

**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 технології виготовлення  
комбікормів для свійської птиці**

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

\_\_\_\_\_ Катерина СОСНОВЧИК

**Керівник:** \_\_\_\_\_ Віталій КОШУЛЬКО

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

Дніпро 2024

**ДНІПРОВСЬКИЙ 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.

**ЗАВДАННЯ  
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧЦІ ВИЩОЇ ОСВІТИ**

Сосновчик Катерині Іванівні

1. Тема роботи: «Обґрунтування технології виготовлення комбікормів для свійської птиці».

Керівник роботи: Кошулько Віталій Сергійович, кандидат технічних наук, доцент, 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. Технологія виробництва гранульованих та розсипних комбікормів 2. Наукова, нормативна, технологічна, технічна та патентна документація.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити). Вступ. 1 Стан технології виробництва комбікормів для свійської птиці. 2 Розробка і дослідження схем технології комбікормів заданої крупності. 3 Експериментальні дослідження та їх результати. 4 Практичне впровадження отриманих результатів. 5 Охорона праці та захист навколишнього середовища. 6 Організаційно-економічна частина. Загальні висновки. Бібліографія.

5. Перелік демонстраційного матеріалу

1. Стан технології виробництва комбікормів для свійської птиці. 2 Мета та задачі дослідження. 3 Розробка і дослідження схем технології комбікормів заданої крупності. 4 Експериментальні дослідження та їх результати. 5 Практичне впровадження отриманих результатів. 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	доцент КОШУЛЬКО Віталій	26.12.2023	12.02.2024
5	доцент КОШУЛЬКО Віталій	26.12.2023	12.02.2024
6	доцент КОШУЛЬКО Віталій	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	Стан технології виробництва комбікормів для свійської птиці	01.01-08.01.24	виконано
3	Розробка і дослідження схем технології комбікормів заданої крупності	09.01-15.01.24	виконано
4	Експериментальні дослідження та їх результати	16.01-22.01.24	виконано
5	Практичне впровадження отриманих результатів	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 \_\_\_\_\_ Катерина СОСНОВЧИК  
( підпис )

Керівник роботи \_\_\_\_\_ Віталій КОШУЛЬКО  
( підпис )

## РЕФЕРАТ

Тема: «Обґрунтування технології виготовлення комбікормів для свійської птиці»

**Кваліфікаційна робота містить:** 75 с., 18 рис., 17 табл., 49 літературних джерел посилань.

**Об'єкт дослідження** – технологічний процес виробництва комбікормів заданої крупності для свійської птиці та його режими.

**Предмет дослідження** – взаємозв'язок основних параметрів технологічного процесу виробництва комбікормів заданої крупності для свійської птиці їх вплив його на ефективність.

**Мета роботи:** наукове обґрунтування технології комбікормів заданої крупності для сільськогосподарської птиці та розробка ефективних способів впливу на сировину, що підвищують якість готової продукції і знижують енергетичні витрати.

Пошук і виявлення шляхів досягнення оптимальних компоновальних рішень схем можуть створити реальні перспективи в розробці ресурсозберігаючих технологій комбікормів заданої крупності для сільськогосподарської птиці, що вельми актуально в даний час.

Необхідно проводити дослідження з розробки нових рецептур компонентів, що дозволяють підвищити споживчі властивості і живильну цінність кормів для птиці, забезпечити ефективне сепарування комбікормів заданого гранулометричного складу і оптимальні умови для отримання необхідного складу і будови проміжних продуктів.

### КЛЮЧОВІ СЛОВА

*Комбікорм, гранули, подрібнення, робота, сортувальна машина, жир, ефективність, дослідження, експеримент, випробування.*

## ЗМІСТ

ВСТУП	7
1 СТАН ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА КОМБІКОРМІВ ДЛЯ СВІЙСЬКОЇ ПТИЦІ	9
1.1 Пріоритетні напрямки в технології виробництва комбікормів для птиці	9
1.2 Вплив режимів сортування на ефективність розділення кормових сумішей	14
1.3 Підвищення поживної цінності комбікормів для птиці	22
1.4 Мета і завдання досліджень	27
2 РОЗРОБКА І ДОСЛІДЖЕННЯ СХЕМ ТЕХНОЛОГІЇ КОМБІКОРМІВ ЗАДАНОЇ КРУПНОСТІ	29
2.1 Методика дослідження	29
2.2 Аналітичне обґрунтування продуктивності лінії гранулювання при виробленні комбікормів заданої крупності	34
Висновки до розділу	41
3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ЇХ РЕЗУЛЬТАТИ	42
3.1. Експериментальна установка і методика проведення експерименту	42
3.2 Результати проведення експериментальних досліджень	45
Висновки до розділу	51
4 ПРАКТИЧНЕ ВПРОВАДЖЕННЯ ОТРИМАНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ	52
4.1 Спосіб обробки в технології виробництва комбікорму заданої крупності для свійської птиці у виробничих умовах	52
4.2 Результати дослідження хімічного складу комбікормів різного виду	58
Висновки до розділу	60
5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА	61
5.1 Розробка карти безпеки праці	61
5.2 Утилізація відходів виробництва	62
Висновки до розділу	62

6 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА	63
6.1 Організація проведення дослідження	63
6.2 Витрати, пов'язані з проведенням дослідження	64
6.3 Розрахунок вартості дослідження	67
Висновки до розділу	68
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	69
БІБЛІОГРАФІЯ	70

## ВСТУП

Вітчизняне виробництво комбікормів для свійської птиці в загальному обсязі виходить на перше місце, що пов'язано з розвитком птиціництва, створенням конкурентоспроможної продукції птахофабрик на внутрішньому ринку. Сучасний етап розвитку комбікормової промисловості характеризується інтенсифікацією технологічних процесів, спрямованих в першу чергу на підвищення якості і асортименту готової продукції, яка відповідає певному виду і групі тварин і птиці. Успішне вирішення задач, що стоять перед галуззю, пов'язане з корінною реконструкцією комбікормових підприємств, оснащенням їх сучасною технікою, створенням принципово нових енергетично вигідних, екологічно безпечних технологій, що забезпечують глибоку комплексну маловідходну переробку сировини і виробництво комбікормів високої живильної цінності і доброякісності.

Пошук і виявлення шляхів досягнення оптимальних компонувальних рішень схем можуть створити реальні перспективи в розробці ресурсозберігаючих технологій комбікормів заданої крупності для сільськогосподарської птиці, що вельми актуально в даний час.

Необхідно проводити дослідження з розробки нових рецептур компонентів, що дозволяють підвищити споживчі властивості і живильну цінність кормів для птиці, забезпечити ефективне сепарування комбікормів заданого гранулометричного складу і оптимальні умови для отримання необхідного складу і будови проміжних продуктів.

Недостатньо реалізовані можливості економії теплоенергетичних ресурсів за рахунок розробки нових режимів роботи, оптимізації і управління кормовиробництвом. Це питання потребує свого подальшого розвитку на основі вдосконалення інформаційного забезпечення процесів та складання структурних схем управління технологічними параметрами.

Значний внесок у розвиток технології і обладнання комбікормового виробництва внесли такі вітчизняні та зарубіжні вчені як Гортинський В.В., Заїка

П.М., Цеціновській В.М., Авдєєв Н.Є., Калошина Е.Н., Орлов А.І., Черняєв Н.П., Афанасьєв В.А., Buhler A., Hansen R., Mogensen F.I ін., однак проблема повністю не вирішена.

Мета роботи: наукове обґрунтування технології комбікормів заданої крупності для сільськогосподарської птиці та розробка ефективних способів впливу на сировину, що підвищують якість готової продукції і знижують енергетичні витрати.

Відповідно до поставленої мети визначено такі завдання:

1. Аналіз основних методів та засобів для вдосконалення технології виробництва комбікормів заданої крупності.

2. Дослідження процесу сортування суміші подрібнених гранул і розсипного комбікорму і визначення раціональної області зміни технологічних параметрів за питомими енергетичним витратам, ступеня видалення готової продукції та продуктивності просіювальної машини.

3. Комплексний аналіз якості комбікормів різного виду за показниками, амінокислотним складом, збереження вітамінів, санітарно-гігієнічним нормам.

4. Виробничі випробування та впровадження в промисловість запропонованої технології.

Об'єкт дослідження – технологічний процес виробництва комбікормів заданої крупності для свійської птиці та його режими.

Предмет дослідження – взаємозв'язок основних параметрів технологічного процесу виробництва комбікормів заданої крупності для свійської птиці їх вплив його на ефективність.

# 1 СТАН ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА КОМБІКОРМІВ ДЛЯ СВІЙСЬКОЇ ПТИЦІ

## 1.1 Пріоритетні напрямки в технології виробництва комбікормів для птиці

Сучасний етап розвитку комбікормової промисловості характеризується інтенсифікацією технологічних процесів, спрямованих в першу чергу на підвищення якості кінцевого продукту, створення високопродуктивного і високоефективного обладнання і технологій, що забезпечують науково-технічний прогрес в галузі [22].

У загальному обсязі виробництва комбікорму для сільськогосподарських птиці займає перше місце в галузі [24].

Виробництво яєць і м'яса птиці в Україні в основному організовано на промисловій основі. У країні є достатня кількість птахофабрик з сучасним технологічним обладнанням і високопродуктивними гібридними породами птиці. При дотриманні всіх технологічних параметрів утримання і годівлі від неї можна отримати високу продуктивність при низьких витратах кормів на одиницю продукції [32].

Однак реалізувати генетичний потенціал продуктивності сучасних кросів птиці не завжди вдається у зв'язку з низькою якістю комбікормів і незбалансованістю їх по сиromу протеїну, енергії, мінеральних речовин, вітамінів, інших біологічно активних речовинам. Відчувається сьогодні і недолік компонентів комбікормів. За цим реальні витрати кормів на більшості птициничих підприємствах значно перевищують встановлені норми, наприклад, на 1 кг приросту бройлерів витрата корму становить 3,9 кг, а на 10 яєць близько 1,8 кг. Це пояснюється не тільки дефіцитом окремих компонентів, але і нераціональним використанням кормових засобів [31].

Проблеми раціонального годування, економії корму і збільшення його виробництва з використанням нових технологій з традиційної і нетрадиційної сировини тісно взаємопов'язані. Якість комбікорму оцінюють за рівнем

поживних речовин, але цього недостатньо, тому що перетравлення окремих компонентів багато в чому залежить від їх набору, а також технологічності комбікорму в цілому. Комбікормова промисловість України не випускає в повному обсязі комбікорми за видами і віковими групам птиці, і годувати її на птахофабриках доводиться як правило кормом, що не відповідає певній віковій групі [42].

За останні роки в області годування, зоології, біохімії, технології приготування комбікормів отримані нові наукові дані по оцінці поживності кормів і нормованого годування сільськогосподарської птиці, з'явилися нетрадиційні кормові засоби і добавки, які вже в даний час широко використовуються в птиціництві [8].

В даний час комбікормові підприємства виробляють комбікорми для сільськогосподарської птиці в розсипному, гранульованому вигляді і у вигляді крупки з гранул. Питанням використання комбікормів для птиці в розсипному і гранульованому вигляді присвячений ряд робіт [34].

При застосуванні комбікормів в розсипному вигляді виникає небезпечність того, що, з одного боку, через занадто тонкої структури корму погіршується його поїдання, а, отже, знижується продуктивність курей-несучок. З іншого боку, при занадто грубому помелі настає розшарування суміші і погіршується якість [39]. Крім того, застосування комбікорму в розсипному вигляді сприяє появі пилу в пташнику, ускладнення розвантаження силосів, порушення функції кормового ланцюжка. Для усунення недоліків згодовування розсипних комбікормів курям-несучкам, відгодовуваних по індустріальній технології, було проведено велику кількість досліджень із застосуванням гранульованих кормів. Незважаючи на велику різницю результатів цих дослідів спостерігається тенденція, що застосування гранульованих комбікормів для відгодівлі курей-несучок через високу вартість кормів неекономічна [16]. Висока вартість кормів є результатом великих втрат корму і високих витрат на гранулювання. Тому були спроби обмежити втрати комбікормів шляхом подрібнення гранул і досягти хорошого поїдання цих кормів [18].

До комбікормів для птиці пред'являються високі вимоги як за поживністю, так і за фізичним станом. Науково-обґрунтовані основи годівлі птиці наведені в «Рекомендаціях з годівлі сільськогосподарської птиці». Комбікорми для птиці повинні включати 8 – 15 компонентів, основними з яких є кукурудза, ячмінь, пшениця, шроти, рибне, м'ясо-кісткове борошно, висівки, мінеральні компоненти (вапняк, фосфат), вітаміни, мікроелементи і ін. Важлива роль належить і фізичній формі корму. Всі зернові корми повинні бути подрібнені [17].

При виробництві розсипних комбікормів для птиці важливе значення має технологія подрібнення компонентів. Питаннями подрібнення компонентів комбікормів займалися багато дослідників як в нашій країні, так і за кордоном [19].

Літературні дані з питання оптимальної крупності комбікормів для птиці вельми суперечливі, що багато в чому пов'язано з різницею в оцінці ступеня подрібнення компонентів [36].

На підставі робіт, виконаних поруч дослідників відзначається, що при будь-якій крупності помелу якість комбікорму вважається тим вище, чим менше в ньому борошністого пилоподібного продукту (прохід через сито з отворами  $0,2 \times 0,2$  мм) [22].

Тонкоподрібнений продукт втрачається при навантаженні, розвантаженні, транспортуванні та роздачі корму, важко змочується водою і слиною птиці і тварин і гірше засвоюється їх організмом. Подрібнення компонентів до однакового розміру часток всіх видів сировини сприяє їх кращому змішуванню і перешкоджає самосортуванню частинок в готовій продукції при транспортуванні їх споживачам [6].

Проведеними дослідженнями, встановлено, що при виробленні комбікормів для сільськогосподарської птиці, що відповідають вимогам стандарту, необхідно застосовувати двоступеневе подрібнення з проміжним просіюванням [20].

Наукою і практикою доведено, що для бройлерів слід виробляти комбікорми в гранульованому вигляді або у вигляді крупки з гранул. Згодовування гранульованих комбікормів курям-несучкам негативно

позначається на їх несучості [7]. Зарубіжний досвід також показує, що, наприклад, в Нідерландах до 90 % комбікормів виробляють в гранульованому вигляді, крім комбікормів для дорослої птиці, так як найкраща продуктивність забезпечується при годуванні розсипними комбікормами [19].

В інших джерелах зазначається, що розсипні комбікорми для птиці повинні мати регламентовану крупність. При годуванні дрібним комбікормом погіршується його поїдання, що знижує продуктивність курей-несучок. При великій крупності окремих частинок комбікорму погіршується якість через розшарування суміші [5].

Стандартами встановлено вимоги щодо крупності комбікормів. У відповідності з ГОСТ 18221-99 крупність розсипного комбікорму характеризується показниками: залишок на ситі з отворами  $\varnothing$  3 мм – не менше 2,0 % при вмісті цілих зерен не більше 0,5 %; вміст дрібних часток не обмежується [5]. Практично виробляються комбікорми, де основними машинами для подрібнення є дробарки, вони являють собою полідисперсні суміші, що містять до 50 – 60 % дрібних фракцій (прохід через сито з отворами  $\varnothing$  1 мм), в т.ч. до 20 % пилоподібних (прохід через сітки з отворами 0,2 мм). Це обумовлює підвищена витрата електроенергії на подрібнення, призводить до розпилу при транспортуванні усіма видами транспорту, погіршує санітарно-гігієнічні умови роботи. Втрати комбікорми у вигляді пилоподібної фракції мають місце при завантаженні, розвантаженні комбікормів, годівлі птиці.

Птиціницькі господарства воліють отримувати комбікорм для птиці у вигляді крупки з гранул. Діапазон крупності крупки встановлений ГОСТ 28078-89 в досить широких межах. Так, для курей-несучок верхня межа обмежена залишком на ситі  $\varnothing$  5 мм – не більше 10 %, нижній – прохід через сито  $\varnothing$  1 мм – не більше 18 %. Це дозволяє підприємствам виробляти крупку з гранул діаметром від 4,7 до 7,7 мм без фракціювання на просіювальних машинах, що не задовольняє споживачів і вони вимагають постачати крупку більш вирівняного гранулометричного складу.

Поряд з цим в даний час комбікормова промисловість ще не в змозі забезпечити вироблення всього комбікорму для птиці в гаранульметричному вигляді у вигляді крупки з гранул через недостатньо розвинену технічну базу [24].

Вітчизняні вчені також відзначають, що оцінка якості комбікормів для птиці тільки за поживними речовинами недостатня, необхідно вказувати перетравність окремих компонентів, а також технологічність комбікормів в цілому. У зв'язку з цим має приділятися велика увага питанням зменшення пилоподібної фракції в розсипному комбікормі, яка обумовлює підвищені втрати, погіршує санітарно-гігієнічні умови при виробництві та годуванні [10].

Останнім часом в проспектах фірми Бюлер (Швейцарія) рекламується виробництво так званого «структурованого комбікорму», тобто комбікорму вирівняної крупності [18].

Таким чином, вироблення «крупчатого» комбікорму для птиці є необхідним фактором. Однак проведений патентний пошук нових способів виробництва комбікормів вирівняної крупності і крупки з гранул показав, що в опублікованих патентах немає прийнятних для практики ефективних способів отримання комбікормів заданої крупності.

Практика показує, що не всі підприємства можуть виконати вимоги стандартів по крупності. Разом з тим, вивчення досвіду роботи комбікормових заводів дозволяє відзначити, що в даний час отримують розповсюдження різні варіанти побудови схем технологічного процесу, що забезпечують високу якість продукції. З огляду на підвищені вимоги до крупності комбікормів пропонується нова технологія виробництва комбікормів для сільськогосподарської птиці заданої крупності.

## 1.2 Вплив режимів сортування на ефективність розділення кормових сумішей

Сепарування сипучих матеріалів є найбільш поширеним процесом, використовуваним в борошномельній, круп'яній, комбікормовій, елеваторній, харчовій та інших галузях промисловості.

