

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ**  
**Інститут (факультет) Навчально-науковий інститут харчових технологій**  
**Кафедра технології зберігання та переробки зерна**

«До захисту в ЕК»

Директор інституту(декан факультету)

\_\_\_\_\_ О. В. Кочубей-Литвиненко

(підпис)

(прізвище та ініціали)

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2021 р.

«До захисту допущено»

В. о. завідувача кафедри

\_\_\_\_\_ Т. І. Янюк

(підпис)

(прізвище та ініціали)

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2021 р.

**Кваліфікаційна робота**

**на здобуття освітнього ступеня магістра**

з напрямку підготовки (спеціальності) 181 Харчові технології  
(шифр та назва напрямку підготовки (спеціальності))

на тему Дослідження процесу виробництва збагачених комбікормів для ВРХ

Виконав: студент 2 курсу, групи ТЗ-2-6М

Романенко О.В.  
(прізвище та ініціали)

Керівник

Янюк Т.І.  
(прізвище та ініціали)

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Консультанти

\_\_\_\_\_  
(прізвище та ініціали)

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Рецензент

\_\_\_\_\_  
(прізвище та ініціали)

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Засвідчую, що в цьому дипломному проекті немає запозичень із праць інших авторів без відповідних посилань.

Студент \_\_\_\_\_  
(підпис)

**Київ – 2021 р.**

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ  
 Інститут (факультет) Навчально-науковий інститут харчових технологій  
 Кафедра технології зберігання і переробки зерна  
 Освітній ступінь Магістр  
 Спеціальність 181 Харчові технології  
 Освітня програма Технології зберігання та переробки зерна

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

**В.о. завідувач кафедри ТЗ**

**Т.І. Янюк**

“ ” 20 року

### З А В Д А Н Н Я

#### НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Романенку Олегу Віталійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Дослідження процесу виробництва збагачених комбікормів для ВРХ

керівник проекту (роботи) Янюк Т.І., к.т.н., доцент

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від “26” жовтня 2020 року № 872-КС

2. Строк подання студентом проекту (роботи) 15 лютого 2021 р.

3. Вихідні дані до роботи індійський морський рис

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Вступ; 1. Аналіз технології комбікормів для великої рогатої худоби; 2. Об'єкт та методи досліджень; 3. Експериментальна частина; 4. Дослідження технологічного процесу виробництва комбікормів для ВРХ; 5. Математичне моделювання; 6. Технологічна частина; 7. Соціально-економічна ефективність роботи; Загальні висновки; Список використаної літератури; Додаток А. Рецепт комбікорму; Додаток Б. Теза; Додаток В. Стаття.

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

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

## 6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання 16.09.2020 р.**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Вступ	20.09.2019	
2	Аналіз технології комбікормів для великої рогатої худоби	13.10.2019	
3	Об'єкт та метод дослідження	18.10.2019	
4	Експериментальна частина	22.11.2019	
5	Дослідження технологічного процесу виробництва комбікормів для ВРХ	05.03.2020	
6	Технологічна частина	18.06.2020	
7	Соціально-економічна частина	18.09.2020	
8	Загальні висновки	19.09.2020	
9	Список використаної літератури	19.09.2020	
10	Додаток А. Рецепт комбікорму	09.10.2020	
11	Додаток Б. Теза	05.03.2020	
12	Додаток В. Стаття	09.10.2020	
13			

Здобувач \_\_\_\_\_

(підпис)

**Романенко О.В.**

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи \_\_\_\_\_

(підпис)

**Янюк Т.І.**

(прізвище та ініціали)

## АНОТАЦІЯ

**Романенко О. В.** Дослідження процесу виробництва збагачених комбікормів для ВРХ. – Рукопис.

Кваліфікаційна робота за спеціальністю 181 "Харчові технології", освітня програма – Технології зберігання і переробки зерна. – Національний університет харчових технологій, Київ, 2021.

Робота присвячена дослідженню процесу виробництва комбікормів для великої рогатої худоби. Проведено аналіз технологій виробництва комбікормів для великої рогатої худоби. Досліджено фізико-технологічні властивості та хімічний склад сировини. Визначено показники якості кормових сумішей та комбікормів. Проведена оптимізація кормової суміші з урахуванням максимальної норми згодовування компонентів для відгодівлі ВРХ.

Дослідження проведені за діючими стандартами, в Національному університеті харчових технологій на кафедрі технології зберігання і переробки зерна.

Ключові слова: пшеничні висівки, морський індійський рис, технологія комбікормів для великої рогатої худоби.

## ANNOTATION

In the master's thesis the process of production of enriched compound feeds for cattle was investigated.

The analysis of technologies for cattle is carried out. Research of physical-technological and chemical composition of raw materials, as well as quality indicators. The calculated mixture was optimized taking into account the maximum feeding rate of components for cattle fattening.

The research was conducted according to current standards, except for Indian sea rice according to the methods of the Department of Grain Storage and Processing Technology of the National University of Food Technologies.

**Key words:** wheat bran, sea Indian rice, technology of compound feeds for cattle.

## ЗМІСТ

<b>ВСТУП</b> .....	6
<b>РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЇ КОМБІКОРМІВ ДЛЯ ВЕЛИКОЇ РОГАТОЇ ХУДОБИ ВРХ</b> .....	9
<b>1.1 Виробництво комбікормів для великої рогатої худоби в Україні та світі, їх характеристика</b> .....	9
<b>1.2 Характеристика сировини</b> .....	13
<b>1.3 Характеристика існуючих технологій виробництва комбікормів</b> .....	26
<b>Висновки до розділу 1</b> .....	30
<b>РОЗДІЛ 2 МЕТОДИ ТА ОБ'ЄКТИ ДОСЛІДЖЕНЬ</b> .....	31
<b>2.1 Методи відбору проб</b> .....	31
<b>2.2 Методи визначення органолептичних показників</b> .....	32
<b>2.3 Визначення фізико – механічних властивостей сировини</b> .....	32
<b>2.4 Визначення хімічного складу і властивостей сировини</b> .....	36
<b>2.5 Процес екструдювання</b> .....	37
<b>2.6 Математична модель факторного експерименту</b> .....	38
<b>2.7 Розрахунок рецепта комбікорму</b> .....	42
<b>Висновки до розділу 2</b> .....	42
<b>РОЗДІЛ 3 ЕКСПЕРЕМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА</b> .....	45
<b>3.1 Визначення органолептичних показників сировини</b> .....	45
<b>3.1.1 Висівки пшеничні</b> .....	45
<b>3.1.2. Кукурудза</b> .....	45
<b>3.1.3. Індійський морський рис</b> .....	45
<b>3.2 Дослідження фізико – механічних властивостей сировини</b> .....	46
<b>3.3 Дослідження хімічного складу пшеничних висівок та ІМР</b> .....	49
<b>Висновки до розділу 3</b> .....	50
<b>РОЗДІЛ 4 ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИРОБНИЦТВА КОМБІКОРМІВ ДЛЯ ВРХ</b> .....	51
<b>РОЗДІЛ 5 МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ</b> .....	58
<b>5.1 Розрахунок сумішей</b> .....	58

5.2 Екструдування суміші .....	58
5.3 Проведення трьохфакторного експерименту .....	59
5.4 Дослідження фізико-технологічного та хімічного складу суміші комбікорму.....	66
5.5 Зберігання продукції.....	67
Висновки до розділу 5 .....	68
<b>РОЗДІЛ 6 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА .....</b>	<b>69</b>
6.1 Опис технологічної схеми .....	69
Висновки до розділу 6 .....	71
<b>РОЗДІЛ 7 СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ РОБОТИ .....</b>	<b>72</b>
7.1 Розрахунок виробничої програми з виробництва кормових сумішей ...	72
7.2 Розрахунок собівартості кормової суміші.....	72
7.3 Розрахунок вартості кормової суміші .....	74
Висновки до розділу 7 .....	74
<b>ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ .....</b>	<b>77</b>
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ .....</b>	<b>78</b>
<b>ДОДАТКИ .....</b>	<b>83</b>
ДОДАТОК А Рецепт комбікорму для ВРХ.....	84
ДОДАТОК Б Тези.....	85
ДОДАТОК В Стаття.....	86

## ВСТУП

**Актуальність теми.** Як показують численні вітчизняні й зарубіжні дослідження та засвідчує практика, прогресу в інтенсивності росту молодняку тварин і птиці можна добитися лише завдяки використанню високоякісних і повноцінних комбікормів, що дозволяють забезпечити багатofакторне балансування раціонів відповідно до сучасних норм годівлі. Поряд з цим, використання зернових кормів у вигляді комбікормів підвищує їх продуктивну дію, значно збільшує трансформацію поживних речовин у продукцію тваринництва. Застосування комбікормів сприяє також економії кормів, оскільки науково обгрунтоване поєднання усіх поживних і біологічно активних речовин у комбікормах чи раціонах забезпечує найповніше їх перетравлювання і засвоєння організмом, порівняно з компонентами комбікормів, які використовуються розрізнено.

За розрахунками, кожна згодована тонна комбікорму, порівняно з такою ж кількістю зерна, згодованою окремо, забезпечує додаткове отримання 90–100 кг м'яса птиці, або 1000 штук яєць, або 80–90 кг свинини, або 250–300 кг молока. Виробництво комбікормів дозволяє, поряд з високоенергетичними і високопротеїновими кормами, ефективно використовувати широкий асортимент нових кормових добавок і препаратів-стимуляторів росту, антиоксидантів, пробіотиків і пребіотиків, транквілізаторів, ферментів, амінокислот тощо.

Комбікорми відіграють важливу роль у вирішенні проблеми білка, оскільки завдяки ретельному балансуванню їх за амінокислотним складом потреба тварин у протеїні може бути зменшена на 10–15 %. У складі комбікорму тварини краще споживають малоцінні корми, відходи технічних виробництв (зернові плівки, оболонки, лушпиння тощо).

