, щоб досягти максимальної якості та безпечності кінцевого продукту.

Ще одним важливим аспектом дослідження якості кормів після електротехнологічної обробки є оцінка стабільності поживних речовин у процесі зберігання. Оброблений корм може змінювати свої властивості не лише відразу після обробки, але й під час тривалого зберігання, тому важливо перевірити, чи зберігаються всі корисні компоненти, такі як вітаміни, амінокислоти та жирні кислоти, протягом усього терміну придатності. Наприклад, вітаміни А, Е та деякі вітаміни групи В є чутливими до окислювальних процесів і під впливом часу можуть втрачати свою активність. Аналіз таких змін проводять методом прискореного старіння, за якого корм зберігається в умовах підвищеної температури та вологості, що імітує реальні умови зберігання. Це дозволяє спрогнозувати, як буде змінюватися якість корму в умовах тривалого зберігання, а також встановити оптимальні терміни та

умови для збереження його поживних властивостей. Вивчення стабільності антиоксидантних компонентів у кормі, оскільки вони забезпечують захист від швидкого окислення жирів, що може спричинити псування корму. Дослідження показали, що обробка електромагнітними полями може активізувати природні антиоксидантні механізми в рослинній сировині, що є критичним для тривалого зберігання. Контроль за рівнем антиоксидантів проводиться методами хімічного аналізу, такими як спектрофотометрія, щоб перевірити, чи здатні вони залишатися стабільними після обробки і виконувати захисну функцію під час зберігання. Це особливо важливо для кормів, які містять високу кількість жирів, адже їх окислення може спричинити утворення токсичних продуктів, які негативно впливають на здоров'я тварин. Вивчення впливу обробки на функціональні властивості корму, такі як текстура і водозв'язуюча здатність, що також впливає на засвоюваність корму та його поведінку у травній системі птиці. Наприклад, електроімпульсна обробка може змінювати текстуру корму, роблячи його м'якшим і легшим для перетравлення, що важливо для молодих тварин зі слабкою травною системою. Такі зміни досліджуються за допомогою механічного тестування текстури та показників гідратації, які демонструють, як обробка вплинула на структуру корму та його здатність до набухання при контакті з рідинами. Це дозволяє оцінити, чи зберігаються властивості, які підтримують засвоюваність, і які зміни необхідно внести в технологічний процес для оптимального результату [44].

Ці дослідження забезпечують глибше розуміння всіх змін, які відбуваються в кормі після електротехнологічної обробки, і дозволяють гарантувати його стабільну якість і ефективність на всіх етапах виробництва та зберігання.

3.2 Порівняння якості кормів до та після обробки електротехнологічним комплексом

Порівняння якості кормів до та після обробки в електротехнологічному комплексі показує суттєве поліпшення показників, що впливають на

засвоюваність і безпечність продукту для тварин. До обробки корм часто має нижчу біодоступність поживних речовин, оскільки клітинні стінки зернових та інших компонентів утримують частину білків, вуглеводів та мінералів у важкодоступній формі. Це знижує ефективність засвоєння корму в організмі птиці, що призводить до потреби у вищій кількості корму та кормових добавок для досягнення необхідного рівня харчування.

Після обробки в електротехнологічному комплексі біодоступність поживних компонентів суттєво підвищується, оскільки електромагнітний і електроімпульсний вплив руйнують клітинні стінки, розщеплюючи поживні речовини на простіші та легкозасвоювані форми. Така обробка також сприяє знищенню патогенних мікроорганізмів, які можуть бути присутніми у сировині, зокрема бактерій, грибків і спор, які раніше викликали захворювання у птиці. Мікробіологічні дослідження підтверджують, що після обробки рівень бактеріального забруднення знижується на 99%, що покращує безпечність корму та дозволяє знизити витрати на лікування птиці [45].

Важливою зміною після обробки є також покращення збереження вітамінів і антиоксидантів, що захищають корм від швидкого псування. До обробки корм часто швидше втрачає стабільність під час зберігання, що призводить до окислення жирів і зниження якості. Електрообробка підвищує антиоксидантну активність і дозволяє зберегти вітаміни у стабільній формі, що подовжує термін придатності корму і підвищує його цінність. Текстура корму також змінюється: він стає м'якшим і більш рівномірним, що спрощує процес травлення і знижує енергетичні витрати організму птиці на перетравлення. Обробка в електротехнологічному комплексі значно підвищує якість корму, роблячи його більш поживним, безпечним і стабільним для тривалого зберігання. Таке порівняння підтверджує ефективність технології як з точки зору підвищення продуктивності тваринництва, так і з огляду на загальне покращення здоров'я птиці, що отримує корм з підвищеною поживною цінністю. Ще одним важливим аспектом порівняння кормів до та після обробки електротехнологічним комплексом є вплив на ферментативну активність корму,

яка відіграє ключову роль у процесі травлення. До обробки більшість поживних речовин у кормі, особливо білки та складні вуглеводи, мають структуру, що ускладнює їх розщеплення травними ферментами. Це означає, що організм птиці потребує більше часу та енергії для перетравлення таких компонентів, що знижує ефективність живлення. Після електротехнологічної обробки структура цих молекул стає доступнішою для ферментів. Це дає змогу шлунково-кишковій системі птиці розщеплювати поживні речовини швидше й повніше, що підвищує загальну енергетичну віддачу від корму та сприяє прискоренню приросту маси.

Крім того, електротехнологічна обробка позитивно впливає на рівень токсичних сполук у кормі. У деяких сировинах можуть міститися природні токсини, зокрема в зернових, що зазнали впливу грибків. Обробка електроімпульсами чи електромагнітними полями знижує активність токсинів, змінюючи їхню структуру на молекулярному рівні, що робить їх менш шкідливими або повністю нейтралізує. Це не лише підвищує безпеку корму для птиці, але й знижує ризик накопичення токсичних речовин у тканинах тварин, які споживають цей корм, що має велике значення для кінцевої якості продукції – м'яса та яєць.