Аналіз машин, використовуваних для сепарування важкосипкої сировини і гранульованих комбікормів за принципом дії (рис. 1.1), вказує на їх відмінності один від одного за всіма основними відмітними ознаками: робочому органу, його руху і очищенню, взаємодії оброблюваного матеріалу з робочим органом. Слід зазначити, що нові просіваювальні машини А1-ДМП-10, А1-ДМП-15, А1-ДМП-20 відносяться до плоскорешітних вібросепараторів з спрямованими коливаннями у вертикальній площині і відрізняються найбільш різноманітним характером взаємодії матеріалу з решетом (ковзання, підкидання, зіткнення), що визначається силами ваги й інерції робочого органу [6]. У різний час різними авторами визначені технологічні показники роботи зазначених машин [17].

У роботі [11] представлені результати досліджень по інтенсифікації процесу очищення борошністої сировини на плоских ситах, здійснюють зворотно-поступальний рух. Для оптимізації процесу сепарування застосований симплексний метод. Як варіюючими факторами прийняті: амплітуда коливань, кут нахилу сита до горизонталі, спрямованість коливань. Ефективність сепарування оцінюється ступенем вилучення прохідової фракції. В результаті проведених досліджень рекомендовано збільшити прискорення сита, з метою підвищення ефективності і продуктивності сепарування борошністої сировини.

До аналогічного висновку прийшов автор роботи [36], дослідивши процес сепарування таких компонентів комбікормів, як висівки, рибне, м'ясо-кісткове борошно. Він стверджує, що прискорення сита має знаходитися в межах 17 – 35 м/с.

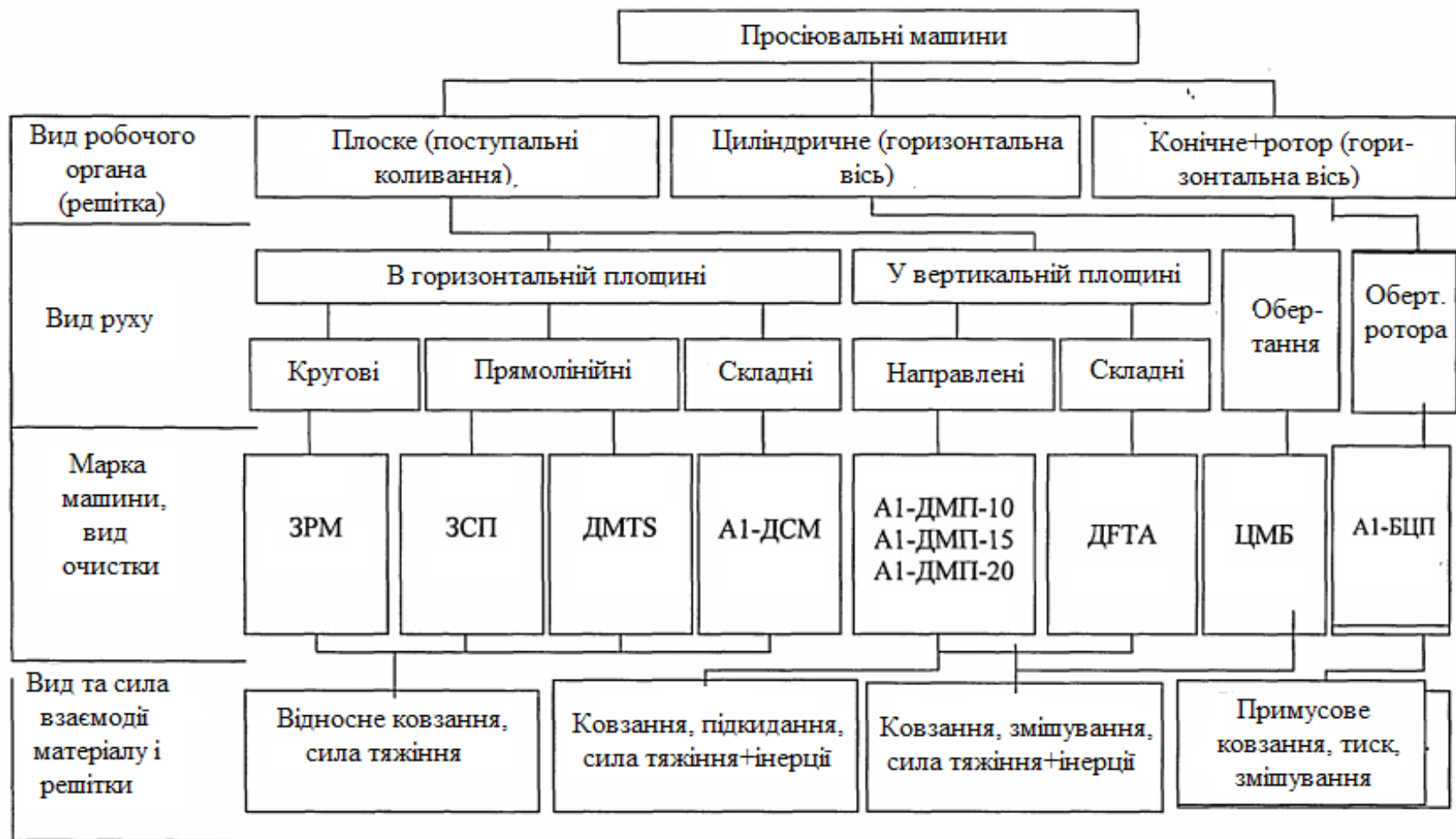


Рисунок 1.1 – Класифікація просіювальних машин за принципом дії

У роботі [40] проведено дослідження процесу сепарування подрібнених гранул методом планування екстремальних експериментів. В якості основних факторів були обрані амплітуда коливань, частота коливань, кут нахилу сита і питоме навантаження. Як параметр оптимізації використовували ступінь вилучення прохідової фракції.

Автори відзначають, що навіть на підставі досліджень багатфакторних залежностей не надається можливість визначити оптимальну величину навантаження.

Найбільша ефективність сепарування для питомого навантаження від 40 до 100 кг/см·год досягнута при амплітуді коливань 9 – 10 мм, частоті коливань 400 – 450 кол/хв і куті нахилу сита 9 – 11 град.

У пошуках шляхів інтенсифікації процесу сепарації авторами роботи [45] розроблений сепаратор з круговими коливаннями у вертикальній площині. Були проведені дослідження по сепаруванню соняшникового шроту, м'ясо-кісткового борошна і пшеничних висівок. Ефективність оцінювали ступенем вилучення прохідової фракції. У результаті проведених досліджень знайдені оптимальні значення основних параметрів сепаратора: кут нахилу сита – 10 – 12 град., амплітуда коливань – 0,0019 м, частота коливань – 20 Гц.

Автором роботи [37] запропонований сепаратор зі складним законом руху точок сита по його довжині від кругового поступального в горизонтальній або вертикальній площині на приймальному кінці до прямолінійного зворотно-поступального на розвантажувальному кінці сита. Для розробки конструкції такого сепаратора проведені дослідження щодо впливу середньої швидкості подачі продукту на ефективність сепарування.

Основний фактор, що визначає поведінку сипучих матеріалів в умовах впливу на них зовнішніх сил, тобто співвідношення між щепленням частинок і інтенсивністю зовнішніх механічних впливів на дисперсні системи. Звідси випливає, що міцність зв'язків характеризують величину сил зчеплення між частинками, з одного боку, і інтенсивність механічних впливів, з іншого боку, є

фактор, що становить основу для суворого фізичного підходу до визначення параметрів механічних впливів на сипучі матеріали.

З цих позицій цікавими представляються роботи, спрямовані на зміну реологічних характеристик важкосипких компонентів під дією вібраційних коливань, з метою інтенсифікації технологічних процесів. Результати цих робіт багато в чому пояснюють поведінку сипучих тіл на поверхні вібруючого робочого органу машини.

Так, в роботі [28] досліджувався поведінку компонентів комбікормів під впливом вібраційних коливань при частоті 50 Гц і амплітудою 0,1 – 0,6 мм. В результаті проведених досліджень автори встановили, що віброзрвдені шари компонентів комбікормів ведуть себе як не ньютоновські системи, наближаючись до поведінки бінгамова тіла.

В роботі [11] вивчали вплив вертикальних коливань на сипке середовище. Для режимів з підкиданням характерно перебування частинок на протязі деякої частини або всього циклу коливань в стані польоту над коливальною площиною. Шар сипучого матеріалу в цьому випадку знаходиться в стані псевдозрідження і набуває властивостей в'язких рідин. У зв'язку з цим автори розглядають рух сипучого матеріалу по вібруючій поверхні в режимі з підкиданням як квазістаціонарний рух рідини. При цьому передбачається, що шар матеріалу, дотичний з робочим органом, отримує зрушення в напрямку руху, в той час як рух у верхніх шарах матеріалу розвивається за рахунок сил тертя.

У роботі [12] досліджували процес вібраційного транспортування компонентів комбікормів. Відзначено, що при транспортуванні матеріалу в режимі з підкиданням шар його, що входить в безпосередній контакт з вібруючою поверхнею, отримує від неї силові імпульси, величина і напрямок яких визначаються динамічними характеристиками вібраційної машини.

В результаті проведених досліджень встановлено, що виробнича діяльність транспортування компонентів зростає зі збільшенням амплітуди коливань, а зміна кута нахилу вібруючої поверхні до горизонту до 3 град, не впливає на продуктивність.

Необхідно відзначити, що для суміжних галузей промисловості – борошномельно-круп'яної і елеваторної – виконано велику кількість науково-дослідних і дослідно-конструкторських робіт, присвячених вивченню і вирішенню як приватних, так і загальних проблем інтенсифікації процесу сепарування зерна та продуктів його переробки [15].

Процес сепарування є одним з провідних на підприємствах по зберіганню і переробці зерна в продовольчі та кормові продукти і виконується на різних машинах, що відрізняються характеристикою сит, формою робочих органів, видом їх руху, способом очищення, приводними механізмами [34]. Особливості конструкцій і принципів дії, а також основи теоретичних розрахунків процесів та динаміки роботи викладені в роботах багатьох вчених.

Великий внесок у розвиток теорії і практики процесу сепарування в цілому і його інтенсифікації, зокрема, на основі сучасних наукових уявлень цієї проблеми внесли вчені [1, 8, 45] та інші.

Вченим [8] представлено результати по розробці теорії відцентрових сепараторів зернових матеріалів. Ним розглядаються питання теорії руху зернового матеріалу в відцентрових сепараторах різноманітних типів, дані теоретичні обґрунтування технологічного процесу центрифугування зернових сумішей і принципів його оптимізації. Автор, ґрунтуючись на аналіз отриманих результатів, рекомендує використовувати відцентрові сепаратори для очищення зерна на елеваторах, а також для відбору дрібної фракції зерна на борошномельних заводах.

Важливою особливістю відцентрових сепараторів з конічним ротором є можливість їх використання для поділу зернових матеріалів за формою і станом поверхні.

У відцентрових конічних сепараторах диференціювання геометричних і кінематичних характеристик руху частинок за властивостями поверхні відбувається одночасно під дією відцентрових, коріолісових і гравітаційних сил, внаслідок чого, на думку автора, можна значно підвищити швидкість продукту і питому продуктивність сепаратора.

Автором встановлено, що в фрикційних конічних сепараторах забезпечується селективна дія складного силового поля, в результаті чого опір руху частинок з різними фрикційними властивостями змінюється не пропорційно їх коефіцієнтам опору. Завдяки такому впливу одночасно з підвищенням продуктивності відцентрових сепараторів збільшується їх технологічна ефективність. З урахуванням виявленої специфіки розроблені схеми відцентрових фрикційних сепараторів, які поділяють зернові матеріали по ознакам, як геометричні, так і кінематичним характеристикам.

Важливим в працях Гортинського В.В. є, розроблена ним, теорія пошарового руху сипучого матеріалу, що дозволяє пізнати фізичну сутність процесу сепарування.

Залежно від фізико-механічних властивостей сипучого матеріалу і параметрів кругових коливань аналітично характеризується рух будь-якого шару сипучого матеріалу, градієнт швидкості шарів, а також швидкість нижнього шару відносно поверхні сита. Автором отримано наближене вираження для коефіцієнта опору відносному зсуву шарів і визначені оптимальні кінематичні параметри робочого органу, які служать основою для інженерних розрахунків.

Гортинським В.В. теоретично розглянуті і експериментально підтверджені закони руху частинок в середовищі сипучого матеріалу при кругових поступальних коливаннях горизонтальної опорної віброплощини. Досліджено вплив товщини шару продукту на інтенсивність просіювання, яка при збільшенні маси верхніх шарів зростає. При досяганні критичної товщині шару забезпечується безперервний рух шару в контакті з ситом. Подальше збільшення товщини шару супроводжується збільшенням сил взаємодії між частинками нижнього шару і, зокрема, сил тертя, що ускладнює потрапляння частинок в отвори сита.

На підставі розроблених теорій під керівництвом Гортинського В.В. ведуться розробки нових сепарувальних машин для борошномельно-круп'яної промисловості.

Заїка П.М. розглядає питання теорії сепарувальних машин, робочий орган яких здійснює просторові вібраційні коливання.

Автор вважає, що одним з основних завдань механіки вібраційної машини є визначення закону руху робочого органу машини. Другим важливим завданням механіки машини є визначення критичних або резонансних власних частот коливної системи та реалізації можливості їх усунення.

Змінюючи конструктивні і динамічні параметри машини, можна здійснити безліч сталих режимів руху частинок по вібруючій поверхні, в числі яких є як регулярні, так і прискорені. Відшукування цих режимів і дослідження стійкості руху частинок при них є однією з основних задач по встановленню оптимального режиму роботи машини.

В результаті проведених автором досліджень встановлено, що маса матеріалу, що завантажується становить 0,05 – 0,15 від маси коливальної частини машини, причому матеріал, що обробляється весь час знаходиться в русі по відношенню до робочого органу. Тому для випадку резонансного режиму роботи машини маса оброблюваного матеріалу, розташованого моношаром на поверхні робочого органу, не впливає на закон його руху.

Відзначено, що вертикальна складова амплітуди коливань є лінійною функцією відстані від центру робочого органу, в зв'язку з чим кінематичні параметри руху частинок також змінюються зі зміною цієї відстані.

Автором [12] в дослідженнях процесу сепарування зерна отримав математичний опис і формули для розрахунку ефективності на підставі стохастичною теорії. Дані, отримані в результаті експериментального дослідження та виробничої перевірки режимів сепарування зерна за ознакою крупності, послужили основою для розробки методики розрахунку технологічного ефекту і параметрів роботи сит, що здійснюють зворотно-поступальний рух.

Автором досліджено вплив кута нахилу на швидкість подачі матеріалу і, отже, на час сепарування. Встановлено, що видалення прохідової фракції зростає при збільшенні кута нахилу сита до певних меж. Автор пояснює це тим, що

товщина шару більш помітно впливає на просіювання, ніж швидкість подачі. При цьому середня швидкість подачі забезпечувалася різним поєднанням частоти і амплітуди коливань.

До основних факторів, що впливає на ефективність процесу сепарування, відносять наступні: питоме навантаження на сито, кінематичні параметри, вміст прохідного компонента у вихідній суміші, співвідношення між кількістю сходового і прохідного продукту.

Основним в роботах [16, 17] є його припущення про стохастичну природу руху частинок в умовах їх класифікації за розмірами, що при гравітаційному збагаченні дозволило виявити основні закономірності цих процесів. Ці закономірності можуть бути покладені в основу рішення практичних завдань аналізу і синтезу процесу, а також служити основою подальшого експериментального вивчення процесів сепарування. Цікавим є висновок автора про те, що кінематичні параметри сит впливають на якість процесу сепарування безпосередньо, а не в результаті зміни швидкості подачі або тривалості сепарування.

Аналітично отримана універсальна характеристика процесу, що виражає його основні закономірності. Користуючись нею, можна, як стверджує автор, вирішувати завдання визначення залежності якості процесу від продуктивності машини, розмірів і кінематичних параметрів сита. Можуть бути також вирішені завдання виявлення кінцевих результатів процесу, а також вибору параметрів машини і режимів її роботи для забезпечення необхідних технологічних показників.

Рекомендовані окремими авторами, значення максимального прискорення (динамічного фактора  $n^2 A$ ), що зв'язує оптимальні значення кінематичних параметрів амплітуди  $A$  і частоти коливань  $n$ , на думку Цеціновського В.М., не можуть бути поширені на швидкохідні сита. З огляду на, що основний вплив на технологічну ефективність сепарування надає відносна швидкість руху частинки по ситу, автор пропонує експериментальні дослідження машин для встановлення оптимальних значень  $n$  і  $A$ .

### 1.3 Підвищення поживної цінності комбікормів для птиці

У всьому світі розвинене промислове птиціництво, тому до комбікормів для птиці висуваються найвищі вимоги як по хімічному складу, так і по фізичному стану. Вони повинні забезпечувати повну потребу птиці в поживних речовинах для життєдіяльності і високої продуктивності в сучасних умовах інтенсифікації виробництва.

Збалансованість комбікормів за всіма основними поживними і біологічно активних речовин, їх доброякісність визначаються, в основному, якістю складових їх компонентів.

Відзначається, що годування сільськогосподарської птиці нормують по широкому комплексу поживних і біологічно активних речовин і обмінної енергії. Встановлено, що продуктивність птиці на 40 – 50 % визначається надходженням в її організм енергії. Основним джерелом енергії для птиці є зернові корми і кормові жири. Всі зернові корми доцільно використовувати тільки в подрібненому вигляді, що сприяє підвищенню перетравності і використанню поживних речовин корму. В цілому енергія корму, трансформована з вуглеводів, жиру, клітковини і частково з протеїну, використовується птахом на 70 – 80 %.

Для того, щоб забезпечити виробництво комбікормів, що відповідають вимогам нормативних документів [32, 35] і споживачів, необхідно знати повну характеристику їх компонентів.

При формуванні складу рецепта в якості вихідних даних використовують відомості про поживну цінність і хімічний склад сировини, які включають в себе вміст обмінної енергії, протеїну, амінокислот, жиру, клітковини, мінералів [12].

