

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ**

**Інженерно-технологічний факультет**

Кафедра харчових технологій

**П о я с н ю в а л ь н а   з а п и с к а**

до кваліфікаційної роботи  
ступеня вищої освіти «Магістр»  
на тему:

**Обґрунтування параметрів інноваційної  
технології виробництва комбікормів для  
курей-бройлерів**

**Виконала:** здобувачка вищої освіти 2 курсу,  
групи МгХТз-1-22  
освітньо-професійної програми «Харчові технології»  
зі спеціальності 181 «Харчові технології»

\_\_\_\_\_ Наталія ЗАЛУЖНА

**Керівник:** \_\_\_\_\_ Олександр ПІВОВАРОВ

**Рецензент:** \_\_\_\_\_ Надія АЛАФАНОВА

Дніпро 2024

**ДНПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ**

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра харчових технологій

Ступінь вищої освіти: «Магістр»

Освітньо-професійна програма: «Харчові технології»

Спеціальність: 181 «Харчові технології»

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

В.о. завідувача кафедри

харчових технологій,

кандидат технічних наук, доцент

Віталій КОШУЛЬКО

(підпис)

«26» грудня 2023 р.

**З А В Д А Н Н Я  
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧЦІ ВИЩОЇ ОСВІТИ**

Залужна Наталія Ігорівна

1. Тема роботи: «Обґрунтування параметрів інноваційної технології виробництва комбікормів для курей-бройлерів».

Керівник роботи: Півоваров Олександр Андрійович, доктор технічних наук, професор, затверджені наказом закладу вищої освіти від «26» грудня 2023 року № 4085.

2. Строк подання здобувачем вищої освіти роботи 12 лютого 2024 року

3. Вихідні дані до роботи: 1. Літературні джерела та періодичні видання. 2. Наукова та науково-технічна документації, що стосується підвищення ефективності виробництва комбікормів для курей-бройлерів шляхом його знезараження. 3. Нормативно-технологічна документація. 4. Патентна документація.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити). Вступ. 1 Аналіз існуючих технологічних засобів забезпечуючих знезараження комбікорму. 2 Теоретичне обґрунтування процесу впливу електрофізичних факторів на комбікорми. 3 Методика і засоби експериментальних досліджень. 4 Результати експериментальних досліджень. 5 Охорона праці та захист навколишнього середовища. 6 Організаційно-економічна частина. Загальні висновки. Бібліографія.

## 5. Перелік демонстраційного матеріалу

1 Аналіз стану питання. 2 Мета і завдання дослідження. 3 Теоретичні обґрунтування процесу знезараження комбікормів. 4 Засоби експериментальних досліджень. 5 Результати експериментальних досліджень. 6 Кошторис витрат на проведення досліджень. 7 Загальні висновки.

## 6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Посада, прізвище та ім'я консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1 – 4	професор ПІВОВАРОВ Олександр	26.12.2023	12.02.2024
5	професор ПІВОВАРОВ Олександр	26.12.2023	12.02.2024
6	професор ПІВОВАРОВ Олександр	26.12.2023	12.02.2024

7. Дата видачі завдання 26 грудня 2023 року.

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ	27.12-31.12.23	виконано
2	Аналіз існуючих технологічних засобів забезпечуючих знезараження комбікорму	01.01-08.01.24	виконано
3	Теоретичне обґрунтування процесу впливу електрофізичних факторів на комбікорми	09.01-15.01.24	виконано
4	Методика і засоби експериментальних досліджень	16.01-22.01.24	виконано
5	Результати експериментальних досліджень	23.01-29.01.24	виконано
6	Охорона праці та захист навколишнього середовища	30.01-01.02.24	виконано
7	Організаційно-економічна частина	02.02-06.02.24	виконано
8	Загальні висновки та бібліографія	07.02-08.02.24	виконано
9	Розробка та підготовка демонстраційного матеріалу	09.12.2024	виконано

**Здобувач вищої освіти**

\_\_\_\_\_ Наталія ЗАЛУЖНА  
( підпис )

**Керівник роботи**

\_\_\_\_\_ Олександр ПІВОВАРОВ  
( підпис )

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка магістерської роботи містить: 73 сторінки друкованого тексту, 28 рисунків та ілюстрацій, 14 таблиць та використано 49 літературних джерел посилань.

Метою роботи є обґрунтування технологічних параметрів технології і розробка установки для знезаражування комбікормів впливом фізичних факторів.

Об'єктом дослідження є система факторів, що забезпечують ефективне знезаражування комбікормів у механізованій установці із джерелами електромагнітного випромінювання при мінімальних енерговитратах і негативних впливах НВЧ енергії та ІЧ променів на навколишнє середовище.

Предметом досліджень є встановлення оптимальної комбінації доз діючих фізичних факторів на комбікорми, що забезпечують найбільший ефект їх знезаражування.

Для виробництва якісних в умовах господарств комбікормів, підприємство повинне бути оснащене сучасним устаткуванням для ефективної теплової обробки зернового матеріалу. Застосування такого устаткування і технології забезпечує знищення інгібуючих і антипоживних речовин, поліпшення смакових якостей, підвищення доступності поживних речовин до засвоєння організмом тварин і підтримки бактеріологічної чистоти корму. Бажаними і необхідними цінностями застосовуваної технології теплової обробки вихідного продукту є невисоке енергоспоживання, безпека, надійність, простота очищення, виключення можливості зараження приготовленого корму [17].

На сучасному етапі науково-технічного розвитку сільського господарства відбувається зміна технологій знезаражування комбікормів. Таким, перспективним способом знезаражування, що забезпечують високу якість комбікорму і екологічну безпеку, є використання фізичних факторів, що володіють специфічною дією.

Ключові слова: ЗЕРНО, ІЧ-ОПРОМІНЕННЯ, КОМБІКОРМ, ЗМІШУВАЧ, ЗНЕЗАРАЖЕННЯ, ТЕМПЕРАТУРА, ТРИВАЛІСТЬ, ПРОЦЕС, ТЕХНОЛОГІЇ, ЕФЕКТИВНІСТЬ, ДОСЛІДЖЕННЯ, ЕКСПЕРИМЕНТ.

## ЗМІСТ

ВСТУП	7
1 АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ ЗАБЕЗПЕЧУЮЧИХ ЗНАЗАРАЖЕННЯ КОМБІКОРМУ	9
1.1 Огляд існуючих електрофізичних способів і технічних пристроїв для знезараження комбікормів	9
1.2 Аналіз циркуляційних змішувачів сипучих матеріалів	16
1.3 Фізико-механічні властивості комбікорму	19
1.4 Терморадіаційні характеристики комбікорму	20
Висновки до розділу, мета та завдання дослідження	22
2 ТЕОРЕТИЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЦЕСУ ВПЛИВУ ЕЛЕКТРОФІЗИЧНИХ ФАКТОРІВ НА КОМБІКОРМИ	24
2.1 Обґрунтування конструктивних параметрів і режимів установки для знезаражування і мікронізації комбікормів	24
2.1.1 Знезараження комбікормів	25
2.1.2 Транспортування комбікорму	28
2.1.3 Змішування комбікорму	30
Висновки до розділу	35
3 МЕТОДИКА І ЗАСОБИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ	36
3.1 Технологічна схема виробництва комбікорму при знезараженні з використанням фізичних факторів в установці періодичної дії	36
3.2 Технологічна схема виробництва комбікорму при знезараженні з використанням фізичних факторів в установці безперервної дії	37
3.3 Операційно-технологічна схема виробництва комбікорму	38
3.4 Розробка експериментальної установки на базі циркуляційного змішувача для знезаражування комбікормів	39
Висновки до розділу	46
4 РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ	47

4.1 Дослідження зміни бактеріальної засіяності комбікормів при впливі фізичних факторів	47
4.2 Результати дослідження санітарної експертизи комбікормів	48
4.3 Результати експертизи якості комбікормів	50
4.4 Зміна температури нагрівання комбікормів під дією ІЧ-променів	52
4.5 Зміна температури комбікормів в залежності від відстані до УФ-опромінювача	53
4.6 Зміна загального мікробного числа і температури комбікорму в процесі впливу фізичних факторів у розробленій установці	54
Висновки до розділу	56
5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА	57
5.1 Розробка карти безпеки праці	57
5.2 Утилізація відходів виробництва	58
Висновки до розділу	58
6 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА	59
6.1 Організація проведення дослідження	59
6.2 Витрати, пов'язані з проведенням дослідження	61
6.3 Розрахунок вартості дослідження	64
Висновки до розділу	65
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	66
БІБЛІОГРАФІЯ	68

## ВСТУП

У цей час підвищення ефективності використання фуражного зерна в годівлі молодняку тварин та птиці – одне з головних умов збільшення виробництва продукції тваринництва і поліпшення її якості. Воно містить у собі, насамперед, підвищення поживної цінності зерна. Його якість залежить від багатьох складових, сумарним біологічним ефектом яких є приріст. [18]

Для виробництва якісних в умовах господарств комбікормів, підприємство повинне бути оснащено сучасним устаткуванням для ефективної теплової обробки зернового матеріалу. Застосування такого устаткування і технології забезпечує знищення інгібуючих і антипоживних речовин, поліпшення смакових якостей, підвищення доступності поживних речовин до засвоєння організмом тварин і підтримки бактеріологічної чистоти корму. Бажаними і необхідними цінностями застосовуваної технології теплової обробки вихідного продукту є невисоке енергоспоживання, безпека, надійність, простота очищення, виключення можливості зараження приготовленого корму [17,].

Обсяг виробництва комбікормів в Україні протягом семи місяців поточного року суттєво перевищує торішні показники. За даними вчених, із січня по липень 2018 року українські підприємства виготовили 6952,4 тис. т комбікорму, що на 8,3 % більше, ніж за той же період минулого року. У найближчі 10 років необхідно виробляти в господарствах до 40 млн. т комбікормів. Для цього буде потрібно випускати щорічно по 9 – 10 тис. комбікормових установок продуктивністю від 0,5 до 8 т/год. [6]

Підвищення продуктивності тварин через поліпшення якості кормів є досить актуальним завданням. Середній об'єм виробництва комбікормів в Україні за останні роки склав 13,21 млн. т. Однак якість комбікормів необхідно поліпшувати.

На сучасному етапі науково-технічного розвитку сільського господарства відбувається зміна технологій знезаражування комбікормів. Таким, перспективним способом знезаражування, що забезпечують високу якість

комбікорму і екологічну безпеку, є використання фізичних факторів, що володіють специфічною дією.

Метою роботи є обґрунтування технологічних параметрів технології і розробка установки для знезаражування комбікормів впливом фізичних факторів.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні наукові завдання:

- проаналізувати існуючі способи і технічні засоби для знезаражування комбікормів з використанням фізичних факторів і визначити основний напрямок розвитку;

- теоретично та експериментально обґрунтувати режими і конструктивні параметри установки для знезаражування комбікормів з використанням фізичних факторів;

- провести розрахунок кошторису витрат на проведення досліджень.

Об'єктом дослідження є система факторів, що забезпечують ефективне знезаражування комбікормів у механізованій установці із джерелами електромагнітного випромінювання при мінімальних енерговитратах і негативних впливах НВЧ енергії та ІЧ променів на навколишнє середовище.

Предметом досліджень є встановлення оптимальної комбінації доз діючих фізичних факторів на комбікорми, що забезпечують найбільший ефект їх знезаражування.

# 1 АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ ЗАБЕЗПЕЧУЮЧИХ ЗНЕЗАРАЖЕННЯ КОМБІКОРМУ

## 1.1 Огляд існуючих електрофізичних способів і технічних пристроїв для знезараження комбікормів

Одним зі шляхів підвищення продуктивності тваринництва і птахівництва є раціональне використання кормів, зокрема фуражного зерна. Відомо, що значна частина непідготовленого до згодовування зерна не засвоюється організмом тварини та птахів і виводиться з екскрементами. У зв'язку із цим важливу актуальність здобувають різні способи підготовки зерна до згодовування: здрібнювання, пропарювання, плющення, гранулювання, екструдкування.

Численні дослідження, проведені в нашій країні і за кордоном, показали високу ефективність теплової обробки для підвищення біологічної цінності корму. Позитивним результатом теплової обробки є поліпшення смакових якостей зерна в результаті утворення ароматичних речовин. [12]

Дослідженнями впливу НВЧ нагрівання на зерно займався Філіпов Р.Л. Він розглядав вплив температури вологи зерна на величину втрат енергії НВЧ у вологому зерні.

На сьогоднішній день ефективним екологічно безпечним є знезараження зерна енергією електромагнітного поля надвисокої частоти. Цій темі присвячені роботи Л.Я. Ауерман, І.Р. Бородіна, В.А. Бутковського, Г. А. Єгорова, Е.Д. Казакова, І.П. Козьміної, В.І. Кретович, Л.С. Львової, Р.Д. Поландової, І.А. Рогова, А.Я. Семенова, Л.А. Трисвятського, Т.І. Шнейдер, Н.В. Цугленка і ін.

Тему обробки зерна ячменя вивчила Зданович Юлія Ігорівна у своїй науковій тематиці «Вплив термічного знезараження на комплекс мікроорганізмів і якісні показники зерна ячменя». Автор роботи застосовує НВЧ-знезараження для усунення шкідливої грибною мікрофлори зерна. Вона використовує певні режими впливу НВЧ-поля, які дозволяють знешкодити мікроорганізми і зберегти якісні показники зерна ячменя.

Одним з перспективних способів теплової обробки зерна є мікронізація – обробка продукту інфрачервоними променями. Питаннями мікронізації в сільськогосподарському виробництві займалися Н.М. Личко, І.Р. Бородін, Д.Н. Мусурідзе, В.А. Новікова. Новікова В.А. у науковій праці «Зниження питомих енерговитрат на мікронізацію фуражного зерна за рахунок використання двостороннього підведення теплоти» впливала ІЧ-променями на зерно. [49]

Для обробки зерна з метою поліпшення його технологічних властивостей і знищення шкідливої мікрофлори, використовуються різні фізичні методи. Наприклад, вплив змінного магнітного поля, вплив поля негативного коронного розряду, високочастотне (ВЧ) і надвисокочастотне (НВЧ) випромінювання, ультрафіолетове (УФ), інфрачервоне (ІЧ) випромінювання [11].

При обробці зерна змінним магнітним полем спостерігається гнітючий вплив на бактерицидну мікрофлору. Гноблення патогенної мікрофлори, що перебуває на насінні у споровидному стані, відбувається у зв'язку з тим, що силові лінії електричного поля концентруються в області між електродного простору, заповнений або електропровідним матеріалом (живі бактерії, гриби, комахи, дрібні тварини), або з більшою діелектричною проникністю, ніж інша частина простору [30].

Метод НВЧ-полів поєднує вплив двох полів: електромагнітного і теплового, показуючи високу ефективність в знезараженні зерна від грибів, вірусів і бактерій. Явища, що спостерігаються при впливі НВЧ-енергії на живі тканини, мають в основному тепловий характер, вони залежать від дисперсії, діелектричної проникності і провідності. Загибель мікроорганізмів відбувається в результаті денатурації білка при порівняно невисоких температурах нагрівання 1,2 – 1,6 °С та за рахунок діелектричного руйнування кліток живої тканини [9].

УФ-випромінювання з довжинами хвиль від 200 до 300 нм має виражену бактерицидну дію та робить ефективну інактивацію мікроорганізмів різних типів – бактерій, спор, вірусів, мікрогрибів та ін. На відміну від іонізуючого випромінювання, що володіє великою проникаючою здатністю, УФ-випромінювання поглинається всіма твердими речовинами, характерні пробіги

УФ-фотонів у твердих конденсованих середовищах становлять від часток мікрона до декількох мікронів. Тому, при УФ-опроміненні твердої частки обробляється тільки її найтонший поверхневий шар, основна ж маса речовини не зазнає ніякого впливу і, відповідно, не змінює свої біохімічні властивості. У цьому полягає істотна перевага методу УФ-бактерицидної обробки в порівнянні з іншими відомими методами дезінфекції [7].

ІЧ-випромінювання (терморадіаційне) відноситься до різновиду електромагнітних коливань і характеризується частотою, довжиною хвилі, швидкістю поширення. Об'єкт, підданий опроміненню, поглинає енергію в певних порціях. Поглинена енергія електромагнітного поля переходить у теплоту. При терморадіаційному впливі волога видаляється з малими втратами біологічно активних речовин, а продукт нагрівання є концентрованим зі збереженими в ньому корисними речовинами. Терморадіаційне випромінювання застосовується для сушіння й кондиціонування зерна, а також для його дезінсекції. [3]

Нижче проаналізовані існуючі технічні засоби, призначені для обробки сипучих кормів, з використанням електрофізичних факторів.

На рисунку 1.1. показана установка для термообробки фуражного зерна із двостороннім підведенням теплоти. [49]

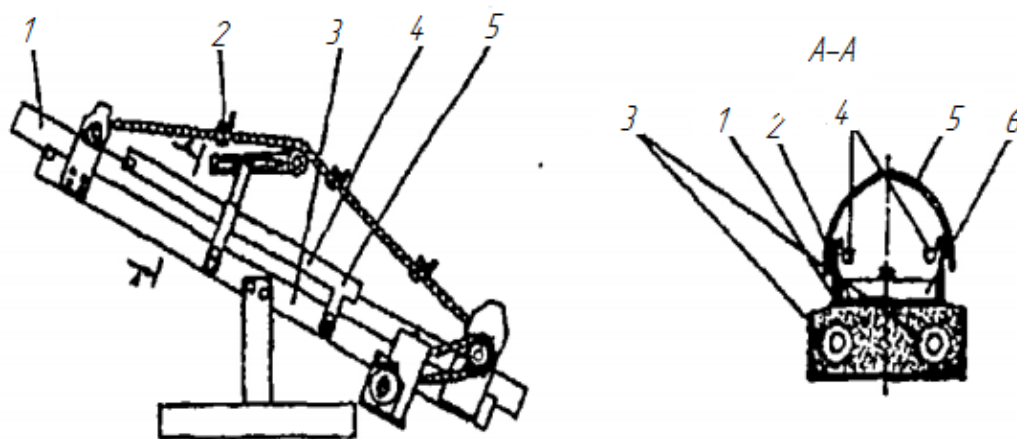


Рисунок 1.1 – Установка для термообробки фуражного зерна з двостороннім підведенням теплоти:

- 1 – сталевий жолоб; 2 – скребковий транспортер; 3 – нагрівальні елементи;
- 4 – інфрачервоні випромінювачі; 5 – алюмінієвий екран; 6 – скребок.

Для проведення експериментальних досліджень виготовлена установка для термообробки зерна, що складається зі сталевого похилого жолоба, скребкового транспортера і нагрівальних елементів, що дозволяють міняти щільність теплового потоку, що підводиться до зернівок залежно від зміни часу експозиції (рис. 1.1).

Установка для термообробки включає розташований під кутом, близьким до кута природнього нахилу, сталевий жолоб з бортиками прямокутної форми 1, по якому зверху вниз під впливом скребкового транспортера 2 переміщається зерно. Під жолобом розміщені нагрівальні елементи 3. На відстані 30 – 40 мм від жолоба розташовані інфрачервоні випромінювачі 4 з металевими екранами параболічної форми 5.

Пристрій працює в такий спосіб. Включають випромінювачі 4, нагрівальні елементи 3 і прогрівають сталевий жолоб 1. Потім зверху подають зерно, яке під дією скребкового транспортера 2 переміщається по жолобу 1.