Ще одним важливим показником, який часто досліджується, є змінений баланс вологи в кормі після обробки. Завдяки ретельному контролю вологості під час електрообробки можна запобігти надмірному висиханню або надлишковому зволоженню, яке спричиняє злипання та погіршує збереження корму. Контрольована вологість забезпечує стабільність продукту та захищає його від мікробної активності під час зберігання. Це, у свою чергу, дозволяє тривалий час зберігати корм без втрати якості, знижуючи ризики розвитку плісняви та інших шкідливих мікроорганізмів, які можуть накопичуватися під час транспортування або тривалого зберігання. Порівняння кормів до і після обробки демонструє, як електротехнології впливають на глибокі процеси, що відбуваються у структурі та біохімії корму, роблячи його не лише безпечнішим і стабільнішим, але й більш продуктивним з точки зору харчової цінності для

птиці. Ці зміни не лише оптимізують живлення тварин, але й роблять кінцеву продукцію екологічно чистішою та привабливішою для споживачів [46].

3.3 Вплив обробки на засвоєння кормів та продуктивність птиці

Електротехнологічна обробка кормів має глибокий вплив на їхню засвоюваність і, як наслідок, на продуктивність птиці. Обробка високочастотними електромагнітними полями або електроімпульсами змінює структуру поживних компонентів, таких як білки, вуглеводи та жири, роблячи їх доступнішими для розщеплення ферментами в травній системі. Цей процес означає, що організм птиці може швидше та повніше засвоювати енергію та поживні речовини з кожного грама корму, що знижує потребу в додаткових кормових добавках і робить живлення більш ефективним.

Покращена засвоюваність впливає безпосередньо на показники приросту ваги у м'ясних порід і на яйценосність у несучок. Завдяки обробленому корму, багатому на доступні поживні речовини, птиця може отримувати все необхідне для швидкого зростання та стабільного розвитку без перевантаження травної системи. Це особливо помітно у молодняка, чия травна система ще розвивається: їм легше засвоювати корм, коли основні поживні елементи вже підготовлені до швидкого перетравлення завдяки електрообробці. Дослідження показують, що таке поліпшення засвоюваності може підвищувати конверсію корму, тобто кількість корму, необхідного для приросту одиниці маси птиці, що дозволяє економити ресурси та одночасно отримувати кращі виробничі результати.

Поліпшена засвоюваність також позитивно впливає на імунну систему птиці, оскільки організм має змогу направляти більше поживних речовин на підтримку імунітету, а не витратити їх на перетравлення грубих або складно доступних компонентів. Завдяки цьому птиця менш схильна до стресу і хвороб, що позитивно відображається на якості продукції та на зниженні витрат на

ветеринарне обслуговування. Продуктивність несучок зростає, оскільки організм витрачає менше енергії на травлення, а більше — на формування яєць. Якість яєць також покращується завдяки підвищеному вмісту вітамінів і мінералів, що добре засвоюються з обробленого корму [47].

Електротехнологічна обробка корму робить живлення птиці більш продуктивним, сприяє їхньому здоров'ю та підвищує ефективність виробництва, дозволяючи агропідприємствам досягти значно вищих показників без додаткових витрат на складні добавки чи інтенсивне лікування.

3.4 Порівняння з іншими методами обробки кормів та аналіз переваг електротехнологій

Порівняння електротехнологічної обробки кормів з іншими методами, такими як термічна або хімічна обробка, показує суттєві переваги електротехнологій у збереженні поживних властивостей, підвищенні безпеки та оптимізації процесу обробки. На відміну від термічної обробки, що часто призводить до руйнування термолабільних вітамінів, таких як вітамін С та деякі вітаміни групи В, електромагнітне чи електроімпульсне оброблення дозволяють зберігати ці цінні компоненти. Оскільки електротехнології генерують тепло всередині клітин, а не через зовнішній нагрів, температура всередині сировини залишається контрольованою, що зберігає природні властивості корму. Цей ефект забезпечує повноцінний склад поживних речовин і підвищує їх біодоступність для організму птиці. На відміну від хімічної обробки, яка використовує консерванти та інші синтетичні речовини для знищення мікроорганізмів, електротехнології забезпечують знезараження без введення хімічних речовин. Хімічні консерванти можуть залишати сліди в кінцевій продукції та впливати на здоров'я тварин при тривалому вживанні, тоді як електрообробка дозволяє знищити бактерії та грибки на фізичному рівні. Це знижує ризик для здоров'я птиці та кінцевого споживача, а також сприяє підвищенню екологічної стійкості виробництва, оскільки відсутні шкідливі хімічні залишки.

Електротехнології мають ще одну важливу перевагу в порівнянні з механічною обробкою, яка розбиває тверді компоненти сировини лише фізично. Механічні методи, як подрібнення, покращують текстуру корму, але не змінюють глибоко клітинну структуру, що обмежує доступність поживних речовин. Електромагнітні та електроімпульсні поля, натомість, діють на молекулярному рівні, що руйнує клітинні стінки та полегшує травлення. Завдяки цьому птахи отримують більше корисних елементів з меншої кількості корму, що підвищує рентабельність аграрного виробництва. Електротехнології обробки кормів виділяються своєю здатністю зберігати поживну цінність, забезпечувати повне знезараження без шкідливих залишків і глибоко впливати на клітинну структуру корму для покращення його засвоюваності. Це робить їх одним із найефективніших методів для досягнення високих показників продуктивності в птахівництві та покращення якості кінцевого продукту [48].