Поживність комбікормів для сільськогосподарської птиці обчислюється в кормових одиницях. В якості кормової одиниці прийнята загальна поживність 1 кг вівса з натурою 450 – 480 г/л при вологості 13 %.

Обмінна енергія – енергетичний показник корму. Вона витрачається на підтримання життєдіяльності птиці і на утворення нової продукції.

При оцінці поживності комбікорму використовують показник, що враховує всі азотовмісні речовини корму – сирий протеїн.

Крім зазначених показників існує велика кількість інших: в білкових кормах – вміст основних амінокислот (лізину і метіоніну); в мінеральних кормах – вміст кальцію, фосфору, натрію і так далі. Слід зазначити, що комбікорми для сільськогосподарських птиці є найбільш складними і трудомісткими в приготуванні. Такі комбікорми включають 8 – 15 компонентів, основними з яких є кукурудза, ячмінь, пшениця, рибне, м'ясо-кісткове борошно, шроти, висівки, мінеральні компоненти, вітаміни, мікроелементи та інші.

З зерна злакових найбільшу кількість обмінної енергії міститься в кукурудзі (для птиці вона становить 330 Ккал в 100 г), найменше – в нелущеному вівсі (257 Ккал в 100 г). Продуктивність птиці на 40 – 50 % визначається надходженням енергії, при її нестачі в комбікормі протеїн погано перетравлюється організмом птиці, навіть якщо він добре збалансований. Дефіцит обмінної енергії в кормі є більш частою причиною низької продуктивності птиці, ніж нестача амінокислот, вітамінів, макро і мікроелементів [42].

Більшість проведених з зерном технологічних операцій, в основному, спрямовані на підвищення в ньому обмінної енергії. Простим способом підвищення обмінної енергії і перетравності поживних речовин корму є відділення плівок з зерна плівчастих культур, тобто зменшення вмісту клітковини, так як травні ферменти птиці целюлозу не руйнують.

Зерно злакових складається, в основному, з крохмалю. Перетравність крохмалю у сільськогосподарських птиці, особливо, молодняка, знижена і становить менше 65 %. Для підвищення перетравності крохмалю, крім інактивації ферментів амілаз, застосовують ряд технологічних прийомів, зокрема, гідротермічної обробки (ГТО). В результаті ГТО відбувається денатурація білків. Це призводить до підвищення засвоюваності корму.

Крім цього, теплова обробка робить позитивний вплив на санітарний стан кормів, бактеріальна і грибова забрудненість інактивується на 85 – 95 %.

Оптимальний рівень обмінної енергії в раціоні – найважливіший фактор, що визначає споживання і ефективність використання птицею протеїну амінокислот корму. Організм частини птиці здатний синтезувати приблизно десять з двадцяти амінокислот, їх називають замінными. Ті амінокислоти, які птахом не синтезуються, називаються незамінними. Вважається, що використання амінокислот, що надійшли в організм птиці з кормом можливо лише в тому випадку, коли вони є в повному наборі. При цьому 40 – 45 % потреби птиці забезпечують незамінні і 55 – 60 % замінні амінокислоти. Потреба в білках фактично є потребою в амінокислотах.

Визначальний вплив на синтез білка в організмі птиці оказують рівень і співвідношення незамінних амінокислот [38]. Одним з антагоністів є лізин і аргінін. Надлишок лізину в кормах може привести до підвищеної активності аргінази нирок і посиленого розпаду аргініну. Якщо аргініну в кормах явно бракує, надлишок лізину може привести до уповільнення росту молодняку і зниження продуктивності дорослих птиці. Таке явище можна усунути підвищенням рівня аргініну в кормах. Це означає, що вміст лізину в кормах для птиці не повинно перевищувати рівень аргініну більш ніж на 20 %. В свою чергу, надлишок аргініну може негативно вплинути на використання лізину, особливо при низькому його рівні в кормі, але вплив аргініну менш виражений.

Найбільш багатими джерелами незамінних амінокислот є корми тваринного і деякі корми рослинного походження. З огляду на все зростаючі ціни на тваринні корми, більшість раціонів для птиці становлять переважно з рослинних. Підвищення біологічної цінності рослинних білків досягають шляхом збагачення їх синтетичними амінокислотами [28].

Особливо широке застосування в практиці годування сільськогосподарських птиці знаходить синтетичний метіонін. Ефективність його використання залежить від типу годівлі птиці, складу раціону, вмісту в ньому протеїну і енергії, амінокислотної і вітамінної збалансованості. Дефіцит метіоніну призводить до зниження в крові рівня білків (головним чином, альбумінів і гемоглобіну), викликаючи тим самим анемію.

Першими клінічними ознаками дефіциту метіоніну у птиці є погіршення стану пера (скуйовджене, матовість, ламкість і випадання), зниження апетиту, продуктивності, канібалізм, відзначатимуть порушення ліпідного обміну, що характеризується жировою інфільтрацією і дистрофією печінки.

При нормуванні амінокислот необхідно враховувати взаємодію їх з вітамінами. Так, наприклад, відомо, що при нестачі в комбікормі нікотинової кислоти у птаха підвищується потреба в триптофані, який використовується в організмі для синтезу нікотинаміду.

Вітаміни і мікроелементи відносяться до життєво необхідних речовин для сільськогосподарської птиці. При їх нестачі порушується обмін речовин, знижується стійкість до захворювань, сповільнюється зростання, погіршується відтворювальні якості [28].

Головні фактори, які впливають на стабільність вітамінів під час кормовиробництва – це тепло, волога у вигляді пари, тиск, дроблення або ефекти тертя, окислення. Високі температури, тривалий час утримання корму в цьому режимі і сильна зволоженість комбікорму можуть значно знизити активність вітамінів [34].

Додавання вологи впливає на вітамінну активність більше, ніж температура. Волога розм'якшує покриття вітамінів, яке пропускає кисень і інші сполуки, в результаті посилюється хімічні реакції, що руйнують вітаміни. Вітамін А, біотин і фолієва кислота більш чутливі до тепла; вітаміни А, І, і С більше схильні до окислення; на вітаміни К і пантотенову кислоту В, більш несприятливо впливає волога.

Взагалі, кондиціонування корму зменшує вітамінну нестабільність на 10 % при температурі кондиціонування 95 °С. Виняток становлять тіамін і аскорбінова кислота зі ступенем розщеплення відповідно 20 і 25 % або більше. Зниження вітамінної стійкості через кондиціонування може бути посилено окисленням корму з високим вмістом жиру. Тому бажано включати в корм антиоксиданти, для того щоб зменшити в ньому кількість вільних радикалів. Це стосується практично для всіх кормів, що містять більше 2,5 % добавок кормового жиру [27].

Основні компоненти комбікормів (зернові культури, шроти, продукти мікробного синтезу, трав'яне борошно і невелика кількість кормів тваринного походження) не задовольняють потребу птиці в кальції, фосфорі і натрію, тому в комбікорми необхідно вводити добавки, які є джерелами цих елементів. Особливо гостро потребує кальцію і фосфору зростаючий молодняк птиці.

Основну частину цих елементів вносять в комбікорми у вигляді мінеральних компонентів. Як джерело кальцію використовують ракушка, вапняк і крейда. Добавки крейди не повинні перевищувати 3 %, так як в більшій кількості він погіршує смакові якості і фізичну структуру комбікорму, знижуючи його поїдання. Крім того, крейда є найменш технологічною сировиною для кормового виробництва, оскільки при подрібнюванні і просіюванні налипає на робочі поверхні обладнання. У висушеному вигляді крейда є пилоутворюючою, в комбікормах вона відсіюється в відділову фракцію і у вигляді залишків викидається [34].

Найважливішою умовою у вирішенні проблеми раціонального використання кормових засобів є пошук нетрадиційних добавок. До їх числа відносяться природні цеоліти [36].

Встановлено, що вони володіють унікальними сорбційними, іонообмінними, молекулярно-ситовими та каталітичними властивості, в них міститься понад 20 природних мінералів. Основна дія цеолітів проявляється в шлунково-кишковому тракті тварини.

Результати численних науково-господарських, фізіологічних і виробничих дослідів на сільськогосподарських тваринах показали, що найкращим способом згодовування цеолітів тваринам і птиці є введення їх до складу комбікормів і кормових добавок, оскільки такий спосіб використання дозволяє повністю механізувати і поставити на промислову основу процес збагачення раціонів. Цеоліт покращує використання поживних речовин корму і сприяє виведенню з організму шкідливих речовин. Крім цього, цеоліти можуть служити додатковим джерелом підвищення вмісту деяких макро і мікроелементів.

Для підвищення калорійності раціонів використовують кормові жири. Їх вводять в кормосуміші в розплавленому вигляді, що вимагає наявності технологічної пари і дорогого устаткування. Крім того, рідкий жир погіршує сипкість корму. Проблема використання жирів в харчуванні сільськогосподарських тварин полягає у відсутності ефективної технології введення їх в комбікорми [37].

На рис. 1.2 представлена загальна схема теоретичних і експериментальних досліджень технології комбікормів заданої крупності для сільськогосподарської птиці.

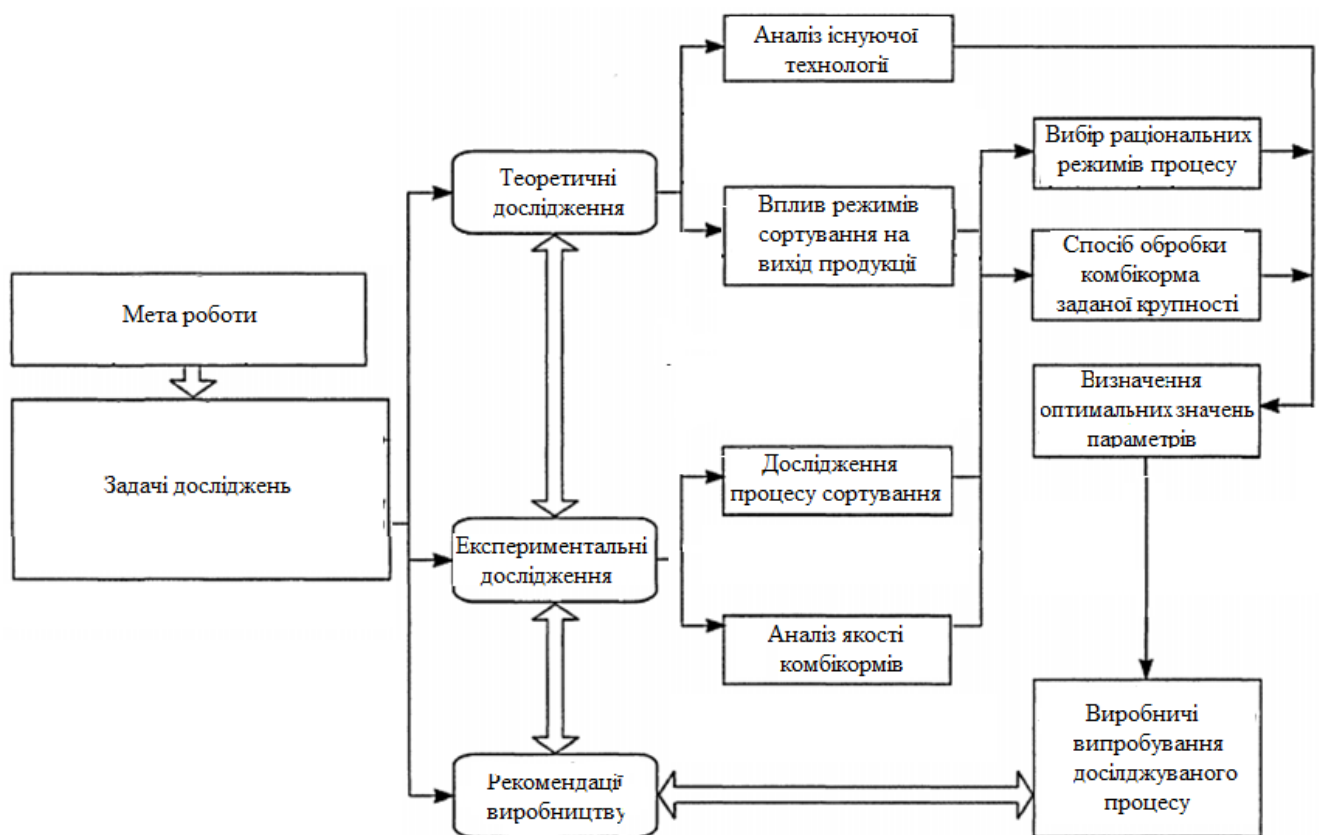


Рисунок 1.2 – Схема проведення теоретичних і експериментальних досліджень технології комбікормів заданої крупності для свійської птиці

#### 1.4 Мета і завдання досліджень

Метою роботи є наукове обґрунтування технології комбікормів заданої крупності для сільськогосподарських птиці і розробка ефективних способів

впливу на сировину, що підвищують якість готової продукції і знижують енергетичні витрати.

Відповідно до поставленої мети визначено такі завдання:

1. Аналіз основних методів та засобів для вдосконалення технології виробництва комбікормів заданої крупності.
2. Дослідження процесу сортування суміші подрібнених гранул і розсипного комбікорму і визначення раціональної області зміни технологічних параметрів за питомими енергетичним витратам, ступеня видалення готової продукції та продуктивності просіювальної машини.
3. Комплексний аналіз якості комбікормів різного виду за показниками, амінокислотним складом, збереження вітамінів, санітарно-гігієнічним нормам.
4. Виробничі випробування та впровадження в промисловість запропонованої технології.

## 2 РОЗРОБКА І ДОСЛІДЖЕННЯ СХЕМ ТЕХНОЛОГІЇ КОМБІКОРМІВ ЗАДАНОЇ КРУПНОСТІ

### 2.1 Методика дослідження

Дослідження технології комбікормів заданої крупності проводили в експериментально-стендовому корпусі ТОВ «Птахокомплекс «Дніпровський» на спеціально переобладнаній лінії гранулювання.

Дослідження проводили за трьома запропонованими варіантами схем обудови технологічного процесу виробництва комбікормів для птиці заданої крупності.

Перший варіант (рис. 2.1) передбачав подачу розсипного комбікорму на просіювальну машину А1-ДСМ, поділ на дрібну і крупну фракції, гранулювання дрібної фракції на пресі Б6-ДГВ-1, охолодження гранул, їх подрібнення, фракціонування подрібнених гранул на просіювальній машині ЗСП-10, подачу сходових фракції на валковий подрібнювач, проходової – на гранулювання спільно з дрібною фракцією розсипного комбікорму, охолодження гранул, подрібнення їх в крупку, об'єднання крупки з фракцією розсипного комбікорму, подачу цієї суміші в бункера готової продукції. При такій побудові технологічного процесу в схемі лінії необхідно передбачати проміжні ємності для накопичення великої фракції розсипного комбікорму і крупки, приготовленої з дрібної фракції.

За другим варіантом схеми (рис. 2.2) подача розсипного комбікорму здійснювалася шенком-змішувачем невеликої довжини в просіювальну машину, на яку одночасно прямували подрібнені гранули. Сход верхнього сита машини ЗСП-10 надходив на доподрібнення, проходом верхнього і сходом нижнього сита відбиралася готова продукція – комбікорм заданої крупності.