У процесі переміщення зерно постійно перемішується і нагрівається до 180 °С. У зернівці утворюється тиск до 10 атм. При такій температурі досягається найкращий ефект дезінсекції кормового матеріалу. Розроблена методика виміру температури на сталевому жолобі установки дозволяє вибрати раціональну товщину сталевого жолобу. [9]

Існує пристрій для опромінення кормів (рис. 1.2). Сипкий корм завантажувальним пристроєм 15 подається у зволожувач 14, куди насосом 19 і компресором 17 подаються рідина і повітря. Зволожений корм шнековим транспортером 13 направляється в барабан 5. У барабані 5 корм, перемішуючись, зазнає впливу ультрафіолетового і інфрачервоного випромінювання від джерел 8 випромінювача. Напрямок потоку випромінювання можна змінювати поворотом відбивача 9 навколо осі 10. Потраплянню корму на верхню поверхню відбивача 9 перешкоджає захисний екран 11. Оброблений корм через лоток 2 і приймальний транспортер 3 направляється до споживача. Повітря із зволожувача 14 направляється по магістралі 16 у барабан 5. При цьому, проходячи по утвореному перегородками лабіринту, воно змінює напрямок руху, і часточки корму, що

перебувають у ньому, осідають на еластичні перегородки. Відпрацьоване повітря видаляється через патрубок 7. [4]

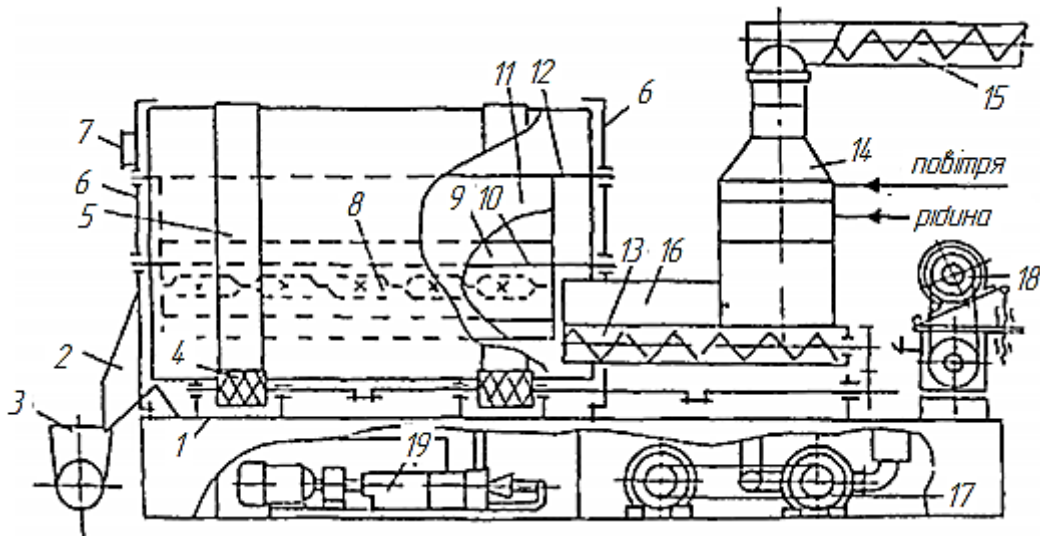


Рисунок 1.2 – Схема пристрою для опромінення сипучих кормів

1 – рама; 2 – вивантажувальний лоток; 3 – приймальний транспортер; 4 – ролики; 5 – барабан; 6 – кришки; 7 – патрубок; 8 – джерело випромінювання; 9 – відбивач; 10 – вісь; 11 – екран; 12 – штанга; 13 – шнековий транспортер; 14 – зволожувач корму; 15 – завантажувальний пристрій; 16 – магістраль; 17 – компресор; 18 – привід; 19 – насос.

В пристрої для електротермічної обробки сипучих кормів (рис. 1.3), знезаражування відбувається за рахунок електричного поля.

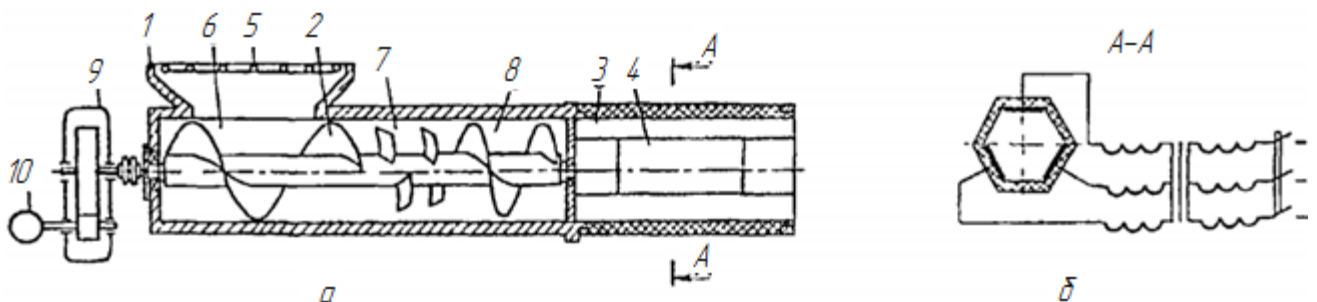


Рисунок 1.3 – Схема пристрою для електротермічної обробки сипучих кормів

а) пристрій, загальний вигляд; б) розріз А-А:

1 – завантажувальний бункер; 2 – ущільнюючий і подаючий шнек; 3 – камера обробки; 4 – пластинчасті електроди; 5 – форсунки; 6 – камера; 7 – камера; 8 – камера ущільнення; 9 – понижувальний редуктор; 10 – електродвигун.

При роботі пристрою оброблюваний матеріал, наприклад фуражне зерно, подається в бункер 1, де через форсунки 5 відбувається його змочування розчином хімагенту. Потім матеріал надходить у камеру 6, з якої за допомогою шнека 2 подається в камеру 7, у якій відбувається перемішування матеріалу, після чого він подається в камеру ущільнення 8, з якої матеріал надходить у камеру електротермічної обробки 3. У камері обробки є три пластичні електроди 4, приєднаних до трифазного джерела живлення. Потрапляючи в зону дії електродів 4, матеріал зазнає впливу змінного електричного поля частотою 50 Гц і нагрівається до 95 – 100 °С. Завдяки трифазній системі живлення і розміщенню електродів відносно один одного на 120° утворюється обертове електричне поле. [5]

Існує установка для знезаражування сипучих кормів за допомогою імпульсного струму (рис. 1.4).

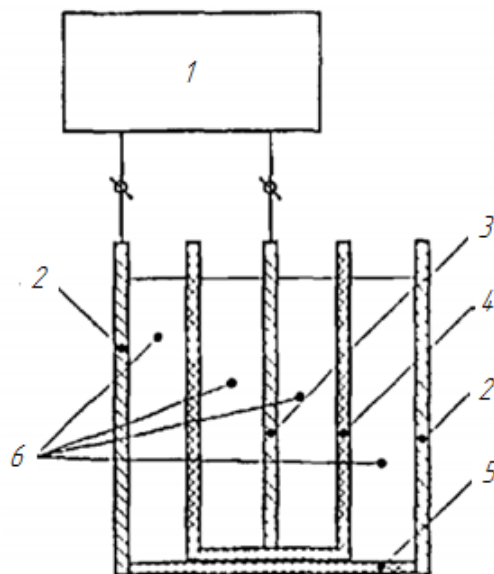


Рисунок 1.4 – Схема знезараження сипучих кормів за допомогою імпульсного струму

1 – джерело сигналів позитивної полярності; 2 – циліндричний електрод;  
3 – стержневий електрод; 4 – діафрагма; 5 – діелектричний піддон; 6 – рідкий корм.

Імпульс струму від джерела прямокутних сигналів позитивної полярності 1 подається на циліндричний електрод 2, який є також камерою з діелектричним

піддоном 5 для корму 6 з вологістю не менше 75 %, і на стержневий електрод 5. Між електродами є діафрагма 4. Імпульсний енергопідвід забезпечує обробку кормів із зовнішньої і внутрішньої сторін діафрагми [6]

Личко Н.М. пропонує мікронізувати фуражне зерно, для цього запропонована схема (рис. 1.5).

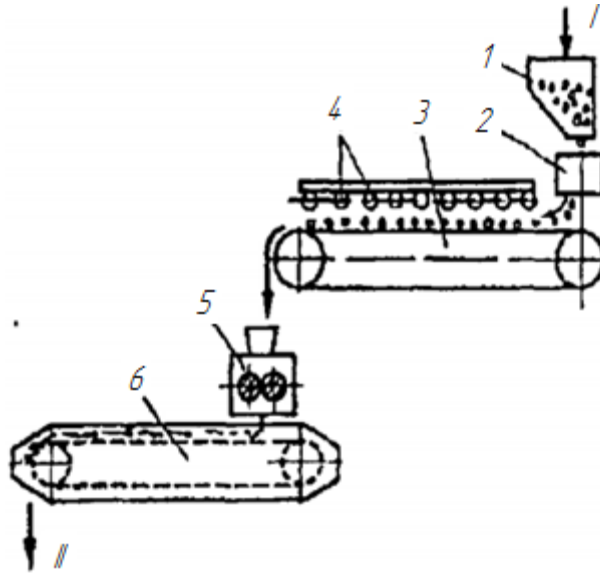


Рисунок 1.5 – Схема обробки зерна ІЧ променями (мікронізація)

- 1 – бункер; 2 – живильник-розподільник; 3 – конвеєр; 4 – газопальники;  
 5 – верстат для плющення зерна; 6 – охолоджувальна стрічка; І - вихідне зерно;  
 ІІ – оброблене зерно.

Зерно з бункера спеціальним живильником рівним шаром подають на конвеєр з регульованим приводом. Над ним розташовані керамічні трубки з газовими пальниками. При згорянні газу вони розігріваються до ІЧ-світіння і випускають ІЧ-промені, які пронизують шар зерна, рівномірно нагріваючи його по товщині. При інтенсивному прогріві волога усередині зерна випаровується, з'являються мікротріщини, у результаті механічної та хімічної декструкції частина крохмалю перетворюється у декстрини. Зерно розм'якшується, набухає, рухаючись по конвеєру, і потім надходить на плющення в охолодження. [40]

Установка високотемпературної мікронізації ВТМ-02 (рис. 1.6). Призначена для термообробки сипучих продуктів, зокрема, зерна, круп, насіння та інше. Може бути використана в технологічних лініях виробництва круп швидкого

приготування, зернових пластівців, борошна спеціального призначення, комбікормів для молодняку птахів та тварин. ВТМ – високотемпературна мікронізація – процес швидкого нагрівання харчових продуктів у потоці інфрачервоного ІЧ-випромінювання. Цей же метод використовується в тостерах, грилях і тому подібній побутовій і промисловій техніці. Установка ВТМ-02 відрізняється розташуванням лінійних ІЧ-випромінювачів (поперек транспортера зі змінним кроком) і використанням спецматеріалів для відбивачів, що підвищує ресурс ІЧ-випромінювачів і ефективність термообробки. [5]

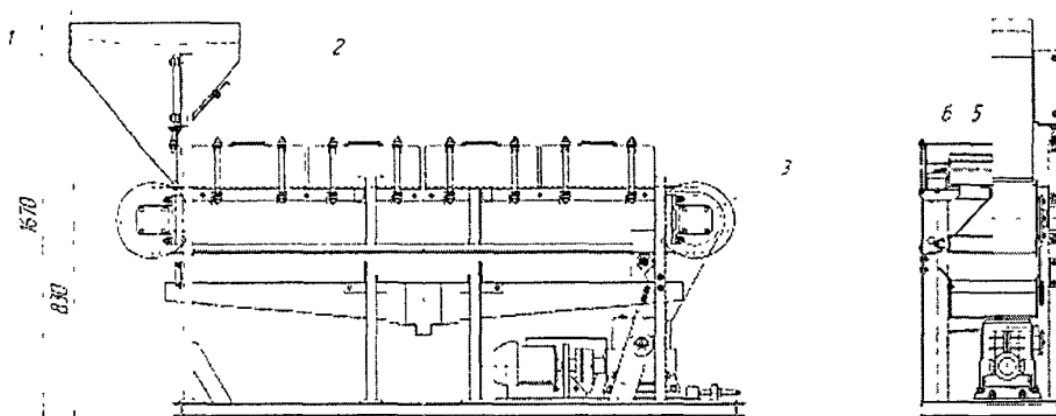


Рисунок 1.6 – Загальний вид установки ВТМ:

1 – завантажувальний бункер, 2 – блоки ІЧ-випромінювачів, 3 – транспортуюча сітка, 4 – регульований привід, 5 – ІЧ-випромінювачі, 6 – система відбивачів.

З урахуванням переваг і недоліків існуючих аналогів нами пропонується провести мікронізацію на фоні радіохвиль, причому процес впливу здійснити в циркуляційних змішувачах. У зв'язку із цим нижче аналізуємо раціональні варіанти циркуляційних змішувачів.

## 1.2 Аналіз циркуляційних змішувачів сипучих матеріалів

Англійська фірма Спраут, Уалдрен і К<sup>о</sup> випускає для змішування зернопродуктів циркуляційний змішувач типу «Вертамікс», у якому змішуючий орган виконаний у вигляді розкидаючого диска з пальцевими стержнями, змонтованими на валу внутрішнього шнека

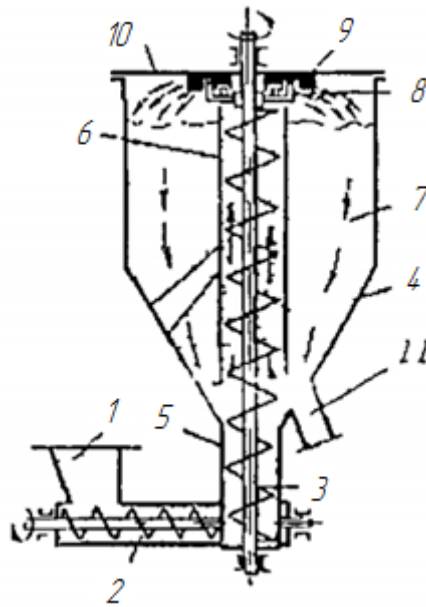


Рисунок 1.7 – Схема циркуляційного змішувача типу «Вертамікс»

1 – штуцер для завантаження матеріалу; 2 – горизонтальний шнек; 3 – вертикальний шнек; 4 – корпус змішувача; 5 – нижня циліндрична частина корпусу; 6 – центральна труба; 7 – матеріал, що змішується; 8 – розкидуючий диск; 9 – нерухомий диск; 10 – кришка; 11 – штуцер для вивантаження матеріалу.

Високоінтенсивна теплова обробка продукту полягає в комбінованому впливі ІЧ-променів і електромагнітного поля НВЧ. Сипучий корм із бункера дозатором рівномірно подається на транспортер і обробляється послідовно у два етапи. На першому етапі оброблюваний продукт нагрівається до 90 – 105 °С. На другому – температуру продукту доводять до 120 – 140 °С шляхом обробки в електромагнітному полі НВЧ.

Для прискорення процесу змішання сконструйований циркуляційний змішувач типу «Вертамікс», у якому сипучий матеріал направляється в центральну трубу двома потоками за допомогою нерухливих конусів 3 (рис. 1.7), де матеріал частково перемішується радіальними лопатками 2. У верхній частині бункера цього змішувача змонтована розподільна решітка 1. [41]

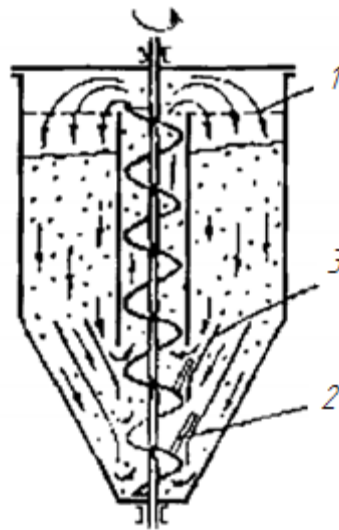


Рисунок 1.7 – Схема циркуляційного змішувача типу «Вертамікс» із двома потоками матеріалу в конічній частині корпусу:

1 – розподільні решітки; 2 – радіальні решітки; 3 – нерухливі конуси.

При використанні цих пристроїв, процес змішування значно прискорюється. На рисунку 1.8, показана конструкція циркуляційного змішувача, у якому матеріал надходить у центральну трубу з різних по висоті місць бункера.

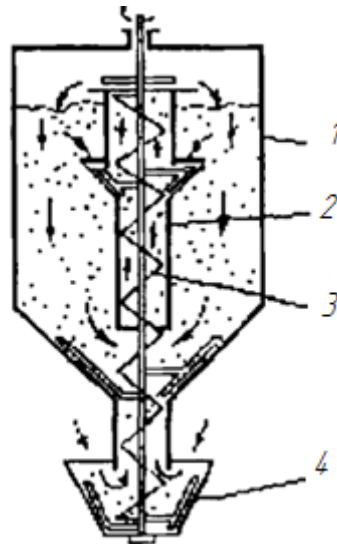


Рисунок 1.8 – Схема циркуляційного змішувача типу «Вертамікс» із двома вводами матеріалу в центральну трубу

1 – корпус змішувача; 2 – центральна труба; 3 – вертикальний шнек; 4 – радіальна лопатка

Був розроблений циркуляційний змішувач із центральною трубою, у якому в якості органу, що перемішує, використовується радіальна лопатева мішалка, змонтована на нижньому кінці вертикального шнека (рис. 1.8).

В комбікормовому цеху технологічна лінія виробництва комбікорму містить циркуляційний змішувач типу «Вертамикс» (рис. 1.9), але в нижній частині корпусу додатково є спіралеподібна лопать.

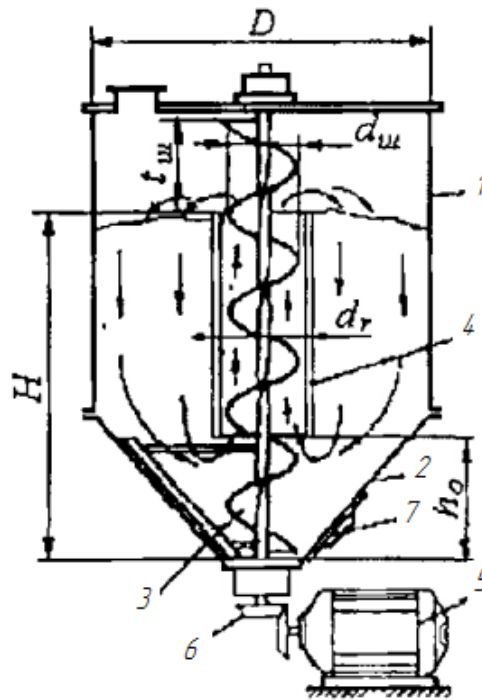


Рисунок 1.9 – Схема лабораторного циркуляційного змішувача зміненої конструкції:

1 – корпус; 2 – конічна частина корпусу; 3 – шнек вертикальний; 4 – центральна труба; 5 – електродвигун; 6 – конічні шестерні; 7 – люк для розвантаження змішувача.

### 1.3 Фізико-механічні властивості комбікорму

Механічні властивості комбікормів, такі, як опір стиску і фізичні – здатність всмоктувати або випаровувати вільну вологу, змінювати стан під дією теплової або хімічної обробки – часто відносять до технологічних властивостей кормів.

[39]

Таблиця 1.1 – Фізико-механічні властивості комбікорму

Властивості	Показники
Щільність, кг/м <sup>3</sup>	
- насипна	420 – 620
- гранульована	550 – 750
- псевдозріджена	250 – 350
Вологість, %	4,3 – 11,8
Розмір часток, мм	
- насипом	0,2 – 2
- гранул	0,2 – 20
Коефіцієнт парусності, см <sup>2</sup> /г	0,043 – 0,118
Швидкість витання, м/с	8 – 13,5
Коефіцієнт внутрішнього тертя комбікорму	0,72 – 0,84
Кут природного скосу, град	32 – 35
Коефіцієнт тертя по сталі	0,46 – 0,52
Теплоємність, кДж/кг·°С	2

Фізичні, механічні і технологічні властивості будь-якого корму взаємозалежні. До фізичних властивостей кормів відносять вологість, гранулометричний склад або розмірні дані, насипну щільність речовин, пористість, водопоглинання, вологовіддачу, гігроскопічність, теплоємність, теплопровідність, електропровідність і в'язкість.