Можливість приготування комбікормів у вигляді гранул дозволяє уникнути самосортування компонентів і передозування мікродобавок та покращити їх споживання, а також механізувати і автоматизувати роздавання кормів. Основною сировиною для виробництва комбікормів у нашій країні є

зерно, частка якого складає 70–90 %, і лише незначна частина представлена відходами переробки продукції рослинництва і тваринництва, БВМД, преміксами, хоча у зарубіжних країнах зернові компоненти займають 50–55 %.

Це свідчить про те, наскільки є актуальною проблема удосконалення рецептури комбікормів, преміксів, БВМД на основі нових деталізованих норм годівлі сільськогосподарських тварин з широким залученням нетрадиційних джерел незернової, білкової і мінеральної сировини.

Нині комбікормова промисловість України представлена підприємствами різного ступеня технічної оснащеності, державними і приватними спеціалізованими цехами і лініями з виробництва БВМД і преміксів. Серед них комбікормові заводи і цехи у складі борошномельних заводів, хлібоприймальних підприємств, елеваторів, малогабаритні заводи і цехи птахофабрик та тваринницьких комплексів. Із року в рік зростають вимоги до проектування комбікормових заводів, модернізації їх і культури виробництва. Технічна оснащеність комбікормових підприємств систематично вдосконалюється, освоюються нові технологічні лінії, керовані не тільки за допомогою автоматичних, але й електронних систем.

**Мета і завдання дослідження.** Мета роботи – дослідити можливість використання індійського морського рису при екструдванні пшеничних висівок з додаванням зерна кукурудзи. Визначення оптимальний склад кормової суміші.

Для досягнення поставленої були сформовані наступні задачі:

1. Визначити хімічний склад, фізико-технологічні властивості та показники якості досліджуваної сировини.
2. Встановити оптимальний вміст сировини при виробництві кормових сумішей.
3. Визначити показники якості отриманої екструдованої кормової суміші.
4. Дослідити зміну показників якості екструдату під час зберігання.

**Об'єкт дослідження** – технологія екструдування пшеничних висівок при внесенні до їх складу зерна кукурудзи та індійського морського рису.

**Предмет дослідження** – суміш висівки пшеничної, зерно кукурудзи та індійський морський рис.

**Методи досліджень.** Стандартні загальноприйняті і спеціальні технологічні, фізико-хімічні та органолептичні, виконані із застосуванням сучасних приладів і компютерних технологій.

Робота викладена на 86 сторінках, містить 7 розділів, список використаної літератури та додатки.

## РОЗДІЛ 1

### АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЇ КОМБІКОРМІВ ДЛЯ ВЕЛИКОЇ РОГАТОЇ ХУДОБИ (ВРХ)

#### 1.1 Виробництво комбікормів для великої рогатої худоби в Україні та світі, їх характеристика

Основними складовим комбікормів для годівлі ВРХ є:

- зернові види сировини, серед яких найбільш популярні - ячмінь, пшениця, просо, кукурудза, тритикале. Ця група займає майже 85% всього складу;

- шроти, макухи льону, соняшнику, сої, які отримують в процесі виробництва олії з насіння відповідних олійних культур. Їх частка може досягати 15-25%;

- бобові культури, в них міститься велика кількість протеїну - соя, боби, нут, горох, люпин.

- грубі корми, що містять клітковину (сіно і солома);

- відходи зернопереробної промисловості;

- м'ясо-кісткове борошно;

- борошно з хвойних і трав'яних рослин;

- мінеральна сировина;

- вітамінізовані добавки;

- біостимулятори;

- амінокислоти;

- сіль кухонна;

- антибіотики.

Велика рогата худоба, третій за величиною ринок комбікормів в ЄС, склав 27% від обсягу виробництва кормів в 2019 році і зафіксувався на рівні 41,4 млн т, що дещо менше, ніж у попередній рік. Іспанія (7,4 млн т), Німеччина (6,5 млн т), Франція (5,4 млн т) і Великобританія (5,2 млн т) були основними виробниками кормів для

великої рогатої худоби в ЄС в 2019 році. Велика частина корму призначається для молочної худоби [35, 45].

Зростання обсягу на європейському ринку комбікормів застопорилося, констатують в Rabobank.

Розвиток ринку всередині і поза ЄС-28, зміна потреб в продуктах, що консолідує фермерська база будуть кидати виклик прямому потенціалу зростання на європейські ринки комбікормів, що вже стабілізувалися.

З огляду на розмір сектору тваринництва і комбікормів, ЄС є другим за величиною споживачем сировини для корму після Китаю і набагато випереджає США і Бразилію. Зерно становить більшу частину корму в ЄС, на частку якого припадає близько 70% злакових, а потім близько 25% олійних культур. На частку ЄС припадає 18% всього зерна, що використовується в усьому світі на корм.

За оцінками Strategyie Grains, на виробництво комбікормів в ЄС у 2018-2019 рр. використовувалося близько 60% (166 млн т) зерна. Інша частина згодовувалася безпосередньо на фермах.

За останні чотири роки кількість пшениці, що використано в годівлі, зросла з 45 млн т у 2013-2014 рр. до 54 млн т у 2018-2019 рр., причому більша частина цієї злакової культури вирощується в ЄС.

Крім зернових, 56 млн т олійних використовуються на корм в ЄС, що робить ЄС другим за величиною споживачем олійних культур у світі після Китаю.

Кількість споживаного в ЄС борошна олійних культур за останні п'ять років росло на 1% в рік. Проте, інші країни, такі як Китай (+ 3%) і США (+ 2%), показали більш сильне зростання.

Соеве борошно складає 58% всіх олійних продуктів, що використовують у кормових цілях в ЄС. Виробництво сої в ЄС за останні чотири роки подвоїлася до 2,4 млн т, але цього достатньо, щоб забезпечити тільки 5% потреби в соєвому борошні. У 2016/17 ЄС імпортував 21 млн т соєвого

борошна, з яких 60 % поставила Аргентина, 33% Бразилія, 5% Парагвай, а інший обсяг - США, Індія і Китай.

Крім того, в ЄС імпортується і переробляється майже 13,5 млн т сої, причому близько 50 % надходить з Бразилії і майже 30 % з США. Виробництво ріпаку в ЄС скоротилося, тому імпорт сільгосппродукції збільшився, перевищивши 4 млн т у 2016-2017 рр. (+ 20%). Разом з тим, у 2018-2019 рр. загальне споживання ріпаку скоротилося на користь ріпакового борошна, якого було витрачено 13 млн т.

В останні роки обсяг закупівель білкових сумішей ЄС збільшився і збільшує свою частку. У 2018-2019 рр. було використано її близько 2,2 млн т, що на 1,8 млн т більше, ніж роком раніше.

Проблема повноцінної годівлі сільськогосподарських тварин останніми роками у зв'язку з інтенсифікацією тваринництва набуває все більшого значення. Доведено, що важливе не тільки задоволення потреби тварин в основних поживних речовинах, але і співвідношення в раціоні окремих поживних речовин (цукро-протеїнове, енерго-протеїнове, кислотно-лужне), відсутність в кормах антипоживних і токсичних речовин [5, 8].

Досвід організації годівлі тварин в умовах промислової технології показав, що забезпечити вищий рівень повноцінності годівлі взагалі неможливо без застосування комплексу біологічно активних речовин. Таким чином, інтенсифікація тваринництва привела до прискореного розвитку промисловості мікробіологічного і хімічного синтезу по виробництву кормових вітамінів, амінокислот, макро- і мікроелементів, ферментів, антибіотиків, транквілізаторів, гормонів, антиоксидантів, детергентів і деяких інших органічних і неорганічних біокаталізаторів.

Склад комбікормів розробляються на основі сучасних наукових даних про потребу організму тварини в енергії, білку, амінокислотах, вітамінах, макро- і мікроелементах, ферментах і інших поживних речовинах з урахуванням виду, рівня продуктивності, статі і віку тварин [20].

Поживні речовини та мікроелементи, необхідні тваринам для забезпечення їх здоров'ям, активної життєдіяльності та високої продуктивності, збільшення приросту. Склад та якість комбікормів відіграють важливу роль у годівлі тварин. Саме годівля тварин є дуже важливим процесом і вимагає особливої уваги до якості кормів.

Для того, щоб худоба не хворіла, мала хороший імунітет і продуктивність, їм необхідний якісний і правильно збалансований раціон. Саме таким може бути комбікорм.

Комбікорм - високооднорідна суміш очищених і подрібнених до необхідної крупності різних кормових засобів, яка призначена для повноцінної годівлі сільськогосподарських тварин та птиці, конкретного віку, виду, та продовольчого призначення [21].

Велике значення в забезпеченні ефективності використання та роздачі комбікорму відіграє його фізична структура (розсипний, гранульований комбікорм чи крупка гранул), а також крупність (розміри частинок розсипного, гранульованого комбікорму, крупки) [ 21].

Розсипний комбікорм - це готовий вид продукції, який складається з подрібнених до необхідної крупності компонентів, змішаних між собою у пропорціях відповідно до заданого рецепту [21].

Використання розсипних комбікормів має ряд недоліків, а саме призводить до додаткових втрат, під час транспортування та роздачі кормів. В процесі зберігання - спостерігається самосортування компонентів за питомою вагою і як наслідок комбікорм розшаровується. При годівлі тварин і птиці розсипним комбікормом, особливо птиця, поїдає окремі компоненти, більш смачні та привабливі. Якщо комбікорм складається з різних по розміру частинок, то відбувається вибіркоче їх поїдання, при якому окремо споживають зернові компоненти, в меншій мірі споживають білкові та мінеральні частини, які мають дрібну структуру і менш привабливий зовнішній вигляд. Як наслідок, у тварин та птиці відбувається штучно

створений дисбаланс поживних речовин, знижується продуктивність, зростають витрати корму [2, 5, 13].

В розсипних комбікормах крохмаль компонентів комбікорму займає найбільшу частину, особливо в зернових культурах, він представляє собою незручну для засвоєння організмом тварини та птиці форму, особливо для молодняка [21].