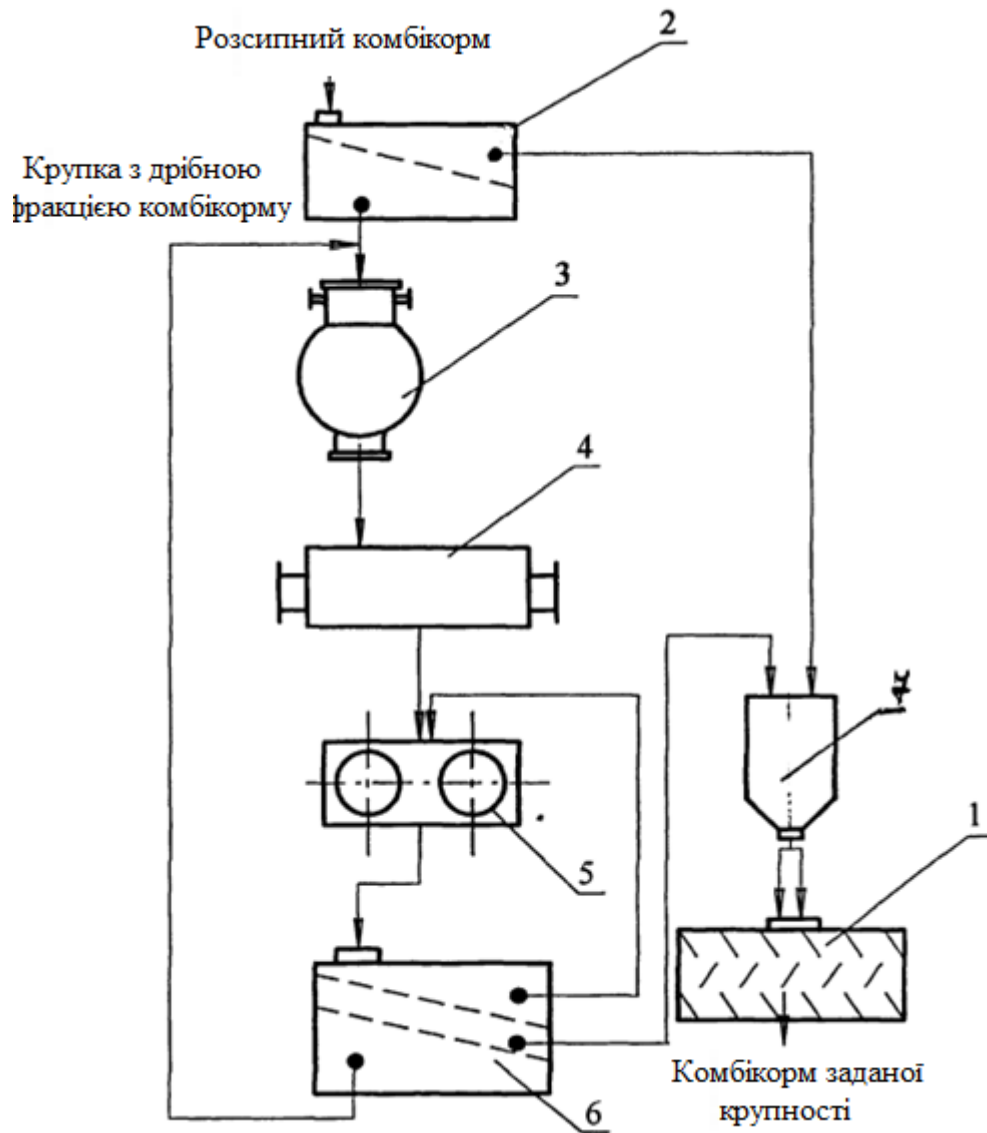
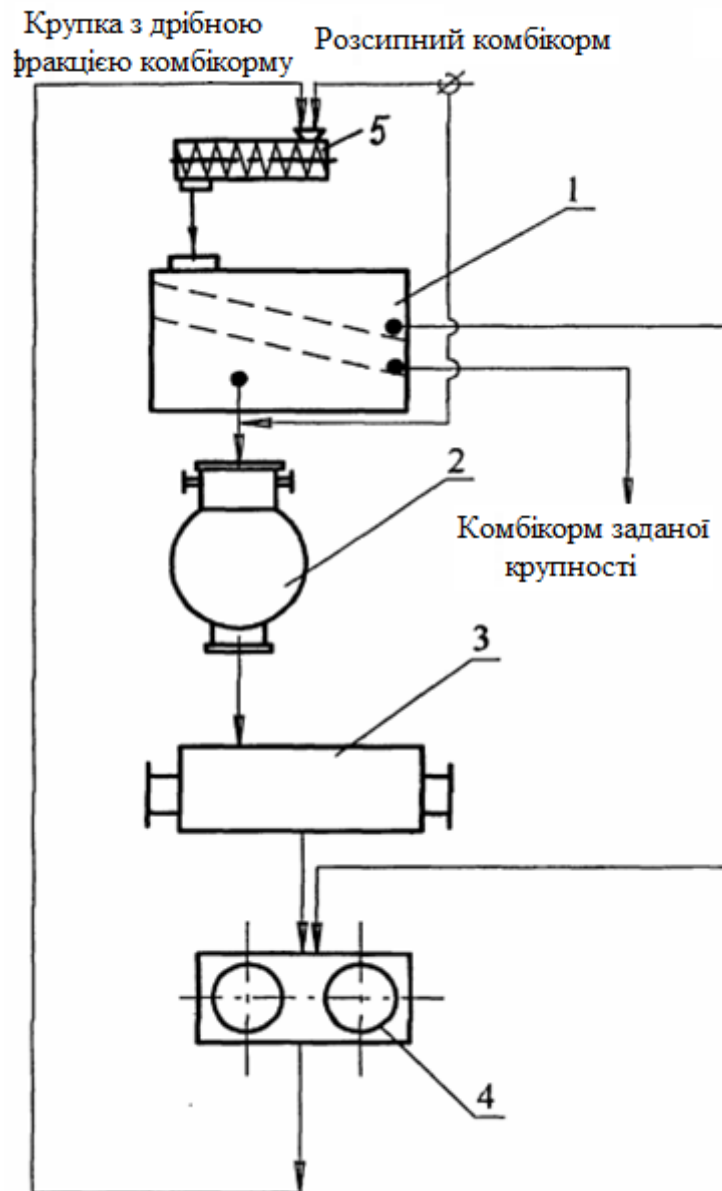


Рисунок 2.1 – Схема лінії гранулювання при виробленні комбікормів заданої крупності за варіантом 1

1 – гравітаційний змішувач; 2 – просіювальна машина А1-ДСМ; 3 - прес-гранулятор Б6-ДГВ-1; 4 – охолоджувальна колонка Б6-ДГВ-ІІ; 5 – подрібнювач Б6-ДГВ-ІІІ; 6 – просіювальна машина ЗСП-10; 7 – бункер.



Рисунко 2.2 – Схема лінії гранулювання при виробленні комбікормів заданої крупності за варіантом 2

- 1 – просіювальна машина ЗСП-10; 2 – прес-гранулятор Б6-ДГВ-1;  
 3 – охолоджувальна колонка Б6-ДГВ-ІІ; 4 – подрібнювач Б6-ДГВ-ІІІ;  
 5 – змішувальний шнек.

Прохід нижнього сита, що складається з дрібної фракції розсипного комбікорму і подрібнених гранул, прямував на гранулювання. Таким чином, у порівнянні з першою схемою в даному варіанті процес поділу розсипного комбікорму на велику і дрібну фракції і подальше об'єднання великої фракції з крупкою, приготовленої з дрібної фракції, здійснюється безперервно в потоці. Необхідність в проміжних ємностях, в цьому випадку, відпадає. При цьому варіанті, як буде показано нижче, просіювальна машина ЗСП-10 працює з продуктивністю приблизно в два рази більше, ніж прес-гранулятор.

За третім варіантом схеми (рис. 2.3) вихідний розсипний комбікорм прямував на змішування з гарячими гранулами, отриманими в пресі-грануляторі Б6-ДГВ-I з дрібної фракції розсипного комбікорму, в гравітаційний змішувач, який дозволяв протягом 3 – 5 секунд отримати однорідну суміш. Потім суміш потрапляла в теплообмінник, де відбувався тепловологообмін між гарячими гранулами і розсипним комбікормом. Гарячі гранули перебували в режимі термостатування і при контакті з холодним розсипним комбікормом поступово віддавали йому тепло і вологу. Після цього суміш гранул і розсипного комбікорму охолоджувався в охолоджувачі Б6-ДГВ-II і подавалася на валковий подрібнювач Б6-ДГВ-III. Подрібнені гранули та розсипний комбікорм фракціонували на просіювальній машині ЗСП-10. Сход верхнього сита просіювальної машини (велика фракція суміші) прямував на доподрібнення в валковий подрібнювач, прохід нижнього сита (дрібна фракція) подавалася на гранулювання в прес-гранулятор, а прохід верхнього і схід нижнього сита просіювальної машини був готовою продукцією – комбікорм заданої (вирівняною) крупності.

Даний варіант схеми дозволив отримати комбікорм для птиці заданої крупності з кращими якісними показниками, так як в процесі виробництва він практично повністю піддавався вологотепловій обробці.

При проведенні дослідної перевірки для оцінки роботи подрібнювача, просіювальної машини, а також преса-гранулятора і охолоджувача відбирали зразки продуктів для проведення гранулометричного і хімічного аналізу.

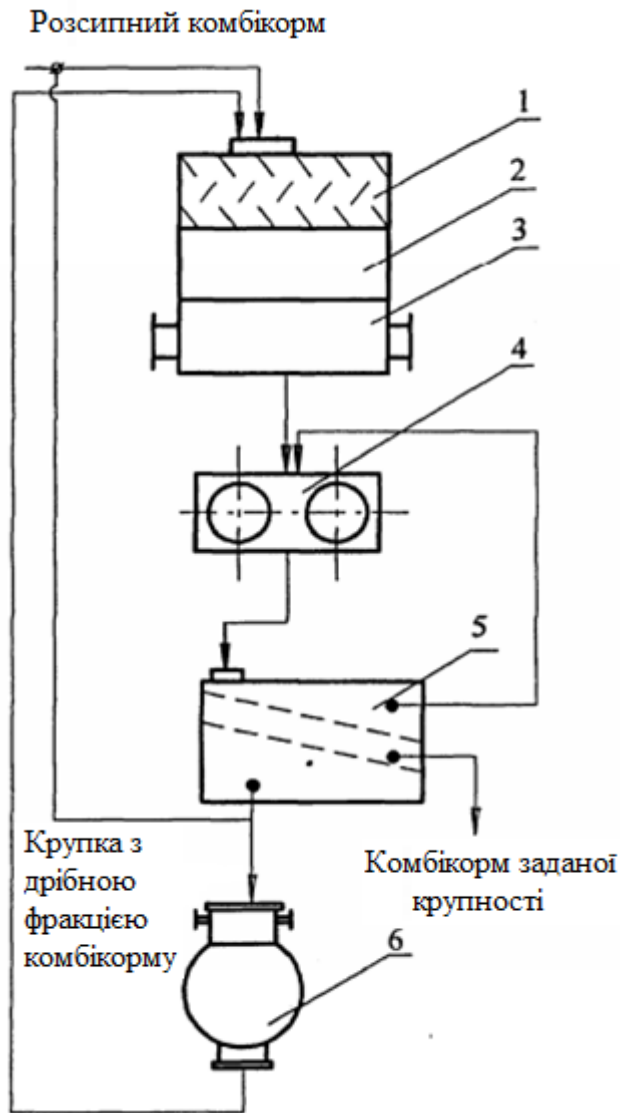


Рисунок 2.3 – Схема лінії гранулювання при виробленні комбікормів заданої крупності за варіантом 3

1 – гравітаційний змішувач; 2 – тепловологообмінник;

3 – охолоджувальна колонка Б6-ДГВ-ІІ; 4 - подрібнювач; 5 – просіювальна машина ЗСП-10; 6 – прес-гранулятор Б6-ДГВ-1

Хімічний склад і технологічні властивості продуктів в зразках визначали за стандартними методиками: вологість – за ГОСТ 13496.3-92, сирий протеїн – по ГОСТ 13496.3-93, сирий жир – по ГОСТ 13496.15-97, сиру клітковину – по ГОСТ 13-496.20-91, сиру золу – по ГОСТ 26226-95, кальцій – по ГОСТ 26570-95, фосфор – по ГОСТ 26657-97.

З огляду на, що вологотеплова обробка при гранулюванні послабшує мікробіологічні показники продукції на різних етапах виробництва комбікормів заданої крупності, відбирали проби з дотриманням певних прийомів стерильності.

## 2.2 Аналітичне обґрунтування продуктивності лінії гранулювання при виробленні комбікормів заданої крупності

Комбікорм вирівняної крупності представляє собою однорідну суміш великої частини розсипного комбікорму і крупки з гранул дрібної і пилоподібної частини цього ж комбікорму і відрізняється рівним гранулометричним складом [36].

Вироблення комбікорму вирівняної крупності проводилося на переобладнаній лінії гранулювання. До складу лінії додається шнек-змішувач, який встановлювався перед просіювальною машиною. Просіювальна машина повинна бути з двома ситами і приблизно в два рази більшої продуктивності, ніж лінія гранулювання. Кращим прийомом вважається установка просіювальної машини на початку лінії гранулювання. В цьому випадку вироблення комбікорму здійснюється наступним чином (рис. 2.4). Розсипний комбікорм надходить в шнек-змішувач 1, куди направляються і подрібнені гранули. Суміш розсипного комбікорму і подрібнених гранул направляється на просіювальну машину 2 з двома ситами. Сход верхнього сита, що включає великі частки розсипного комбікорму і подрібнених гранул, направляється на доподрібнення. Основна частина комбікорму, що отримується проходом верхнього сита і сходом нижнього, представляє суміш негранульованих частинок середнього розміру розсипного комбікорму і подрібнених гранульованих дрібних частинок цього ж комбікорму, і є основною продукцією – комбікормом заданої крупності, яка виводиться з просіювальної машини. Дрібна частина розсипного комбікорму і подрібнених гранул направляється на повторне гранулювання – в прес-

гранулятор 3, на охолодження 4 і подрібнення 5. Подрібнені гранули надходять знову на шнек-змішувач 1 і просіювальну машину 2.

Продуктивність лінії комбікормів заданої крупності буде визначатися продуктивністю основного обладнання лінії. Природньо, що провідним обладнанням лінії є прес-гранулятор. Однак, в цілому, вироблення готового продукту буде визначатися ефективністю роботи просіювальної машини [13]. Розглянемо потоки різних фракцій, які утворюються в лінії.

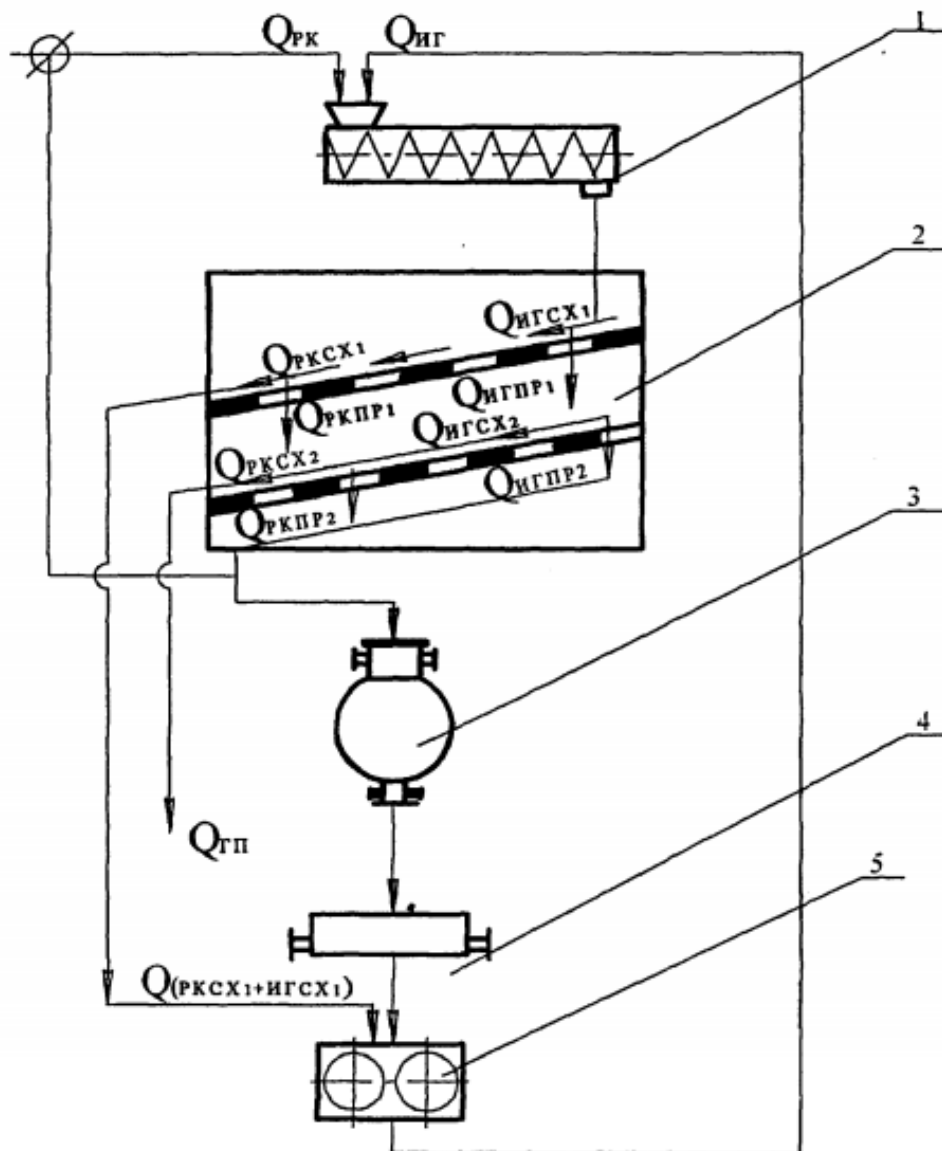


Рисунок 2.4 – Схема фракцій продуктів в лінії гранулювання при виробленні комбікормів заданої крупності

- 1 – шнек-змішувач; 2 – просіювальна машина; 3 – прес-гранулятор;  
4 – охолоджувач; 5 – подрібнювач.

Кількість великої сходової фракції розсипного комбікорму і дрібних гранул верхнього сита, яке надходить на повторне подрібнення:

$$Q_{(pk+uz)cx1} = Q_{pkcx1} + Q_{uzcx1}, \quad (2.1)$$

де  $Q_{pk}$  – кількість розсипного комбікорму, що надходить на просіювальну машину (на лінію);

$Q_{uz}$  – кількість подрібнених гранул з дрібної і пилоподібної фракцій розсипного комбікорму і подрібнених гранул, що поступає на просіювальну машину.

Кількість прохідної фракції розсипного комбікорму і подрібнених гранул верхнього сита, яке надходить на нижнє сито:

$$Q_{(pk+uz)np1} = Q_{pknp1} + Q_{uznp1} \quad (2.2)$$

Готова продукція – комбікорм заданої крупності – отримується проходом верхнього і сходом нижнього сита і представляє собою однорідну суміш частинок розсипного комбікорму і подрібнених гранул з дрібної і пилоподібної фракції:

$$Q_{zn} = Q_{(pk+uz)cx2} \quad (2.3)$$

Кількість суміші дрібної і пилоподібної фракції розсипного комбікорму і подрібнених гранул, що отримується проходом нижнього сита і направлена на гранулювання:

$$Q_{(pk+uz)np2} = Q_{pknp2} + Q_{uznp2} \quad (2.4)$$

Обґрунтування продуктивності лінії проводимо методом складання рівнянь балансів потоків, ввівши додаткові позначення окремих фракцій розсипного комбікорму і подрібнених гранул.

Розсипний комбікорм і подрібнені гранули, що надходять на просіювальну машину з одним ситом, поділяються на дві фракції: сходову і проходову, а на просіювальну машину з двома ситами – на три: сходову і проходову фракції, готову продукцію.

Розсипний комбікорм, що надходить на сортування в просіювальну машину з двома ситами, розділяється на фракції:

$$Q_{pk} = Q_{pkcx1} + Q_{pkcn} + Q_{pkpr2} \quad (2.5)$$

Подрібнені гранули, що надходять в просіювальну машину, так само поділяються в ній на фракції:

$$Q_{uz} = Q_{uzcx1} + Q_{uzcn} + Q_{uzpr2} \quad (2.6)$$

Сходова фракція верхнього сита:

$$Q_{(pk+uz)cx1} = Q_{pkcx1} + Q_{uzcx1} \quad (2.7)$$

Проходова фракція верхнього сита (або сходова фракція нижнього сита) – готова продукція (комбікорм заданої крупності) представлений фракціями:

$$Q_{cn} = Q_{pkpr1} + Q_{uzpr1} = Q_{pkcx2} + Q_{uzcx2} \quad (2.8)$$

Проходова фракція нижнього сита – надходить на гранулювання

$$Q_{(pk+uz)pr1} = Q_{pkpr2} + Q_{uzpr2} = Q_{cp} \quad (2.9)$$

де  $Q_{pkcx1}$ ,  $Q_{uzcx1}$  – сходові фракції розсипного комбікорму і подрібнених гранул верхнього сита;

$Q_{ркр1}, Q_{иср1}$  – проходові фракції розсипного комбікорму і подрібнених гранул верхнього сита;

$Q_{ркс2}, Q_{искс2}$  – сходові фракції розсипного комбікорму і подрібнених гранул нижнього сита;

$Q_{ркр2}, Q_{иср2}$  – проходові фракції розсипного комбікорму і подрібнених гранул нижнього сита;

$Q_{гр}$  – продуктивність гранулятора.