Вологість – найважливіша характеристика корму, що суттєво впливає на інші властивості. У багатьох технологічних процесах вологість служить критерієм готовності корму або обмеженням при виконанні чергової операції. [39]

#### 1.4 Терморадіаційні характеристики комбікорму

Комбікорм, що містить вологу, білки, крохмаль, клітковину, по своїх фізико-механічних властивостях і структурі відноситься до групи капілярно-пористих колоїдних тіл. Це багатокомпонентний матеріал характеризується складністю мікроструктури і великою оптичною щільністю. Поглинання і

розсіювання випромінювання в розглянутих матеріалах визначаються головним чином наступними процесами:

- резонансним поглинанням випромінювання молекулами сухої речовини і води;
- розсіюванням випромінювання на частках.

До терморадіаційних характеристик відносяться величини, що характеризують об'єкт випромінювання – у цілому поглинати ( $A$ ), відбивати ( $R$ ) або пропускати ( $T$ ) падаюче ззовні випромінювання, а також випромінювати енергію  $\{\xi(T_n)\}$ .

Перші три характеристики залежать від умов опромінення і від властивостей матеріалу, що опромінюється.

При опроміненні поверхні комбікорму  $S$  потоком випромінювання  $F_n$  сума величин поглиненої  $F_A$ , відбитої і пропущеної  $F_I$  комбікормом енергії в одиницю часу дорівнює величині падаючого потоку [63, 67]:

$$F_A + F_R + F_T = F_{II} \text{ або } A + R + T = 1, \quad (1.1)$$

де  $A = \frac{F_A}{F_{II}}$  – поглинаюча здатність (коефіцієнт поглинання комбікорму);

$R = \frac{F_R}{F_{II}}$  – відбивна здатність (коефіцієнт відбиття);

$T = \frac{F_T}{F_{II}}$  – пропускна здатність (коефіцієнт пропущення).

Величина поглинаючої здатності плоского шару комбікорму:

$$A(\omega) = 1 - [R(\omega) + T(\omega)], \quad (1.2)$$

де під величинами  $R(\omega)$  і  $T(\omega)$  розуміються напівсферичні ( $\omega_T = \omega_R = 2 \cdot \pi$ ) відбивна і пропускна здатності.

Терморадіаційні характеристики – відбивна  $R_\lambda$  пропускна  $T_\lambda$  і поглинаюча  $A_\lambda$  здатності – значно залежать від товщини шару комбікорму  $l$ , щільності  $\rho$  і вологовмісту  $W$  комбікорму, а також від умов опромінення.

Наслідком сильного розсіювання випромінювання є висока відбивна здатність, яка збільшується зі зростанням  $\rho$  і може досягати 90 – 98 % вже при  $T_\lambda = 1\%$  для багатьох матеріалів. [27]

### Висновки до розділу, мета та завдання дослідження

Ефективне знезаражування сипких продуктів харчування, зерна, насіння, комбінованих кормів на сьогоднішній день являє собою актуальне завдання. Традиційні методи дезінфекції, засновані на застосуванні хімічних дезінфікуючих реагентів (сильних окиснювачів – хлору, озону тощо), і радіаційні методи стерилізації, що використовують різні іонізуючі випромінювання (рентгенівське, гама-випромінювання), не можуть розглядатися як задовільні, оскільки небезпечні в екологічному відношенні і, крім того, можуть приводити до істотної і небажаної зміни фізико-хімічних і біологічних властивостей оброблюваних об'єктів. [7]

Термічні методи дезінфекції сипких продуктів харчування в їхніх різних модифікаціях досить енергоємні, вимагають дорогого устаткування та мають обмежену область застосування. Крім того, при високотемпературній обробці неминуче відбувається часткова термодеструкція багатьох білкових і інших біологічно активних структур вихідного продукту, що приводить до зниження його споживчих властивостей. [5]

Ефективний напрямок розв'язку даної проблеми – використання впливу фізичних факторів на комбікорм.

Тому метою роботи є обґрунтування технологічних параметрів технології і розробка установки для знезаражування комбікормів впливом фізичних факторів.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні наукові завдання:

- проаналізувати існуючі способи і технічні засоби для знезаражування комбікормів з використанням фізичних факторів і визначити основний напрямок розвитку;
- теоретично та експериментально обґрунтувати режими і конструктивні параметри установки для знезаражування комбікормів з використанням фізичних факторів;
- провести розрахунок кошторису витрат на проведення досліджень.

## 2 ТЕОРЕТИЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЦЕСУ ВПЛИВУ ЕЛЕКТРОФІЗИЧНИХ ФАКТОРІВ НА КОМБІКОРМИ

### 2.1 Обґрунтування конструктивних параметрів і режимів установки для знезаражування і мікронізації комбікормів

Нам необхідно обґрунтувати конструктивні параметри і режими електричного та механічного робочих органів. Для цього погоджуємо механізований робочий орган з електричним. Механізований робочий орган – це шнековий змішувач і скребковий транспортер. Електричний робочий орган включає систему електромагнітних випромінювань.

Процес знезаражування комбікормів здійснюється послідовним впливом УФ випромінювання на фоні ПЧ і радіохвиль і електромагнітних полів надвисокої частоти (рис.2.1).

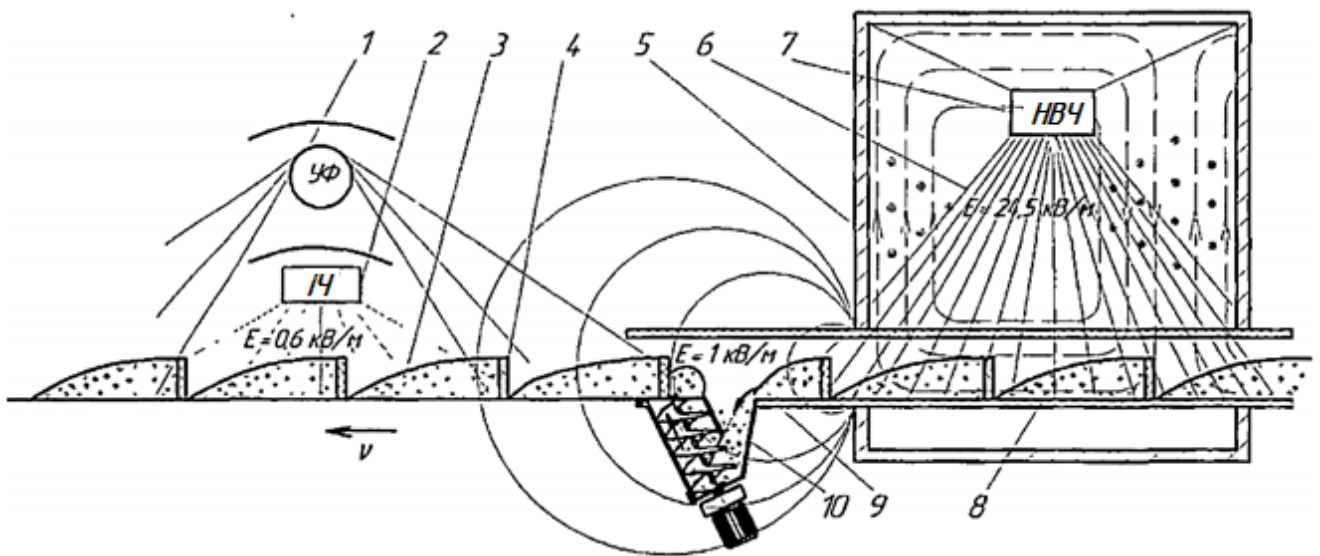


Рисунок 2.1 – Схема впливу фізичних факторів на комбікорми в процесі змішування і транспортування в установці для їхнього знезаражування:  
 1 – УФ-випромінювач; 2 – ПЧ-випромінювач; 3 – комбікорм; 4 – скребковий діелектричний транспортер; 5 – мікрохвильова піч; 6 – електричне поле НВЧ;  
 7 – магнетрон; 8 – діелектричний короб; 9 – піддон; 10 - шнековий змішувач комбікорму

Нижче наведена методика узгодження режимних і конструктивних параметрів установки для знезаражування комбікорму під впливом фізичних факторів. Методика передбачає узгодження між собою експозиції впливу всіх фізичних факторів.

### 2.1.1 Знезараження комбікормів

Бактерицидний потік УФ випромінювання. Користуючись методикою Ламберта-Бугера визначаємо експозицію опромінення бактерицидного потоку УФ променів.

Щоб знизити бактеріальну засімененість у кілька разів за рахунок впливу УФ променів, необхідно визначити його експозицію при [6] певній питомій потужності по відомій формулі:

$$\tau_{\text{впливУФ}} = - \frac{1563,4 \cdot S \cdot \eta_s \cdot k_1 \cdot D_{\text{УФ}}}{Q \cdot N \cdot \alpha \cdot k_o \cdot k_2 \cdot \lg \left( \frac{B}{B_0} \right)} \cdot c, \quad (2.1)$$

де  $Q$  – продуктивність установки, м<sup>3</sup>/год

$N$  – кількість ламп, шт.;

$\alpha$  – коефіцієнт поглинання бактерицидного потоку УФ променів,

$k_o = 2400 - 2500$  мкб·с/см<sup>2</sup> – коефіцієнт опору бактерій;

$k_2$  – коефіцієнт запасу;

$B, B_0$  – кількість бактерій в одиниці об'єму комбікорму перед і після знезаражування, відповідно, мк.тіл/г;

$S$  – площа поверхні, що опромінюється, м<sup>2</sup>;

$\eta_s$  – коефіцієнт ослаблення бактерицидного потоку в комбікормі;

$k_1$  – коефіцієнт, що залежить від форми заповнення комбікорму перед скребком транспортера;  $k_1 = 0,5 - 0,64$ ;

$D_{УФ}$  – доза впливу бактерицидного потоку УФ випромінювань на комбікорм, б см<sup>2</sup>.

Потік ІЧ-випромінювання. Експозицію опромінення ІЧ-променів визначаємо за методикою Стефана-Больцмана:

$$\tau_{впливІЧ} = \frac{D_{ІЧ} \cdot V}{k \cdot E \cdot S_T} \cdot c, \quad (2.2)$$

де  $k$  – безрозмірний коефіцієнт, що оцінює частку потоку інфрачервоного випромінювання, що відчувається комбікормом як нагрівання;

$E$  – опромінення, Вт/м<sup>2</sup>

$S_T$  – площа поверхні комбікорму, що бере участь у поглинанні ІЧ-випромінювання, м<sup>2</sup>;

$V$  – об'єм оброблюваного комбікорму, м<sup>3</sup>;

$D_{ІЧ}$  – доза впливу ІЧ-випромінювання, Вт·с/м<sup>3</sup>. [21]

$$\tau_{впливУФ} = \tau_{впливІЧ} \cdot \quad (2.3)$$

Електричне поле НВЧ. Експозицію впливу визначаємо по відомій формулі теорії діелектричного нагрівання через діелектричні параметри комбікорму:

$$\tau_{впливНВЧ} = \frac{D_{НВЧ}}{0,55 \cdot 10^{-10} \cdot \varepsilon \cdot tg\delta \cdot E^2 \cdot f} \cdot c, \quad (2.4)$$

де  $\varepsilon$  – діелектрична проникність комбікорму;

$tg\delta$  – тангенс кута діелектричних втрат;

$D_{НВЧ}$  – доза впливу електричного поля НВЧ, Вт·с/м<sup>3</sup>;

$E$  – напруженість електричного поля НВЧ, В/м;

$f$  – частота електричного поля, Гц (2450 МГц) [5]

Або через фізико-механічні параметри комбікорму:

$$\Delta\tau = \frac{\rho \cdot c \cdot \eta}{P} \cdot \Delta T \cdot c, \quad (2.5)$$

де  $P$  – питома потужність, Вт/м<sup>3</sup>;

$\rho$  – насипна щільність комбікорму, кг/м<sup>3</sup>;

$c$  – теплоємність комбікорму, кДж/кг °С

$\eta$  – термічний ККД;

$\Delta T$  – збільшення температури комбікорму (°С) за проміжок часу  $\Delta\tau(c)$ ;

$T_0$  – початкова температура вихідного комбікорму, °С.

$$\Delta T = T - T_0$$

З урахуванням рівняння, що описує ступінь зменшення загального мікробного числа ( $B_0 / B$ ) залежно від температури нагрівання комбікорму, визначаємо експозицію впливу електричного поля НВЧ.

$$\frac{B_0}{B} = -30,8 \cdot e^{-0,037T} + 9,38 \quad (2.6)$$

або

$$T = -33,3 \cdot \ln \left[ -\frac{\left(\frac{B_0}{B}\right) - 9,38}{30,8} \right], \quad (2.7)$$

Експозиція впливу ЕМП НВЧ

$$\tau_{\text{впливНВЧ}} = \frac{\rho \cdot c \cdot \eta}{P} \left\{ -33,3 \cdot \ln \left[ \frac{\left( \frac{B_0}{B} \right) - 9,38}{30,8} \right] - T_0 \right\}, \quad (2.8)$$

Формула дозволяє визначити експозицію впливу ЕМП НВЧ залежно від питомої потужності НВЧ генератора і необхідному ступені зниження бактеріальної засмічення комбікорму.

### 2.1.2 Транспортування комбікорму

Продуктивність скребкового транспортера:

$$Q_{\text{скреб}} = \frac{q}{z} \cdot v_{\text{скреб}} \cdot N, \quad (2.9)$$

де  $q$  – маса комбікорму, переміщуваного одним скребком, кг;

$z$  – відстань між скребками, м;

$v_{\text{скреб}}$  – швидкість пересування скребкового транспортера, м/с;

$N$  – кількість скребків, шт. [3, 13]

Маса комбікорму, що транспортується скребковим транспортером:

$$G = B \cdot H \cdot \rho \cdot z \cdot \psi_K \cdot N, \quad (2.10)$$

де  $B, H$  – ширина і висота каналу, м;

$\psi_K$  – коефіцієнт наповнення каналу.

Об'єм каналу:

$$V = B \cdot H \cdot L,$$

Час знаходження комбікорму в установці:

$$\tau = \frac{B \cdot H \cdot \rho \cdot z \cdot \psi_K \cdot N}{Q_{\text{скреб}}}, \quad (2.11)$$

Загальний час впливу фізичних факторів на комбікорм в установці:

$$\tau = \sum_{i=1}^n \tau_{\text{впливУФ}} + \sum_{i=1}^n \tau_{\text{впливНВЧ}} + \sum_{i=1}^n \tau_{\text{пауза}}, \quad (2.12)$$

де  $\tau_{\text{впливУФ}}, \tau_{\text{впливНВЧ}}$  – експозиції впливу відповідних джерел випромінювання, с;

$\tau_{\text{пауза}}$  – час паузи, с;

$n$  – кількість комплектів опромінювачів, шт.

$$\tau_{\text{впливУФ}} + \tau_{\text{впливНВЧ}} = \tau_{\text{вплив}}. \quad (2.13)$$

Час впливу відповідних фізичних факторів:

$$\tau_{\text{вплив}} = \tau - \sum_{i=1}^n \tau_{\text{пауза}}, \quad (2.14)$$

$$\tau_{\text{впливУФ}} = \tau - \left( \sum_{i=1}^n \tau_{\text{впливНВЧ}} + \sum_{i=1}^n \tau_{\text{пауза}} \right). \quad (2.15)$$

Швидкість руху скребкового транспортера:

$$v_{\text{скреб}} = \frac{\pi \cdot n_{\text{ш}} \cdot R_{\text{ш}}}{30}, \quad (2.16)$$

де  $n_{\text{ш}}$  – частота обертання шківа, хв.<sup>-1</sup>;

$R_{\text{ш}}$  – радіус шківа, м.

### 2.1.3 Змішування комбікорму

У потоковій лінії знезараження комбікорму значення продуктивності скребкового транспортера та шнекового змішувача повинні бути рівні [36]

$$(Q_{\text{скреб}} = Q_{\text{ш}}).$$

Продуктивність змішувача враховуємо при обчисленні конструктивних параметрів шнека.

Кут нахилу гвинтової лінії шнека:

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{z_1}{\pi \cdot D_{\text{ш}}}, \quad (2.17)$$

де  $z_1, D_{\text{ш}}$  – крок і діаметр шнека, м.

Діаметр шнека:

$$\begin{aligned} D_{\text{ш}} &= \sqrt[3]{\frac{Q_{\text{ш}}}{0,047 \cdot n_{\text{ш}} \cdot \rho \cdot \psi_{\text{ш}} \cdot K_H}} = \\ &= \sqrt[3]{\frac{Q_{\text{ш}}}{0,047 \cdot n_{\text{ш}} \cdot \rho \cdot \psi_{\text{ш}} \cdot (0,6 + 0,47 \cdot e^{-0,053\alpha})}}, \end{aligned} \quad (2.18)$$

де  $n_{\text{ш}}$  – частота обертання вала шнека,  $\text{хв}^{-1}$ ,

$\psi_{\text{ш}}$  – коефіцієнт заповнення шнека;

$K_H$  – поправочний коефіцієнт, що враховує кут нахилу шнека:

$$K_H = 0,6 + 0,47 \cdot e^{-0,053\alpha},$$

де  $\alpha$  – кут нахилу осі гвинта шнека.

Рекомендоване відношення діаметра валу до діаметра гвинта шнека  $d_B / D_{III} = 0,44 - 0,57$ . При цьому повинна бути виконана умова  $d_B \geq z_1 / (\pi \cdot \operatorname{tg} \lambda)$ , де  $\lambda$  – кут тертя продукту об шнек.

Частота обертання валу шнека повинна бути більше критичної  $n_{III} > n_{KP}$ . Критичну частоту обертання валу шнека визначаємо, користуючись методикою Ф.М. Зуєва та Н.А. Лоткова:

Визначаємо тангенс кута нахилу осі шнека:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{z_1}{\sqrt[3]{\frac{Q_{III}}{0,047 \cdot n_{III} \cdot \rho \cdot \psi_{III} \cdot K_H}}}}. \quad (2.19)$$

Критична частота обертання шнека:

$$n_{KP} = 42,32 \sqrt{\frac{\operatorname{tg}(\varphi + \operatorname{arctg} f_B)}{D_{III} \cdot f_J}}, \quad (2.20)$$

де  $\varphi$  – кут підйому гвинтової лінії шнека;

$f_B$  – коефіцієнт тертя комбікорму об гвинт;

$f_J$  – коефіцієнт тертя комбікорму об жолоб.

Швидкість переміщення комбікорму за допомогою скребкового транспортера приймаємо рівною швидкості переміщення комбікорму уздовж осі шнека змішувача:  $v_{скреб} = v_{III}$ .

Відношення кроку гвинта до діаметра шнека повинне перебувати в межах  $z_1 / D_{III} = 0,7 \dots 1,2$ .

Швидкість переміщення комбікорму:

- шнековим змішувачем

$$v_{III} = \frac{K_B \cdot n_{III}}{60} \cdot \sqrt[3]{\frac{Q_{III}}{0,047 \cdot n_{III} \cdot \rho \cdot \psi_{III} \cdot (0,6 + 0,47 \cdot e^{-0,053\alpha})}}, \quad (2.21)$$

де  $K_B$  – поправочний коефіцієнт, що враховує властивості комбікормів, що транспортуються;

- скребковим транспортером

$$v_{скреб} = \frac{Q_{скреб} \cdot z}{q \cdot N}. \quad (2.22)$$

Нижче проаналізовано схеми сил, що діють на частку комбікорму (рис. 2.2) при розташуванні шнекового змішувача під кутом над скребковим транспортером, користуючись методикою Ф.М. Зуєва і Н.А. Лоткова.