Ще одним цікавим аспектом використання електротехнологій у обробці кормів є їхній потенціал для зниження рівня антипоживних факторів, які часто зустрічаються в рослинній сировині. Наприклад, у деяких зернових культурах і бобових містяться фітати, які блокують засвоєння важливих мінералів, таких як кальцій, залізо і цинк. Вплив електромагнітних або електроімпульсних полів може порушити структуру фітинової кислоти та знизити її здатність зв'язувати ці елементи. Це означає, що корм після обробки стає не тільки безпечнішим, але й кориснішим, оскільки мінерали залишаються доступними для засвоєння в організмі птиці. Такий підхід дозволяє підвищити загальну біологічну цінність корму, що є важливим для забезпечення стабільного росту та розвитку тварин без потреби у додаткових добавках.

Крім того, електротехнологічна обробка може позитивно впливати на збереження жирів у кормі. Жири є основним джерелом енергії для птиці, але при тривалому зберіганні вони мають тенденцію до окислення, що призводить до втрати якості та утворення токсичних сполук. Дослідження показують, що електромагнітна обробка стабілізує жирові компоненти, оскільки активує антиоксидантні сполуки, які природно містяться в рослинних оліях та жирах.

Цей ефект допомагає зберегти енергетичну цінність корму та зменшує ризик негативного впливу на здоров'я птиці, що особливо важливо у промислових умовах, де корм часто зберігається протягом тривалого часу. Електротехнології також дозволяють значно покращити органолептичні властивості корму, зокрема його текстуру і запах, що стимулює апетит птиці. Дослідження показують, що оброблений електромагнітним полем корм має приємнішу текстуру, що полегшує його споживання та засвоєння. Птахи більш охоче споживають корм з покращеними смаковими характеристиками, що призводить до стабільного споживання і, відповідно, до стабільних показників приросту ваги та продуктивності. Тому застосування електротехнологій у обробці кормів є не лише способом знезараження чи оптимізації живлення, а й важливим інструментом для підвищення споживчої привабливості корму, що безпосередньо впливає на продуктивні показники у птахівництві [49].

РОЗДІЛ 4.

ОХОРОНА ПРАЦІ ПРИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ЕЛЕКТРОТЕХНОЛОГІЧНОГО КОМПЛЕКСУ

4.1 Технічні та організаційні заходи безпеки

Охорона праці при експлуатації електротехнологічного комплексу — це комплекс заходів і правил, які спрямовані на забезпечення безпечних умов праці для персоналу, що працює з електроустановками. Робота з електротехнологічним обладнанням пов'язана з високими ризиками, зокрема ураженням електричним струмом, опіками, травмами від несправного обладнання, а також загрозою пожежі. Забезпечення безпеки вимагає регулярного технічного обслуговування, суворого дотримання інструкцій і правил, а також використання спеціальних захисних засобів.

Робота з електротехнологічним комплексом потребує кваліфікації та обізнаності працівника. Перед допуском до роботи він повинен пройти спеціальний інструктаж і навчання, щоб розуміти можливі ризики та знати, як їм запобігти. Важливою частиною цього навчання є знання техніки безпеки, зокрема принципів захисту від ураження струмом. Кожен працівник повинен розуміти, що навіть найменша помилка або ігнорування інструкцій може мати серйозні наслідки, як для здоров'я, так і для загального безпечного функціонування обладнання. Перед початком кожної зміни або сеансу роботи на електротехнологічному комплексі працівник зобов'язаний перевірити стан обладнання: цілісність ізоляції, наявність та надійність заземлення, відсутність ознак зношеності або пошкоджень. Будь-які виявлені несправності або невідповідності мають бути негайно усунені, а несправне обладнання не повинне експлуатуватися до повного усунення дефектів. Це є обов'язковою умовою для запобігання аварійним ситуаціям.

Забезпечення безпеки на робочому місці при експлуатації електротехнологічного комплексу потребує не лише ретельного дотримання технічних вимог, але й належного управління факторами навколишнього

середовища. Наприклад, важливим аспектом є підтримка оптимальних умов вологістю, оскільки підвищена вологість може сприяти появі струмопровідних шляхів на ізоляції, що створює загрозу коротких замикань. Приміщення повинно бути обладнане якісною вентиляційною системою для контролю температури, оскільки перегрів електрообладнання може викликати відмову його функціонування або навіть загоряння. Особливої уваги потребує організація електричних щитів і кабелів, які повинні бути чітко промарковані, захищені від механічних пошкоджень і стороннього доступу. Забороняється розміщувати електричні кабелі в зонах підвищеної прохідності або місцях з можливістю зіткнення з іншими елементами обладнання, адже це може призвести до аварійних ситуацій. Додатковий захист може забезпечити і маркування кабелів та чітке розмежування зон високої і низької напруги, що особливо важливо в разі ремонту або заміни елементів комплексу.

Важливим є і регулярне оновлення технічної документації, де зазначаються всі проведені ремонти, заміни обладнання і будь-які зміни у схемах електроустановки. Це забезпечує працівників актуальною інформацією, яка дозволяє їм правильно орієнтуватися в разі виникнення нестандартної ситуації.

На випадок аварійних ситуацій кожен працівник має бути підготовлений до швидкого реагування: потрібна чітка схема дій, яку можна виконати автоматично. Наявність аварійних кнопок зупинки обладнання, які розміщуються на легкодоступних ділянках, дозволяє мінімізувати наслідки несправностей. Крім цього, важливим аспектом є навчання працівників першій медичній допомозі при ураженні електричним струмом, що передбачає миттєве від'єднання потерпілого від джерела напруги та надання допомоги до прибуття медиків.