## **1.2 Характеристика сировини**

Забезпечення тваринництва збалансованими за вмістом білку та інших поживних речовин кормами, покращання якості кормів, зменшення їх втрат та раціональне використання є ключовими завданнями від успішного вирішення яких залежить збільшення виробництва тваринницької продукції а також підвищення її якості.

В свою чергу виробництво тваринницької продукції залежить від ряду чинників - рівня племінної роботи, способу утримання тварин, а також від забезпечення кормами. Технологія виробництва та підвищення контролю за якістю кормів, комбікормів та кормових добавок є одним із важливих завдань тваринницької галузі[20, 22].

Комбікорм має відповідати вимогам нормативних документів, що поширюються на даний вид готової продукції, забезпечувати потреби тварин в поживних Чинні національні державні, міждержавні, галузеві стандарти передбачають великий перелік показників якості та безпеки готової продукції. Залежно від рівня шкідливих і токсичних речовин у сировині, встановлені їх норми в комбікормах або регламентовані гранично допустимі залишкові кількості безпосередньо отруйних сполук у готовій продукції. [40]

Для годівлі ВРХ найчастіше використовують зернові корми, які відносять до концентрованих і в яких міститься значна кількість легкозасвоюваних поживних речовин. Саме тому зернові продукти

використовують для збагачення раціону білками, мінеральними та іншими поживними речовинами.

Враховуючи те, що амінокислотний склад злакових та бобових культур суттєво відрізняється, то для повноцінного забезпечення тварин бажано давати суміші з різних зернових злакових продуктів, а найкраще – злаково- бобових. Зернові культури містять велику кількість безазотистих екстрактивних речовин - 60–70%, у тому числі до 57 % крохмалю, і мало білку 10–14%. Зернобобові відрізняються порівняно високим вмістом білку 20–40% і меншою кількістю безазотистих екстрактивних речовин 30–50%. [21]

Комбікормове виробництво - це високотехнологічне виробництво, яке характеризується складним технологічним процесом. Як відомо, для виробництва комбікормів використовують значну кількість різних видів сировини та біологічно-активних добавок. Тому на комбікормових підприємствах для контролю якості сировини і готової продукції запроваджується технохімічний контроль [22, 38].

Добре організований технохімічний контроль - запорука правильного введення процесу виробництва комбікормової продукції, якісного використання сировини, своєчасного виявлення, усунення недоліків в роботі.

Контролюють якість сировини, що надходить на підприємство, під час її приймання, розміщення, переробки та відпуску готової продукції [22, 38].

За проведення технохімічного контролю відповідають виробничо-технологічні лабораторії (ВТЛ), які оснащені необхідним обладнанням, що дозволяє виконати аналіз сировини і готової продукції, передбачені НТД. Виробничо-технологічна лабораторія (ВТЛ) повинна буди в структурі кожного комбікормового заводу і є самостійним підрозділом. Службу контролю на заводах очолює і організовує начальник ВТЛ, у якого в залежності від обсягу робіт може бути заступник. Безпосередній контроль покладено на техніків-лаборантів, старших лаборантів, інженерів-хіміків [22].

Аналізи при контролі технологічного процесу необхідно виконувати за методиками, передбаченими відповідними державними стандартами та інструкціями. Результати контролю, здійснюваного лабораторією, фіксуються в журналах за встановленою формою і своєчасно повідомляють керівництву підприємства та начальнику зміни. Кожна тонна сировини, яка надходить, проходить суворий контроль на безпеку і відповідність якісних показників. Комбікорми проходять перевірку на якість 2 рази: перший - у процесі виробництва на початковому етапі, другий - після закінчення випуску партії. Комбікорми проходять перевірку на якість за всіма показниками, передбаченими діючими нормами ДСТУ [9-12, 27-32, 36].

Лабораторія кожні дві години повинна контролювати процес гранулювання, за наступними показниками якості: [38].

1) *Технологічні показники якості комбікормової продукції.* Технологічні показники якості характеризують дотримання технології комбікормового виробництва. До даних показників відносять:

- *Органолептичні показники.* Запах, зовнішній вигляд і колір гранули повинні відповідати набору кормової сировини, яка входить до його складу. Не допускається наявність ознак плісняви і гнильного запаху.

- *Вміст металоманітної домішки.* В комбікормі встановлюють вмістом домішок в наважці масою один кілограм. Для визначення металоманітних домішок застосовують прилад ПФФ-2. Вміст частинок металоманітних домішок розміром до 2 мм повинен бути не більше 20.30 мг на 1 кг комбікорму, а частинки з гострими кряями розміром більше 2 мм і не допускаються [38]. Для виділення магнітної домішки використовується постійний магніт, що витримує вантаж масою не менше 12 кг, або спеціальний прилад УЗ-ДІМП.

- *Розмір гранул.* Гранули комбікормів і БВД виробляють діаметром 3,2; 3,5; 4,0; 4,7; 7,7; 9,7; 12,7 та 19 мм та інші. Довжина гранул всіх видів повинна бути не більше двох діаметрів. В гранулах нормують кількість дрібного

продукту крізь сито з отворами діаметром 2 мм. Для сільськогосподарських тварин він повинен бути не більше 10 %, а для риб не більше 5 %.

- *Крихкість гранул* - властивість гранул, що характеризує ступінь їх руйнування при транспортуванні. Пробу гранул масою 2...3 кг, відібрану після охолоджувальної колонки, після 30 хвилин просіюють 1 хв. Для сільськогосподарських тварин норми по крихкості складають не більше 22 % для всіх сільськогосподарських тварин та птиці, а для риб не більше 8 %.

- *Вологість*. Для визначення вологості 20 г наважки просіюють крізь сито  $g_1 = 3$  мм, потім висушують дві бюкси масою по п'ять грам кожна в сушильній шафі при температурі  $130^{\circ}\text{C}$  на протязі 40 хвилин. Вологість гранульованих комбікормів, що виробляються для птиці, повинна бути не більше 14 %, для риб - 13,5 % та для інших тварин - 14,5 %. Вологість преміксів повинна бути не більше 10 %.

- *Разбухаємість гранул (водостійкість)* - властивість гранул зберігати в воді на протязі визначеного часу початкову форму (15 хвилин). Наважку масою 25 г поміщають в мірний циліндр місткістю  $500\text{ дм}^3$ , відмічають рівень та заливають водою  $18.20^{\circ}\text{C}$ . І визначають час поки гранула не втратить форму (від 5.25 % всієї маси під дією води) [21, 38].

У розсипному комбікормі, крім органолептичних показників, вологості, перевіряють наступні технологічні показники якості: [21, 38].

- *Зараженість комбікорму*. Наявність в сировині і комбікормової продукції живих комах і кліщів характеризує зараженість (ГОСТ 13496.13-75). Зараженість комбікорму шкідниками хлібних запасів визначають по стандарту. Наважку комбікорму масою 0,5.1,0 кг, виділену з середньої проби, просіюють через сита  $g_1 = 2$  мм чи через проволочене сито № 08. Схід з верхнього та нижнього сита розсипають на папір, розглядають та підраховують шкідників в штуках на один кілограм, встановлюючи види шкідників (жуки, бабачки, личинок ляльок). Зараженість для риб не допускається, для інших обмежена до 5 екземплярів на 1 кг.

- *Крупність розмелу.* Визначають просіюванням комбікорму масою 100 г на наборі сит з отворами діаметром: 2, 3 і 5 мм. Наважку комбікорму масою 100 г просіюють на протязі п'яти хвилин. Масу залишків на кожному ситі зважують з точністю до 0,1 г. [38].

- *Вміст сміттевої домішки.* Вміст цілого насіння культурних та диких рослин. Визначення сміттевої (в тому числі і мінеральної) домішки в зерні проводиться із застосуванням ручного розсівання - аналізатора і набору сит, шкідливої домішки (насіння дикорослих рослин) проводяться вручну (ГОСТ 13496.8- 72). Визначають таким же методом, як і крупність розмелу. Різні групи рослин зважують з точністю до 0,01 г та по кожній з них розраховують відсотковий вміст [38].

2) *Фізико-хімічні показники якості комбікормової продукції,* які необхідно контролювати: [38].

- *Вміст сирого протеїну.* Суть методу визначення азоту і сирого протеїну по методу К'ельдаля полягає в розкладанні органічної речовини проби киплячою концентрованою сірчаною кислотою. В результаті даної реакції утворюються солі амонію, які переводять в аміак. Після чого проводять його відгонку в розчин кислоти і кількісно обліковують аміак титриметричним методом з подальшим розрахунком азоту в досліджуваному матеріалі. Визначення азоту можна проводити фотометричним індофенольним методом (ГОСТ 13496.4-93). Масова частка сирого протеїну обчислюється множенням отриманого значення загального азоту у відсотках на перекладний коефіцієнт 6,25, виходячи з вмісту азоту в білках (16 % по масі азоту).

- *Вміст сирого жиру.* Визначення сирого жиру по масі витягнутого сирого жиру (основний метод) полягає в екстракції сирого жиру з продукту розчинником, подальшому видаленні розчинника, висушуванні і зважуванні витягнутого жиру. Метод визначення сирого жиру по знежиреному залишку заснований на екстракції жиру (ГОСТ 13496.15-97).

- *Вміст сирової золи* в сировині і готовій продукції з використанням сухого озолення полягає в спалюванні, подальшому прокалюванні проби й оцінки маси залишку (ГОСТ 26226-95). При оцінці вмісту золи, нерозчинної в соляній кислоті, отриманий залишок обробляється соляною кислотою при неоднорідному нагріванні і прожаренні в муфельній печі до досягнення постійної маси (ГОСТ Р51418-99/ISO5985-78).