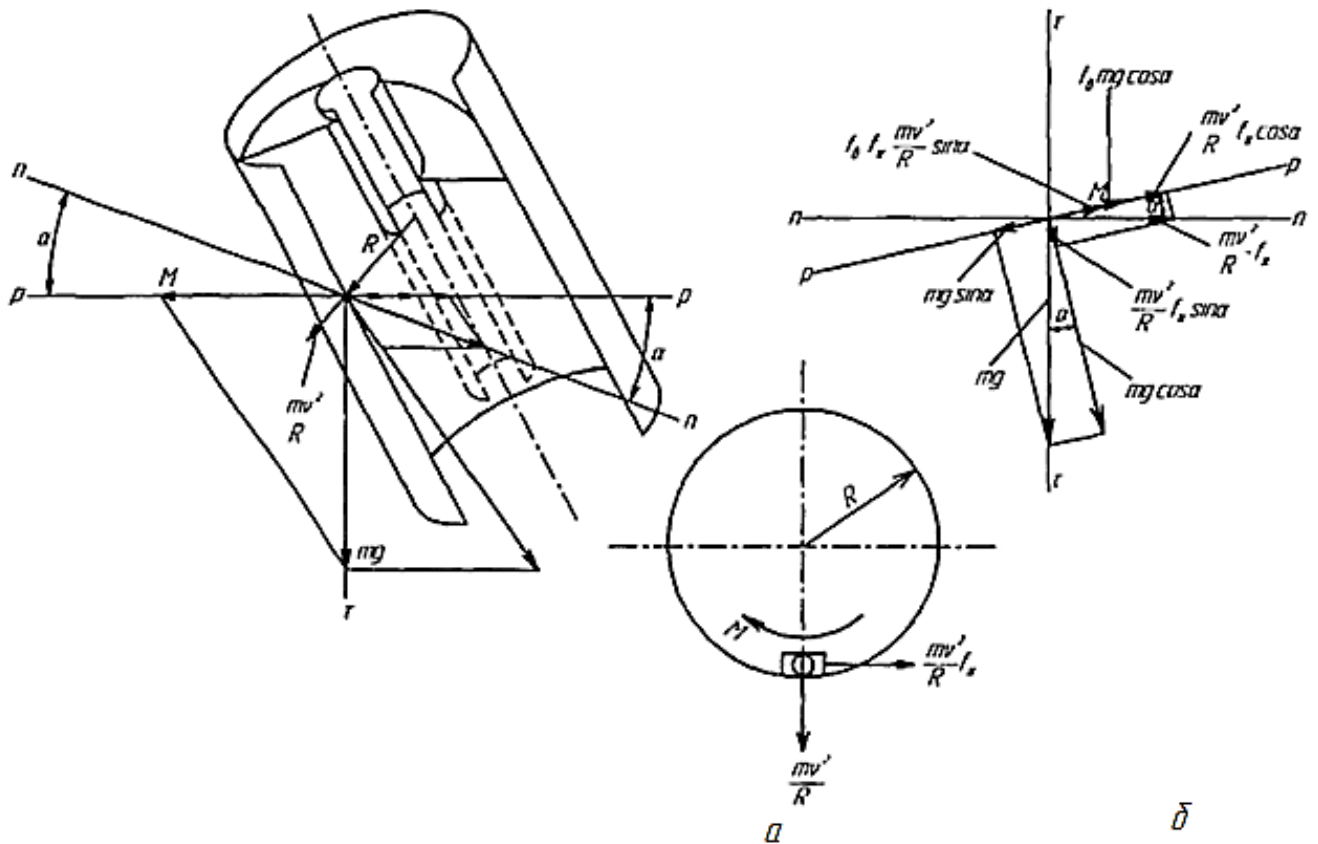


Рисунок 2.2 – Схема сил, що діють на частку комбікорму в похилому шнековому змішувачі:

а – у просторі; б – у площині.

Для того щоб визначити, при якій частоті обертання шнека змішувача, комбікорм буде переміщатися нагору, розглянемо поведінку частки  $M$  комбікорму, розташованого на гвинтовій поверхні. Проведемо через точку  $M$  перпендикулярно радіусу  $R$  гвинта горизонтальну пряму  $n-n$  і дотичну  $p-p$  до поверхні гвинта. Кут  $\alpha$ , утворений лініями  $n-n$  та  $p-p$ , є кут підйому гвинтової лінії.

Визначимо, при якій частоті обертання шнека, частка  $M$  не буде рухатися разом із гвинтовою поверхнею, а буде перемішатися нагору уздовж осі.

На частку  $M$  діють нижче наведені сили.

- сила ваги частки, проєкції якої на лінію  $p-p$  та її перпендикулярну будуть  $mg \cdot \sin \alpha$  й  $mg \cdot \cos \alpha$ ;
- сила тертя частки об гвинтову поверхню;
- сила  $F_N$  з боку жолоба;
- сила тертя частки об жолоб і її складові на напрямок  $p-p$  і йому перпендикулярний;
- сила тертя, спрямована уздовж лінії  $p-p$ .

За критичну швидкість гвинта  $v_{kp}$  приймаємо ту лінійну швидкість точок зовнішньої поверхні гвинта, при якій частка не має руху уздовж його осі; при цьому сума всіх сил, спроектованих на напрямок  $p-p$ , буде дорівнювати нулю.

Сума всіх сил

$$f_{\text{ж}} \frac{mv_{kp}^2}{R} \cos \varphi - mg \sin \varphi - \frac{mv_{kp}^2}{R} f_{\text{ж}} f_B \sin \varphi - f_B mg \cos \varphi = 0 \quad (2.23)$$

Звідки критична швидкість

$$v_{kp} = \sqrt{\frac{gR(\sin \varphi + \cos \varphi)}{f_{\text{ж}}(\cos \varphi - f_B \sin \varphi)}} = \sqrt{\frac{gR}{f_{\text{ж}}} \operatorname{tg}(\varphi + \operatorname{arctg} f_B)}, \text{ м/с.} \quad (2.24)$$

При  $v_{III} > v_{кр}$  комбікорм буде переміщатися нагору.

Розрахунки ІЧ-опромінюваних установок засновані на наступних теоретичних передумовах [21]. Експозицію опромінення ІЧ-променів визначаємо з формули

$$\tau_{впливІЧ} = \frac{D_{ІЧ} \cdot V}{k \cdot E \cdot S_T},$$

Її вивели ґрунтуючись, на теоретичні передумови [21], за яких потік ІЧ випромінювання рівний:

$$P_{ІЧ} = k \cdot E \cdot S_T, \text{ Вт}, \quad (2.25)$$

де  $S_T$  – площа поверхні комбікорму, що бере участь у поглинанні ІЧ-випромінювання, м<sup>2</sup>;

$E$  – опромінення, Вт·м<sup>2</sup>;

$k$  – безрозмірний коефіцієнт, що оцінює частку потоку ІЧ-випромінювання, що відчувається комбікормом як нагрівання.

Доза впливу ІЧ-випромінювання буде рівна:

$$D = \tau_{впливІЧ} \cdot P_{ІЧ}, \quad (2.26)$$

Звідси:

$$D \cdot V = \tau \cdot k \cdot E \cdot S_T,$$

$$D = \frac{\tau \cdot k \cdot E \cdot S_T}{V}, \quad (2.27)$$

Із цієї формули знаходимо експозицію опромінення ІЧ-променів:

$$\tau = \frac{D \cdot V}{\kappa \cdot E \cdot S_T}. \quad (2.28)$$

### Висновки до розділу

У даному розділі наведені теоретичні дослідження технологічного процесу знезараження комбікормів. Є кілька способів знезараження комбікормів з використанням фізичних факторів. Наприклад: впливом тільки УФ випромінювання; впливом УФ випромінювання (на фоні ІЧ і радіохвиль); термообробкою (ІЧ, ВЧ або НВЧ нагрівання)

Пропонуємо наступний варіант, у якому процес знезараження комбікормів здійснюється послідовним впливом електричних полів надвисокої частоти і ІЧ, УФ випромінювання на тлі радіохвиль.

Для досягнення оптимального впливу застосовуваних фізичних факторів необхідно обґрунтувати режимно-конструктивні параметри електричного і механічного робочих органів. Для цього погоджуємо механічний робочий орган з електричним (система електромагнітного випромінювання).

У цьому розділі наведена методика узгодження режимних і конструктивних параметрів установки для знезараження комбікормів впливом фізичних факторів. Вона передбачає узгодження між собою експозицій впливу всіх фізичних факторів. Для рівномірного впливу всіх фізичних факторів при транспортуванні комбікорму необхідно, щоб значення продуктивності скребкового транспортера і шнекового змішувача були рівні.

### 3 МЕТОДИКА І ЗАСОБИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1 Технологічна схема виробництва комбікорму при знезараженні з використанням фізичних факторів в установці періодичної дії

Технологічний процес (рис. 3.1) протікає в такій послідовності. Фуражне зерно вологістю 14 % надходить із зерноскладу за допомогою норії НЦГ-10 у бункер-накопичувач. Далі зерно подається в дробарку через дозатор (ДП-1). Фуражне зерно дробиться молотковою дробаркою БДМ і пневмотранспортується в циклони 4БЦ-350.

У лінії використовуються 3 циклони: 2 з яких призначені для подрібненого зерна, а останній – для виводу повітря в навколишнє середовище. Потім продукт гвинтовим транспортером УШ2-4 надходить у шнековий змішувач. Одночасно у гвинтовий транспортер додають певні мікроелементи, залежно від виду і віку птахів. [2, 10]

Змішувач наповнюють комбікорм із добавками. Включають джерело ІЧ-променів, потім джерело променів УФ – лампу ДБ-30 і високочастотний генератор (ВЧ) для контуру індуктивності з метою одержання радіохвиль. Потім включають привід шнекового змішувача марки БД.

ІЧ-промені нагрівають комбікорм, у результаті якого під впливом УФ випромінювання і високої температури відбувається знищення патогенової мікрофлори і грибків, а радіохвилі сприяють більш кращому поглинанню УФ променів комбікормами.

Таким чином, в установці одночасно відбувається змішування і знезаражування комбікорму.

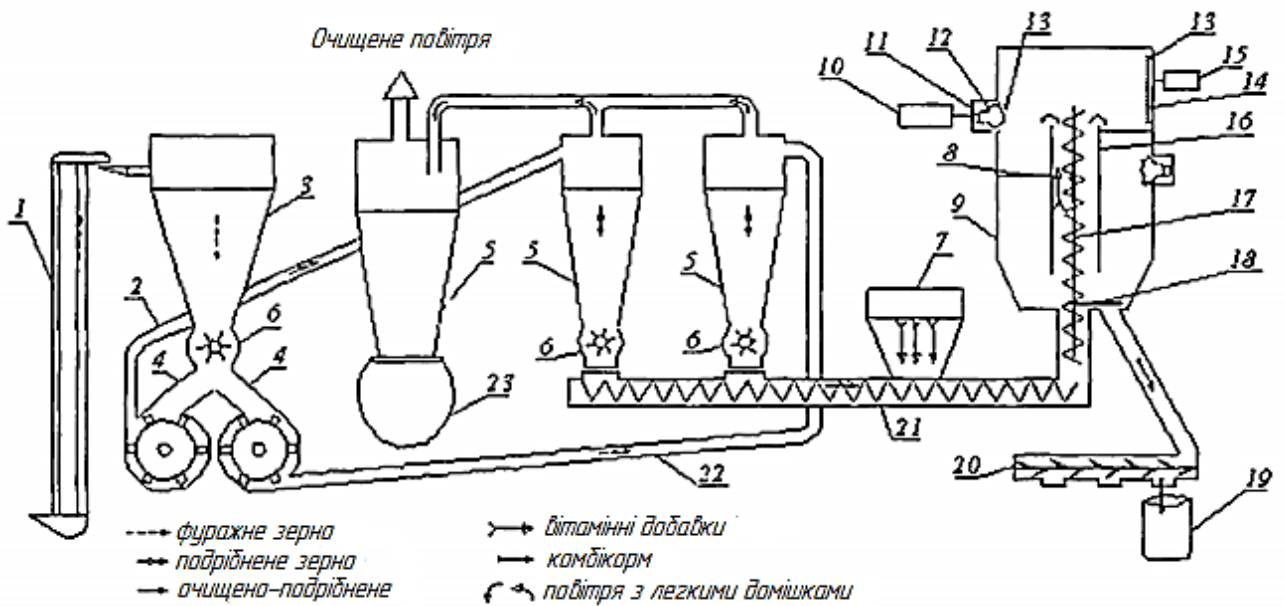


Рисунок 3.1 – Технологічна схема виробництва комбікормів при знезараженні з використанням фізичних факторів у циркуляційному змішувачі:

1 – норія завантажувальна; 2, 22 – пневмотранспортер; 3 – бункер накопичувач;  
 4 – молоткові дробарки; 5 – циклони; 6 – барабанні дозатори; 7 – дозатор;  
 8 – тримач; 9 – корпус шнекового змішувача; 10 – джерело енергії промислової частоти; 11 – запобіжний кожух; 12 – ІЧ-лампа; 13 – захисна сітка з відбивачем;  
 14 – бактерицидна лампа ДБ-60; 15 – джерело ВЧ; 16 – внутрішній циліндр;  
 17 – шнековий транспортер; 18 – лопатева мішалка; 19 – тара для готової продукції; 20 – лопатевий шнек; 21 – гвинтовий транспортер; 23 – тара для відходів

3.2 Технологічна схема виробництва комбікорму при знезараженні з використанням фізичних факторів в установці безперервної дії

Відмінність цієї технологічної схеми від інших полягає в тому, що знезараження комбікорму відбувається в змішувачі безупинно в спеціальному устаткуванні. Комбікорм у змішувачі перемішується, вивантажується в проміжну ємність і направляється на знезараження протягом 15 хвилин. У цьому обладнанні процес знезараження триває не 30, а 15 хвилин і відбувається послідовно. Уже перемішаний комбікорм із проміжної ємності попадає на скребковий транспортер

і по закритому діелектричному корпусу підводиться до першої мікрохвильової печі, потім проходить УФ випромінювання, ІЧ-нагрівання, після чого входить у другу мікрохвильову піч. Таким чином, комбікорм робить круговий рух, зазнає мікронізації та УФ-випромінювання, а в середині впливу НВЧ-енергії. Потім заслінка відкривається, і готовий комбікорм затарюється в мішки.[5]

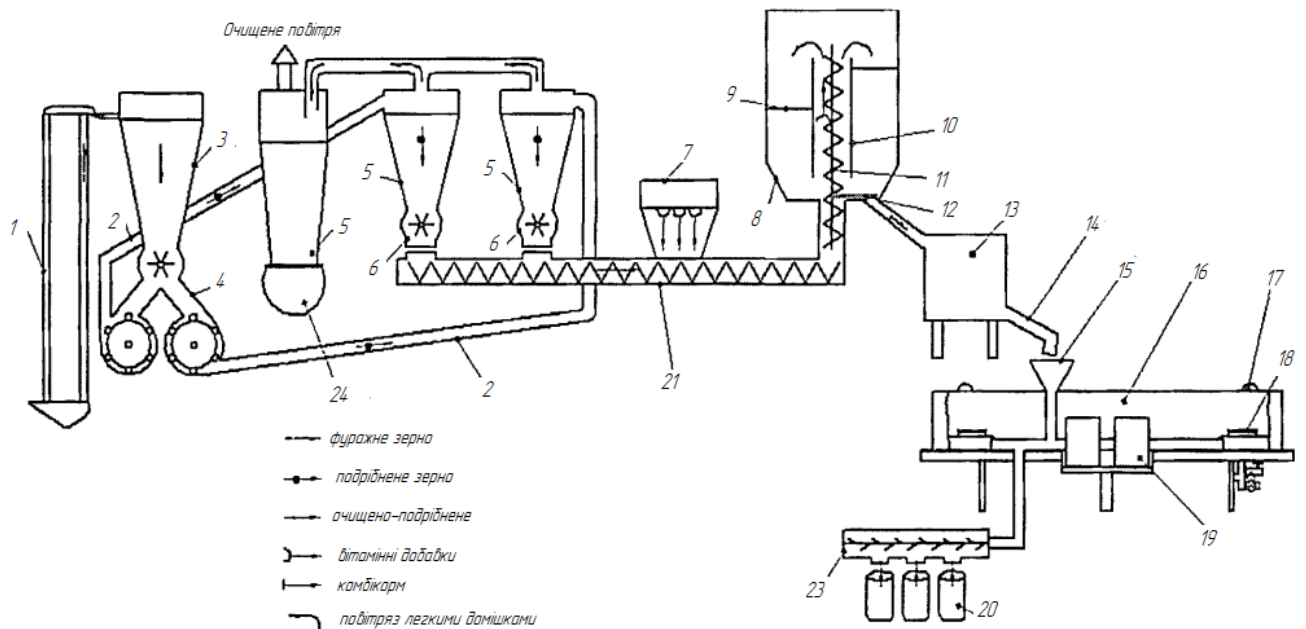


Рисунок 3.2 – Технологічна схема виробництва комбікормів при знезараженні з використанням фізичних факторів після циркуляційного змішувача

1 – норія завантажувальна; 2, 23 – пневмотранспортер; 3 – бункер накопичувач;  
 4 – молоткова дробарка; 5 – циклони; 6 – барабанні дозатори; 7 – дозатор;  
 8 – корпус шнекового змішувача; 9 – тримач; 10 – внутрішній циліндр;  
 11 – шнековий транспортер; 12 – лопатева мішалка; 13 – проміжна ємність;  
 14 – транспортер; 15 – бункер; 16 – алюмінієвий корпус-екран; 17 – опромінювачі бактерицидного потоку УФ-променів; 18 – галогенні лампи; 19 – мікрохвильові печі; 20 – тара для готової продукції; 21 – гвинтовий транспортер; 24 – тара для відходів.

### 3.3 Операційно-технологічна схема виробництва комбікорму

При проведенні експериментальних досліджень, пропонуємо знезараження комбікорму проводити у циркуляційному шнековому змішувачі.

У цьому випадку одночасне змішування і знезаражування компонентів комбікорму в циркуляційному шнековому змішувачі ( $V_{\text{сум}} = 0,0085$  м,  $t_{\text{сум}} = 16,7$  хв) впливом фізичних факторів (ГЧ-випромінювання – джерело ГЧ-променів 300 Вт; УФ-випромінювання – бактерицидна лампа ДБ-30; радіохвилі – контур індуктивності (ВЧ генератор  $f = 40,68$  МГц)).

Для цього використовується експериментальний циркуляційний шнековий змішувач. Дана конструкція передбачає невелику продуктивність, тому його можна використовувати у птахівництві при годівлі молодняку.

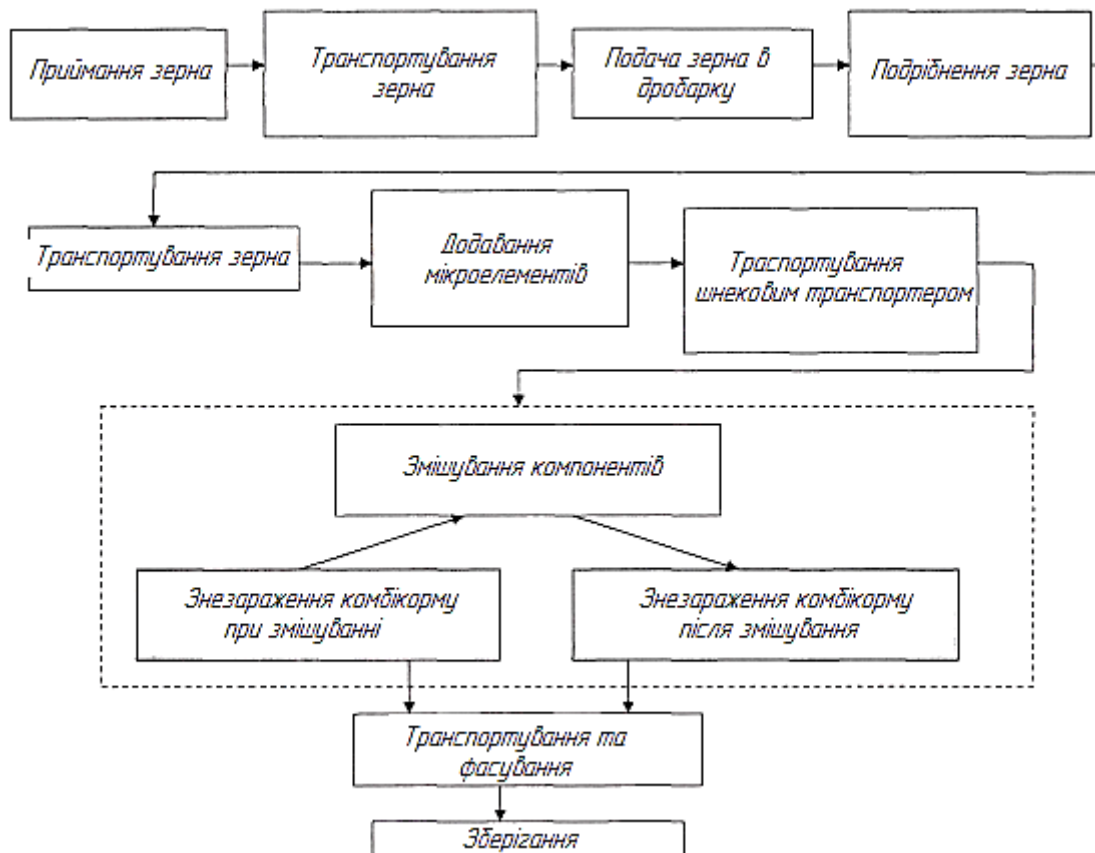


Рисунок 3.3 – Операційно-технологічна схема виробництва комбікорму.