При сортуванні на одному ситі продукт поділяється на проходову і сходову фракції. В якості оцінки цього процесу прийнята ступінь вмидалення  $\eta, \%$ , тобто відношення маси отриманих фракцій ( $Q$ ) до кількості цього ж компонента у вихідній суміші ( $Q_0$ )

$$\eta = \frac{Q}{Q_0} \cdot 100\%. \quad (2.10)$$

На комбікормових підприємствах крупку для птиці отримують сортуванням подрібнених гранул на просіювальній машині з двома ситами. Вона являє собою прохід сита з отворами  $\varnothing 5$  мм,  $\varnothing 4$  мм або  $\varnothing 3$  мм та сходом сита з отворами  $\varnothing 1$  мм. Для характеристики процесу поділу складної суміші на кілька фракцій застосовують узагальнений показник технологічної ефективності сепарування [44, 45].

При проведенні досліджень на двоситовому сепараторі технологічна ефективність визначається за такою формулою:

$$E = \sum_{i=1}^n W_i \frac{\varphi_{ii} - a_i}{a_{ii} - a_i}, \quad (2.11)$$

$$E = W_1 \frac{\varphi_{11} - a_1}{1 - a_1} + W_2 \frac{\varphi_{22} - a_2}{1 - a_2} + W_3 \frac{\varphi_{33} - a_3}{1 - a_3}, \quad (2.12)$$

де  $W_i$  – вихід 1-й фракції;

$\varphi_{ii}$  – чистота 1-й фракції;

$a_i$  – зміст 1-го компонента у вихідній фракції;

$a_{ii}$  – чистота 1-й фракції при ідеальному сортуванні,  $a_{ii} = 1$ ;

В експериментальних дослідженнях для оцінки процесу сепарування, в першу чергу, визначали ступінь вилучення. При сепаруванні суміші розсипного комбікорму і подрібнених гранул ступінь вилучення  $\eta$  становитиме для першого сита ( $\eta_1$ ):

$$\eta_1 = \frac{Q_{(pk+uz)np1}}{Q_{0(pk+uz)np1}}. \quad (2.13)$$

Для другого сита ( $\eta_2$ ):

$$\eta_2 = \frac{Q_{(pk+uz)np2}}{Q_{0(pk+uz)np2}} \quad (2.14)$$

де  $Q_{(pk+uz)np1}$  – маса прохідної фракції суміші розсипного комбікорму і подрібнених гранул, отримана фактично;

$Q_{0(pk+uz)np1}$  – маса прохідної фракції суміші розсипного комбікорму і подрібнених гранул, що отримується у вихідній суміші.

З введенням цих показників фактичні показники будуть представлені наступним чином:

$$Q'_{pk} = Q_{0pkcx1} \cdot \eta_1 + Q_{pkcn} \frac{\eta_2}{\eta_1} + Q_{0np2} \cdot \eta_2; \quad (2.15)$$

$$Q'_{uz} = Q_{0uzcx1} \cdot \eta_1 + Q_{uzcn} \frac{\eta_2}{\eta_1} + Q_{0np2} \cdot \eta_2; \quad (2.16)$$

$$Q'_{(pk+uz)cx1} = \frac{Q_{pkcx1}}{\eta_1} + \frac{Q_{uzcx1}}{\eta_1}; \quad (2.17)$$

$$Q'_{zn} = Q_{0(pk+uz)np1} \cdot \frac{\eta_1}{\eta_2} = Q_{0(pk+uz)cx2} \cdot \frac{\eta_2}{\eta_1}; \quad (2.18)$$

$$Q'_{(pk+uz)np2} = Q_{0(pk+uz)np2} \cdot \frac{\eta_2}{\eta_1}. \quad (2.19)$$

Аналіз формул показує, що кількість сходових фракції залежить від кількості її у вихідному продукті і ефективності роботи першого сита, кількість проходової фракції – від кількості її у вихідному продукті і ефективності роботи другого сита.

Продуктивність просіювальної машини визначається кількістю проходової фракції першого сита, кількістю сходових фракції другого сита, прямопропорційна ефективності роботи другого сита і оберненопропорційна ефективності роботи першого сита.

Вихідні з просіювальної машини потоки будуть складатися

$$Q_{cx} = Q_{pkcx1} + Q_{uzcx1} = Q_{(pk+uz)cx1}; \quad (2.20)$$

$$Q_{zn} = Q_{pkcx2} + Q_{uzcx2} = Q_{(pk+uz)cx2}, \quad (2.21)$$

$$Q_{np} = Q_{pknp2} + Q_{uznp2} = Q_{(pk+uz)np2}. \quad (2.22)$$

Візьмемо до уваги, що для безперервної роботи машини

$$Q_{pk} = Q_{zn}, \quad (2.23)$$

$$Q_{uz} = Q_{np}. \quad (2.24)$$

Для підвищення продуктивності лінії необхідно максимізувати вихід готової продукції і мінімізувати проходові фракції нижнього сита і сходові фракції верхнього сита:

$$(Q_{pkcx2} + Q_{ucsx2}) \rightarrow \max, \quad (2.25)$$

$$(Q_{pkpr2} + Q_{ucpr2}) \rightarrow \min. \quad (2.26)$$

Для підвищення якості готової продукції по однорідності гранулометричного складу необхідна ефективна робота просіваючих сит, тобто коефіцієнт вилучення сит повинен бути максимальним.

Для порівняльної оцінки режимів роботи сепаратора з двома ситами при просіюванні розсипного комбікорму і подрібнених гранул з дрібної фракції при перевірці технології на різних схемах застосовували показник – ступінь вилучення ( $\eta_{cen}$ )

$$\eta_{cen} = \frac{(\eta_1 + \eta_2)}{2} \quad (2.27)$$

де  $\eta_1$  – ефективність сепарування на 1 ситі;

$\eta_2$  – ефективність сепарування на 2 ситі.

### Висновки до розділу

На підставі системного підходу проведено комплексні теоретичні експериментальні дослідження, в результаті яких розроблені рекомендації по науково-практичного забезпечення технології отримання комбікормів заданої крупності для свійської птиці.

Показано, що підвищення ефективності технології комбікормів заданої крупності для свійської птиці пов'язано зі збільшенням виходу середньої фракції на 10 – 12 % у вигляді готового продукту при сортуванні вихідних компонентів.

### 3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ЇХ РЕЗУЛЬТАТИ

#### 3.1. Експериментальна установка і методика проведення експерименту

Для вивчення процесу сортування подрібнених гранул і розсипного комбікорму на ситах з зворотно-поступальним рухом була розроблена лабораторна установка (рис. 3.1).

Установка складається з наступних основних вузлів: ситового кузова, підвішеного на чотирьох підвісках; приводного механізму; живильного пристрою і станини. На станині 4 за допомогою підвісок 5 кріпиться ситовий кузов. Ситовий кузов має знімні рамки для кріплення сита 6 за допомогою з'єднання стінок решетного корпусу з фланцем рамок. Довжина сит становить 1400 мм, ширина – 400 мм. Кузов забезпечений пристроєм для плавного регулювання кута нахилу сита до горизонту. Підрешітний простір ситового кузова по довжині сита виконано у вигляді шести прямокутних конусів 14 з перегородками, від кожного з яких є відводи (рукава) для виведення проходових фракції з кожної ділянки сита в короби 15. В результаті цього сито розділене на 6 ділянок, що дозволяє досліджувати процес просіювання по ходу руху матеріалу по ситі. У верхній частині станини 4 через на опорах 16 закріплений бункер 1 для вихідного матеріалу, облаштований вібрлотковим живильником 2, дозувальною засувкою 3 і з'єднаний з ситовим кузовом в приймальні частини сита м'яким рукавом 17.

Приводний механізм складається з електродвигуна постійного струму 10, марки ПМУ БМ13, редуктора-варіатора швидкостей 9, які встановлені на станині 4; клинопасової передачі 18 і ексцентрикового вузла 7, від якого за допомогою штока 8 коливання передаються ситовому кузову. Ексцентриковий вузол кріпиться на спеціальних дугоподібних кронштейнах, за рахунок яких забезпечується зміна кута спрямованості коливань, котрий визначається вимірником кута нахилу сита 13.

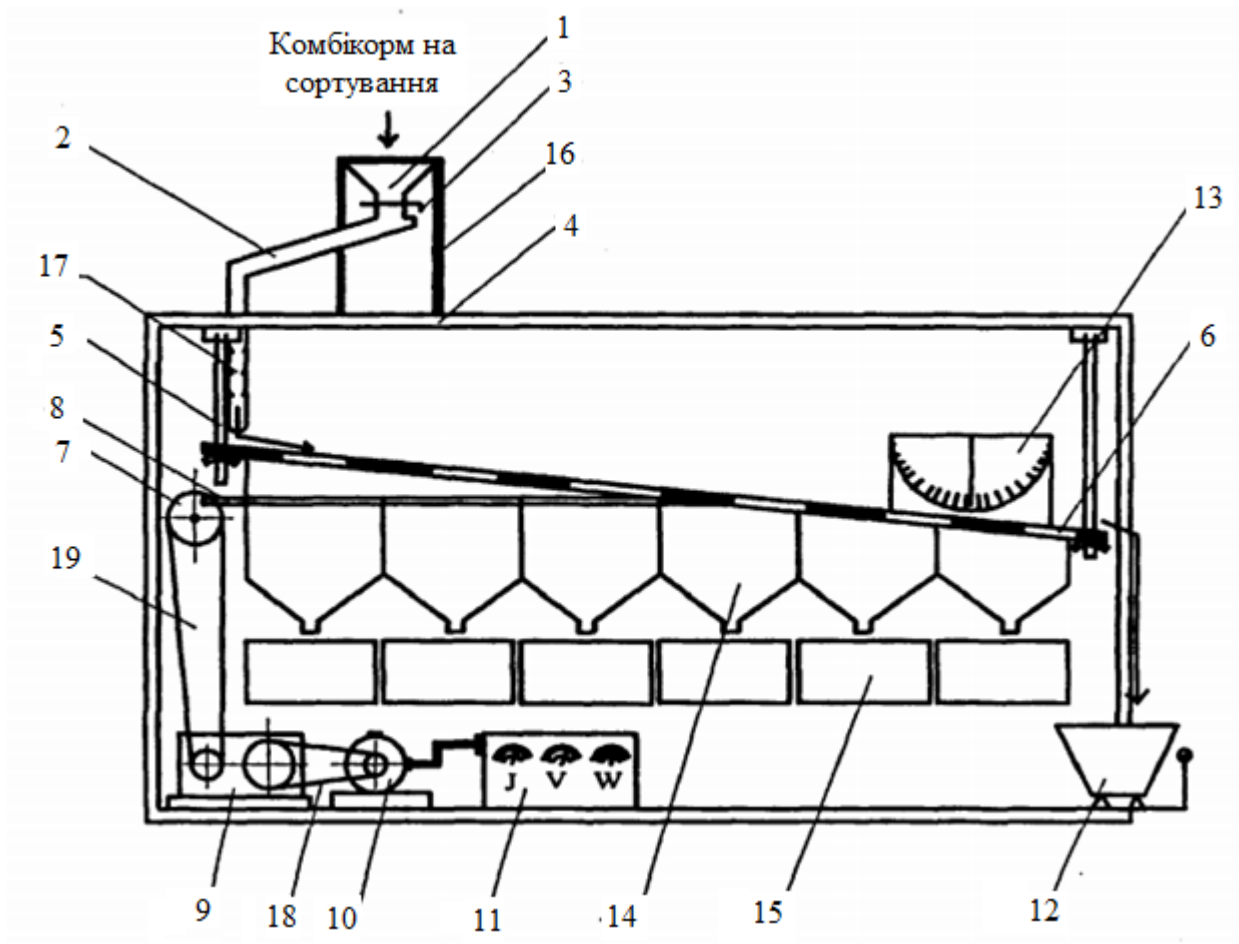


Рисунок 3.1 – Схема лабораторної установки з зворотно-поступальним рухом

- 1 – бункер; 2 – вібролоток; 3 - дозувальна засувка; 4 – станина;  
 5 – підвіски; 6 – сито; 7 – кривошип; 8 – шатун; 9 – варіатор швидкостей; 10 –  
 електродвигун; 11 – електровимірювальний комплект; 12 – зважувальний  
 пристрій; 13 – вимірювач кута нахилу сита; 14 – перегородки; 15 – короби;  
 16 – гумометалеві опори; 17 – м'який рукав; 18, 19 – клинопасова передача

Обладнання бункера 1 вібролотком 2 з установкою його на опорах забезпечує стабільне витікання сипучого матеріалу протягом досліду, а наявність дозуючої заслінки 3 визначає можливість плавного регулювання навантаження на одиницю ширини сита в одиницю часу. При включенні електродвигуна 10 обертання через клинопасову передачу 18 передається на один з валів варіатора швидкостей 9, від якого через зубчасту передачу приводить в рух другий вал. Від нього через клинопасову передачу 19 обертання передається на кривошип 7 і далі шатун 8 передає коливання на сито 6.

Конструкція лабораторної установки дозволяє плавно регулювати параметри її роботи в таких межах:

- амплітуду коливання сита  $A$  від 0 до 20,0 мм;
- частоту коливання  $n$  від 15,8 до 78,2  $\text{с}^{-1}$ ;
- кут нахилу сита до горизонту  $\alpha$  від 10 до 15 град;
- навантаження на одиницю ширини сита в одиницю часу  $q$  від 0 до 150

кг/см·год.

Вимірювання і контроль параметрів роботи проводився спеціальними пристроями та контрольно-вимірювальними пристроями, що пройшли перевірку. Амплітуду коливань вимірювали мірним клином є найбільш доступним і досить точним (точність вимірювання 0,05 мм). Кути нахилу сита і спрямованості коливань визначали рівнем-кутоміром марки УУБ-У1 з ціною поділки 15'. Частоту коливань вимірювали стробоскопічним тахометром типу СТ-5, допустима похибка вимірювань  $\pm 0,5$  %. Відважування порції продукту здійснювалося на вагах 12 з точністю  $\pm 0,5$  % в певні проміжки часу. Тривалість досліду фіксувалася секундоміром, з точністю  $\pm 1$  секунда, при цьому помилка не перевищувала 1 %. Досліджуваний матеріал (суміш подрібнених гранул і розсипного комбікорму) готувався для долвіду шляхом змішування в певних співвідношеннях попередньо розсортовані сходових і проходових фракцій.

Процентне співвідношення фракцій періодично контролювалося для підтримки його на необхідному рівні.

Перед початком дослідів проводилося налаштування установки на необхідний режим роботи. Потім здійснювався запуск машин вхолосту і перевірялись встановлені параметри.

Продукт, попередньо зважений, засипався в бункер. Живильник налаштовувався на необхідну продуктивність. Час досліду фіксувався від моменту надходження продукту на сито до припинення подачі. Частина матеріалу, що залишилася на ситі відходила до сходу.

Для перевірки відтворюваності отриманих результатів частина дослідів проводилася в триразовою повторності. Стабільність отриманих даних підтвердила надійність роботи всіх систем установки.

### 3.2 Результати проведення експериментальних досліджень

Для дослідження взаємодії різних факторів, що впливають на процес сортування суміші подрібнених гранул і розсипного комбікорму, було проведено ряд експериментальних досліджень.

В якості основних факторів, що впливають на процес сортування, були обрані:  $A$  – амплітуда коливань сит, мм;  $n$  – частота коливання сит,  $\text{с}^{-1}$ ;  $\alpha$  – кут нахилу сит, град;  $q$  – навантаження на одиницю ширини сита в одиницю часу,  $\text{кг}/\text{см}\cdot\text{год}$ ;  $c_{\text{жс}}$  – масова частка жиру, що вводиться в гранули, %.

Межі зміни досліджуваних факторів прийняті з урахуванням технічних характеристик просіювальної машини і технологічних обмежень, обумовлених отриманням комбікормів високої якості.

Критеріями оцінки впливу різних чинників на процес сортування комбікорму були обрані: витрати електроенергії,  $\text{кДж}/\text{т}$ ; ступінь вилучення, %; продуктивність,  $\text{т}/\text{год}$ . Ці критерії найбільш значимі для процесу сортування подрібнених гранул. Так, витрати електроенергії визначають енергоємність процесу і є найважливішим показником в оцінці його енергетичної ефективності; ступінь вилучення визначає ефективність фракціювання в просіювальній машині; продуктивність визначає продуктивність процесу по готовому комбікорму.

Завдання експериментальних досліджень було наступне: знайти такі режими роботи, просіювальної машини, які б в широкому діапазоні змінили значення вхідних параметрів і становили мінімум питомих енерговитрат, максимум ступеня вилучення і максимальну продуктивність.

На рисунках 3.2 – 3.11 приведені результати експериментальних досліджень у вигляді графічних залежностей факторів впливу на процес.