- *Вміст кальцію і фосфору*. Широке застосування отримує спектроскопія в ближній інфрачервоній області для визначення кальцію і фосфору (ГОСТ Р50852-92). Метод визначення вмісту кальцію в сировині і комбікормах полягає в освіті в лужному середовищі комплексної сполуки катіона кальцію з трилоном Б і визначенні еквівалентної точки титрування з використанням індикаторів. Попередньо проводять мінералізацію проб (ГОСТ 26570-95). Визначення вмісту кальцію також здійснюється атомно-абсорбційним спектрометричним методом.

3) *Показники що характеризують безпеку комбікормової продукції* для тварин та навколишнього середовища, а також для отримання продуктів тваринництва, безпечних для людини. До них відносять зараженість шкідниками хлібних запасів, токсичність, загальна бактеріальна забрудненість, патогенна мікрофлора, токсичні елементи і інші [38].

При зберіганні як і гранульованих, так і розсипних комбікормів необхідно враховувати, що до їх складу входить велика кількість різних видів кормової сировини, що відрізняється за хімічним складом і фізичними властивостями. Сировина містить нестійкі при зберіганні речовини. Вони при зберіганні частково руйнуються, що знижує біологічну цінність комбікормів. Комбікорм у сховищах розміщують окремо за видами і рецептами з урахуванням їх якості, а при надходженні з виробничого корпусу по датам і змінах виготовлення. Сировина, що надходить на комбікормові заводи, розміщуються на зберігання в залежності від виду, його технічних властивостей. Сировина може надходити насипом або у тарі. Її розміщують на зберігання в складах

підлогового типу, в тарі, насипом, у спеціальних бункерах, в силосах металевої конструкції [38].

Готова продукція та премікси зберігають тільки в паперових мішках. (премікси масою 20.25 кг). Для внутрішньо - складських операцій залишають 10 % резервної площі підлоги. Спостереження ведуть за температурою, зараженість шкідниками, запахом і вологістю комбікорму.

При виробництві комбікормів для ВРХ в основному використовують зерно злакових культур, відходи борошномельно-круп'яної промисловості та інші кормові добавки, тому для характеристики сировини були обрані саме наступні види сировини - висівки пшеничні, кукурудза та новий вид сировини, який раніше не використовували у комбікормовому виробництві - індійський морський рис.

**Висівки пшеничні** – це один із найбільш доступних та перспективних джерел природних харчових волокон. Однак їх використовують, в основному, як компонент комбікормів, а також у натуральному вигляді для корму тварин. Висівки утворюються в наслідок помелу зерна на борошно. Вони є побічним продуктом борошняного виробництва. Висівки складаються із зародка, алейронового шару, плодових та насінневих оболонок, частини ендосперми. За хімічним складом пшеничні висівки містять в середньому: білків до 16 %; жирів до 3,2 %; клітковини до 55 %.[36, 38] .

Пшеничні висівки вважаються чудовим джерелом клітковини, а також містять вітаміни А, Е, В та багато цінних мікро- і макроелементів. Клітковина благотворного впливає на діяльність кишечника. Вітаміни групи В беруть активну участь в енергетичному, вуглеводному, жировому, білковому і водно-сольовому обміні в організмі, сприятливо впливають на кровотворення, тому що ці вітаміни беруть участь у синтезі білка гемоглобіну, який входить до складу еритроцитів. Вітаміни групи В беруть участь у регуляції діяльності травної, м'язової, серцево-судинної, нервової системи та гормонального балансу [21] .

Висівки є вторинним продуктом при виробництві борошна. При сортовому помелі жита вихід висівок складає 10%, пшениці – 18,5 %. Висівки поряд з іншими вторинними продуктами борошномельного виробництва – кормовим борошенцем, знаходять широке застосування при виробленні комбікормів для сільськогосподарських тварин. Однак в останні роки значно розширилося застосування пшеничних висівок як добавки при виробленні харчових продуктів лікувального і дієтичного призначення. Висівки використовуються для виробництва хлібобулочних і кондитерських виробів зниженої калорійності. [21]

Таблиця 1.1 - Органолептичні і фізико – хімічні показники пшеничних висівок (ДСТУ 3016-95)

Найменування показника	Характеристика і норма
Зовнішній вигляд	Сухий сипкий продукт без щільних грудочок
Колір	Червоно – жовтий з сіруватим відтінком
Запах	Властивий висівкам без сторонніх запахів, не затхлий, не пліснявілий
Масова частка вологи, %, не більше	15,0
Масова частка сирого протеїну, %, не менше	14,0
Масова частка сирої клітковини, %, не більше	9,0
Кислотне число жиру, мг КОН, не більше	50,0
Маса металоманітної домішки, мг на 1 кг висівок, не більше частинки розміром до 2 мм включно	5,0
Частинки розміром більше 2 мм і з гострими краями	Не допускається
Зараженість і забрудненість шкідниками	Не допускається
Токсичність	Не допускається

Висівки містять приблизно стільки ж білка, як і зерно, але набагато менше крохмалю і більше рослинних волокон. У них також утримується значна кількість вітамінів групи В.

Крім того білки, які містяться у висівках мають вищу харчову цінність, ніж білки борошна. За своїми властивостями вони є більш повноцінними і збалансованими за амінокислотним складом. Вміст лізину у висівках і передусім у зародку та алейроновому шарі на 43% більший, ніж у пшеничному борошні [21].

Таблиця 1.2 - Хімічний склад і поживність висівок

Показник	Висівки пшеничні
<i>Масова частка, %:</i>	84,9
сухої речовини протеїну	15,2
жиру	3,2
клітковини БЕР,	8,4
у тому числі	53,2
цукрів	4,7
золи	4,9
<i>Вміст в 1 кг: перетравного</i>	
протеїну, г	113,0
<i>амінокислот, г:</i>	5,7
лізину метіоніну + цистину	4,1
триптофану	1,9
<i>макроелементів, г:</i>	
кальцію	2,0
фосфору	9,6
магнію	4,3
калію	10,9
натрію	0,9
<i>мікроелементів, мг:</i>	
феруму	232,0
купруму	15,0
цинку	93,0
магнію	149,0
<i>вітамінів, мг: E</i>	
B1	20,9
B2	6,0
B3	2,9
B4	23,5
B5	1300,0

**Кукурудза** - зернова злакова культура, яка має харчове, кормове та технічне призначення, має високу врожайність та є універсальною у використанні.

В нашій країні кукурудзу вирощують в усіх регіонах в основному як кормову культуру. Значна частина урожаю відправляється на експорт. Дана культура є цінним кормом для сільськогосподарських тварин та птиці.

Кормова цінність зерна кукурудзи становить 1,34 кормових одиниць.

Для годівлі тварин використовують не лише зерна а і силос і зелену масу кукурудзи, які добре перетравлюються і засвоюються організмом тварин. 100 кілограм зеленої маси кукурудзи, зібраної у фазі молочно-воскової стиглості, відповідають 32 кормовим одиницям, а 100 кілограм сухих стебел кукурудзи, зібраної на зерно, — дорівнюють 37 кормовим одиницям і містять 1,5 кілограма перетравного протеїну.

Розмелені стрижні качанів також згодують тваринам, 100 кілограмів таких стрижнів відповідає 35 кормовим одиницям.

Хімічний склад зерна кукурудзи представляють: білки до 12 %, жири до 6 % і 65-70% безазотистих екстрактивних речовин. У зерні жовтозерних сортів кукурудзи містить багато каротину.

Кукурудзу також використовують і як продовольчу культуру. З її зерна виготовляють борошно, крупу, пластівці та інші продукти. Качани та зерно у молочно-восковій стиглості використовують у вареному вигляді в їжу та для консервування.

Зерно кукурудзи є сировиною для виробництва спирту, крохмалю, глюкози. Із зародків кукурудзи виробляють олію, що має лікувальні властивості. Із стебел і обгорток качанів виготовляють папір, клей, фарби, штучну смолу тощо.

Вирощування кукурудзи має велике організаційно-господарське значення. Оскільки її сіють і збирають пізніше, ніж інші ярі зернові культури,

є можливість краще використовувати робочу силу і сільськогосподарські машини.

Після внесення органічних і мінеральних добрив, за старанного догляду за посівами і належного міжрядного обробітку ґрунту кукурудзяне поле залишається чистим, а ґрунт розпушеним. У посушливих районах з незначним сніговим покривом куліси з кукурудзи сприяють снігозатриманню, підвищенню вологості ґрунту та врожайності озимих і ярих зернових культур.

Таблиця 1.3 - Вимоги до якості кормової кукурудзи (ДСТУ 4525:2006) [32]

Показник	Норма для зерна	
	Для заготівлі	Для постачання
Запах	Властивий здоровому зерну, без затхлого, солодового, пліснявого тощо	
Колір	Властивий здоровому зерну даного типу	
Вологість, %, не більше	25,0	15,0
Бур'яниста домішка, %, не більше, у тому числі: мінеральна	5,0	5,0
шкідлива	у межах норми загального вмісту бур'янистої домішки 1,0	1,0 0,2
Зернова домішка, %, не більше	15,0	15,0
Зараженість шкідниками	Не допускається, крім зараженості кліщем не вище I ступеня	

Основними діючими речовинами кукурудзи є вітаміни, вуглеводи та ліпіди. Стовпчики з приймочками кукурудзи містять вітаміни: філохінон (вітамін К1) — до 1600 біологічних одиниць на 1 г сировини; каротиноїди (тетратерпеноїди): криптоксантин, неокриптоксантин, зеаксантин; аскорбінову кислоту (вітамін С), тіамін (вітамін В1), рибофлавін (вітамін В2), пантотенову кислоту (вітамін В3), піридоксин (вітамін В6), токоферолі (вітамін Е), вітамін D, інозит; сапоніни — до 3,18%; жирну олію — до 3%; смоли — до 2,7%;

камеді — до 3,8%; флавоноїди: похідні 3-дегідроксіантоціану, флавіон-4-олу і С-глікозилфлавонолу; гіркі глікозиди; дубильні речовини; етерну олію — до 0,12%; алкалоїди — до 0,05%; стероїди: стигмастерол, ергостерин, ситостерол; макро- та мікроелементи: К, Са, Mg, Fe, Si, Mn, Cu, Zn, Al, Ba, Se, Ni, В, J.