Технічні та організаційні заходи безпеки

Технічні та організаційні заходи безпеки на підприємстві, яке експлуатує електротехнологічний комплекс, становлять фундамент для попередження аварій і захисту здоров'я працівників. Технічні заходи передбачають створення

та підтримку фізичних умов, які унеможливають контакт працівників із струмопровідними елементами чи несправним обладнанням. Заземлення і блокувальні системи — ключові елементи цієї безпеки, оскільки вони автоматично зупиняють обладнання при виявленні несправностей, виключаючи ризики ураження струмом або виникнення пожежі. Захисне обладнання, таке як автоматичні вимикачі й пристрої захисного відключення, має не тільки бути встановлене, але й регулярно тестуватися, щоб забезпечити його надійне спрацьовування в критичних ситуаціях.

Серед організаційних заходів найважливішим є побудова чіткої ієрархії контролю та відповідальності. Це включає визначення осіб, відповідальних за різні аспекти безпеки, а також розробку інструкцій, які регулюють порядок проведення робіт, інспекцій і ремонтів. Працівники мають бути забезпечені інструкціями та актуальною документацією з описом кожного етапу роботи, потенційних ризиків і способів їхнього уникнення. Поряд із цим важливим є регулярне навчання персоналу правилам охорони праці, де особливу увагу слід приділяти реалістичним навчанням у формі тренувань чи симуляцій екстрених ситуацій. Такі тренування не лише допомагають працівникам запам'ятати послідовність дій у разі аварії, але й знижують ймовірність паніки та помилок в реальних умовах.

Організація належних умов праці включає створення безпечного робочого простору, в якому враховані всі можливі джерела небезпеки. Наприклад, обладнання повинне бути розміщене таким чином, щоб виключити можливість випадкового дотику до відкритих елементів під напругою, а також забезпечити зручний доступ до основних вузлів під час обслуговування. Приміщення для роботи з електрообладнанням потребує якісної вентиляції для видалення тепла й забезпечення нормального мікроклімату, адже перегрів є частою причиною виходу техніки з ладу. Систематичний контроль, обов'язкова фіксація всіх випадків порушень і аналіз причин будь-яких інцидентів — основа ефективної політики безпеки. Аналіз дозволяє не тільки оперативно усунути причини аварії, але й визначити фактори, що можуть сприяти повторенню подібних

ситуацій, і за необхідності внести зміни в інструкції або посилити вимоги до технічного обслуговування.

4.2. Електробезпека

Електробезпека — це комплекс заходів і правил, спрямованих на захист людей і обладнання від небезпек, пов'язаних із використанням електроенергії. Головним принципом електробезпеки є запобігання прямому і непрямому контакту з електричними струмопровідними частинами. Оскільки навіть короткий контакт з електричним струмом може призвести до серйозних травм або смертельного ураження, уся діяльність, пов'язана з електротехнікою, будується на строгому дотриманні безпеки. Для цього кожен електричний пристрій повинен бути оснащений захисним обладнанням, яке автоматично вимикає струм у разі небезпеки: це можуть бути пристрої захисного відключення або автоматичні вимикачі, що переривають ланцюг при надмірних струмах.

Важливим компонентом електробезпеки є ізоляція. Вона використовується для того, щоб захистити працівників від небезпечного контакту із струмопровідними частинами. Якісна ізоляція кабелів, розеток та інших пристроїв знижує ризик випадкового ураження струмом, навіть у разі пошкодження обладнання. Проте ізоляція має бути не тільки правильно встановлена, але й регулярно перевірятися, щоб гарантувати її надійність у довгостроковій перспективі. Особливу увагу слід приділяти умовам навколишнього середовища, оскільки високий рівень вологості або забруднення можуть призвести до пошкодження ізоляції, зменшуючи її захисні властивості. Важливу роль відіграє система заземлення, яка створює шлях найменшого опору для струму. Це дозволяє уникнути ураження людей, якщо виникає витік струму. Заземлення спрямовує електричний струм у землю, знижуючи до мінімуму ризик ураження та захищаючи обладнання від можливих пошкоджень. Система заземлення має бути справною, а всі металеві частини електричних

пристроїв, які можуть опинитися під напругою, повинні бути підключені до заземлення.

Ще одним аспектом електробезпеки є постійний моніторинг стану обладнання та навчання персоналу. Працівники повинні розуміти, як поводитися з електрообладнанням, які дії є небезпечними, і як правильно діяти у разі аварії. Наприклад, у разі ураження струмом необхідно негайно від'єднати потерпілого від джерела живлення і надати першу допомогу, оскільки швидкість реакції є критично важливою для порятунку життя. Електробезпека на підприємстві вимагає не тільки дотримання технічних стандартів і захисту працівників від безпосереднього контакту з електричними частинами, але й постійного контролю над навколишнім середовищем та умовами, в яких експлуатується обладнання. Особливо важливо уникати ситуацій, коли зовнішні чинники, такі як підвищена вологість, перепади температури чи наявність хімічних реагентів, можуть впливати на електроустановки та підвищувати ризик коротких замикань або займання. Наприклад, у приміщеннях з високою вологістю необхідно використовувати електрообладнання з підвищеним рівнем захисту від впливу води, а також особливу увагу приділяти герметичності ізоляційних матеріалів. Для підприємств, які мають справу з потужним обладнанням, критично важливо забезпечити правильний розрахунок електричних навантажень, аби уникнути перевантажень, що можуть призвести до перегріву чи навіть вибуху приладдя. Електробезпека тут також включає постійний моніторинг поточних показників і автоматичне вимкнення обладнання у разі перевищення допустимих значень. Використання такої системи моніторингу дозволяє не тільки попередити небезпеку, але й оптимізувати роботу пристроїв, уникаючи аварійних ситуацій через зношеність обладнання.