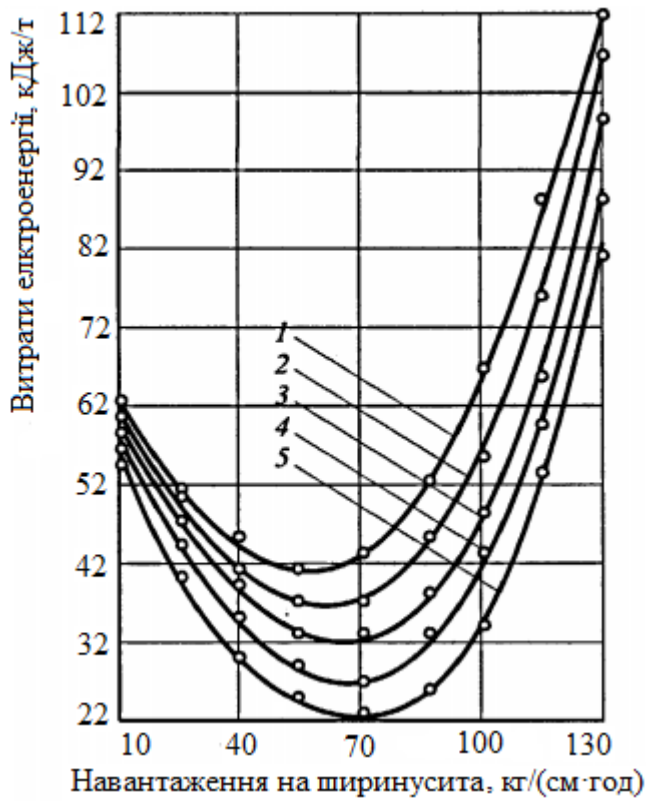


Рисунок 3.2 – Залежність питомих енергозатрат від навантаження на сито при різній масовій частці жиру, що було введено в гранули,  $c_{жс}$ , %: 1 – 10,0; 2 – 7,5; 3 – 5,0; 4 – 2,5; 5 – 0.

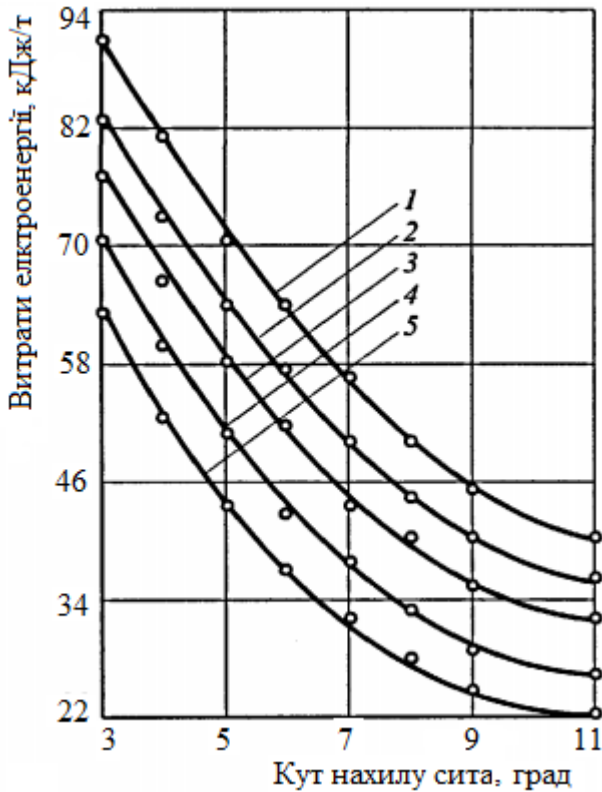


Рисунок 3.3 – Залежність питомих енергозатрат від кута нахилу сита при різній масовій частці жиру, що було введено в гранули,  $c_{жс}$ , %: 1 – 10,0; 2 – 7,5; 3 – 5,0; 4 – 2,5; 5 – 0.

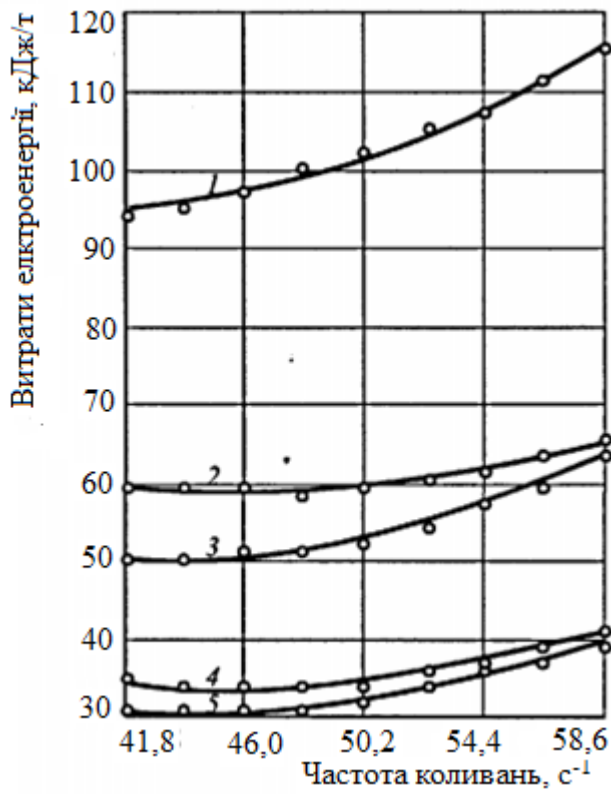


Рисунок 3.4 – Залежність питомих енергозатрат від частоти коливання сита при різних значеннях навантаження на сито  $q$ , кг/(см·год): 1 – 130; 2 – 100; 3 – 70; 4 – 40; 5 – 10.

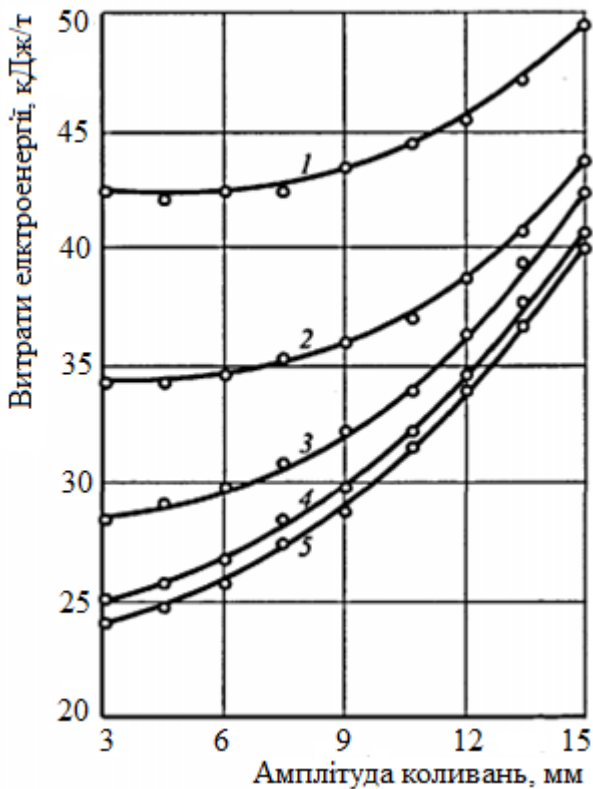


Рисунок 3.5 – Залежність питомих енергозатрат від амплітуди коливання сит при різних значеннях частоти коливання,  $n$ , с<sup>-1</sup>: 1 – 10,0; 2 – 7,5; 3 – 5,0; 4 – 2,5; 5 – 0.

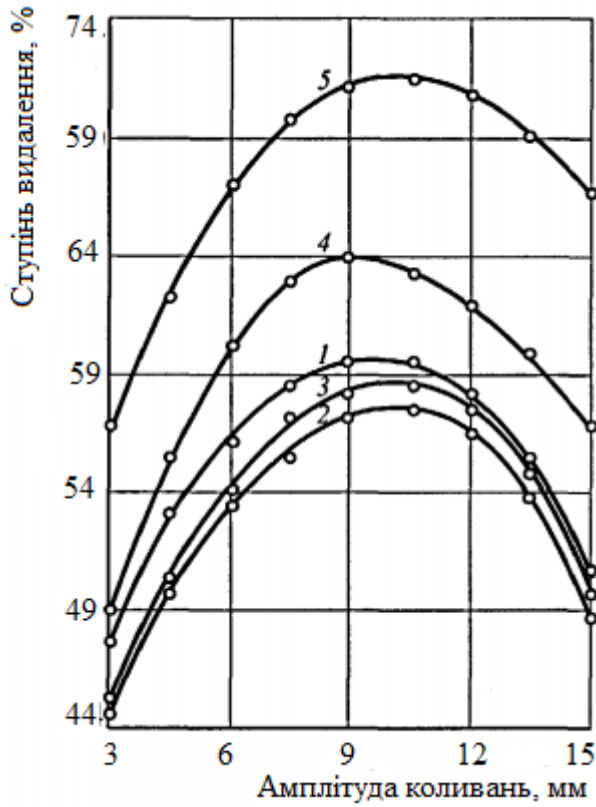


Рисунок 3.6 – Залежність ступеня видалення від амплітуди коливань при різних значеннях частоти коливання,  $n$ ,  $s^{-1}$ : 1 – 36,6; 2 – 41,8; 3 – 47,0; 4 – 52,2; 5 – 57,4.

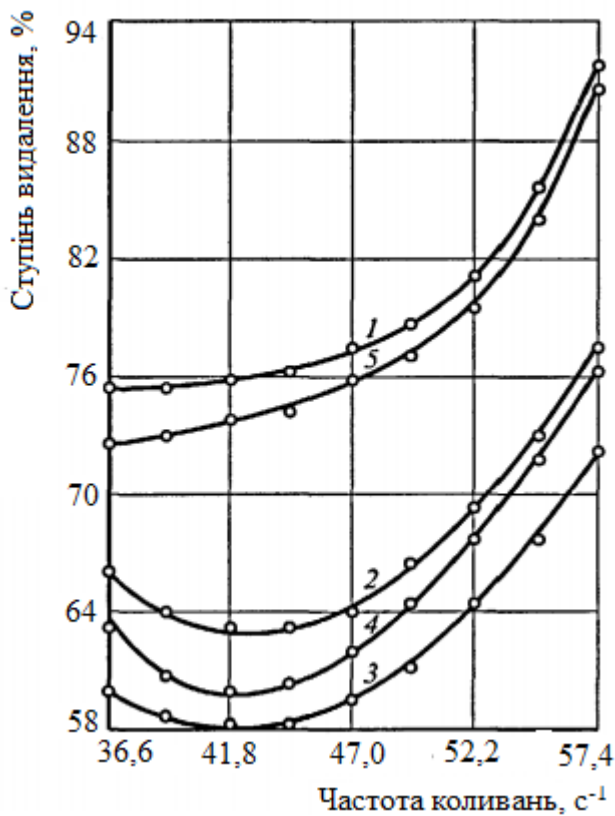


Рисунок 3.7 – Залежність ступеня видалення від частоти коливань сит при різних значеннях навантаження на сито  $q$ ,  $кг/(см \cdot год)$ : 1 – 10; 2 – 40; 3 – 70; 4 – 100; 5 – 130.

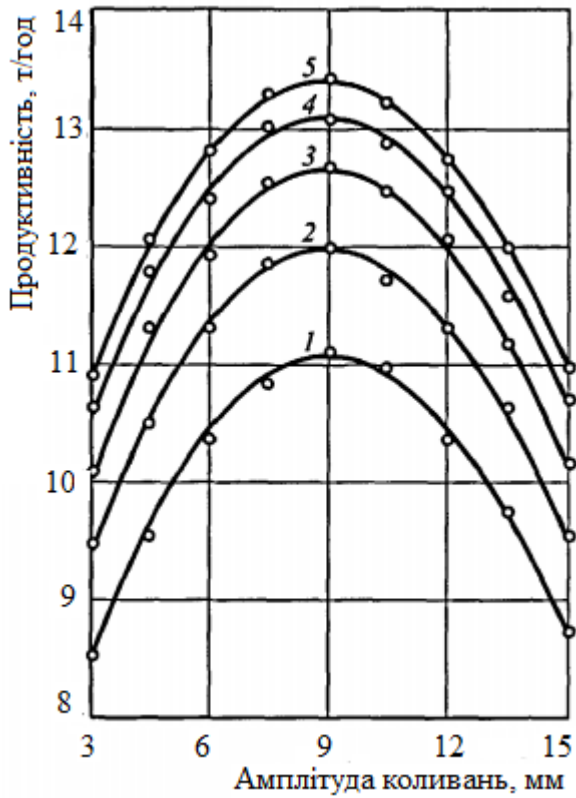


Рисунок 3.8 – Залежність продуктивності від амплітуди коливань при різних значеннях частоти коливання,  $n$ ,  $c^{-1}$ : 1 – 36,6; 2 – 41,8; 3 – 47,0; 4 – 52,2; 5 – 57,4.

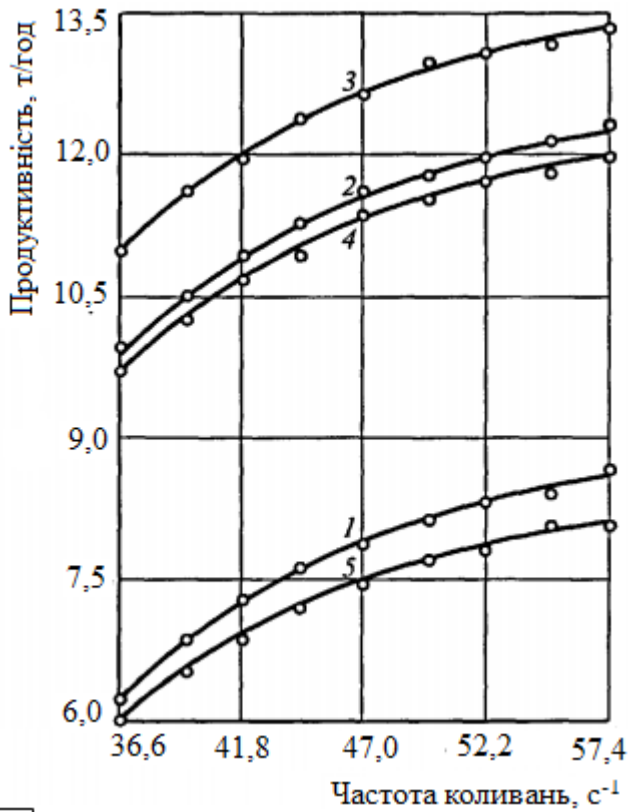


Рисунок 3.9 – Залежність продуктивності від частоти коливань сит при різних значеннях кута нахилу  $\alpha$ , град: 1 – 3; 2 – 6; 3 – 9; 4 – 12; 5 – 15.

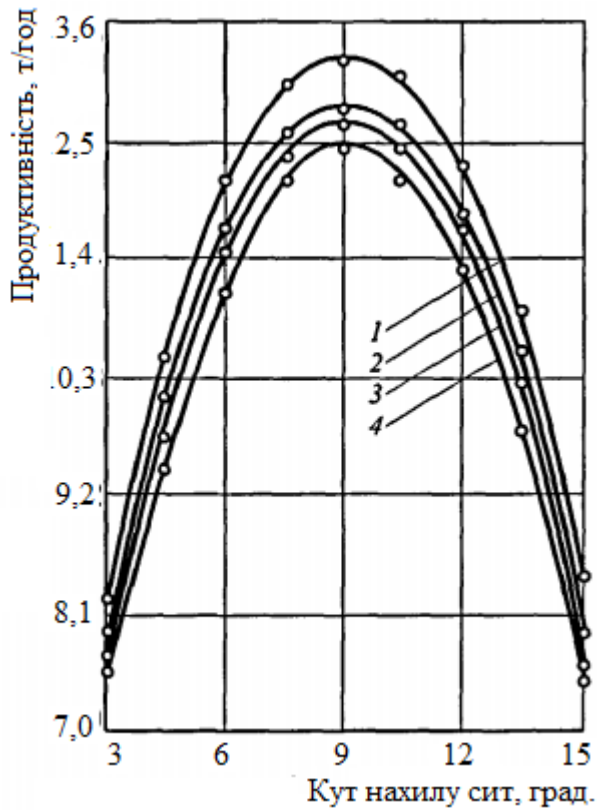


Рисунок 3.10 – Залежність продуктивності від кутанахилу сит при різній масовій частці жиру, що було введено в гранули,  $c_{жс}$ , %:  
 1 – 0; 2 – 2,5; 3 – 5,0; 4 – 7,5.

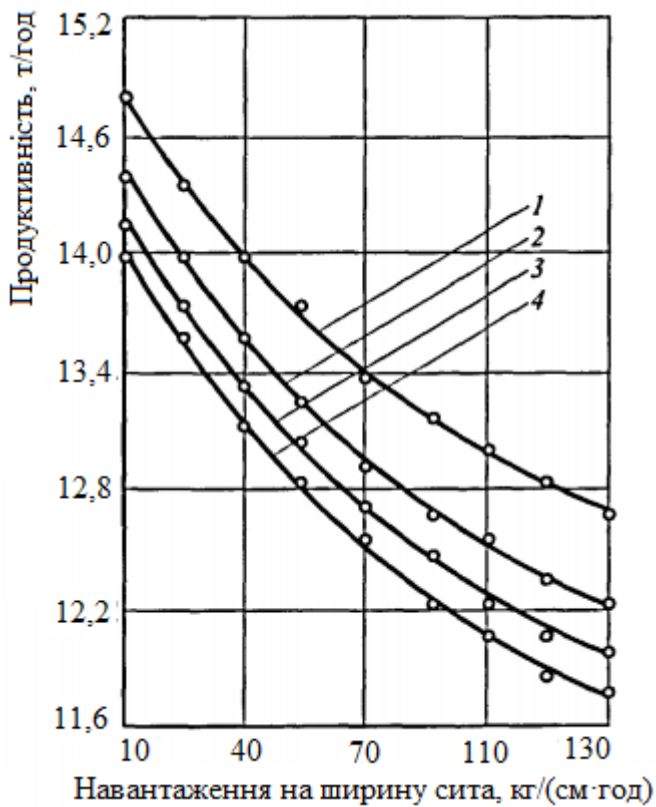


Рисунок 3.11 – Залежність продуктивності від навантаження на сито при різній масовій частці жиру, що було введено в гранули,  $c_{жс}$ , %: 1 – 0; 2 – 2,5; 3 – 5,0; 4 – 7,5.

## Висновки до розділу

Отже, проведення еспериментальних досліджень дозволило отримати оптимальні параметри процесу сортування комбікорми: амплітуда коливань 9,0 мм; частота коливань  $47,0 \text{ с}^{-1}$ ; кут нахилу сита 8,9 – 11,9 град; навантаження на сито 67,0 – 69,7 кг/см·год; ступінь видалення 4,6 – 4,9 %.