#### 3.4 Розробка експериментальної установки на базі циркуляційного змішувача для знезаражування комбікормів

Якість приготування сумішей залежить від конструкції змішувача і швидкості обертання робочих органів, ступені наповнення змішувальної камери і кута установки лопатей. До кінця процесу змішування суміш залишається без

зміни, досягнувши до цього моменту деякої межі однорідності  $K_{np}$ , характерної для даної суміші і конструкції змішувача.

У змішувачі зі шнековим робочим органом  $K_{np} = 93 - 96\%$  можна вважати цілком задовільним.

Гранична однорідність суміші перебуває в обернено пропорційній залежності від ступеня наповнення змішувальної камери. При збільшенні ступеня наповнення з 0,095 до 0,270 гранична однорідність суміші знижується з 95,6 до 93,2 %. Тому при використанні шнека як робочого органа змішувача безперервної дії величину цього параметра слід приймати рівною 0,10 – 0,15.

Збільшення швидкості обертання робочих органів змішувача спричиняє деяке підвищення якості змішування, причому найбільш істотний вплив на однорідність суміші виявляють швидкості від 0,6 до 1,5 м/с. Подальше збільшення кругової швидкості робочого органу майже не позначитися на якості змішування, але при цьому значно зростає продуктивність машини. Таким чином, з урахуванням фактору збільшення продуктивності оптимальна кругова швидкість робочих органів змішувача повинна бути 1,5 – 2 м/с. Більш високі швидкості приводять до значного розпилювання матеріалів, що змішуються.

На якість змішування, крім розглянутих конструктивних і технологічних факторів, впливають також фізико-механічні властивості компонентів. Так, збільшення відношення питомих мас компонентів з 1,09 до 2,28 викликає зниження граничної однорідності суміші відповідно з 95,1 до 92 %.

До кормових сумішей висувають наступні вимоги: співвідношення компонентів повинне бути таким, щоб кожна пташка щодня одержувала необхідну кількість поживних речовин; суміш повинна бути нешкідливою для тварин та птахів і відповідати зразкам, схваленим контролюючими органами; враховуються неточності відбору і аналізу проб, а також втрати компонентів через утворення і видалення пилоподібних часток у процесі змішування. [10]

Нами запропоновано установку для знезаражування комбікорму, де ми пропонуємо впливати на корм періодично в циліндричному змішувачі установки для знезараження комбікорму. Процес знезараження комбікорму найбільш

раціонально здійснити в циркуляційному змішувачі кормоцеху ОКЦ-15. [10] У зв'язку із цим нами запропонована експериментальна модель циркуляційного змішувача, з використанням джерел фізичних факторів, продуктивністю до 30 кг/год (рис. 3.4). [4] На цій моделі проведені попередні експерименти по обґрунтуванню ефективної дози впливу фізичних факторів на комбікорм і часткове співвідношення кожного фізичного фактору. Далі, користуючись методикою моделювання, визначили відповідні питомі потужності кожного фізичного фактору для виробничого циркуляційного змішувача.

Багатьма авторами доведено, що з метою підвищення ефективності сприйняття УФ-променів біологічним об'єктом необхідно опромінювати на фоні радіохвиль. Тому з метою зниження бактеріальної засіяності комбікорму, передбачені впливи ІЧ і УФ променів на фоні радіохвиль у процесі змішування його компонентів у циркуляційному змішувачі. [4]

У базовому варіанті циркуляційний змішувач складається з наступних основних вузлів: центральної труби, всередині якої розташований шнек, вивантажувального механізму, електродвигуна, магнітного пускача.

Експериментальна модель циркуляційного змішувача містить джерела ІЧ і УФ-променів, а також контур індуктивності від високочастотного (ВЧ) генератора. Між витками шнека додатково вмонтовані лопаті 15 для інтенсивного перемішування компонентів 3 по всьому об'єму змішувача 8. Корпус змішувача є екраном-відбивачем. Центральна труба 13 виготовлена з органічного скла. Джерела ІЧ-променів 7, бактерицидного потоку УФ-променів 9 і контур індуктивності 4 розташовані на внутрішній стінці корпусу змішувача. Для запобігання запилення бактерицидної лампи передбачений захисний кожух з органічного скла. З метою скорочення енерговитрат на високочастотному кабелі, генераторний блок з'єднаний з контуром індуктивності безпосередньо.

Установка працює в такий спосіб. У циркуляційний змішувач засипають компоненти комбікорму через завантажувальний патрубок і перемішують вертикальним шнеком 12, забезпечуючи псевдозріджений стан. Одночасно включають високочастотний генератор, джерела бактерицидного потоку УФ і ІЧ-

променів. Оброблений комбікорм вивантажується через вивантажувальний патрубок 1.

З метою підвищення якості обробки комбікорму, передбачається комплексний вплив ІЧ, УФ-променів на фоні радіохвиль, що дозволяє збільшити ККД поглинання УФ-променів під час змішування компонентів комбікорму в циркуляційному змішувачі.

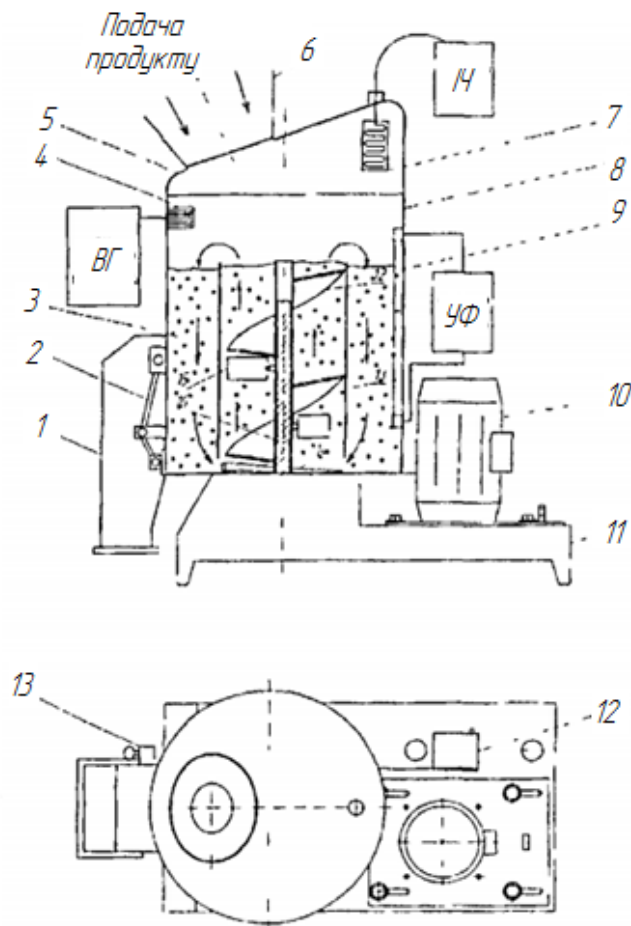


Рисунок 3.4 – Технологічна схема процесу знезараження комбікормів у циркуляційному змішувачі:

- 1 – вивантажувальний патрубок; 2 – вивантажувальний механізм; 3 – матеріал, що змішується; 4 – ВЧ-випромінювач; 5 – кришка змішувача; 6 – жолоб; 7 – джерело ІЧ-променів; 8 – змішувач; 9 – бактерицидна лампа ДБ-15; 10 – електродвигун; 11 – станина; 12 – шнек вертикальний; 13 – центральна труба.

Користуючись даною моделлю, проведені експерименти по вивченню впливу дози впливу фізичних факторів на зниження бактеріальної засіяності комбікорму. Далі методом моделювання перелічені режими і конструктивні параметри на виробничий циркуляційний змішувач, продуктивністю 1800 кг/год.

На рисунку 3.4 представлена технологічна схема процесу знезараження комбікорму в циркуляційному змішувачі, загальний вид.

Установка виконана на базі циркуляційного змішувача. При цьому відмінною рисою є те, що додатково містить лопаті між витками вертикального шнека, для більш інтенсивного перемішування компонентів по всьому об'єму змішувача.

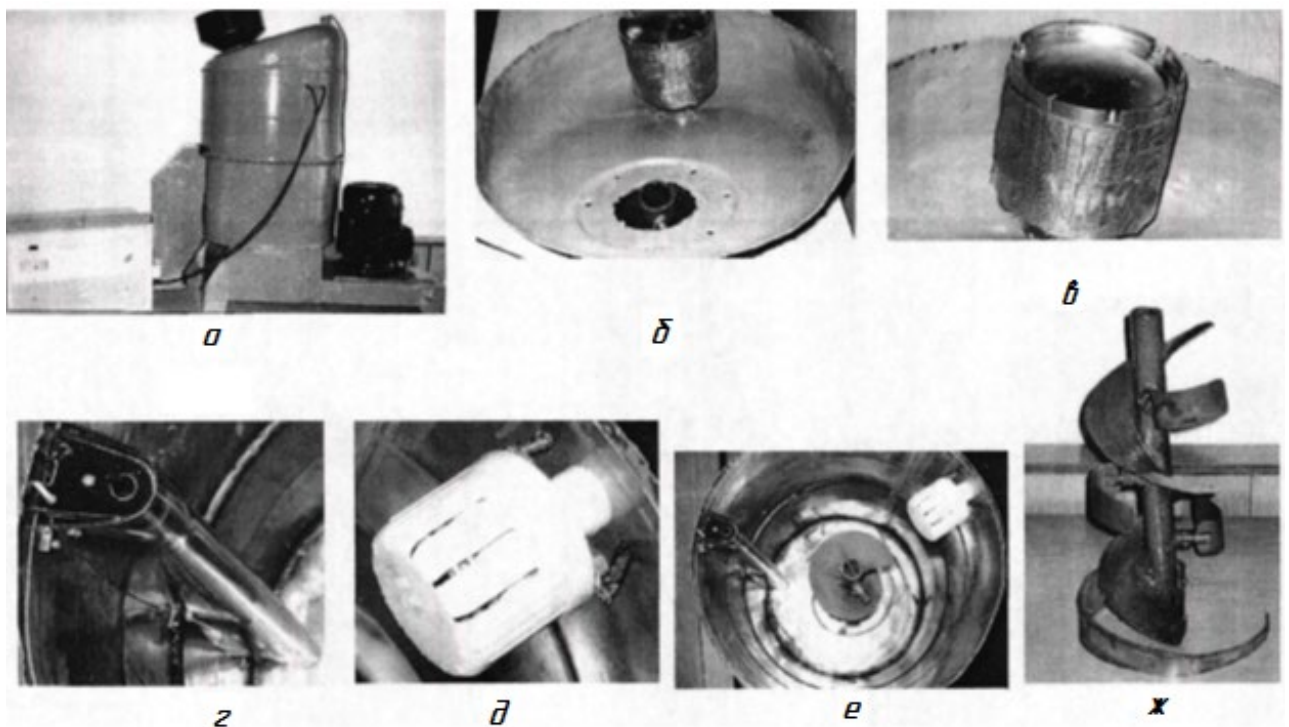


Рисунок 3.5 – Реальне виконання експериментальної установки

- а) загальний вид експериментальної установки; б) кришка циркуляційного змішувача; в) нагрівальний елемент ІЧ-випромінювання; г) бактерицидна лампа; д) контур індуктивності; е) внутрішній вид змішувача; ж) вертикальний шнек циркуляційного змішувача

### Технічна характеристика експериментальної установки

Потужність бактерицидної лампи, Вт	30
Потужність ВЧ генератора, Вт	250
Потужність нагрівального елемента,	300
Вт Потужність електродвигуна для привода шнека, кВт	1,5
Продуктивність, кг/год	30
Маса, кг	80
Габаритні розміри, мм	810×400×820

З метою зменшення енерговитрат пропонуємо використовувати наступний пристрій за основу було використано скребковий транспортер, де комбікорм одночасно пересувається і знезаражується.

Було вибрано скребковий транспортер із суцільними високими скребками (висота скребка приблизно дорівнює висоті жолоба, у якій переміщається вантаж). Ці транспортери широко використовують у харчовій промисловості для транспортування зерна, борошна, висівок, комбікорму, кускових вантажів. До переваг скребкових транспортерів відносять простоту конструкції, герметичність жолоба, можливість завантаження і розвантаження в будь-якій точці горизонтальної або похилої ділянки шляху. [1, 3]

Використовуючи метод моделювання нами було запропоновано конструктивне рішення установки безперервної дії, схема якої приведена на рис. 3.6.

У цій установці переміщення комбікорму в електричному полі надвисокої частоти, під джерелами ультрафіолетових і інфрачервоних променів здійснюється за допомогою скребкового транспортера. У процесі транспортування і перемішуванні відбувається знезаражування комбікорму впливом зазначених фізичних факторів. В алюмінієвому корпусі розташовано дві мікрохвильові печі 4. Через них прокладено два паралельні діелектричні коробки 5. У середині яких рухається діелектричний скребковий транспортер 6. Над відкритою поверхнею коробки встановлені ІЧ і УФ-опромінювачі.

Завантажувальний патрубок, проходить через кришку корпуса, а вивантажувальний – через його нижню підставку. Привід транспортера здійснюється за допомогою мотора-редуктора 13.

Установка працює в такий спосіб. Через прийомний бункер і завантажувальне вікно 10 засипають вихідний комбікорм у діелектричний короб 5. Комбікорм захоплюється діелектричними шкребками і транспортується через мікрохвильові печі, піддаючись нагріванню. Далі відбувається змішування комбікорму за допомогою шнека, після чого він зазнає впливу УФ і ІЧ-променів. Причому, температура комбікорму при подальшому транспортуванні підтримується за рахунок ІЧ-нагрівання. Цей процес послідовного впливу електромагнітних випромінювань різних довжин хвиль повторюється за рахунок багаторазового транспортування комбікорму по замкненому контуру. Після закінчення часу впливу фізичних факторів через вивантажувальне вікно вивантажується незаражений комбікорм.

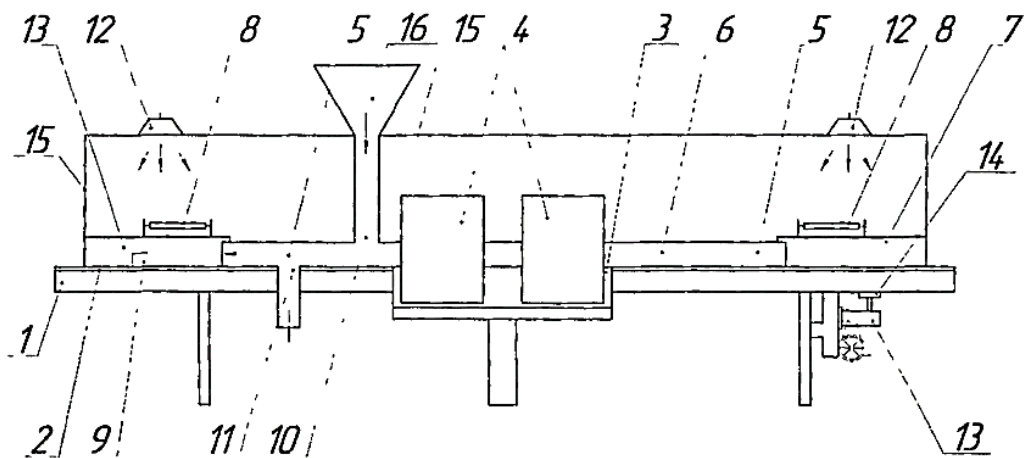


Рисунок 3.6 – Установка для незаражування комбікорму:

- 1 – стіл; 2 – алюмінієва поверхня стола; 3 – місце для розташування мікрохвильових печей; 4 – мікрохвильові печі; 5 – діелектричний короб; 6 – діелектричний скребковий транспортер; 7 – відкрита частина короба; 8 – галогенні лампи; 9 – ведучий шків; 10 – завантажувальні вікна в діелектричному коробі; 11 – вивантажувальне вікно; 12 – опромінювачі УФ променів; 13 – мотор-редуктор; 14 – ведучий шків; 15 – алюмінієвий корпус-екран; 16 – завантажувальний жолоб.

## Висновки до розділу

Процес знезараження комбікормів найбільш раціонально здійснити в уже існуючому циркуляційному змішувачі, тому спочатку була виготовлена експериментальна модель з використанням фізичних факторів, що включає бактерицидну лампу (30 Вт), джерело інфрачервоних променів (300 Вт) і високочастотний генератор (350 Вт; 40,68 МГц), продуктивністю 30 кг/год. Далі, користуючись методикою моделювання, визначили режими і конструктивні параметри виробничого циркуляційного змішувача, що включає три бактерицидних лампи (ДРТ-500), джерело інфрачервоних променів – три лампи КГ-220-1000 і високочастотний генератор (2,5 кВт), продуктивністю 1800 кг/год. У циркуляційному змішувачі питомі енерговитрати складають 2,6 кВт-год/м<sup>3</sup>.

Для їх зниження запропоновано установку для знезараження комбікормів, що включає дві бактерицидні лампи, дві ІЧ-лампи і два НВЧ-генератора

Запропонована схема установки для знезараження комбікорми впливом фізичних факторів дозволяє реалізувати теоретично-обґрунтований режим послідовного впливу фізичних факторів.

Як джерела УФ-випромінювання рекомендується використовувати електрогазорозрядні лампи високого тиску, для інфрачервоного випромінювання – галогенні лампи, для отримання поля надвисокої частоти – НВЧ генератор.

## 4 РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

### 4.1 Дослідження зміни бактеріальної засіяності комбікормів при впливі фізичних факторів

У літературі дотепер немає всебічно обґрунтованих критеріїв наявності біологічних ефектів впливу фізичних факторів у тому або в іншому конкретному експерименті. Результат будь-яких досліджень, незалежно від ефекту, завжди в значній мірі суб'єктивний і залежить від інтуїції і досвіду експериментатора, коректності постановки дослідів і багатьох інших об'єктивно неконтрольованих факторів.

Таким чином, необхідно розробити методику достовірного виявлення біологічних ефектів впливу фізичних факторів з врахуванням, як біологічних, так і радіофізичних (нерівномірність електромагнітного поля, нестабільність частоти та інше) невизначеностей.

У цей час досить мало обґрунтована база для проведення експериментальних досліджень, що заважає коректній постановці експериментів і вірній інтерпретації їх результатів. Усе це визначає актуальність розробки, створення і широкого впровадження методів і технічних засобів, спеціально призначених для впливу фізичних факторів на біологічні об'єкти.

Так як комбікорми містять деякі форми шкідливих мікроорганізмів (бактеріальна засіяність повинна бути не більше 500 тис. мк.тіл/г, але практично цей показник перевищений у кілька раз), то вони можуть служити джерелом зараження птахів і тварин.

Використання існуючого теплового способу знезаражування комбікормів пароповітряною сумішшю, УФ або ІЧ-випромінюванням, електромагнітним полем високої або надвисокої частоти не приводить до повного збереження їх біологічних властивостей, поживності і поліпшенню засвоюваності. [6]

## 4.2 Результати дослідження санітарної експертизи комбікормів

Після проведення бактеріологічного дослідження комбікорму «Стартер» для курчат-бройлерів ми одержали наступні результати, які наведено в таблиці 4.1.