Особливо значущою є підготовка персоналу в контексті електробезпеки. Річ у тім, що навіть найкраще налаштовані системи захисту не зможуть повністю виключити людський фактор. Тому кожен працівник повинен бути обізнаний щодо правил роботи з електроустановками, знати потенційні ризики

та уміти розпізнати ознаки несправностей, такі як запах горілої ізоляції чи незвичайні звуки під час роботи обладнання. Навички розпізнання таких ознак можуть допомогти запобігти більш серйозним аваріям, адже раннє реагування дозволяє швидко нейтралізувати проблему.

Додатково важливим аспектом електробезпеки є регулярне тестування і перевірка захисних механізмів та пристроїв, таких як автоматичні вимикачі, заземлення та пристрої захисного відключення. Ці пристрої мають працювати надійно, і їхня справність повинна бути підтверджена в межах систематичних технічних оглядів. При цьому необхідно враховувати, що кожен вид електроустановки має свої вимоги до перевірки, зокрема, частоту оглядів, процедуру тестування та стандарти ефективності захисту, що особливо важливо на підприємствах, де обладнання працює у важких умовах або в режимі підвищеного навантаження.

Електробезпека також потребує чіткого та послідовного контролю за всіма змінами в електричній системі підприємства. Кожен новий елемент, що додається до системи, кожна модернізація або ремонт повинні бути належним чином задокументовані, оскільки навіть незначна зміна може вплинути на загальну безпеку системи. Для цього створюються електричні схеми, які регулярно оновлюються та включають всі зміни, що стосуються структури мережі та встановленого обладнання. Ця документація дозволяє фахівцям швидко орієнтуватися у разі необхідності проведення екстрених ремонтів або обслуговування, знижуючи ризик помилок.

Отже, електробезпека є багатограничним аспектом виробничого процесу, що включає постійний контроль як технічних, так і організаційних чинників. Вона не обмежується лише встановленням захисного обладнання, а вимагає комплексного підходу, включаючи регулярні навчання, технічний огляд, моніторинг умов експлуатації та грамотну документацію. Це створює умови для безперебійної, безпечної та ефективної роботи всіх електричних установок на підприємстві. Електробезпека базується на трьох основних компонентах: якісному обладнанні, належній ізоляції та захисних засобах, а також високому

рівні обізнаності й підготовки персоналу. Суворе дотримання цих принципів допомагає уникнути аварійних ситуацій і гарантує збереження здоров'я та життя працівників у роботі з електротехнікою.

4.3 Протипожежна безпека

Протипожежна безпека на підприємстві — це комплекс заходів, які спрямовані на запобігання пожежам, їх своєчасне виявлення та ефективне реагування, щоб мінімізувати збитки та зберегти життя людей. Основою протипожежної безпеки є правильна організація простору: усі легкозаймісті матеріали повинні зберігатися в спеціально відведених місцях, віддалених від джерел тепла та відкритого полум'я. Приміщення повинні бути обладнані вентиляційними системами, які видаляють можливі горючі випари, а також якісною сигналізацією, яка миттєво сповіщає про появу диму або підвищення температури.

Засоби пожежогасіння повинні знаходитися в легкодоступних місцях, а їх розташування має бути чітко позначене, щоб у разі екстреної ситуації працівники могли швидко їх знайти. Важливо, щоб на об'єкті були доступні різні типи вогнегасників, адже різні види пожеж потребують різних засобів для їх гасіння. Наприклад, пожежі, спричинені електричними ланцюгами, не можна гасити водою, тому необхідно мати вогнегасники з відповідними речовинами. Крім того, працівники повинні бути навчені правилам користування вогнегасниками та знати, як діяти в разі виникнення займання.

Особливу роль у забезпеченні протипожежної безпеки відіграє система раннього виявлення пожежі, яка включає теплові та димові датчики, інтегровані з централізованою системою оповіщення. Це дозволяє оперативно виявити пожежу на ранній стадії та своєчасно вжити заходів для її локалізації або евакуації. Крім того, будівля або приміщення повинні бути обладнані протипожежними перегородками, які стримують поширення полум'я та диму, а

також запасними виходами, що забезпечують безпечну евакуацію всіх людей. Регулярні навчання та тренування персоналу щодо протипожежних заходів є невід'ємною частиною безпеки, оскільки вони дозволяють працівникам чітко знати свої дії в разі пожежі та запобігти паніці. Періодичні інструктажі і тренування формують у персоналу навички швидкого та правильного реагування, зокрема вміння діяти скоординовано й забезпечувати безпечний вихід із приміщення.

Контроль технічного стану всіх електроприладів та інфраструктури також є важливим аспектом протипожежної безпеки, адже несправне обладнання може стати джерелом займання. Особливу увагу слід приділяти електропроводці: перевірка її наявності пошкоджень і надійності ізоляції є необхідною умовою для уникнення коротких замикань, які часто стають причиною пожеж. Також важливо стежити за тим, щоб працівники дотримувалися всіх встановлених правил і не перевантажували електромережу.

Протипожежна безпека на підприємстві включає не лише фізичні заходи, як-от вогнегасники чи датчики диму, але й цілу систему організаційних процесів, яка формує культуру безпеки серед працівників. Створення цієї культури починається з регулярного навчання: співробітники мають чітко розуміти не лише свої дії під час пожежі, а й фактори, що призводять до її виникнення. Коли працівники інформовані про ризики та отримують можливість вчасно виявляти ознаки небезпеки, це значно знижує ймовірність аварій. Наприклад, на виробництвах, де використовуються легкозаймісті матеріали, кожен працівник повинен знати специфіку їхнього зберігання та заходи, які необхідно вжити, щоб уникнути небезпечних ситуацій.