Листя та зелена маса кукурудзи містять флавоноїди та фенолкарбонові кислоти: кофейлхінна, феруїлхінна, каротиноїди, стероїди, тритерпенові сапоніни:  $\alpha$ - і  $\beta$ -амірин.

Зерно кукурудзи вміщує значку кількість крохмалю — до 70%, менше жиру, до складу якого входять похідні лінолевої та олеїнової кислот, білок, каротиноїди, вітаміни Е, В1, В2, В3, В6, ніотинову кислоту (вітамін РР), біотин, флавоноїди. Кукурудзяні зародки (*Embryonis Maydis*) містять до 60 % жиру, до 18 % білкових речовин, фітин - 5%; вітамін Е, вітамін F, каротиноїди, стероїди [21, 32].

**Індійський морський рис** — один із різновидів адаптованої до вирощування у домашніх умовах зооглеї. Є продуктом взаємодії бактерій та дріжджів у полісахаридній матриці, яку створюють бактерії. Як і в кефірі, мікроби в індійському рисі перебувають у симбіозі за для підтримання стабільності культури.

На думку багатьох учених і людей, що культивують морський рис, географічною батьківщиною цієї біокультури є Тибет. До складу рису входить кілька видів дріжджоподібних грибів і мікроорганізмів, вітаміни С і D, спирт, фолієва кислота та інші речовини. На вигляд індійський рис нагадує прозорі крижинки або пластівці-зерна, схожі за формою на

звичайні рисинки — діаметром 2—5 мм.

За смаком напій індійського морського рису схожий на квас.

Індійський морський рис має багато цілющих властивостей: знижує кров'яний тиск, лікує атеросклероз, головний біль нервового характеру, його вживають у разі серцевого болю, виразки шлунка і кишечника. Напій замінює антибіотики під час запальних процесів дихальних шляхів, очищає слизову

оболонку під час нежитю і, головне, морський рис розчиняє солі в суглобах, камені в нирках, печінці, в сечовому міхурі. [24]

Є також приклади місцевого застосування морського рису. Так, у разі безсоння рідиною протирають вуха і шию — від вух до ключиць; під час нежитю нею промивають ніс.

Виявляється, індійський рис містить в своєму складі оцтову і глюконову кислоти, спирт, кофеїн, лимонну, щавлеву, фолієву, молочну кислоти, полісахариди, дубильні речовини, холін, альдегіди, глюкозиди, алкалоїди, вітамін С та інші життєво важливі ферменти. [25]

Хімічний склад і поживність індійського морського рису наведено в табл. 1.4.

Таблиця 1.4 - Хімічний склад і поживність індійського морського рису

Показники	Індійський морський рис
<i>Усього вміст 1 кг:</i>	
<i>ферменти мг:</i>	
ліпаза	3,4
амілаза	5,7
протеаза	2,5
<i>кислоти мг:</i>	
оцтова	12,7
щавельна	9,1
молочна	21,4
лимонна	15,7
фолієва	8,7
<i>вітаміни мг:</i>	
С	54
Д	124

Найбільш сприятлива температура для життя морського рису – 23...27 градусів Цельсія. При цьому чим вище температура навколишнього повітря, тим швидше готується настій і тим швидше збільшується кількість морського рису. При зниженні температури до 18-20 градусів Цельсія індійський морський рис практично перестає розмножуватися, рости в розмірі "зерен".

При зниженні температури нижче 16-18 градусів Цельсія морської риби починає дрібніти в розмірах і в подальшому може навіть загинути.

### **1.3 Характеристика існуючих технологій виробництва комбікормів**

До основних етапів виробництва комбікорму відносяться: [21, 38].

Підготовка усіх видів сировини. Очистка - видалення смітної, мінерально та металоманітної домішок, подрібнення - доведення до необхідних розмірів.

Дозування і змішування. На цьому етапі відбувається точне відважування різних компонентів кокомбікорму і їх змішування до однорідної маси.

Гранулювання. Надання певної форми та певних розмірів готовій продукції. Гранулювання - це складний технологічний процес, ефективність якого залежить від ряду факторів - від сировини та її технологічних властивостей, від конструктивно-кінематичні параметри обладнання. Не менш важливими є і технологічні фактори керівної дії, за допомогою яких можна ефективно керувати процесом в цілому.

Гранулювання може бути сухе і вологе гранулювання, сухе при вологості 16...18 % відбувається в прес-грануляторах, а вологе у прес-екструдерах при 28...32 % [21, 38].

Охолодження. Процес гранулювання супроводжується високим нагріванням комбікорму, після виходу з гранулятора температура комбікорму становить 70-80°C, що потребує зниження температури до температури навколишнього середовища.

На великих комбікормових заводах, промислових підприємствах значної потужності, використовують традиційні лінії гранулювання комбікормової продукції. Застосовують два способи виробництва гранульованих комбікормів - «сухий» та «вологий». При першому способі сухі розсипні комбікорми перед пресуванням пропарюють. При вологому способі в комбікорм додають гарячу воду (+70...+80 °C), іноді додають в них

рідкі добавки (мелясу, гідрол, жир і т.д.). Відповідно при застосуванні різних способів гранулювання і різні параметри проведення процесів, режими (температура, вологість, час, кількість та вид обладнання для термічної обробки). Для цього використовують прес з обертовою кільцевою матрицею. Найбільш поширені установки ДГ, преси ДГВ та ДГЕ [21, 38]. У комплект установки входять прес-гранулятор, охолоджувальна колонка, подрібнювач гранул.

Схема традиційної технологічної лінії гранулювання розсипних комбікормів наведена на рис. 1.5. Розсипний комбікорм подають на технологічну лінію гранулювання в оперативний бункер 2. Після вилучення металоманітних домішок в електромагнітному сепараторі 1 комбікорм направляють в прес-гранулятор 3, в змішувач якого здійснюється подача рідких компонентів і водяної пари.

Оброблений парою комбікорм повинен мати вологість 15,0-18,0 % і температуру +60.+90 °С. Тиск пари, як правило, становить 0,2-0,5 МПа, витрати пари при цьому становлять 50-80 кг/т. Отримані гранули мають температуру від +60.+80 °С і їх направляють у охолоджувальну колонку 4, де охолоджують до температури, яка не повинна перевищувати температуру оточуючого середовища більше, ніж на 10 °С. Вологість охолоджених гранул не повинна перевищувати 14... 14,5 %. Більш високий вміст вологи приводить до швидкого пліснявіння комбікорму. Якщо, за технологією необхідно отримували цілі гранули, тоді їх одразу направляють в просіювальну машину 6, в якій встановлюють одне сито: полотно решітне № 20...25 з отворами діаметром 2,0...2,5 мм або сітку дротяну № 1,6...2,0 з отворами розміром 1,6 x 1,6...2,0 x 2,0 мм [21].

Вилучену мучнисту фракцію направляють в бункер 1 для подальшого повторного гранулювання, а готові гранули направляють у силоси для зберігання готової продукції, через ланцюговий транс - портер 7. В разі необхідності отримання крупки гранул подрібнені гранули направляють в просіювальну машину 6, в якій встановлюють два сита.

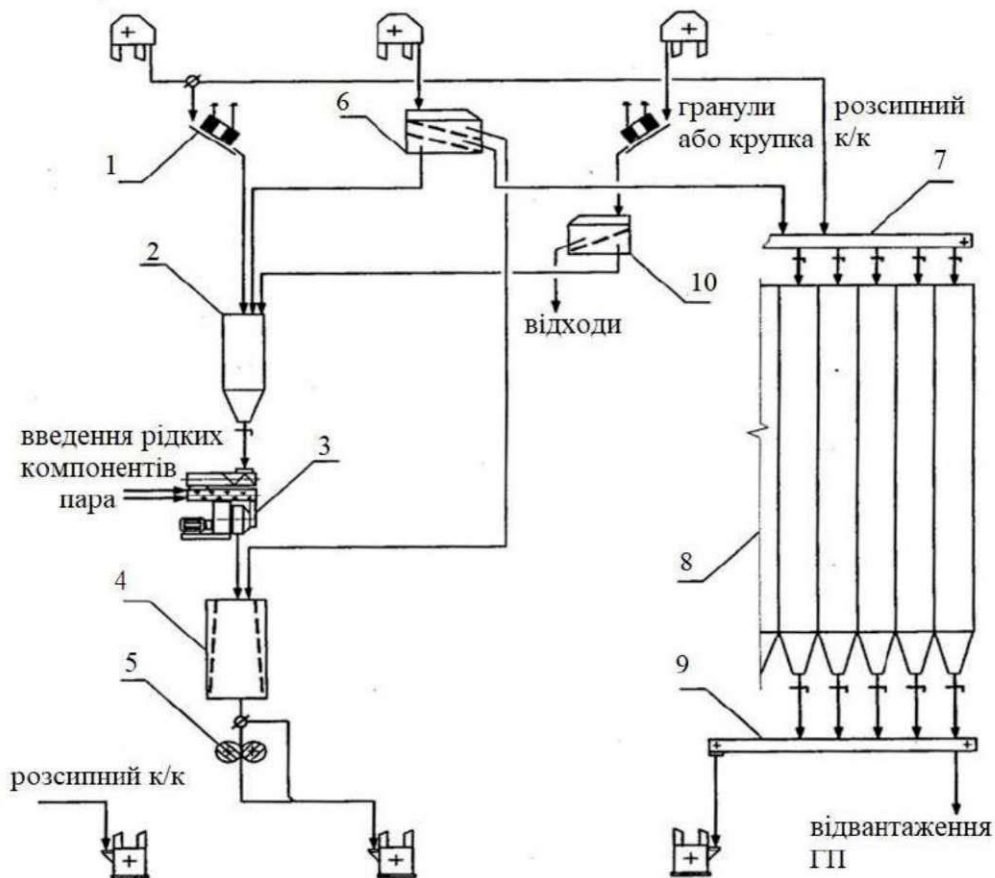


Рис.1.5 Схема традиційної технологічної лінії гранулювання розсипних комбікормів та отримання комбікормової крупки: 1 - електромагнітний сепаратор; 2 - бункер; 3 - прес-гранулятор; 4 - вертикальний охолоджувач (колонка); 5 - валковий подрібнювач; 6,10 - просіювальна машина; 7, 9 - ланцюговий транспортер; 8 - склад для зберігання та відпуску готової продукції. [21]

Верхнє сито - полотно решітне № 30...40 або сітка дротяна № 2,8...3,5, нижнє сито - полотно решітне № 10...20 або сітка дротяна № 085...1,8. Проходом нижнього сита отримують мучнисту фракцію, яку направляють в бункер 1 для подальшого повторного гранулювання. Схід з верхнього сита направляють на повторне подрібнення. Проходом верхнього і сходом нижнього сита отримують комбікормову крупку заданого розміру [21, 38].