Спочатку комбікорм нагрівали у НВЧ-полі. Тому що теплофізичні властивості комбікорму показують, що нагрівання комбікорму у НВЧ-полі на початку процесу досить ефективно. Далі знезаражували бактерицидним потоком УФ-променів на фоні радіохвиль і для підтримки того ж температурного режиму використовували тепло ІЧ-променів. Цикл впливу ЕМП НВЧ, УФ і ІЧ-променів повторили другий раз.

Вплив фізичних факторів на комбікорм робили протягом 18 хв. Усього було взято 3 проби і 2 контрольні по 1 кг кожна (вихідний неопрацьований).

Нами отримана залежність зміни загального мікробного числа (мк.тіл/г) у комбікормі від часу впливу фізичних факторів при різних питомих потужностях (табл. 4.1.).

Таблиця 4.1 – Результати санітарної експертизи комбікорму

Режими обробки	Посіви	ЗМЧ, мк·тіл/г	Кишкова паличка	Патогенний протей	Анаеробна мікрофлора	Сальмонела
1	2	3	4	5	6	7
Вихідний	$10^2$	$38 \cdot 10^5$	+	-	-	-
	$10^2$	-	+	-	-	-
	$10^3$	-	+	-	-	-
	$10^4$	1600000	+	-	-	-
	$10^5$	600000	-	-	-	-
6 хв	$10^1$	$24 \cdot 10^5$	+	-	-	-
	$10^2$	-	+	-	-	-
	$10^3$	-	+	-	-	-
	$10^4$	800000	+	-	-	-
	$10^5$	4000000	-	-	-	-

Продовження таблиці 4.1

1	2	3	4	5	6	7
12 хв		$13 \cdot 10^5$				
	$10^1$	-	+	-	-	-
	$10^2$	-	+	-	-	-
	$10^3$	-	+	-	-	-
	$10^4$	600000	-	-	-	-
	$10^5$	2000000	-	-	-	-
18 хв		$45 \cdot 10^3$				
	$10^1$	-	+	-	-	-
	$10^2$	-	+	-	-	-
	$10^3$	20000	+	-	-	-
	$10^4$	70000	-	-	-	-
	$10^5$	немає росту	-	-	-	-

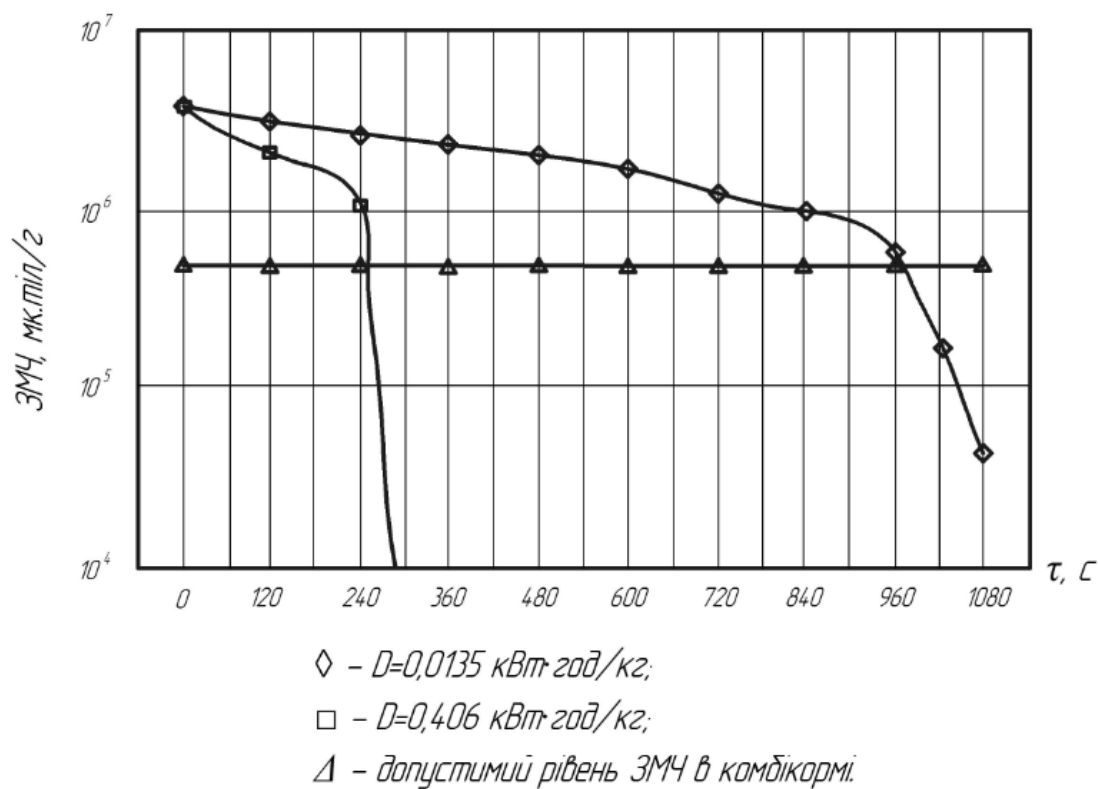


Рисунок 4.1. – Зміна загального мікробного числа від часу при різних дозах впливу фізичних факторів.

Дослідження загального мікробного числа (ЗМЧ) показують, що бактеріальне забруднення комбікорму знижується з  $38 \cdot 10^5$  мк·тіл/г до  $45 \cdot 10^3$  мк·тіл/г у міру збільшення експозиції до 18 хв впливу комплексу фізичних факторів. Припустимий рівень ЗМЧ –  $5 \cdot 10^5$  мк·тіл/г.

При першому варіанті дози становить  $D_1 = 0,0135$  кВт·год/кг, а при другому –  $D_2 = 0,0406$  кВт·год/кг. За графіком рис. 4.1 видно, що в другому випадку ми припустимого рівня досягаємо раніше. [84]

#### 4.3 Результати експертизи якості комбікормів

Зробивши експертизу якості кормів нами було перевірено органолептику, вологість, кислотність, сирий протеїн, кальцій та фосфор. Отримані результати приведено в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Результати експертизи якості комбікорму

Досліджуваний об'єкт	Номер проб	Вологість, %	Кислотність, °Н	Сирий протеїн, %	Кальцій, %	Фосфор, %
Комбікорм	без обробки	10,7	5,0	16,0	0,4	0,7
	без обробки	10,9	5,1	16,3	0,9	0,6
	обробка протягом 6 хв	9,9	5,4	15,8	0,3	0,7
	обробка протягом 12 хв	8,3	5,2	17,2	0,4	0,7
	обробка протягом 18 хв	7,8	4,5	17,2	0,8	0,7

Вологість зменшилась з 10,9 % до 7,8 %, тобто на 3,1 %. Кислотність зменшилась на 0,5 °Н. По нормах вона не повинна перевищувати 5 °Н. Сирий

протеїн з 16 % підвищився до 17,2 %, при нормі 12 – 17 %. Після знезараження відсотковий вміст залишився в межах норми. Кількість кальцію і фосфору також суттєво не змінилася і залишилися в допустимих нормах. В остаточному підсумку комбікорми суттєво не змінили якісні показники.

За результатами експертизи якості комбікормів побудували графік зміни вологості комбікорму в процесі впливу фізичних факторів (рис. 4.2).

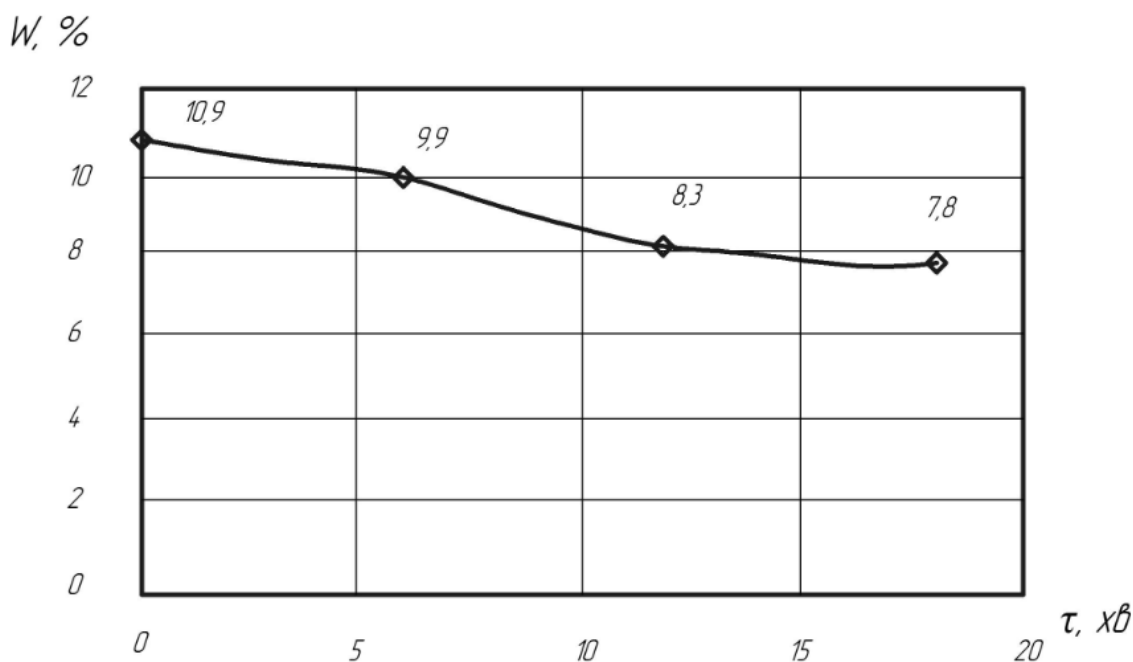


Рисунок 4.2 – Зміна вологості комбікорму в процесі впливу на нього електрофізичними факторами ( $W_{\text{поч}} = 10,9\%$ )

З графіка видно, що зі збільшенням часу обробки комбікорму його вологість дещо знижується.

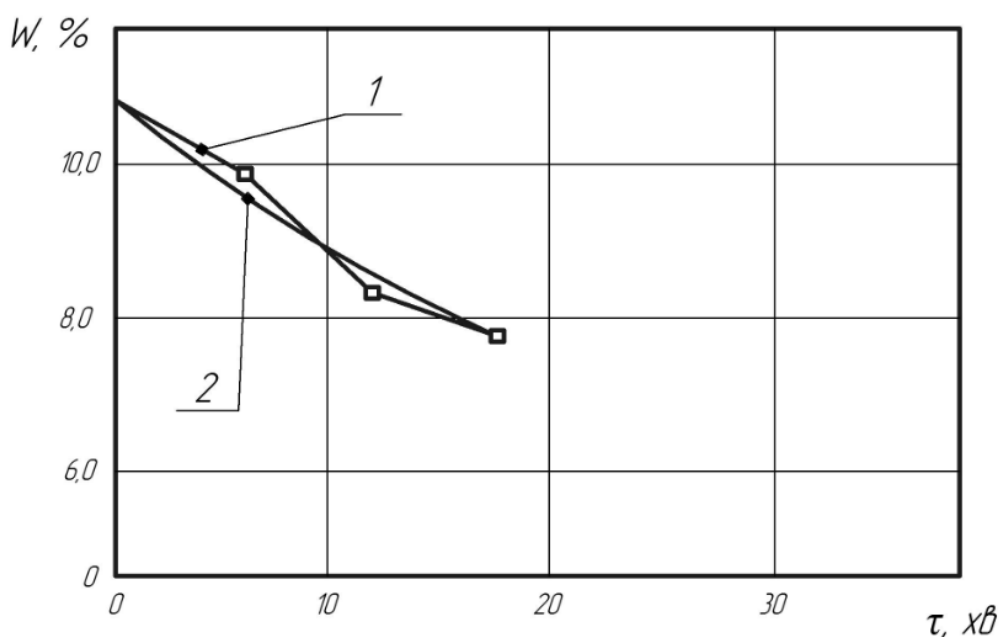
Скориставшись програмним забезпеченням Graphical Analysis одержали емпіричний вираз і теоретичну криву зміни вологості комбікорму (рис. 4.3).

$$W = -7,3 \cdot e^{-0,0331 \cdot \tau} + 3,67, \quad (4.1)$$

де  $W$  – вологість комбікорму, %;

$\tau$  – час впливу, хв.

Крива показує, що вологість зменшилась на 3,1 %. Це небажаний показник, тому що пересушений комбікорм погано засвоюється тваринами. При аналізі результатів дослідження ЗМЧ, ми дійшли висновку, що комбікорм достатньо буде знезаражувати протягом 14 хв. Такий висновок сприятливо впливає і на зміну вологості комбікорму.



Теоретичний і експериментальний графік зміни вологості комбікорму у процесі впливу на нього фізичними факторами ( $W_{поч} = 10,9\%$ )

1 – теоретична крива; 2 – експериментальна крива.

Зазвичай комбікорм має вологість 13 – 14 %, тому його зменшення на 2,6 - 2,8 % не значно вплине на якість комбікорму.

#### 4.4 Зміна температури нагрівання комбікормів під дією ІЧ-променів

У результаті експериментальних досліджень одержали графік залежності температури комбікормів від часу нагрівання ІЧ-променями при різних питомих потужностях (рис. 4.4)

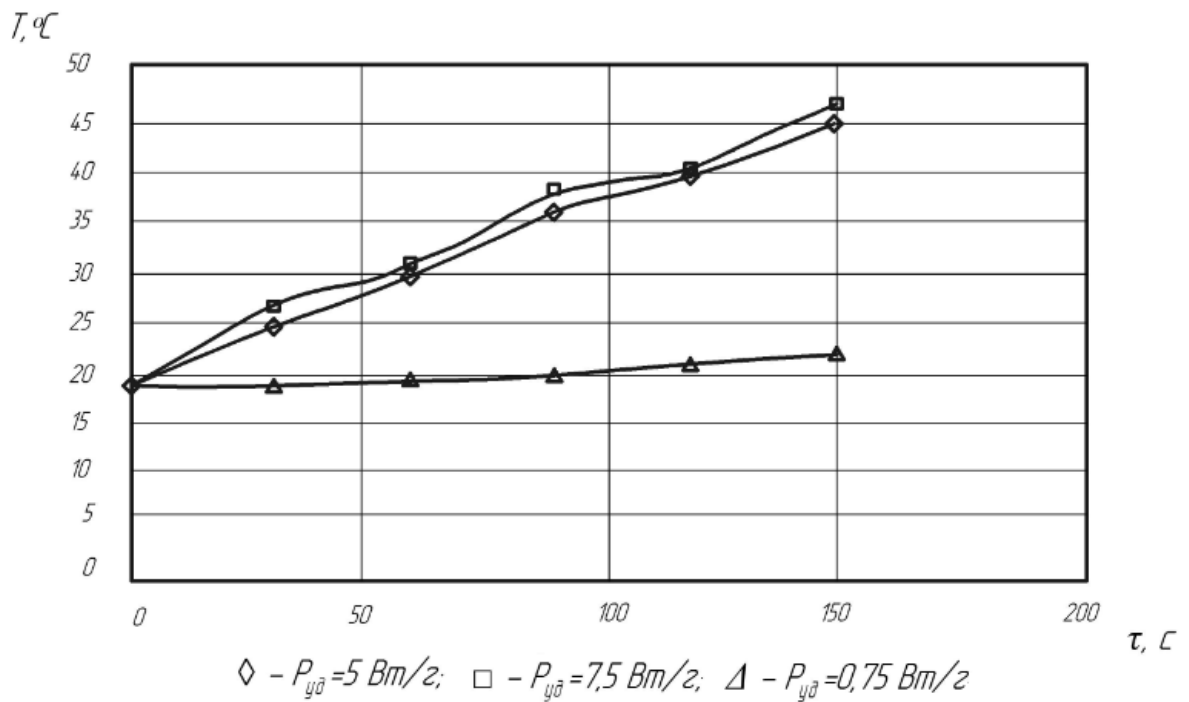


Рисунок 4.4 – Графік залежності температури комбікорму від часу нагрівання ІЧ-променями при різних питомих потужностях, початкова температура –  $18 ^\circ\text{C}$

Лампи ІЧ-випромінювання потужністю 150 Вт практично не впливають на температуру нагрівання комбікорму, а лампи з потужністю 1000 і 1500 Вт майже однаково діють на комбікорм, нагріваючи його до 46 і  $44 ^\circ\text{C}$ .

Графік показує, що для експериментів потрібно використовувати лампу ІЧ-випромінювання КГ-220-1000.

#### 4.5 Зміна температури комбікормів в залежності від відстані до УФ-опромінювача

В результаті експериментальних досліджень отримали графік залежності температури комбікормів від відстані до розташування випромінювача (рис. 4.5).

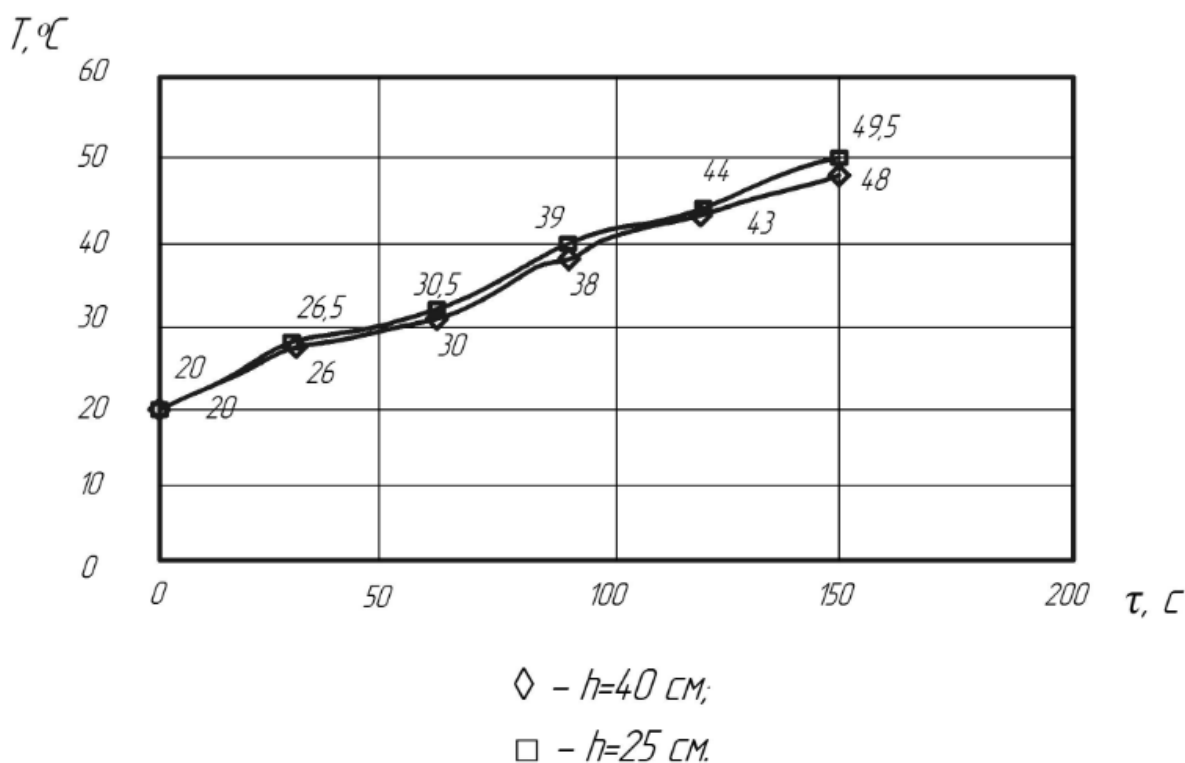


Рисунок 4.5 – Графік залежності температури нагріву комбікорму від відстані до розташування УФ-опромінювача.

З графіка видно, що відстань до УФ-опромінювача майже не впливає на температуру нагріву комбікорму. Найбільш суттєвий вплив згідно з проведеними дослідженнями має вплив відстані розташування ІЧ-опромінювача.