Психологічна готовність персоналу до дій у випадку пожежі також є важливою частиною протипожежної безпеки. У стресовій ситуації часто виникає паніка, що ускладнює евакуацію та збільшує ризик травм. Щоб уникнути цього, проводяться регулярні навчальні тривоги, де працівники тренуються швидко й злагоджено евакуюватися, користуватися первинними засобами пожежогасіння та дотримуватися інструкцій. Такі тренування

допомагають створити автоматизм дій, що дозволяє працівникам діяти впевнено навіть в умовах реальної небезпеки.

Ще одним важливим аспектом є інтеграція сучасних систем пожежної сигналізації в загальну систему безпеки підприємства. Сучасні системи можуть бути оснащені функціями автоматичного повідомлення пожежних служб та передавання даних про джерело загоряння, що значно прискорює час реагування. Наприклад, у разі виявлення займання система може автоматично перекрити доступ до ділянок із легкозаймистими матеріалами, знизивши ризик поширення пожежі. Системи локального пожежогасіння, як-от газові або пінні системи, також ефективно справляються із загорянням у вузьких просторах або на ділянках, де водне гасіння є небажаним через можливість пошкодження обладнання

Окрім цього, важливим елементом є ретельний контроль за технічним станом електрообладнання та всіх комунікаційних систем. Часто саме коротке замикання або перегрів старих кабелів стають причиною займання. Для зниження таких ризиків підприємства регулярно проводять аудит електричних систем, оновлюють стару проводку і встановлюють додаткові засоби захисту, як-от автоматичні вимикачі чи стабілізатори напруги. Це особливо важливо в умовах підвищеного навантаження на електромережу, що часто буває в промислових зонах.

Водночас протипожежна безпека вимагає постійного моніторингу стану будівельних матеріалів та конструкцій. Деякі матеріали з часом втрачають свої протипожежні властивості, тому періодична перевірка і оновлення захисних покриттів або заміна небезпечних матеріалів дозволяє зберігати високий рівень безпеки. Наприклад, спеціальні вогнезахисні фарби або ізоляційні матеріали можуть використовуватися для обробки поверхонь, що запобігає швидкому поширенню полум'я. Протипожежна безпека є комплексною системою, що включає технічні заходи, навчання працівників та постійний моніторинг. Її дотримання дозволяє запобігти пожежам та гарантує, що у разі надзвичайної ситуації працівники знатимуть, як захистити себе і своїх колег.

4.4 Контроль за станом здоров'я працівників та медичні огляди

Контроль за станом здоров'я працівників і проведення медичних оглядів є важливою частиною системи охорони праці, оскільки здоров'я персоналу прямо впливає на безпеку й ефективність робочого процесу. Зокрема, регулярні медичні обстеження дозволяють вчасно виявляти проблеми зі здоров'ям, які можуть обмежити здатність працівника виконувати завдання в умовах підвищеної фізичної або емоційної напруги. Такі обстеження включають перевірку зору, слуху, серцево-судинної системи та загальний аналіз фізичного стану, щоб переконатися, що працівник здатен працювати без ризику для себе та інших.

Медичні огляди також важливі для профілактики професійних захворювань, які можуть розвиватися внаслідок тривалого впливу шкідливих факторів, таких як шум, пил, токсичні речовини або важкі фізичні навантаження. Завдяки регулярним оглядам лікарі можуть виявити початкові ознаки захворювань та вчасно рекомендувати заходи для їх запобігання або лікування, наприклад, зміну умов праці або надання спеціальних засобів захисту. У разі виявлення будь-яких обмежень, медичний персонал може надати рекомендації щодо переведення працівника на іншу роботу або тимчасового звільнення від виконання певних обов'язків для запобігання погіршенню його здоров'я.

Особливе значення має попередній медичний огляд при прийомі на роботу, коли оцінюється загальний стан здоров'я кандидата й визначається, чи зможе він безпечно виконувати обов'язки на конкретному робочому місці. У деяких випадках, особливо на виробництвах з високими ризиками або в умовах шкідливих впливів, працівник проходить додаткові спеціалізовані обстеження, щоб упевнитися, що він фізично й психологічно підготовлений до умов роботи. Важливим аспектом є також проведення періодичних медичних оглядів, які дозволяють контролювати динаміку стану здоров'я співробітників протягом

часу. Якщо під час такого огляду лікарі виявляють погіршення стану здоров'я, пов'язане з умовами праці, підприємство може вжити заходів для його покращення або організувати індивідуальні консультації з профілактики та лікування. Це не лише підтримує здоров'я працівника, а й сприяє зниженню рівня виробничого травматизму й підвищенню загальної ефективності роботи.

Крім того, психологічний стан працівника є не менш важливим, особливо на посадах з підвищеною відповідальністю або стресовим навантаженням. Психологічні обстеження та консультації можуть допомогти ідентифікувати потенційні ризики емоційного вигорання або психологічного дискомфорту, що, у свою чергу, дозволяє роботодавцю забезпечити належну підтримку чи коригувати робоче навантаження, щоб уникнути негативного впливу на ефективність і безпеку праці.

Система контролю за здоров'ям працівників та медичні огляди таким чином стають профілактичним інструментом, який допомагає не лише підтримувати здоров'я персоналу на належному рівні, а й гарантувати, що всі робочі процеси відбуватимуться безпечно та з урахуванням фізичних можливостей працівників.

Контроль за здоров'ям працівників також має важливий соціально-психологічний аспект, оскільки система регулярних медичних оглядів демонструє працівникам увагу до їхнього благополуччя і створює атмосферу турботи на підприємстві. Коли працівники знають, що їхній стан здоров'я контролюється і що в разі потреби їм буде надана допомога, це сприяє зниженню стресу, що виникає через можливі захворювання чи ризики на виробництві. Відповідно, на підприємствах з високими вимогами до охорони здоров'я значно зменшується кількість прогулів через хворобу і підвищується рівень задоволеності працею, оскільки працівники відчувають, що їхні потреби враховуються.