На основі проведеного літературного і патентного огляду і узагальненої представленої вище інформації розділу 1 даної роботи, стає питання по розробці методів, способів, режимів або технологій, які б дозволили

підвищити кормову або біологічну цінність комбікорму, покращити засвоюваність чи збагатити вітамінами, мікро та макро елементами.

В основу магістерської роботи, лягло використання нових видів сировини з багатим вмістом поживних речовин з подальши екструдкуванням створеної суміші на основі висівок та кукурудзи.

Застосування екструдерів дозволяє змінити структурно-механічні властивості обробленого продукту, підвищити засвоюваність одержаного продукту.

Таким чином, виникла необхідність пошуку нової ефективної концепції використання нових видів сировини із застосуванням спеціальної технологічної обробки для збагачення готового продукту - комбікорму для ВРХ.

## **ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 1**

На основі огляду вітчизняної та іноземної літератури, інтернет огляду та патентного пошуку можна зробити наступні висновки:

1. Сировина, вибрана для дослідження - пшеничні висівки та зерно кукурудзи, є доволі розповсюдженою, крім індійського морського рису. Індійський морський рис – це маловідомий продукт, який є унікальним скупченням корисних мікроорганізмів. Пшеничні висівки і зерно кукурудзи мають багатий хімічний склад і високу поживну цінність.
2. Технологія екструдкування є досить перспективною для переробки пшеничних висівок та зерна кукурудзи з мікроорганізмами. При екструдванні продукт піддається дії тиску та температури, внаслідок чого покращується хімічний склад кормових сумішей, змінюється структура клітковини корму, відбувається інактивація інгібіторів ферментів, нейтралізація токсичних речовин, що сприяє підвищенню якості і поживності комбікормів для ВРХ.

## **РОЗДІЛ 2**

### **МЕТОДИ ТА ОБ'ЄКТИ ДОСЛІДЖЕНЬ**

Для виконання поставленої мети в кваліфікаційній роботі проведено вибір об'єкту та предмету досліджень.

Об'єкт дослідження – технологія екструдювання пшеничних висівків при внесенні до їх складу зерна кукурудзи та індійського морського рису.

Предмет дослідження – суміш висівки пшеничні з зерно кукурудзи та індійський морський рис. У якості вихідної сировини використовувалось висівки пшеничні (ДСТУ 3016-95) [36], кукурудза (ДСТУ 4525:2006) [32], також використовували індійський морський рис.

Експериментальна частина кваліфікаційної роботи була виконана в Національному університеті харчових технологій в лабораторних умовах кафедри технології зберігання і переробки зерна. А саме дослідження фізико-технологічних властивостей сировини та кормової екструдюваної суміші, визначення хімічного складу сировини та кормової суміші, зміни показників якості кормової суміші після екструдювання та в процесі зберігання.

Для визначення вище вказаних показників застосовувались стандартизовані методи досліджень, які проводили за допомогою лабораторного та технологічного обладнання.

#### **2.1 Методи відбору проб**

Відбір проб і виділення наважки проводили згідно з ДСТУ ISO 6497:2005 «Корми для тварин. Методи відбирання проб (ISO 6497:2002, IDT)» [28] та ДСТУ ISO 6498:2006 «Корми для тварин. Готування проб для дослідження (ISO 6498:1998, IDT)» [30].

#### **2.2 Методи органолептичної оцінки сировини**

До органолептичних показників сировини відносять колір, запах, зовнішній вигляд, тобто це ті показники які характеризують свіжість та придатність зерна та сировини до переробки.

Відповідно до вимог, за цими показниками зерно та інші види сировини, що використовують у виробництві комбикормів, не повинно мати затхлого, пліснявілого чи солодового запаху, кислого або гіркого смаку. Сировина, яка не відповідає регламентованим показникам, не рекомендується до переробки у кормові продукти.

Органолептичний метод оцінки якості кормових продуктів оснований на аналізі сприйняття органами чуття (зору, нюху, дотику і смаку) без застосування вимірювальних приладів. Загальний висновок про якість сировини не можливо зробити на підставі органолептичної оцінки або фізичних методів, вони повинні визначатись комплексно та доповнювати один одного.

Але органолептична оцінка сировини, має вирішальне значення при прийманні сировини та проведенні контролю якості продукції, тому що дає загальну оцінку для споживача

Визначення органолептичних показників сировини проводили візуально, запах та колір – згідно з ГОСТ 10967-90 «Зерно. Методы определения запаха и цвета» [13], зараженість шкідниками хлібних запасів – згідно з ГОСТ 13496.13-75 «Комбикорма. Методы определения запаха, зараженности вредителями хлебных запасов» [9].

### **2.3 Визначення фізико – технологічних властивостей сировини**

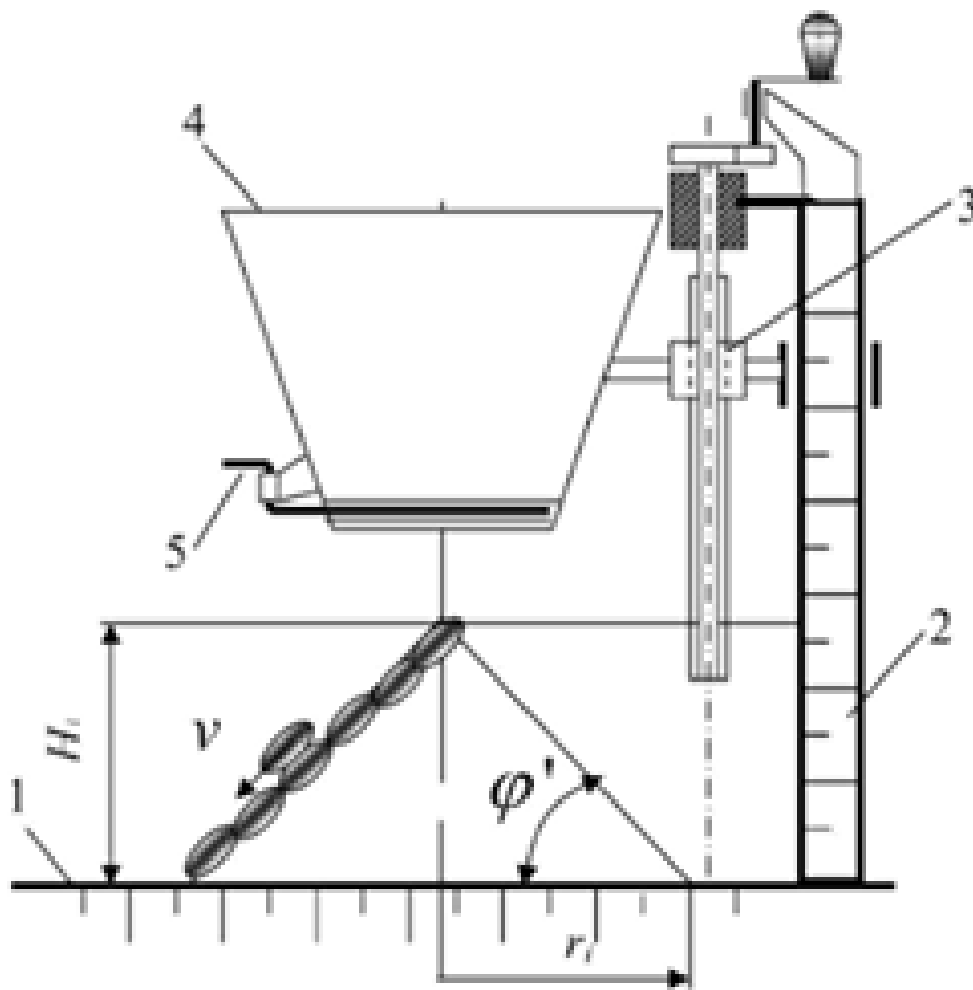
Фізико-технологічні властивості сировини визначали з застосуванням відповідних приладів, пристроїв і обладнання. Для їх визначення застосовували наступне лабораторне обладнання: пурку, прилад для визначення кута насипного схилу, розсійник, набір сит, штангенциркуль, сушильну шафу СЕШ, термостат, ексікатор, електронні та аналітичні ваги,

**Вологість** сировини визначали методом висушування до постійної маси, у сушильній шафі СЕШ-3М за температури 130 °С впродовж 40 хв. з моменту встановлення температури за ДСТУ ISO 6496:2005 «Корми для тварин» [29].

**Вологість** індійського морського рису визначали методом висушування сироватки в спеціальній шафі за температурою 70 °С впродовж 3 год.

**Об'ємну масу сировини** визначали за допомогою пурки згідно ГОСТ 28254-89 «Комбикорма, сир'є. Методы определения объемной массы и угла естественного откоса» [10].

**Кут природного нахилу** зерна та інших видів сировини визначали за допомогою спеціального приладу для вимірювання внутрішніх кутів тертя (рис 2.1).