## 4 ПРАКТИЧНЕ ВПРОВАДЖЕННЯ ОТРИМАНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ

### 4.1 Спосіб обробки в технології виробництва комбікорму заданої крупності для свійської птиці у виробничих умовах

Завданням вдосконалення даної технології є покращення енергетичної ефективності кормовиробництва, поліпшення якості готової продукції, створення високопродуктивної, екологічно чистої технології отримання комбікормів для свійської птиці вирівняного гранулометричного складу.

Поставлена задача досягається тим, що в способі обробки комбікормів для птиці, що включає фракціонування розсипного комбікорму і подрібнених гранул на велику, середню і дрібну фракції з наступним виділенням середньої фракції в якості готової продукції, гранулювання дрібної фракції розсипного комбікорму в прес-грануляторі, змішування розсипного комбікорму з гарячими гранулами, що вийшли з прес-гранулятора, витримування щільного рухомого шару отриманої суміші в теплообміннику, її охолодження повітрям і подрібнення з поверненням великої фракції на доподрібнення і відведенням дрібної фракції на гранулювання, новим є те, що використовують теплонасосну установку і спочатку охолоджують повітря в випарнику-охолоджувачі теплонасосної установки до температури 4 – 7 °С шляхом рекуперативного теплообміну між киплячим холодоагентом і повітрям через охолоджуючу поверхню випарника-охолоджувача, а потім подають в охолоджувач на охолодження суміші гарячих гранул і розсипного комбікорму після її витримування в теплообміннику, а середню фракцію комбікорму після фракціонування покривають жировим шаром 0,5 – 1,0 мм в змішувачі шляхом розпльовування за допомогою форсунок, доводячи вміст жиру до 3 – 5 % від обсягу одержуваної середньої фракції, причому спочатку здійснюють підігрів жиру до температури 55 – 65 °С в конденсаторі-нагрівачі теплонасосної установки за рахунок теплоти конденсації холодоагенту, а потім подають в форсунки на распылення під тиском 0,3 – 0,4 МПа.

На рис. 4.1 представлена схема, що реалізує запропонований спосіб у виробничих умовах, а саме в цеху з виробництва комбікормів ТОВ «Птахокомплекс «Дніпровський».

Схема містить гравітаційний змішувач 1; теплообмінник 2; охолоджувач 3; подрібнювач 4; просіювальну машину 5; прес-гранулятор 6; змішувач 7; теплонасосну установку 8, що включає випарник-охолоджувач 9, компресор 10, терморегулюючий вентиль 11, конденсатор-нагрівач 12; форсунки 13; вентилятор 14; насос 15.

Спосіб здійснюється наступним чином. Вихідний розсипний комбікорм, що надходить на обробку, направляється на змішування з гарячими гранулами, що вийшли з матриці прес-гранулятора 6, в гравітаційний змішувач 1. Гравітаційний змішувач 1 дозволяє без механічного впливу на продукт протягом декількох секунд (3 – 5 с) отримати однорідну суміш розсипного комбікорму і гарячих гранул. Після змішувача суміш потрапляє в теплообмінник 2, що представляє собою камеру прямокутного перетину, розташовану над охолоджувачем 3. В теплообміннику 2 відбувається тепло- і вологообмін між гарячими гранулами і розсипним комбікормом. Все тепло гарячих гранул утилізується і використовується для нагріву розсипного комбікорму, що дозволяє не тільки забезпечити його знезараження, а й підвищити міцність гранул. Розсипний комбікорм в результаті контакту з гарячими гранулами нагрівається до температури 35 – 45 °С, при цьому створюються сприятливі умови для підвищення якісних і санітарно-гігієнічних показників одержуваного комбікорму.

В охолоджувачі 3 суміш гранул і розсипного комбікорму охолоджується повітрям, який подається вентилятором 14 і проходить попередню підготовку (охолоджується і осушується) в випарнику-охолоджувачі 9 теплонасосною установки 8 шляхом рекуперативного теплообміна між киплячим холодоагентом і повітрям через охолоджуючу поверхню випарника-охолоджувача. Для зниження виносу частинок суміші гранул і розсипного комбікорму процес охолодження здійснюють в режимі «фільтрації» повітря через рухомий щільний шар суміші. При цьому відносно невисока лінійна швидкість повітря, наприклад, 0,2 – 0,4 м/с,

компенсується достатньо низькою його температурою і вмістом вологи, що значно скорочує час охолодження суміші до температури 4 – 7 °С.

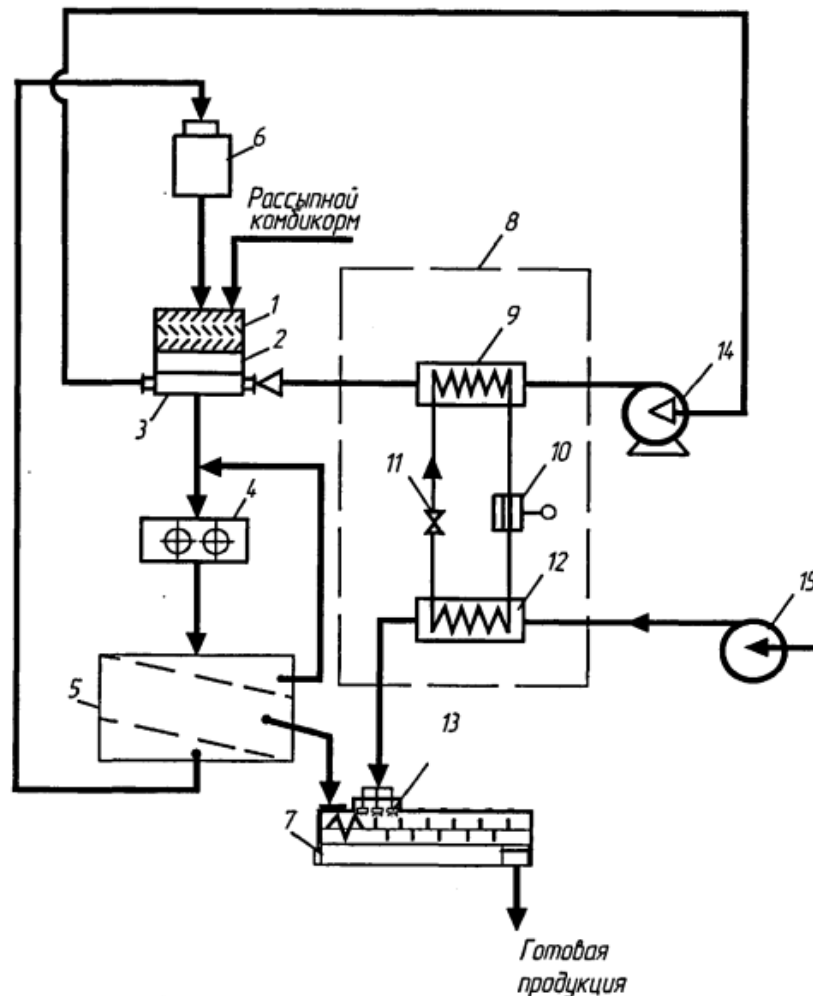


Рисунок 4.1 – Спосіб обробки комбікорму для птиці у виробничих умовах

- 1 – гравітаційний змішувач; 2 – теплообмінник; 3 – охолоджувач;  
 4 – подрібнювач; 5 – просіювальна машина; 6 - прес-гранулятор; 7 – змішувач; 8 –  
 теплонасосна установка; 9 - випарник-охолоджувач; 10 – компресор;  
 11 – терморегулюючий вентиль; 12 – конденсатор-нагрівач; 13 – форсунки;  
 14 – вентилятор; 15 – насос.

Суміш охолоджених гранул і розсипного комбікорму далі подається на подрібнення (вальцьовий верстат або валковий подрібнювач 4, робочий зазор встановлюють в межах 1,0 – 2,5 мм в залежності від призначення комбікорму).

Подрібнені гранули та розсипний комбікорм фракціують на просіювальній машині 5, у якій діаметр отворів верхнього сита складає 3,0 - 4,5 мм, нижнього 1,8 – 2,0 мм в залежності від рецепту виробок розроблених комбікормів. Велика фракція (сход верхнього сита) направляється на додаткове подрібнення на валковий подрібнювач 4, дрібна фракція (прохід нижнього сита) подається на гранулювання в прес-гранулятор з діаметром отворів матриці, наприклад, 4,7 – 5,0 мм. Середню фракцію (прохід верхнього і схід нижнього сита), що представляє собою комбікорм вирівняного гранулометричного складу, подають в змішувач, де покривають жиром шаром 0,5 – 1,0 мм шляхом розпилювання за допомогою форсунок, доводячи вміст жиру до 3 – 5 % від обсягу одержуваної середньої фракції.

Комбікорм з вмістом сирого жиру має хорошу фізичну структуру. Додавання жиру в комбікорм сприяє нормальному водному обміну організму птиці, при розщепленні 100 г жиру в тканинах утворюється 140 – 150 г води, і веде до більш високого коефіцієнту використання всіх поживних речовин. Корм з високим вмістом жиру збільшує час утримання його в кишечнику і, таким чином, забезпечує більш повне переварювання і всмоктування поживних речовин. Додаток жиру в раціон птиці найбільш необхідна в зимовий час. У таких умовах збільшується енергетична потреба птиці. Для курей доцільно додавати жир в корм і в умовах з високою температурою навколишнього середовища, коли споживання корму помітно знижується, а доданий жир дозволяє курці-несучці підтримувати процес формування яйця на необхідному рівні [28].

Застосування теплонасосної установки дозволяє підвищити енергетичну ефективність кормовиробництва. Теплонасосна установка 8 складається з тих же елементів, що і холодильна установка (випарник, компресор, конденсатор).

Як конкретний приклад по реалізації способу розглядається технологія отримання комбікорму для птиці в умовах ТОВ «Птахокомплекс «Дніпровський», виробленого за рецептом ПК-1 для курей-несучок, %: кукурудза 25,3; пшениця 30,0; шрот соняшниковий 3,0; трав'яне борошно 4,0; рибне

борошно 5,0; дріжджі 3,0; кісткове борошно 0,6; крейда 3,0; ракушка, вапняк 4,7; сіль 0,4; премікс 1,0.

До складу технологічної лінії входило наступне обладнання: 1 – змішувач У21-ДСП, 2 – теплообмінник, 3 – охолоджувач Б6-ДГВ-П, 4 – подрібнювач Б6-ДГВ-Ш, 5 – просіювальна машина А1-ДМП, 6 – прес-гранулятор Б6-ДГВ-1, 7 – змішувач 2СМ-1. Для підвищення енергетичної ефективності технологічної лінії використовувався компресорно-конденсаторний агрегат ФАК-1,1 Е.

У табл. 4.1 представлені результати порівняння якісних показників комбікормів запропонованого способу та за традиційною технологією [34,77].

Таблиця 4.1 – Порівняльна оцінка запропонованої технології з традиційною

Показники	Традиційна технологія	Пропонована технологія
Гранулометричний склад продукту, %:		
- велика фракція (схід з сита Ø4 мм)	4,0	4,0
- середня фракція (прохід сита Ø1 мм)	90,0	94,5
- дрібна фракція (прохід сита Ø1 мм)	6,0	1,5
Однорідність суміші, %	2	3
Масова частка жиру, %	0,5	5,0
Номінальна потужність обладнання, кВт	140,4	147,0
Витрати енергії в одиницю часу, кВт/год	2,3	2,65
Продуктивність, т/год	12,0	14,3
Питомі енерговитрати, кВт/год	11,7	10,1

Таким чином, пропонований спосіб має наступні переваги:

- дозволяє підвищити продуктивність лінії на 15 % за рахунок скорочення часу охолодження;
- знижує енерговитрати на тонну виробленого комбікорму вирівняного гранулометричного складу на 10 – 15 %;
- підвищує поживність комбікорму, зокрема, обмінну енергії, за рахунок введення жиру;
- забезпечує екологічно чисту технологію комбікорми вирівненого гранулометричного складу для свійської птиці.

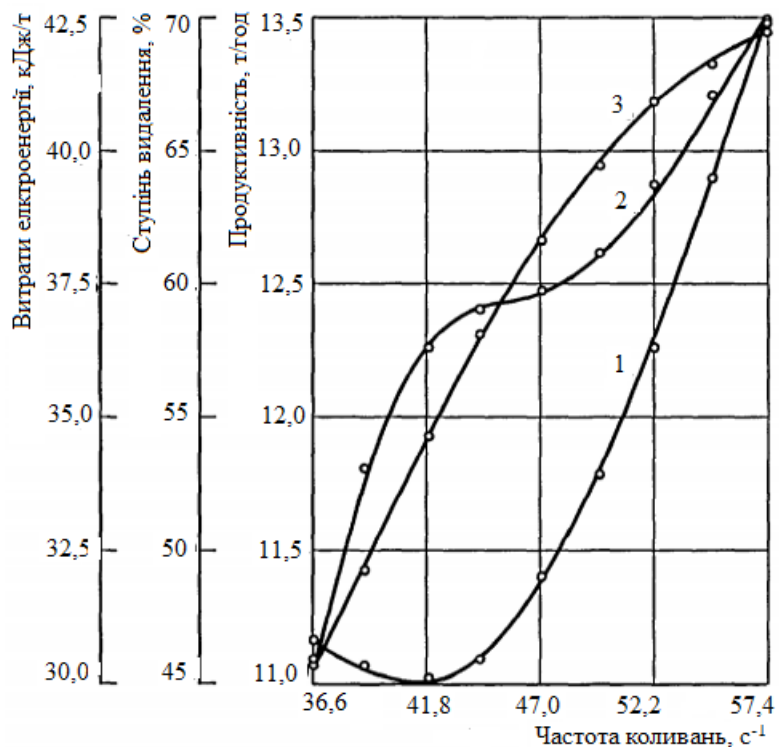


Рисунок 4.2 – Графічна залежність витрат електроенергії, ступеня видалення та продуктивності просіювальної машин від частоти коливання сита

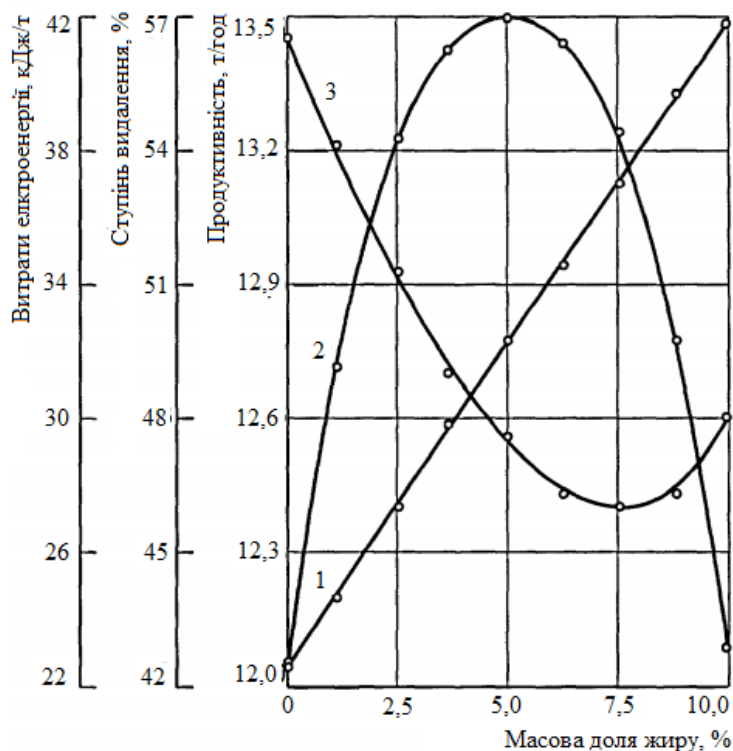


Рисунок 4.3 – Графічна залежність витрат електроенергії, ступеня видалення та продуктивності просіювальної машин від масової частки жиру, що вноситься в комбікорм

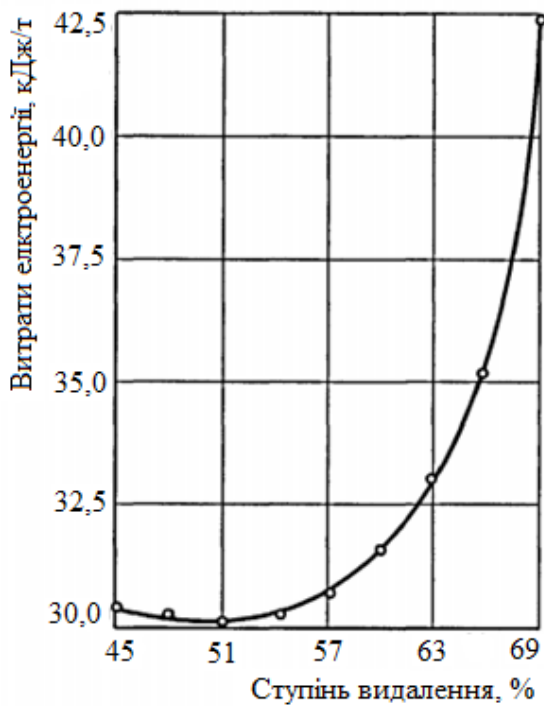


Рисунок 4.4 – Залежність витрат електроенергії від ступеня видалення готового продукту

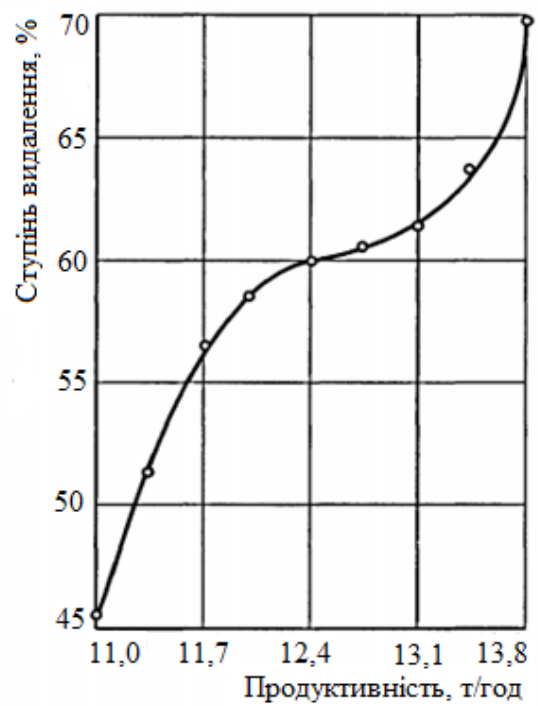


Рисунок 4.5 – Залежність ступеня видалення готового продукту від продуктивності просіювальної машини

#### 4.2 Результати дослідження хімічного складу комбікормів різного виду

При розробці комбікормів заданої крупності визначали хімічний склад окремих фракцій, проміжних продуктів і готової продукції. Відпрацювання технології проводили по I схемі, що цілком достатньо для характеристики готової продукції по хімічному складу.