Систематичний моніторинг здоров'я дозволяє знижувати рівень неочікуваних інцидентів і нещасних випадків на виробництві, оскільки на ранніх стадіях можна виявити будь-які відхилення від нормального стану

здоров'я, які можуть вплинути на реакцію, уважність і фізичну витривалість працівника. Це має особливе значення на підприємствах, де швидкість реакції та концентрація уваги критично важливі, наприклад, у важкій промисловості, електротехнічному секторі чи на транспорті. Своєчасна діагностика хвороб серця, судин або проблем із суглобами дозволяє уникнути ситуацій, у яких несподіване погіршення здоров'я може призвести до аварій.

Медичні огляди і контроль за станом здоров'я є ще й джерелом статистичних даних, що дозволяють підприємству аналізувати основні фактори ризику для своїх працівників і впроваджувати більш персоналізовані заходи з охорони здоров'я. Наприклад, якщо у працівників часто виявляються певні хронічні захворювання або професійні патології, роботодавець може розробити комплекс заходів профілактики для конкретних груп, або ж адаптувати умови праці відповідно до потреб працівників. Такий підхід дозволяє не лише підтримувати здоров'я, а й оптимізувати виробничі процеси, знижуючи витрати на лікування і страхові виплати. В умовах сучасного виробництва, де інтенсивність роботи і конкуренція зростають, контроль за здоров'ям стає одним з елементів стратегічного управління людськими ресурсами. Коли роботодавець дбає про здоров'я своїх працівників, це сприяє формуванню лояльності та підвищує привабливість підприємства як роботодавця. Крім того, здорові працівники демонструють вищу продуктивність, що прямо впливає на успіх і прибутковість компанії. Такий підхід перетворює охорону здоров'я на інвестицію у людський капітал, забезпечуючи підприємству довгострокову конкурентну перевагу.

РОЗДІЛ 5. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ПРИЙНЯТИХ РІШЕНЬ

Загальна кількість обробленого корму за день:

$$500 \text{ кг/год} \times 8 \text{ год} = 4000 \text{ кг корму на день}$$

Загальне споживання електроенергії для традиційного методу обробки:

$$4000 \text{ кг} \times 0.5 \text{ кВт\год/кг} = 2000 \text{ кВт\год на день}$$

$$\text{За місяць (22 робочих дні): } 2000 \text{ кВт\год} \times 22 = 44,000 \text{ кВт\год}$$

Загальне споживання електроенергії для електромагнітного комплексу:

$$4000 \text{ кг} \times 0.3 \text{ кВт\год/кг} = 1200 \text{ кВт\год на день}$$

$$\text{За місяць (22 робочих дні): } 1200 \text{ кВт\год} \times 22 = 26,400 \text{ кВт\год}$$

Економія електроенергії при використанні електромагнітного комплексу:

$$44,000 \text{ кВт\год} - 26,400 \text{ кВт\год} = 17,600 \text{ кВт\год на місяць}$$

Економія витрат на електроенергію за місяць:

$$17,600 \text{ кВт\год} \times 2.5 \text{ грн/кВт\год} = 44,000 \text{ грн на місяць}$$

Додаткові витрати на обслуговування електромагнітного комплексу (наприклад, профілактичне обслуговування, заміна фільтрів, зношуваних компонентів): орієнтовно 5,000 грн на місяць.

Підсумковий економічний ефект:

Загальна економія витрат на електроенергію за місяць після вирахування обслуговування: $44,000 \text{ грн} - 5,000 \text{ грн} = 39,000 \text{ грн на місяць}$

$$\text{За рік (12 місяців): } 39,000 \times 12 = 468,000 \text{ грн}$$

Оцінки впливу якості корму на продуктивність та здоров'я птиці корисно проводити подібні розрахунки, які демонструють економічні переваги від використання більш якісних кормів. Такі розрахунки можуть включати

показники рентабельності, приросту маси, конверсії корму, рівня захворюваності, зниження витрат на лікування та загального економічного ефекту. Вони можуть стати ключовим фактором для підприємств у прийнятті рішень про інвестиції в нові технології обробки кормів або в більш якісні інгредієнти.

Припустимо, що на фермі вирощують курчат, і на основі наукових даних відомо, що використання кормів з покращеним складом підвищує конверсію корму (ефективність його перетравлення) на 10% у порівнянні з традиційним кормом.

Вихідні дані:

Початкова маса птиці: 50 г

Цільова маса (до забою): 2 кг

Конверсія корму: традиційний корм – 1,8 кг корму на 1 кг приросту маси; покращений корм – 1,6 кг корму на 1 кг приросту.

Ціна традиційного корму: 12 грн/кг

Ціна покращеного корму: 14 грн/кг

Кількість поголів'я: 10 000 голів

1. Кількість корму на одну птицю (для досягнення цільової маси):

При традиційному кормі: $(2-0,05) \times 1,8 = 3,51$ кг

При покращеному кормі: $(2-0,05) \times 1,6 = 3,12$ кг

2. Вартість корму на одну птицю:

Традиційний корм: $3,51 \times 12 = 42,12$ грн

Покращений корм: $3,12 \times 14 = 43,68$ грн

3. Загальна вартість корму для поголів'я:

Традиційний корм: $42,12 \times 10,000 = 421,200$ грн

Покращений корм: $43,68 \times 10,000 = 436,800$ грн

Порівняння економічного ефекту

На перший погляд, покращений корм вимагає більших витрат (різниця 15,600 грн). Проте він має і значні переваги. Завдяки покращеній засвоюваності, птиця швидше досягає забійної ваги, що зменшує витрати часу та ресурсів на її

утримання. Дослідження також показують, що при використанні якісного корму знижуються витрати на лікування на 5-10%, а рівень падежу може скорочуватись на 2-3%, що для великих підприємств має значний економічний вплив. Використання більш якісного корму, хоча і є дорожчим у короткостроковій перспективі, може принести суттєві економічні вигоди у вигляді підвищеної продуктивності та знижених витрат на утримання птиці. Розрахунки показують, що підвищення якості корму має стратегічну цінність, особливо в умовах інтенсивного вирощування, де стабільність та швидкість приросту поголів'я є основними факторами рентабельності [15].