*Рис. 2.1 - Схема приладу для вимірювання внутрішніх кутів тертя зернопродуктів:*

1 – плоска плита, 2 – шкала, 3 – гвинтовий механізм, 4 – конічна місткість, 5 – заслінка.

Прилад для вимірювання внутрішніх кутів тертя складається з плоскої плити 1, на яку нанесено шкалу у вигляді концентричних кіл з центром посередині, напрямної 2, де також нанесена шкала з початком відліку від площини плити 1, та гвинтового механізму піднімання 3 з конічною місткістю 4 із заслінкою 5. При повільному підніманні місткості з відкритою заслінкою, в якій знаходиться сировини, починається вільне витікання сировини на плиту 1, утворюється насип зерна або іншої сировини у вигляді конуса. Який характеризується відповідною висотою  $h$  і відповідним радіусом основи  $r$ .

При умовному проведенні дотичної до конуса, між основою конуса і твірною конуса утворюється кут, який і є кутом нахилу  $\varphi$ . Як тільки припиняється рух поверхневого шару зерна ( $v \approx 0$ ), тобто настає рівноважний стан масиву зерна, кут при основі конуса стає рівним куту внутрішнього тертя ( $\varphi_i = \varphi'_i$ ). Для цього стану записують значення величин  $h_i$ ,  $r_i$  в  $i$ -тому досліді. Коефіцієнти і кути внутрішнього тертя ковзання розраховують за формулами:

$$f'_i = \operatorname{tg} \varphi_i = \frac{h_i}{r_i} \quad (2.1)$$

$$\varphi'_i = \operatorname{arctg} f'_i \quad (2.2)$$

За даними серій дослідів обчислюють середнє значення коефіцієнта і кута внутрішнього тертя ковзання. [10]

**Крупність** визначали згідно ГОСТ 30483-97 «Зерно. Методы определения общего и фракционного содержания сорной и зерновой примесей; содержания мелких зерен и крупности; содержания зерен пшеницы, поврежденных клопом-черепашкой; содержания металломагнитной примеси» [10]. Модуль крупності зерна визначали за результатами вивчення залишків на ситах (ГОСТ 13496.8-92) [11]. Для цього використовували лабораторний класифікатор і сита з круглими отворами діаметром 5,0; 4,0; 3,0; 2,0; 1,0 мм.

З проби подрібненого продукту відбиралася наважка вагою 100 г. Потім на лабораторному класифікаторі проводили його розсів протягом 5 хв. на вагах зважували залишки з кожного сита і збірного дна з точністю 0,01 г.

Модуль крупності продуктів подрібнення визначався за формулою згідно експериментальних даних:

$$M_{кр.} = \frac{X_0 * \frac{d_1}{2} + X_1 * \frac{d_1+d_2}{2} + \dots + X_{n-1} * \frac{d_{n-1}+d_n}{2}}{\sum_{i=0}^n X_i}, \text{ мм} \quad (2.3)$$

де  $X_0$  – прохід через сито з мінімальним розміром отворів, г;

$X_{1, 2, n}$  – залишок на ситах з діаметром отворів  $d_1, d_2, d_n$  відповідно, г.

Згідно формули (2.3) отримали модуль крупності самих продуктів і в співвідношенні, що свідчить про середній розмір частинок.

Дійсну густину, стискаємість, когезивність визначали за методикою наведеною в роботі.

**Дійсну густину** (td) сировини розраховували за формулою:

$$td = m/V, \text{ г/л} \quad (2.4)$$

де  $m$  – маса продукту після струшування, г;

$V$  – стандартний об'єм (1 л).

Дані для розрахунку це стандартний об'єм та маса сировини визначена після струшування, тобто маса після ущільнення сировини.

**Стискаємість сипкого продукту** це показник який характеризує поведінку сировини або продукції в статистичному стані (в бункері, силосі) при зберіганні.

Стискаємість розраховували ( $C_p$ ) за формулою:

$$C_p = 100(td - Y) / td, \% \quad (2.5)$$

де  $td$  – дійсна густина,  $\text{кг/м}^3$ ;  $Y$  – об'ємна маса,  $\text{кг/м}^3$ .

**Когезивність** це показник який характеризує поведінку сировини або продукції при транспортуванні. Низька когезивність (менше 1,25) свідчить про здатність сировини або продукції вільно переміщуватися при завантаженні або вивантаженні з бункерів тобто при транспортуванні, висока когезивність (більше 1,4) свідчить про неможливість вільного транспортування сировини або продукції.

Даний показник є розрахункосим і розраховується за формулою:

$$Ch = td / Y, (2.6)$$

де  $td$  – істинна густина,  $\text{кг/м}^3$ ;

$Y$  – об'ємна маса,  $\text{кг/м}^3$ .

#### **2.4 Визначення хімічного складу і властивостей сировини**

Для дослідження хімічного складу визначаємо вміст масової частки сирого протеїну, сирого жиру, сирого клітковини, крохмалю, декстринів, амінокислотний, фракційний склад та перетравність білка. Визначення хімічного складу проводимо згідно стандартних методик.

Вміст сирого протеїну. Сирий протеїн характеризує вміст азотних речовин білкових та не білкових. Сутність методу К'ельдаля складається в згоранні наважки комбікорму разом з концентрованою сіриною кислотою (катализатори можуть змінюватися).

Вміст сирого клітковини. Сира клітковина відноситься до групи вуглеводів. Метод визначення вмісту сирого клітковини заснований на кислотному гідролізі хімічних речовин комбікорму при кипінні в суміші азотної і оцтової кислот. Наважку масою 1.2 г двічі кип'ятять в присутності 4 % сірчаної кислоти та 5 % КОН на протязі п'яти хвилин, після чого промивають в воронку Бюхнера через фільтр, залишок на якому висушують в сушильній шафі при температурі  $160\text{ }^{\circ}\text{C}$  на протязі 15 хвилин до отримання сухого залишку.

Вміст сирого жиру. Сирий жир - показник свіжості комбікорму та компонентів, які входять в склад рецепту. Визначають на приладі Сокслета. Суть методу полягає в екстракції жиру з продукту сірчаним ефіром.

Зольність. Цей показник характеризує кількість мінеральних речовин. Визначають при спалюванні двох наважок по 2 гр, в муфельній печі, при температурі  $400.500\text{ }^{\circ}\text{C}$ , а потім при  $600.900\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Озолення ведуть до повного зникнення частинок. Масу золи, зольність розраховують в перерахунку на суху речовину, з урахуванням вологості.

## 2.5 Процес екструдювання

Вихідну сировину зволожують до вологості 18,0 % і 22,0 %, подрібнюють і подають в екструдер, де під дією високого тиску 2,8...3,9 МПа і тертя зернова маса розігрівається до температури 120...150 °С. У шнеках екструдерів використовуються спеціальні шайби (на вході - діаметром 117,5 мм, на виході – 125 мм). За рахунок тертя продукту об шнек і стінки корпусу відбувається значне нагрівання продукту. Внаслідок швидкого переміщення продукту із зони високого тиску в зону атмосферного тиску відбувається «вибух», у результаті чого гомогенна маса спучується і утворює продукт мікропористої структури [3].

Експериментальне виготовлення зразків та дослідної партії екструдатів проводили, керуючись «Правилами організації і ведення технологічного процесу виробництва продукції комбикормової промисловості» [38]. Процес екструдювання здійснювали на виробничому прес-екструдері.

Для прискорення запуску екструдера матрицю попередньо розігрівають до температури +90...100 °С. Регулювання температури процесу та коефіцієнта „вибуху” здійснюється зміною осьового положення вихідної втулки, яка переміщується по різьбі. Зміна положення втулки приводить до збільшення або зменшення зазору між наконечником та отвором вихідної втулки гвинтової частини. При чому зменшення зазору приводить до збільшення температури продукту, збільшення коефіцієнта „вибуху” продукту та навпаки [3].

За результатами досліджень вазначали коефіцієнт спучення екструдату:

$$КС = \frac{d_e}{d_m}, \quad (2.8)$$

де,  $d_e$  - середній діаметр екструдату;

$d_m$  - діаметр матриці екструдера.

Екструдювання комбикормових сумішей проводили в лабораторних умовах на лабораторному екструдері ПЭК-40х5В продуктивністю 30 кг/год у

Національному університеті харчових технологій (НУХТ). Діаметр матриці екструдера становив 4 мм.

Суміші з додаванням до зерна висівок створювали вручну, шляхом змішування різних співвідношень компонентів. Подача продукту в екструдер здійснювали вручну та за допомогою віброживильника. Тиск у зоні гомогенізації становив 2 – 4 МПа, а температура 98 – 120 °С. Продукт після екструдювання охолоджували при кімнатній температурі та відносній вологості 60 %. Після охолодження зразки продукту пакували в окрему герметичну тару, частину з якого попередньо подрібнювали.

## 2.6 Математична модель факторного експерименту

Планування і проведення факторного експерименту складається з таких основних етапів: кодування факторів, складання плану-матриці експерименту, реалізація плану експерименту, перевірка відтворюваності дослідів, перевірка адекватності моделі, оцінка значущості коефіцієнтів регресії. [35]

Кодування факторів здійснюють для переведення натуральних факторів у безрозмірні величини, зв'язок між якими встановлюється залежністю:

$$X_i = \frac{X_i - X_{i0}}{\Delta X_i}, \quad (2.9)$$

де  $X_i$  – відповідно кодоване та натуральне значення і-го фактору;

$X_{i0}$  – натуральне значення і-го фактору на нульовому рівні;

$\Delta X_i$  – інтервал варіювання і-го фактору.

Нульовим називається рівень, що займає центр інтервалу.

Після кодування факторів складають план-матрицю експерименту.

Наступним кроком встановлення послідовності проведення дослідів. Оскільки функція відгуку залежить не тільки від факторів, які досліджуються, а й від інших факторів, які можуть бути невідомі досліднику. Прояв невідомих може по-різному впливати на результати експерименту і залежатиме від черговості проведення дослідів. Для мінімізації цього впливу встановлюється

випадковий порядок проведення дослідів у часі, для чого використовують генератор випадкових чисел тощо. Оскільки дослідження проводяться у кількох повторностях, то дану операцію проводять для кожної з них.