4.6 Зміна загального мікробного числа і температури комбікорму в процесі впливу фізичних факторів у розробленій установці

Використовуючи НВЧ-генератор і опромінювач ІЧ-променів нагрівали комбікорм різної вихідної концентрації мікрофлори (6,8 мк·тіл/г і 3,8 мк·тіл/г). Причому виявили, що при впливі бактерицидного потоку УФ-променів без фону радіохвиль на комбікорм ступінь зниження бактеріальному забрудненню менше ніж із фоном. Ступінь зниження залежить також від питомої потужності основного фактору, що впливає, УФ-випромінювання (рис. 4.6 та рис. 4.7).

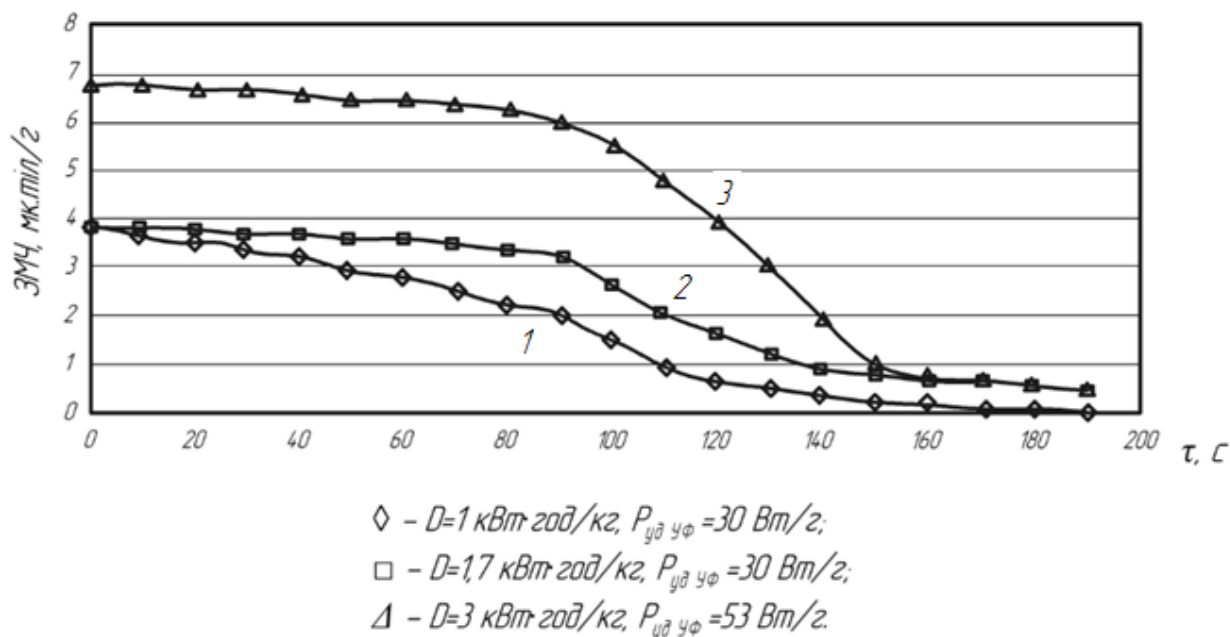


Рисунок 4.6 – Графіки залежності зміни загального мікробного числа комбікорму різної вихідної концентрації мікрофлори від часу впливу УФ-випромінювань: 1 – на фоні радіохвиль і ІЧ-випромінювань; 2, 3 – без фону; 1, 2 –  $P_{уд\ уф} = 30$  Вт/г;  $P_{уд\ уф} = 53$  Вт/г; 1 -  $D_1 = 1$  кВт·год/кг; 2 –  $D_2 = 1,7$  кВт·год/кг; 3 –  $D_3 = 3$  кВт·ч/год.

Проаналізували зміну температури в процесі послідовного впливу фізичних факторів. Побудували графік зміни температури нагрівання комбікорму в процесі впливу фізичних факторів за один цикл роботи установки для його знезараження.

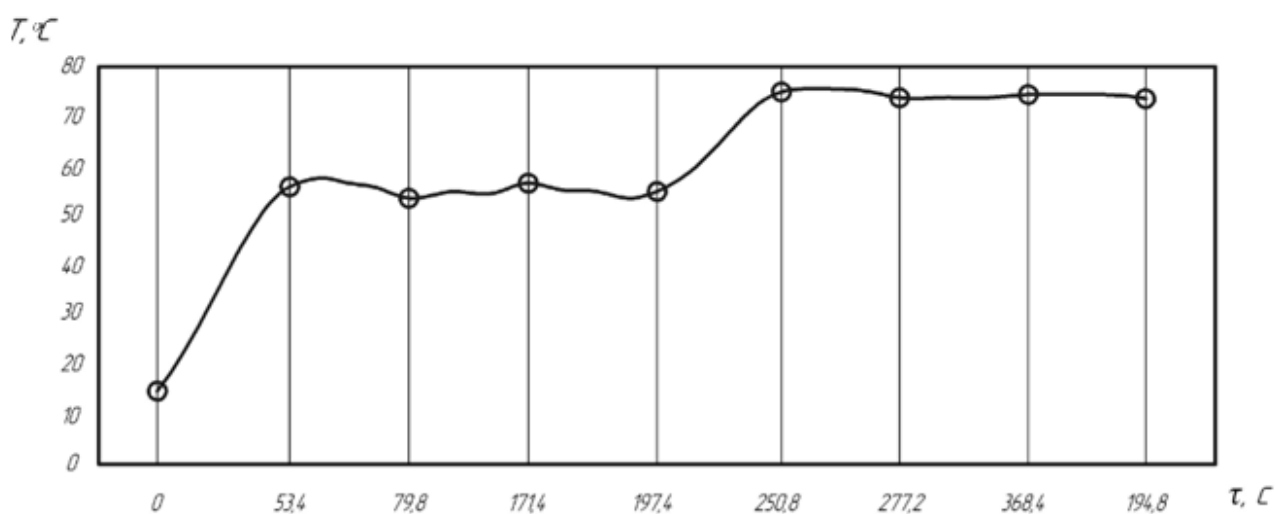


Рисунок 4.7 – Зміна температури нагрівання комбікорму в процесі впливу фізичних факторів (потік ІЧ-випромінювань і ЕМП НВЧ) за один цикл роботи установки для його знезараження.

## Висновки до розділу

У результаті дослідження виявлені зміни загального мікробного числа в процесі впливу фізичних факторів на комбікорм. Припустимий рівень досягається через 4,7 хв, повна стерильність – 6,3 хв.

Використовуючи НВЧ генератор і випромінювач ІЧ-променів нагрівали комбікорм різної вихідної концентрації мікрофлори (6,8 мк-тіл/г і 3,8 мк-тіл/г). Причому виявили, що при впливі бактерицидного потоку УФ променів без фону радіохвиль на комбікорм ступінь зниження бактеріального забруднення менше, ніж з фоном. Ступінь зниження залежить також від питомої потужності основного фактору, що впливає на процес.

## 5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

### 5.1 Розробка карти безпеки праці

Створення карт безпеки праці є важливим етапом для забезпечення безпеки на робочому місці. Головна мета цих карт – надання працівникам інформації щодо можливих ризиків та необхідних заходів безпеки, які слід дотримуватися під час роботи на виробництві.

На рисунку 5.1 зображені основні складові, які можуть бути включені до карт безпеки персоналу на підприємствах з виробництва комбікормів.

<i>I. Загальна інформація</i>	
<ol style="list-style-type: none"> <li>Вимоги картки поширюються на всіх працівників всіх підрозділів підприємства;</li> <li>Термін дії картки: 5 років (до <b>05.02.2029</b>);</li> <li>Проходження інструктажу працівником: кожні <b>6 місяців</b>;</li> <li>Відповідальність за невиконання положень цієї картки: дисциплінарна, матеріальна, адміністративна, кримінальна;</li> <li>До роботи допускаються особи, яким не менше <b>18 років</b> та які мають відповідну кваліфікацію, пройшли медичний огляд та відповідний інструктаж.</li> </ol>	
<p style="text-align: center;"><i>II. Обов'язки працівника</i></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Виконувати правила внутрішнього трудового розпорядку;</li> <li>Користуватися спецодягом та засобами індивідуального захисту;</li> <li>Працювати тільки на справному обладнанні;</li> <li>Не допускати сторонніх осіб на робоче місце;</li> <li>утримувати робоче місце в чистоті, не захарашувати його.</li> </ol>	<p style="text-align: center;"><i>III. Головні небезпечні фактори</i></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Захаращеність робочого місця;</li> <li>Відсутність спеціальних пристосувань, інструменту, обладнання;</li> <li>Підвищена температура обладнання;</li> <li>Підвищена температура, вологість, рухливість повітря робочої зони;</li> <li>Недостатня освітленість робочої зони;</li> <li>Незахищені токоведучі частини електрообладнання;</li> </ol>
<p style="text-align: center;"><i>IV. Вимоги безпеки перед початком роботи</i></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Отримати завдання від керівника робіт.</li> <li>Одягти спецодяг і привести його в порядок.</li> <li>Підготувати робоче місце до виконання робіт, прибрати всі непотрібні речі.</li> <li>Впевнитись, що робоче місце достатньо освітлене.</li> <li>Підібрати та підготувати необхідні інструменти, пристосування, обладнання.</li> <li>Перед вмиканням обладнання необхідно переконатись, чи нема у машині сторонніх предметів, чи надійне кріплення механізмів.</li> </ol>	<p style="text-align: center;"><i>V. Вимоги безпеки під час роботи</i></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Перед вмиканням у роботу обладнання необхідно перевірити надійність кріплення всіх елементів.</li> <li>Рухомі частини обладнання не повинні торкатись внутрішньої поверхні корпусу.</li> <li>Технічне обслуговування та налаштування обладнання можливе при розвантаженому обладнанні і при вимкненому електродвигуні.</li> <li>Категорично забороняється працювати на обладнанні з рухомими елементами без огорожувального щитка корпусу.</li> </ol>
<p style="text-align: center;"><i>VI. Вимоги безпеки після закінчення роботи</i></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Після закінчення роботи необхідно вимкнути обладнання.</li> <li>Прибрати робоче місце. Звільнити його від відходів виробництва, винести сміття.</li> <li>Почистити, помити інвентар, інструмент, скласти його в відведене для нього місце.</li> <li>Зняти спецодяг, покласти його в відведене для цього місце; прийняти душ.</li> <li>Доповісти керівникові про всі недоліки, які мали місце під час роботи.</li> </ol>	<p style="text-align: center;"><i>VII. Вимоги безпеки в аварійній ситуації</i></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Негайно відключити від мережі електрообладнання, відключати від систем газ.</li> <li>Не допускати в небезпечну зону сторонніх осіб.</li> <li>Повідомити про те, що сталося керівника робіт.</li> <li>В усіх випадках виконувати вказівки керівника робіт по усуненню небезпечного стану.</li> </ol>

Рисунок 5.1 – Картка безпеки праці оператора відділення очищення зерна лінії з виробництва комбікормів

## 5.2 Утилізація відходів виробництва

Виробничий процес на підприємствах, що спеціалізуються на виробництві комбікормів, має значний вплив на навколишнє середовище. Цей вплив можна описати за допомогою таких ключових аспектів, як забруднення повітря через викид пилу та токсичних речовин, забруднення зернових продуктів, викиди стічних вод та промисловий шум.

Одним з основних завдань у рамках системи заходів щодо природоохорони на ТОВ «Птахокомплекс «Дніпровський» є збереження чистоти повітря, оскільки забруднення повітря становить основну загрозу.

Під час очищення зерна від домішок та його переміщення утворюється значна кількість мінерального та органічного пилу. Також виникає пил при змішуванні компонентів комбікормів. Для уникнення викиду та забруднення пилу атмосфери на територію підприємства встановлена система всмоктування, яка ефективно видаляє пил з усіх точок випуску. Повітря проходить надійне очищення через циклони та фільтри різних типів.

Регулярне прибирання пилу на всьому підприємстві, включаючи дах будівлі, проводиться відповідно до графіка, в якому визначено частоту очищення кожної виробничої ділянки (щозміни, щодня, щомісяця, щокварталу тощо). Графік прибирання пилу підлягає схваленню директора підприємства.

### Висновки до розділу

У даному розділі кваліфікаційної роботи було розроблено карту безпеки праці спеціалістів зерноочисного цеху компанії «Птахокомплекс «Дніпровський». Також в обговоренні та аналізі визначено методи утилізації виробничих відходів і їх вплив на екологічну безпеку у цьому регіоні..

## 6 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

### 6.1 Організація проведення дослідження

Метою здійснення економічних розрахунків для обґрунтування ефективності проведених досліджень є оцінка отриманих результатів та розгляд доцільності всього проекту. У поточний період підвищення ефективності використання фуражного зерна у годівлі молодняку тварин є однією з ключових умов для збільшення виробництва тваринницької продукції та покращення її якості. Це передбачає в першу чергу підвищення харчової цінності поданого зерна. Якість цього зерна визначається численними факторами, сумарний біологічний ефект яких виявляється у прирості продукції. [18]

Для виготовлення високоякісних комбікормів у господарствах необхідно встановлення сучасного обладнання для ефективної теплової обробки зернового матеріалу. Використання такого обладнання та технології дозволяє ефективно знищувати антиживильні речовини, покращувати смакові якості, збільшувати доступність поживних речовин для організму тварин та забезпечувати бактеріологічну чистоту корму. Важливими та необхідними перевагами використання технології теплової обробки вихідного продукту є енергоефективність, безпека, надійність, легкість очищення та відсутність ризику зараження приготованого корму [17]. З цією метою потрібно провести наукове дослідження процесу мікронізації комбікормів та підвищити ефективність цього процесу шляхом визначення оптимальних технологічних режимів роботи обладнання, що в результаті призведе до підвищення якості кінцевого продукту.

Планування досліджень включає: створення списку завдань, визначення їх взаємодії та тривалості, розробку мережевого графіка, встановлення критичного шляху, обчислення кошторису витрат на проведення експерименту.

Перелік завдань, що передбачений для дослідження обґрунтування процесу мікронізації комбікормів з метою його дезінфекції, подано в таблиці 6.1.

Згідно з планом проведення дослідження, створюється сітьовий графік - графічна модель, яка відтворює подальший хід роботи чи процесу у вигляді послідовних етапів і дозволяє, за допомогою обчислень, визначити оптимальний варіант його виконання. На етапі впровадження графік мережі надає можливість оперативного управління прогресом виконання завдань (див. рис. 6.1).

Таблиця 6.1 – План проведення дослідження

Шифр робіт $i-j$	Найменування робіт	Тривалість робіт $t_{ij}$ , днів
1-2	Вибір напрямку наукових досліджень	1
2-3	Робота з літературними джерелами та написання огляду	17
3-4	Розробка плану проведення науково-дослідних робіт	5
4-5	Розробка методик наукових досліджень	4
5-6	Підготовка дослідних зразків комбікормів	3
6-7	Підготовка дослідного устаткування	18
7-8	Дослідження характеру зміни температури нагріву комбікормів під час ІЧ-нагріву	3
7-9	Дослідження впливу висоти підвісу ІЧ-випромінювача на температуру нагріву комбікормів	5
7-10	Дослідження впливу потужності ІЧ-випромінювача на температуру нагріву комбікормів	4
7-11	Дослідження впливу початкової зараженості комбікорму на якість кінцевого продукту	2
8-12	Обробка отриманих даних експериментальних дослідження	1
9-12		1
10-12		1
11-12		1
12-13	Підготовка демонстраційного матеріалу та робота над публікацією	8

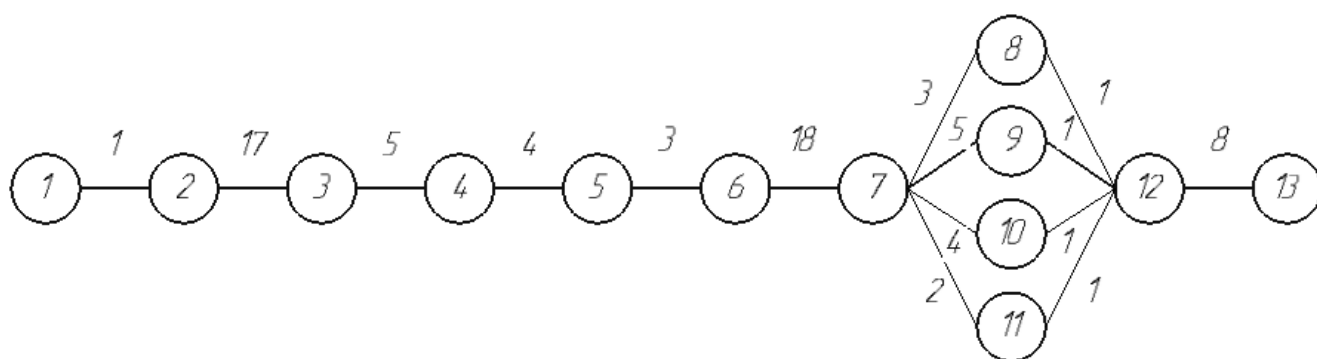


Рисунок 6.1 – Сітьовий графік проведення досліджень

Шлях, який визначає повну тривалість послідовних робіт від початкової події до кінцевої, визначають за допомогою сітьового графіка.

$$L_{1-2-3-4-5-6-7-8-12-13}^1 = 1 + 17 + 5 + 4 + 3 + 18 + 3 + 1 + 8 = 57;$$

$$L_{1-2-3-4-5-6-7-9-12-13}^2 = 1 + 17 + 5 + 4 + 3 + 18 + 5 + 1 + 8 = 62;$$

$$L_{1-2-3-4-5-6-7-10-12-13}^3 = 1 + 17 + 5 + 4 + 3 + 18 + 4 + 1 + 8 = 61;$$

$$L_{1-2-3-4-5-6-7-11-12-13}^3 = 1 + 17 + 5 + 4 + 3 + 18 + 2 + 1 + 8 = 59.$$

Шлях, що характеризується максимальною тривалістю, отримав назву критичного. У даному випадку критичним є другий шлях із тривалістю у 62 дні.

## 6.2 Витрати, пов'язані з проведенням дослідження

Розрахунок витрат на основні та допоміжні матеріали проводиться відповідно до наступної формули:

$$M = \sum m_i \cdot C_i, \quad (6.1)$$

де  $m_i$  – кількість витраченого  $i$ -го матеріалу;

$C_i$  – ціна одиниці  $i$ -го матеріалу, грн.

Розрахунки витрат на матеріали подано у таблиці 6.2.

Таблиця 6.2 – Необхідна кількість основних матеріалів та їх вартість

Найменування, одиниці	Кількість	Ціна, грн	Сума, грн
Комбікорм, кг	100	25,30	2530,00
Всього			2530,00

Результати розрахунків заробітної плати учасників досліджень представлені в таблиці 6.3.

Таблиця 6.3 – Розрахунок витрат на заробітну плату

Посада	Середньомісячний заробіток, грн	Середньочасовий заробіток, грн	Кількість людино-годин	Сума, грн
Керівник наукової роботи	8000	50,00	20	1000,00
Всього				1000,00

Нарахування на заробітну плату складають:

$$H = \frac{1000,00 \cdot 22}{100} = 220,00 \text{ грн.}$$

Витрати на використану електроенергію розраховуються відповідно до формули:

$$E = M \cdot K \cdot T \cdot a, \quad (6.2)$$

де  $M$  – потужність встановленого електрообладнання, кВт;

$K$  – коефіцієнт використання потужності ( $K = 0,9$ );

$T$  – час роботи на установці, год;

$a$  – тариф за електроенергію, грн/(кВт/год).