Аналіз хімічного складу показав (табл. 4.2), що фракціонування розсипного комбікорму на просіювальній машині А1-ДСМ призводить до деякого розшарування комбікорму: проходові і сходові фракції розрізнялися на 2 % по сирому протеїну, 1 % по фосфору і натрію.

Гранулювання дрібної проходової фракції розсипного комбікорму на пресі-грануляторі з установкою матриці з отворами  $\varnothing 4,7$  мм, охолодження гранул, подрібнення їх не призводить до зміни показників якості. При сепаруванні подрібнених гранул з дрібної фракції комбікорми сходова фракція верхнього сита направляється на додаткове подрібнення в подрібнювач, проходову – на

повторне гранулювання і сходову нижнього і проходову верхнього сита, як компонент готової продукції, направляли в інший бункер для послідуочого об'єднання з фракцією вихідного розсипного комбікорму. Таким чином, з цих двох компонентів після дозування і змішування на шнековом змішувачі отримували комбікорм вирівняною (заданої) крупності.

Аналіз хімічного складу продуктів після сепаратора ЗСП-10 показав, що проходові і сходові продукти подрібнених гранул з дрібної фракції комбікорму незначно на 1 – 2 % відрізняються між собою. У сходових фракції було на 0,4 % менше сирого протеїну і на 0,14 % менше фосфору. Таким чином, по цій технологічній схемі можна виробляти комбікорм вирівняної крупності, хімічний залишився практично не порушується в процесі вироблення, проте на певному етапі однорідність продукції отримати важко, що ускладнює цей процес.

Таблиця 4.2 – Хімічний склад комбікормів заданої крупності, розсипних комбікормів і крупи з розсипного комбікорму, вироблених за рецептом ПК-1

Продукт	Масова частка, %									
	сирого протеїну		сирої клітковини		кальцію		фосфору		натрію	
	Середнє	Коефіцієнт варіації	Середнє	Коефіцієнт варіації	Середнє	Коефіцієнт варіації	Середнє	Коефіцієнт варіації	Середнє	Коефіцієнт варіації
Розсипний комбікорм (1 партія)	18,54	2,72	3,27	16,08	3,22	10,38	0,60	5,69	0,14	8,57
Комбікорм заданої крупності (3 партія)	17,92	3,37	2,90	6,22	3,25	4,35	0,73	11,43	0,14	1,84
Крупка з розсипного комбікорму (2 партія)	18,99	1,34	2,95	17,57	3,75	0	0,98	5,00	0,07	4,68

Для порівняння на цій же лінії виробляли крупку з гранул розсипного комбікорму. При сортуванні подрібнених гранул в обох випадках в сепараторі встановлювали розроблені раніше режими. Результати дослідження хімічного складу дозволяють відзначити (табл. 4.2) що сходові і проходові фракції сит сепаратора за хімічним складом також дещо відрізнялися між собою. Однак ці розбіжності не значні. Дані дослідження необхідні перш за все для технічної оцінки.

Таким чином, розроблена технологія вироблення комбікормів заданої крупності не призводить до порушення якості, а забезпечує виробництво комбікорму однорідного по розподілу хімічних речовин компонентів корму.

### Висновки до розділу

В даному розділі дипломної роботи було оброблено результати виробничої перевірки запропонованого способу виробництва комбікормів. В результаті виробничих випробувань було встановлено, що пропонований спосіб має наступні переваги:

- дозволяє підвищити продуктивність лінії на 15 % за рахунок скорочення часу охолодження;
- знижує енерговитрати на тонну виробленого комбікорму вирівняного гранулометричного складу на 10 – 15 %;
- підвищує поживність комбікорму, зокрема, обмінну енергію, за рахунок введення жиру;
- забезпечує екологічно чисту технологію комбікорми вирівненого гранулометричного складу для свійської птиці.

Таким чином, розроблена технологія вироблення комбікормів заданої крупності не призводить до порушення якості, а забезпечує виробництво комбікорму однорідного по розподілу хімічних речовин компонентів корму.

## 5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

### 5.1 Розробка карти безпеки праці

Розробка карт безпеки праці є важливим етапом для забезпечення безпеки на робочому місці. Основна мета карти безпеки полягає в наданні співробітникам необхідної інформації щодо потенційних ризиків та заходів безпеки, які слід дотримуватися під час роботи на заводі.

Основні складові, які можуть бути включені в карту безпеки персоналу підприємств з виробництва комбікормів, подані на рисунку 5.1.

<p style="text-align: center;"><i>I. Загальна інформація</i></p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Вимоги картки поширюються на всіх працівників всіх підрозділів підприємства;</li><li>2. Термін дії картки: 5 років (до <b>05.02.2029</b>);</li><li>3. Проходження інструктажу працівником: кожні <b>6 місяців</b>;</li><li>4. Відповідальність за невиконання положень цієї картки: дисциплінарна, матеріальна, адміністративна, кримінальна;</li><li>5. 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>1. Виконувати правила внутрішнього трудового розпорядку;</li><li>2. Користуватися спецодягом та засобами індивідуального захисту;</li><li>3. Працювати тільки на справному обладнанні;</li><li>4. Не допускати сторонніх осіб на робоче місце;</li><li>5. 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>1. Захаращеність робочого місця;</li><li>2. Відсутність спеціальних пристосувань, інструменту, обладнання;</li><li>3. Підвищена температура обладнання;</li><li>4. Підвищена температура, вологість, рухливість повітря робочої зони;</li><li>5. Недостатня освітленість робочої зони;</li><li>6. 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>1. Отримати завдання від керівника робіт.</li><li>2. Одягти спецодегу і привести його в порядок.</li><li>3. Підготувати робоче місце до виконання робіт, прибрати всі непотрібні речі.</li><li>4. Впевнитись, що робоче місце достатньо освітлене.</li><li>5. Підібрати та підготувати необхідні інструменти, пристосування, обладнання.</li><li>6. 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>1. Перед вмиканням у роботу обладнання необхідно перевірити надійність кріплення всіх елементів.</li><li>2. Рухомі частини обладнання не повинні торкатись внутрішньої поверхні корпусу.</li><li>3. Технічне обслуговування та налаштування обладнання можливе при розвантаженому обладнанні і при вимкненому електродвигуні.</li><li>4. 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>1. Після закінчення роботи необхідно вимкнути обладнання.</li><li>2. Прибрати робоче місце. Звільнити його від відходів виробництва, винести сміття.</li><li>3. Почистити, помити інвентар, інструмент, скласти його в відведене для нього місце.</li><li>4. Зняти спецодегу, покласти його в відведене для цього місце; прийняти душ.</li><li>5. 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>1. негайно відключити від мережі електрообладнання, відключати від систем газ.</li><li>2. Не допускати в небезпечну зону сторонніх осіб.</li><li>3. Повідомити про те, що сталося керівника робіт.</li><li>4. 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

Виробничі процеси на комбикормових заводах мають значний вплив на навколишнє середовище. Цей вплив характеризується головним чином такими аспектами: забрудненням повітря пилом і токсичними речовинами, забрудненням зернових продуктів, скиданням стічних вод і промисловим шумом.

Одним з найважливіших завдань в системі природоохоронних заходів на ТОВ «Птахокомплекс «Дніпровський» є забезпечення чистоти повітря.

Значна кількість мінерального та органічного пилу утворюється в процесі промивання зерна та його перевантаження. Пил також утворюється під час змішування кормових інгредієнтів. Щоб пил не виносився і не забруднював навколишнє повітря, на заводі встановлено систему всмоктування, яка відсмоктує пил з усіх точок вивантаження. Повітря надійно очищається за допомогою циклонів і фільтрів різних конструкцій.

Видалення пилу з території підприємства, включно з дахами будівель, повинно проводитися відповідно до графіка, в якому зазначено періодичність прибирання (наприклад, за зміну, щодня, щомісяця, щокварталу тощо) для конкретних виробничих ділянок. Графік прибирання має бути затверджений директором компанії.

### Висновки до розділу

У даному розділі кваліфікаційної роботи було розроблено карту безпеки для операторів зерномийного заводу ТОВ «Птахокомплекс «Дніпровський», у якій розглянуто та визначено способи утилізації відходів виробництва та їхній вплив на екологічну безпеку території.

## 6 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

### 6.1 Організація проведення дослідження

Метою економічних розрахунків для встановлення достовірності дослідження є оцінювання отриманих результатів і доцільності проєкту в цілому.

Організація дослідження охоплює складання списку робіт, визначення їхнього взаємозв'язку і тривалості, побудову мережевого графіка, визначення критичного шляху і розрахунок кошторису експериментальних витрат.

Перелік робіт, що виконуються в ході дослідження, наведений у таблиці 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 впливу амплітуди коливання сита на продуктивність та питомі енерговитрати	3
7-9	Дослідження впливу частоти коливання сита на продуктивність та питомі енерговитрати	5
7-10	Дослідження впливу кута нахилу сита на продуктивність та питомі енерговитрати	4
7-11	Визначення якісних та хімічних показників комбікормів	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

На основі плану дослідження розробляється мережевий графік. На етапі реалізації мережевий графік забезпечує можливість швидкого управління ходом виконання робіт (рис. 6.1).

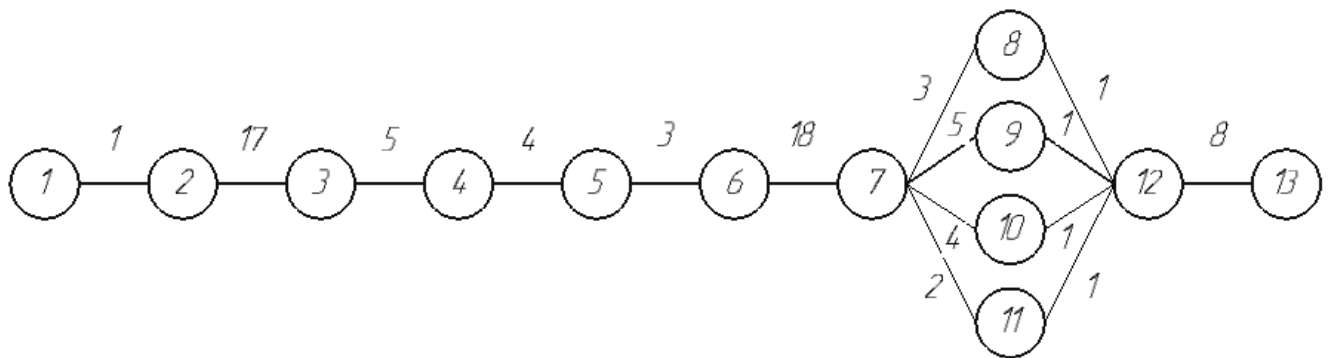


Рисунок 6.1 – Мережевий графік проведення дослідної роботи

Графік показує повний шлях, тобто безперервний робочий час від першої події до останньої.

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

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

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

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

Максимальний шлях називається критичним шляхом. У нашому випадку це другий шлях, який триває 62 дні.

## 6.2 Витрати, пов'язані з проведенням дослідження

Вартість основних і побічних матеріалів розраховується за формулою:

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

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

$C_1$  – ціна одиниці  $i$ -го матеріалу, грн.

Результати розрахунку матеріальних витрат наведено в таблиці 6.1.

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

У таблиці 6.3 наведено розраховані заробітні плати тих, хто взяв участь в опитуванні.

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 заробітної плати:

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

Спожита електроенергія визначається за такою формулою:

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

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).

Енергоспоживання приводу гранулятора:

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

Енергоспоживання приводу просіювача:

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

Енергоспоживання під час роботи комп'ютера:

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

Загальне споживання електроенергії:

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

Амортизація обладнання, що використовується в процесі дослідження, розраховується за наступною формулою:

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

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.

Результати розрахунків амортизації наведено в таблиці 6.4.

Таблиця 6.4 – Результати розрахунків витрат на амортизацію

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

Накладні витрати становлять:

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

Кошторис витрат на проведення дослідження наведено в таблиці 6.5.

Таблиця 6.5 – Кошторис витрат

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 з аналізом, найбільшими є витрати на заробітну плату та нарахування на заробітну плату.

### 6.3 Розрахунок вартості дослідження

Ціна дослідження визначається за формулою:

$$Ц = C + \frac{P \cdot C}{100}, \quad (6.5)$$

де  $C$  – вартість дослідження, грн;

$S$  – витрати на дослідження, грн;

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

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

Вартість дослідження склала 6 847,70 грн.

Висновки до розділу

Найвагомішими витратами є основні матеріали та заробітна плата, які становлять 2530,00 грн. та 1000,00 грн. відповідно. Загальна вартість дослідження становить 6847,70 грн.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

На підставі системного підходу проведено комплексні теоретичні і експериментальні дослідження, в результаті яких розроблені рекомендації по науково-практичного забезпечення технології отримання комбікормів заданої крупності для свійської птиці.

Показано, що підвищення ефективності технології комбікормів заданої крупності для свійської птиці пов'язано зі збільшенням виходу середньої фракції на 10 – 12 % у вигляді готового продукту при сортуванні вихідних компонентів.

Отримано статистичну модель процесу сортування. Виявлено основні параметри, що впливають на цей процес, і встановлено умови оптимальних параметрів процесу та їх значення, а саме: амплітуда коливання сит 9,00 – 9,01 мм; частота коливання сит 47,00 – 47,04 с<sup>-1</sup>; кут нахилу сит 8,99 – 11,99 град; питоме навантаження на одиницю ширини сита 67,00 – 69,76 кг/(см·год); масова частка жиру, що вводиться в гранули 4,60 – 4,90 %, що забезпечують зниження питомих енерговитрат і підвищення виходу готової продукції.

На основі системного підходу складена операційна модель енергозберігаючої технології комбікормів заданої крупності, виконана

Запропоновано методологічний підхід в оптимізації нормування вихідного комбікорму за величиною сумарних енергетичних витрат, що приходяться на одиницю отриманого комбікорму, що забезпечує раціональне навантаження на обладнання в широкому діапазоні зміни впливових параметрів.

Запропоновано спосіб обробки комбікормів для свійської птиці, що забезпечує зниження питомих енерговитрат на 15 – 20 % за рахунок утилізації та рекуперації вторинних енергоресурсів.

Найвагомішими витратами є основні матеріали та заробітна плата, які становлять 2530,00 грн. та 1000,00 грн. відповідно. Загальна вартість дослідження становить 6847,70 грн.

## БІБЛІОГРАФІЯ

- 1 . Адамчук В. В., Прилуцький, А. Н., Заришняк, А. С., Степаненко, С. П. (2014). Концепція комплексного вирішення проблеми післязбиральної обробки і зберігання зерна в сільськогосподарських підприємствах України. В зб.: Механізація та електрифікація сільського господарства. Глевах: ННЦ «ІМЕСГ». Вип. 99. С. 40-56.
- 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. Інноваційний інжиніринг в окремих галузях харчового виробництва. Дніпро: ФОП Обдимко О.С., 2022. 407 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. Kovaliova, O., Vasylieva, N., Stankevych, S., Zabrodina, I., Mandych, O., Hontar, T., Haliasnyi, I., Kotliar, O., Yanchyk, O., Bogatov, O. (2023). Development of a technology for the production of germinated flaxseed using plasma-chemically activated aqueous solutions. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4 (11 (124)), 6–19. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.284810>

11. 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 Cliem.* № 6. P. 466-470.

12. Thomson, W. H., Pomerang, 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. Півоваров О.А., Ковальова О.С., Кошулько В.С. Інноваційні методи визначення показників якості зерна: Навчальний посібник. Дніпро: ДДАЕУ, 2023. 325 с.

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., Чернобай, 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 В07В 4/02 (2006.01), В07В 11/06 (2006.01), В07В 11/08 (2006.01), А01F 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 В07В 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 В07В 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. Зерноочишувальний 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 Великобритани, кл. В 07 С 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 Великобритани, кл. В 07 С 5/02, G 01 N 21/00, НКІ. G 1 А. Заявл. 19.01.81, N 8101542. Опубл. 28.07.82.
34. Lockett James F. (1982). Univeisal sorting apparatus. Патент США, кл. В 07 С. 5/342, НКІ 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. Osborne, D. Y., Berfrand, D. (1992). Image analysis and spectroscopic techniques. Rapp 9 Congr. Int. Cereals et pain, Paris, 1-5 juin 1992. Ind. cereal. № 77. P. 10-12.
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. Khazaei J., Sarmadi, M., Behzad, J. (2008). Physical properties of sunflower seeds and kernels related to harvesting and dehulling. Lucrari Stiintifice. P. 49.
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 сепаруваннязернових 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. Shevchenko I. Aliiev E. Improving the efficiency of the process of continuous flow mixing of bulk components. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2020. 6/1 (108). P. 6-13. DOI: 10.15587/1729-4061.2020.216409

47. Paliy, A., Aliiev, E., Paliy, A., Ishchenko, K., Shkromada, O., Musiienko, Y., Plyuta, L., Chekan, O., Dubin, R., Mohutova, V. (2021). Development of a device for cleansing cow udder teats and testing it under industrial conditions. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1(1 (109)), 43–53. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.224927>

48. 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>

49. Paliy A., Aliiev E., Identifying changes in the technical parameters of milking rubber under industrial conditions to elucidate their effect on the milking process. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, Vol. 3, Issue 1 (111), 2021. 21–29. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.231917>