Отримані розрахунки показують, що використання електромагнітного комплексу для обробки кормів є економічно вигідним рішенням, оскільки дозволяє суттєво знизити витрати на електроенергію. Навіть з урахуванням витрат на технічне обслуговування, загальна економія може становити майже пів мільйона гривень на рік, що є значною перевагою для агропромислового підприємства. Це підвищує рентабельність виробництва, зменшуючи одночасно вплив на довкілля через зниження енергоспоживання [33].

ВИСНОВКИ

Впровадження електротехнологічного комплексу для обробки кормів у птахівництві демонструє значний потенціал для підвищення якості харчування, продуктивності та безпеки виробництва. Завдяки застосуванню електромагнітних, електроімпульсних та інших електротехнологічних методів, корм набуває нових властивостей: покращується біодоступність поживних речовин, збільшується рівень засвоюваності, а також знижується кількість патогенів та мікроорганізмів, які можуть негативно впливати на здоров'я птиці. Ці зміни на молекулярному рівні не лише роблять корм легшим для перетравлення, але й сприяють підвищенню поживної цінності, зберігаючи вітаміни, мінерали та інші термолабільні компоненти, які традиційно втрачаються при термічній або хімічній обробці.

Економічний аналіз показує, що електротехнологічна обробка дає підприємству можливість оптимізувати витрати на кормові добавки та знизити потребу в лікувальних препаратах. Це дозволяє підвищити рентабельність виробництва, зменшуючи загальні витрати та підвищуючи продуктивність поголів'я. Завдяки зниженню витрат на додаткові кормові добавки та покращенню якості корму, підприємство може досягти значної економії, що впливає на загальну стійкість і конкурентоспроможність господарства на ринку.

Екологічна складова також є значущою, оскільки відсутність хімічних консервантів у процесі обробки робить корм безпечнішим як для самої птиці, так і для навколишнього середовища, оскільки скорочуються обсяги відходів і хімічних речовин, які зазвичай накопичуються при використанні традиційних методів. Цей підхід підкреслює важливість впровадження екологічно чистих технологій у сучасному агровиробництві, що відповідає вимогам сталого розвитку та підтримки екологічної безпеки.

Зрештою, електротехнологічний комплекс не тільки підвищує ефективність процесу годівлі, а й сприяє покращенню кінцевих показників

продукції: птиця, яка отримує більш засвоюваний та поживний корм, демонструє вищі темпи приросту ваги, кращу яйцєносність та загальне здоров'я, що позитивно впливає на якість м'яса та яєць. Впровадження такого комплексу стає стратегічною інвестицією, що надає підприємству значні переваги у довгостроковій перспективі, поєднуючи економічну ефективність з високими стандартами якості та безпеки.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Гетьманець І. В. Електротехнологічний комплекс для передпосівної обробки зерна з використанням електроаерозолів / Г. В. Новиков // Збірник наукових праць Таврійського державного агротехнологічного університету. – Мелітополь: ТДАТУ, 2019. – Вип. 15, Том 2. – С. 281-289.
2. Електропривод і автоматизація: навчальний посібник / [Синявський О.Ю., Савченко П.І., Савченко В.В. та ін.]; за ред. О.Ю. Синявського. – К.: Аграр Медіа Груп, 2015. – 604 с.
3. Дипломне проектування енергетичних та електротехнічних систем в агропромисловому комплексі : навч. посіб. для студентів вищих навчальних закладів / Іноземцев Г. Б., Козирський В. В., Лут М. Т., Радько І.П., Синявський О.Ю. – 2-е вид., перероб. і доп. – К., 2014. – 525 с.
4. Правила улаштування електроустановок. Глава 1.7 Заземлення та захисні заходи від ураження електричним струмом: наказ Міненерговугілля України від 21.07.2017 р. № 476.
5. Методичні вказівки до виконання курсової роботи для студентів факультету енергетики і автоматики з дисципліни «Електричне освітлення та опромінення». Укладачі: Л.С.Червінський, Л.О. Сторожук, Б.М.Ковалишин. – Київ: НУБПУ 2014 – 63с.
6. Кінрук М.О., Гаврилук М.М. Мікрохвильова стимуляція насіння: проблеми та перспективи її застосування. Микроволновые технологии в народном хозяйстве. Вып. 6. Одесса. 2007 С. 36–38.
7. Осадчий Ю. В. Електромеханічні системи підпорядкованої структури з властивостями слабкої чутливості до параметричних та координатних збурень: монографія / КПІ ім. Ігоря Сікорського. Київ, 2021. 268 с.
8. Берека О. М. Ефективність озонування зернових у сильних електричних полях / О. М. Берека, С. М. Усенко // Наук.вісн. НУБіП України.– 2010. – Вип. 148. – С. 92–97.

9. Станкевич Г.Н., Бабков А.В. Озон в технологиях обработки и хранения зерна пшеницы: Монография / Г.Н. Станкевич, А.В. Бабков. Херсон: Издатель Гринь Д.С., 2015. 268 с.

10. Касьянов, Г.И. Обработка сельскохозяйственного сырья электромагнитным полем низкой частоты. Теория и практика: Монография / Г.И. Касьянов, М.Г. Барышев, Р.С. Решетова, В.Т. Христюк. ISBN: 978-5-4377-0066-2. Электрон. дан. СПб.: Троицкий мост, 2016. 296 с. URL: <http://e.lanbook.com/book/90693>