Витрати енергії, яка використовується для нагрівання лампи ІЧ-опромінення в експериментальній установці:

$$E_1 = 1,2 \cdot 0,9 \cdot 24 \cdot 1,68 = 43,55 \text{ грн.}$$

Витрати енергії, що витрачаються на привід змішувача в експериментальній установці:

$$E_2 = 2,2 \cdot 0,9 \cdot 24 \cdot 1,68 = 79,83 \text{ грн.}$$

Затрати енергії на роботу персонального комп'ютера:

$$E_3 = 0,9 \cdot 0,9 \cdot 272 \cdot 1,68 = 370,14 \text{ грн.}$$

Загальні витрати електроенергії:

$$E_{\text{заг}} = E_1 + E_2 + E_3 = 43,55 + 79,83 + 370,14 = 493,52$$

Вартість амортизації обладнання, використаного під час проведення експерименту, розраховується за допомогою наступної формули:

$$A = \frac{\Phi \cdot H \cdot t}{100 \cdot 12}, \quad (6.3)$$

де  $A$  – амортизаційні відрахування, грн;

$\Phi$  – вартість устаткування, грн;

$H$  – річна норма амортизації, %;

$t$  – тривалість проведення дослідження на устаткуванні, днів;

12 – кількість місяців у році.

Витрати на амортизацію, які були розраховані, представлені в таблиці 6.3.

Таблиця 6.3 – Результати розрахунків витрат на амортизацію

Устаткування	Вартість, грн	Річна норма амортизації, %	Тривалість роботи, днів	Витрати на амортизацію, грн
Установка ІЧ опромінення	5340,00	24	3	10,53
Змішувач комбікормів	4300,00	24	3	8,48
Персональний комп'ютер	11000,00	20	34	204,93
Всього				223,94

Накладні витрати:

$$\frac{(1000,00 \cdot 80)}{100} = 800,00 \text{ грн.}$$

Вартість витрат на проведення досліджень подана у таблиці 6.4.

Таблиця 6.4 – Кошторис витрат на проведення дослідження

Витрати	Сума, грн.
Основні матеріали	2530,00
Заробітна плата	1000,00
Нарахування на заробітну плату	220,00
Електроенергія	493,52
Амортизація	223,94
Накладні витрати	800,00
Всього	5267,46

Згідно аналізу видно, що найбільш значні витрати спостерігаються на придбання основних матеріалів та оплату праці.

### 6.3 Розрахунок вартості дослідження

Враховуючи, що науково-дослідна робота є фундаментальним дослідженням, її вартість визначалась з урахуванням витрат на проведення досліджень і доцільності і з метою досягнення рентабельності:

$$Ц = C + \frac{P \cdot C}{100}, \quad (6.8)$$

де  $Ц$  – вартість дослідження, грн;

$C$  – витрати на дослідження, грн;

$P$  – нормативна рентабельність ( $P = 30$ ), %.

$$Ц = 5267,46 + \frac{30 \cdot 5267,46}{100} = 6847,70 \text{ грн.}$$

Витрати на проведені дослідження становлять 6847,70 грн.

## Висновки до розділу

Головними статтями витрат під час виконання дослідження є витрати на основні матеріали та заробітну плату, які становлять 2530,00 грн та 1000,00 грн відповідно. Загалом, при врахуванні 30 % нормативної рентабельності, вартість проведених досліджень складає 6847,70 грн.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Встановлено, що ефективне знезараження сипких продуктів харчування, зерна, насіння, комбінованих кормів на сьогоднішній день являє собою актуальне завдання. Традиційні методи дезінфекції, засновані на застосуванні хімічних дезінфікуючих реагентів (сильних окиснювачів – хлору, озону тощо), і радіаційні методи стерилізації, що використовують різні іонізуючі випромінювання (рентгенівське, гама-випромінювання), не можуть розглядатися як задовільні, оскільки небезпечні в екологічному відношенні і, крім того, можуть приводити до істотної і небажаної зміни фізико-хімічних і біологічних властивостей оброблюваних об'єктів.

Термічні методи дезінфекції сипких продуктів харчування в їхніх різних модифікаціях досить енергоємні, вимагають дорогого устаткування та мають обмежену область застосування. Крім того, при високотемпературній обробці неминуче відбувається часткова термодеструкція багатьох білкових і інших біологічно активних структур вихідного продукту, що приводить до зниження його споживчих властивостей.

Теоретично встановлено, що ефективний напрямок розв'язку даної проблеми – використання впливу фізичних факторів на комбікорм.

Запропоновано і теоретично обґрунтовано новий варіант, у якому процес знезараження комбікормів здійснюється послідовним впливом електричних полів надвисокої частоти і ГЧ, УФ випромінювання на фоні радіохвиль.

Обґрунтувати режимно-конструктивні параметри електричного і механічного робочих органів. Для цього погоджуємо механічний робочий орган з електричним (система електромагнітного випромінювання).

Теоретично та експериментально обґрунтовано, що процес знезараження комбікормів найбільш раціонально здійснити в уже існуючому циркуляційному змішувачі, для чого була виготовлена експериментальна модель з використанням фізичних факторів, що включає бактерицидну лампу (30 Вт), джерело інфрачервоних променів (300 Вт) і високочастотний генератор (350 Вт; 40,68

МГц), продуктивністю 30 кг/год. Визначено режими і конструктивні параметри виробничого циркуляційного змішувача, що включає три бактерицидних лампи (ДРТ-500), джерело інфрачервоних променів – три лампи КГ-220-1000 і високочастотний генератор (2,5 кВт), продуктивністю 1800 кг/год. У циркуляційному змішувачі питомі енерговитрати складають 2,6 кВт-год/м<sup>3</sup>.

Експериментальним шляхом виявлені зміни загального мікробного числа в процесі впливу фізичних факторів на комбікорм. Припустимий рівень досягається через 4,7 хв, повна стерильність – 6,3 хв.

Використовуючи НВЧ генератор та ІЧ-опромінювач нагрівали комбікорм різної вихідної концентрації мікрофлори (6,8 мк-тіл/г і 3,8 мк-тіл/г). Встановлено, що при впливі бактерицидного потоку УФ променів без фону радіохвиль на комбікорм ступінь зниження бактеріального забруднення менше, ніж з фоном. Ступінь зниження залежить також від питомої потужності основного фактору, що впливає на процес.

Головними пунктами витрат під час виконання дослідження є витрати на основні матеріали та заробітну плату, які становлять 2530,00 грн та 1000,00 грн відповідно. Загалом, при врахуванні 30 % нормативної рентабельності, вартість проведених досліджень складає 6847,70 грн.

## БІБЛІОГРАФІЯ

- 1 Півоваров О.А., Ковальова О.С., Кошулько В.С. Інноваційний інжиніринг в окремих галузях харчового виробництва. Дніпро: ФОП Обдимко О.С., 2022. 407 с.
- 2 . Войтюк, Д. Г., Гаврилюк Г. Р. (1994). Сільськогосподарські машини. К.: Урожай. 446 с.
- 3 . Войтюк, Д. Г., Гаврилюк, Г. Р. (2004). Сільськогосподарські та меліоративні машини. К.: Вища освіта. 554 с.
- 4 . Півоваров О.А., Ковальова О.С., Кошулько В.С. Інноваційні методи визначення показників якості зерна: Навчальний посібник. Дніпро: ДДАЕУ, 2023. 325 с.
- 5 . Ольшанський, В. П., Бредихін, В. В., Лук'яненко, В. М., Півень, М. В., Сліпченко, М. В., Харченко, С. О. (2017). Теорія сепарування зерна: монографія. Харків: ПланетаПрінт. 803 с.
- 6 . Котов, Б. І., Пастушенко, М. Г., Степаненко, С. П. (2012). Дослідження ефективності вібровідцентрової сепарації зерна на ступінчасто-конічному решеті методом планування експериментів. Конструювання, експлуатація та виробництво сільськогосподарських машин. Випуск 42. Частина 2. С. 70-75.
- 7 . Бредихін, В. В. (2003). Обґрунтування параметрів процесу вібропневмовідцентрового розділення насіннєвих сумішей за густиною насіння. Автореф. дис. канд. техн. наук. Харків. 20 с.
- 8 . Котов, Б. І., Степаненко, С. П., Пастушенко, М. Г. (2004). Дослідження шляхів підвищення ефективності віброрешітних сепараторів зерна і насіння. Вибрации в технике и технологиях. № 3 (35). С. 61-63.
- 9 . Дерев'янку, Д. (2015). Дослідження ударної взаємодії травмування насіння поверхнею циліндричного решета вібросепаратора після його сходження з диска розподільника. Техніка і технології АПК. УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого, № 6 (69). С. 9-12.

10. Clien, C., Chiang, Y. P., Pomeranz, Y. (1989). Image analysis and characterization of cereal grains with a laser range finder and camera contour extractor. *Cereal Chem.* № 6. P. 466-470.

11. Антоненко, В. А., Ковальова, О. С., Кошулько, В. С., Олексієнко, В. О., & Алексеєнко, В. А. (2021). Способи консервації пророщених зерен.

12. Thomson, W. H., Pomeranz, Y. (1991). Classification of wheal kernels using three-dimensional image analysis. *Cereal Chem.* 68. № 34. P. 357-361.

13. Kiratiratanapruk, K., Sinthupinyo, W. (2011). Color and texture for corn seed classification by machine vision. *Int. Symp. Intell. Signal Process. Commun. Syst. "The Decad. Intell. Green Signal Process. Commun. ISPACS.* P. 7-11.

14. Ковальова О.С., Кошулько В.С. Інноваційна технологія дезінфекції технологічного обладнання харчових виробництв. The 5th International scientific and practical conference "Prospects of modern science and education" (February 07 – 10, 2023) Stockholm, Sweden. International Science Group. 2023. P. 609-612. <https://doi.org/10.46299/ISG.2023.1.5>

15. Li, J., Liao, G., Xiao, F. (2008). Rapeseed seeds colour recognition by machine vision. *Proc. 27th Chinese Control Conf. CCC.* P. 146-149.

16. Хохлов О.М. Застосування програми аналізу зображень ImageJ в дослідженнях об'єктів сортовивчення / О.М. Хохлов // *Виноградарство і виноробство. Міжвідомчий тематичний науковий збірник. Спец. випуск.* – Одеса, 2009. – С. 179-185.

17. Kovaliova O., Pivovarov O., Koshulko V. Study of hydrothermal treatment of dried malt with plasmochemically activated aqueous solutions. *Food science and technology.* 2020. Vol. 14, Issue 3. P. 113-121 DOI: <https://doi.org/10.15673/fst.v14i3.1799>

18. Сухін, В. С., Чорнобай, І. В., Калічава, Г.Т. (2018). Патент на корисну модель UA 122770 U, МПК В07В 4/02 (2006.01), А01F 12/44 (2006.01). Універсальний аеродинамічний сепаратор серії "Сад" з додатковим очищенням зернового матеріалу. Заявник Сухін В. С., Чорнобай І. В., Калічава Г.Т. № u 2017 07797. Заявл. 24.07.2017. Опубл. 25.01.2018, Бюл. № 2.

19. Сухін, В. С., Чорнобай, І. В., Калічава, Г. Т. (2018). Патент на винахід UA 116073 C2, МПК B07B 4/02 (2006.01), B07B 11/06 (2006.01), B07B 11/08 (2006.01), A01F 12/44 (2006.01). Спосіб сепарації з додатковим очищенням зернового матеріалу та аеродинамічний сепаратор "Сад" для його реалізації. Заявник Сухін В. С., Чорнобай І. В., Калічава Г.Т. № а 2017 01824. Заявл. 27.02.2017. Опубл. 25.01.2018, Бюл. № 2, 2018 р.

20. Фадєєв, Л. В. (2008). Патент на корисну модель UA 36999 U, МПК B07B 4/02 (2008.01). Струминний сепаратор Фадєєва. Заявник Фадєєв Л. В. № u200808062. Заявл. 13.06.2008. Опубл. 10.11.2008, Бюл. № 10.

21. Гапонюк, О. І., Гросул, Л. Г., Мосієнко, Г. А., Яцкова, Т. Й., Гончарук, Г. А. (2011). Патент на корисну модель UA 63368 U, МПК B07B 4/04 (2006.01). Повітряно-гравітаційний сепаратор. Заявник Одеська національна академія харчових технологій. № u201102177. Заявл. 24.02.2011. Опубл. 10.10.2011, Бюл. № 19.

22. Кирпа, М. Я., Скотар, С. О., Рослик, О.О. (2014). Дослідження процесу та параметрів аеродинамічного сепарування однокомпонентних насінневих сумішей. Вісник Дніпропетровського державного аграрно-економічного університету. № 2 (34). С. 95-98.

23. Гросул, Л. Г., Гапонюк, О. І., Мосієнко, Г. А., Яцкова, Т. Й., Гончарук, Г. А. (2011). Повітряно-гравітаційний сепаратор для попередньої обробки збіжжя. Зернові продукти і комбікорми. № 2 (42). С. 40-42.

24. Головня Н., Мелікова К., Іщенко О., Ковальова О. Перспективи використання пророщеного зерна під час виробництва комбікорму. Збірник тез II Всеукраїнської науково-практичної конференції «Органічне агровиробництво: освіта і наука». 31 жовтня 2019 року, Науково-методичний центр ВФПО. Київ, 2019. С.154-155.

25. Міщенко, М. І., Ріда, В. П. (2000). Патент на корисну модель UA 553 U, МПК (2006) B07B 9/00. Зерноочищувальний сепаратор. Заявник Відкрите акціонерне товариство "Хорольський механічний завод". № 99105723. Заявл. 19.10.1999. Опубл. 15.09.2000, Бюл. № 4.

26. Савицький, С. М., Колісник, С. О., Дубовецький, А. О. (2018). Патент на корисну модель UA 127890 U, МПК (2018.01) B07B 1/00. Сепаратор зерноочисний. Заявник Савицький С. М., Колісник С. О., Дубовецький А. О. № u 2018 02500. Заявл. 12.03.2018. Опубл. 27.08.2018, Бюл. № 16.

27. Іхно, М. П., Фадеев, Л. В. (2002). Патент на винахід UA 51792 C2, МПК B07B1/46. Калібрувальна машина. Заявник Харківський державний політехнічний університет, Акціонерна компанія "Контакт". № 99126926. Заявл. 20 12 1999. Опубл. 16 12 2002, Бюл № 12.

28. Фадеев, Л. В. (2011). Патент на корисну модель UA 58428 U, МПК (2011.01) B07B 13/00. Очищально-калібрувальна машина. Заявник Фадеев Л. В. № u201011738. Заявл. 04.10.2010. Опубл. 11.04.2011, Бюл. № 7.

29. Верещинський, О. П. (2017). Патент на винахід UA 115191U, МПК (2017.01), A01F 12/44 (2006.01), B07B 1/00. Ситовий сепаратор. Заявник Верещинський О. П. № а 2016 03746. Заявл. 07.04.2016. Опубл. 25.09.2017, Бюл.№ 18.

30. Чурсінов, Ю. О., Ковальова, О. С., Єрмакова, В. О., Ющенко, К. О. (2020). Спосіб виробництва повнораціонних комбікормів з біологічно активними рослинними добавками.

31. Чурсінов, Ю. А., Ковалева, Е. С., Калина, В. С., Мыколенко, С. Ю., & Хомык, Н. И. (2019). Технология производства биологически-активных фитокармливых добавок из сока зеленых растений. Птицеводство, (9-10), 51-57. <http://dx.doi.org/10.33845/0033-3239-2019-68-9-10-51-57>

32. Gulling Michael John, Blurray Benedict Mark. (1981). Sorting objects. Gunson`s Sortex Ltd. Заявка Великобритании, кл. B 07 C 5/342, G 01 И 21/00. НКИ G 1 A, N2091415. Заяви 19.01.81 N8101541. Опубл. 28.07.82.

33. Galling Michael John, Deefholts Murray Benedict Mark. (1981). Sorting objects. Gunson`s Sortex Ltd. Заявка Великобритании, кл. B 07 C 5/02, G 01 N 21/00, НКИ. G 1 A. Заявл. 19.01.81, N 8101542. Опубл. 28.07.82.

34. Lockett James F. (1982). Univeisal sorting apparatus. Патент США, кл. B 07 C. 5/342, НКИ 209/564, N4344539. Заявл. 05.05.78, N 903050. Опубл. 17.08.82.

35. Pivovarov O., Kovalova O., Koshulko V., Aleksandrova A. Study of use of antiseptic ice of plasma-chemically activated aqueous solutions for the storage of food raw materials. Food science and technology. 2021. Vol. 15, Issue 4. P. 95-105. DOI: <https://doi.org/10.15673/fst.v15i4.2260>
36. Pivovarov, O., Kovaliova, O., Khromenko, T., Shuliakevych, Z. Food Science and Technology, Volume 11 Issue 4/2017. P. 29-35. DOI: <http://dx.doi.org/10.15673/fst.v11i4.728>
37. Чурсінов Ю.О., Ковальова О.С. Аналіз перспектив використання відходів солодового та пивоварного виробництв. Техніка, енергетика, транспорт АПК. 2017. № 1 (96). С. 144-149.
38. Baumler, E., Cuniberti, A., Nolasco, S., Riccobene I. (2006). Moisture dependent physical and compression properties of safflower seed. Journal of Food Engineering. Vol. 72. P. 134-140.
39. Kovalova O.S., Chursinov Yu.O., Kofan D.D. Research of hydrothermal processing of dry barley malt. Grain Products and Mixed Fodder's. 2018. Vol.18, Issue 4. P.13-18. <https://doi.org/10.15673/gpmf.v18i4.1190>
40. Pivovarov O., Kovaliova O. Features of grain germination with the use of aqueous solutions of fruit acids. Food Science and Technology. 2019. Volume 13 Issue 1. P.83-89. DOI: <http://dx.doi.org/10.15673/fst.v13i1.1334>
41. Білокопитов О. О. (2012). Аналіз результатів визначення критичної швидкості та коефіцієнту парусності складових зернового вороху. Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету. Мелітополь. Вип. 2. Т. 5. С. 198-207.
42. Aliiev, E., Gavrilenko, A., Tesliuk, H., Tolstenko, A., Koshul'ko, V. (2019). Improvement of the sunflower seed separation process efficiency on the vibrating surface. Acta Periodica Technologica, APTEFF, 50, P. 12-22.
43. Nykyforov, A., Antoshchenkov, R., Halych, I., Kis, V., Polyansky, P., Koshulko, V., Tymchak, D., Dombrovska, A., Kilimnik, I. (2022). Construction of a regression model for assessing the efficiency of separation of lightweight seeds on vibratory machines involving measures to reduce the harmful influence of the

aerodynamic factor. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2 (1 (116)), 24–34. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.253657> (Scopus).

44. В.С. Кошулько, Ю.О. Чурсінов. Н.А. Сова. Вплив динамічної нерівномірності коливань робочого столу падді-машини на сепарування зернових сумішей. Ст. 90-98. *Сільськогосподарські машини*. Вип. 49. ЛНТУ, Луцьк, 2023. 142с. ( 0,12 др. арк.)

45. Aliiev E., Aliieva O., Maliehin R. Technical and technological provision of complex waste processing of plant raw oil cultures in food for organic animals. *Scientific Horizons*. 2020. № 07 (92). P. 112-19. DOI: 10.33249/2663-2144-2020-92-7-112-119.

46. Чурсинов Ю.А., Ковалева Е.С., Кошулько В.С., Калина В.С., Пришедько В.М. Биоактивация зерна с использованием фруктовых кислот. *Вестник российской сельскохозяйственной науки*. 2020. № 2. С. 26-28. DOI: <http://dx.doi.org/10.30850/vrsn/2020/2/26-28>

47. Kovalova O., Pivovarov O., & Koshulko, V. Effect of plasma-chemically activated aqueous solutions on the process of disinfection of food production equipment. *Food Science and Technology*. 2022. 16 (3). P. 61-70. DOI: <https://doi.org/10.15673/fst.v16i3.2392>

48. Півоваров О.А., Ковальова О.С. Сучасні методи інтенсифікації солододорощення: монографія. Дніпро: ДВНЗ УДХТУ, 2020. 242 с.

49. Pivovarov O., Kovaliova O., Koshulko V. Effect of plasmochemically activated aqueous solution on process of food sprouts production. *Ukrainian Food Journal*. 2020. Volume 9. Issue 3. P. 575-587. DOI: <https://doi.org/10.24263/2304-974X-2020-9-3-7>.