У випадку невиконання умови відтворюваності необхідно перевірити точність вимірювань і умови проведення дослідів, в яких спостерігається максимальна дисперсія, а також проаналізувати вплив неврахованих факторів.

*Визначення оцінки дисперсії відтворюваності дослідів.* Похибка дослідів  $S_0^2$  оцінюється за паралельними дослідями.

Перед розрахунками похибки дослідів потрібно переконатися, що розсіювання дослідів в кожній точці факторного простору не перевищує певної величини [35].

З цією метою потрібно розрахувати полінійні дисперсії  $S_u^2$  і перевірити їх однорідність. Розрахунок  $S_u^2$  проводиться за формулою:

$$S_0 = \frac{1}{m-1} \sum_{k=1}^m (y_{uk} - y_u)^2, \quad (2.10)$$

де  $y_u$  – середнє значення критерію оптимальності за номером рядку матриці;

$k$  – номер повторності дослідів ( $k = 1 \dots m$ ).

*Перевірка на однорідність.* Перевірити однорідність дисперсії  $S_u^2$  можна за критерієм Кохрена  $G_p$ . Його розраховують за формулою:

$$G_p = \frac{S_{u \max}^2}{\sum_{u=1}^N S_u^2}, \quad (2.11)$$

де  $S_{u \max}^2$  – максимальне значення із лінійних дисперсій,

$\sum_{u=1}^N S_u^2$  – сума всіх дисперсій за лініями матриці планування.

Якщо виконується умова  $G_p < G_T$ , гіпотеза про однорідність дисперсій приймається.

При виконанні умови поліній дисперсії усереднюються за формулою (2.12) і виначається середня для всього експерименту дисперсія відтворюваності середнього значення процесу (параметра оптимізації) за формулою (2.13):

$$S_0^2 = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N S_u^2 = \frac{1}{N(m-1)} \sum_{u=1}^N \sum_{k=1}^m (y_{uk} - y_u)^2. \quad (2.12)$$

$$S_y^2 = \frac{S_0^2}{m}, \quad (2.13)$$

де  $N(m - 1) = f_0$  - число ступенів свободи.

*Розрахунок коефіцієнтів рівняння регресії.* Коефіцієнт розраховують за формулою:

$$b_i = \frac{1}{N} \sum_{u=1}^N x_{iu} y_u, \quad (2.14)$$

*Оцінка суттєвості коефіцієнтів регресії.* Очевидно, що різні фактори по різному впливають на критерій оптимальності. Оцінку цього впливу здійснюють за критерієм Стюдента, який розраховується за формулою:

$$t_{ip} = \frac{|b_i|}{S_{bi}}, \quad (2.15)$$

де  $|b_i|$  - абсолютне значення і-го коефіцієнта регресії;

$S_{bi}$  - похибка коефіцієнтів регресії, для визначення якої спочатку розраховують дисперсію коефіцієнтів регресії  $S_{bi}$  за формулою:

$$S_{bs}^2 = \frac{S_y^2}{N} \quad (2.16)$$

З цього виразу знаходимо похибку коефіцієнтів рівняння регресії:

$$S_{bi} = \sqrt{S_{bs}^2} \quad (2.17)$$

Коефіцієнт вважається суттєвим, якщо виконується умова:

$$t_{ip} > t_m,$$

де  $t_m$  - табличне значення критерію Стюдента.

Якщо для будь – якого коефіцієнта умова не виконується, то даний фактор можна визначити несуттєвим і вилучити з рівняння регресії.

*Перевірка адекватності рівняння регресії.* Придатність лінійного рівняння регресії для розв'язання задачі пошуку оптимуму перевіряється за критерієм Фішера, який розраховується за формулою:

$$F_p = \frac{S_g^2}{S_y^2}, \quad (2.18)$$

де  $S_g^2$  – дисперсія адекватності, яка дорівнює:

$$S_g^2 = \frac{m}{N-N} \sum_{n=1}^N (Y_{сер} - Y_p)^2, \quad (2.19)$$

де  $N$  - число членів рівняння регресії, що залишається після оцінки

$Y_p$  – розрахункове значення критерію оптимальності згідно з отриманим рівнянням;

$Y_{сер}$  – середнє значення критерію оптимальності отримане в експерименті.

Рівняння вважається адекватним, якщо виконується співвідношення

$$F_p > F_T, \quad (2.20)$$

де  $F_T$  – табличне значення критерію Фішера для ступенів свободи  $f_1$  та  $f_2$  і заданого рівняння суттєвості  $q$ .

$$f_1 = N - N^I, \quad f_2 = N(m-1), \quad (2.21)$$

де  $n$  - число факторів.

Якщо співвідношення (2.20) не виконується, то при неадекватній лінійній моделі найчастіше приймають рішення про збільшення інтервалів варіювання факторів і повторення експерименту. Існують й інші рішення, які можуть прийматись у цьому випадку.

Якщо умова (2.19) виконується, то лінійний поліном можна використати для пошуку області оптимуму об'єкта дослідження.

## 2.7 Розрахунок рецепту комбікорму

Розрахунок рецептів комбікормів на підприємстві проводять за допомогою комп'ютерних програм. Як правило, ці програми поділяються на два класи: оптимізаційні і неоптимізаційні.

Неоптимізаційні програми влаштовані таким чином, що знаходять одне з можливих рішень і всі подальші дії, щодо поліпшення рецепта покладають на технолога-рецепціоніста, на його досвід та кваліфікацію. Тобто залишається невпевненість у тому, чи всі варіанти пошуку були переглянуті для надання остаточного рішення.

Оптимізаційні програми більш надійні в цьому плані. Вони використовують певні математичні алгоритми пошуку, з нескінченної кількості рішень знаходять щоразу такий варіант, який мінімізує функціонал виду, цей варіант і є оптимальним з усіх можливих [37].

В будь-якому випадку алгоритм пошуку рішення має безліч варіантів. Для того, щоб на основі складеного рецепту, створити комбікорм на підприємстві необхідна наявність високоякісних компонентів, сучасне технологічне обладнання для їх підготовки, точне дозування і однорідне змішування, кваліфіковані технологи-рецепціоністи.

Для розрахунків рецептів комбікормів використовуються:

- рівень поживності комбікормів для даної групи тварин:
- хімічний, мінеральний і амінокислотний склад сировини, що використовуються в Україні для виробництва комбікормів ;
- максимальні і мінімальні граничні норми введення компонентів в комбікорми;
- ціни на сировину.

Рівень поживності комбікормів, приймається відповідно до державних стандартів і додаткового переліку показників, погоджених з органами державного стандарту та замовниками комбікормів при їх виробництві з давальницької сировини та сировини, що прийнята з обмін на комбікорм.

Сировина, що використовується для виробництва комбікормів повинна перевірятися, у відповідності з нормативно - технічною документацією, на токсичність, кислотність, бактеріальну забрудненість, вільний гасіпол, залишки вуглеводнів та уреазу. В разі невідповідності вимогам стандарту по цих показниках, використання сировини для виготовлення комбікормів не допускається.

Поживність і хімічний склад білкової сировини тваринного і рослинного походження (сирий протеїн, масова частка клітковини, сіль, уреазу, вільний гасіпол, залишкові вуглеводні, кальцій, фосфор, вологість, кислотність, перекисі, токсичність і бактеріальна забрудненість), з якої виготовляються

комбікорми, визначаються виробничо-технологічними лабораторіями комбікормових підприємств згідно з нормативно-технічною документацією.

Інші показники - обмінна енергія, амінокислотний склад, макро і мікро елементи визначаються за допомогою таблиць хімічного складу.

Якщо достовірно відомо місце вирощування зернових компонентів, то їх хімічний і мінеральний склад береться по зонах, при відсутності таких відомостей - в середньому по Україні.

При розрахунках рецептів комбікормів за допомогою ЕОМ слід враховувати специфічну дію окремих видів сировини на продуктивність і фізіологічний стан тварин, які регулюються виключно зооветеринарними обмеженнями. Враховуючи це встановлюються максимальні і мінімальні норми введення компонентів в комбікорми.

### **Висновки до розділу 2**

1. Обґрунтовано об'єкти, предмет та методи дослідження.
2. Визначено мету роботи та шляхи її досягнення.
3. Визначено методи дослідження фізичних-технологічних властивостей та хімічного складу.
4. Наведені математичні методи обробки експериментальних даних.

## РОЗДІЛ 3

### ДОСЛІДЖЕННЯ ФІЗИКО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ТА ХІМІЧНОГО СКЛАДУ СИРОВИНИ

#### 3.1. Визначення органолептичних показників сировини

##### 3.1.1 Висівки пшеничні

За стандартом [36] висівки пшеничні, які використовують у комбікормовому виробництві мають бути в сухому сипкому стані, без ознак самозігрівання та теплового пошкодження, без сторонніх запахів (затхлого, солодового, пліснявого, гнилісного, запаху нафтопродуктів тощо), мати колір властивий висівкам, без ознак зараження шкідниками.

Так, як висівки пшеничні визначено як один із видів сировини для виробництва кормових екструдованих сумішей, то відповідно, у науковій роботі визначали органолептичні показники даного виду сировини. Результати визначення органолептичних показників висівок пшеничних наведено в табл. 3.1.

3.1.

Таблиця 3.1 - Органолептичні показники висівок пшеничних

Показник	Стандарт	Досліджуваний зразок
Зовнішній вигляд	Сухий сипкий продукт без щільних грудочок	Розсипний продукт, не містить грудочок
Колір	Червоно – жовтий з сіруватим відтінком	Червоно – жовтий з властивим відтінком
Запах	Властивий висівкам без сторонніх запахів, не затхлий, не пліснявілий	Властивий даному продукту, без сторонніх запахів

Дані досліджень, які наведено в таблиці свідчать про те, що зразок висівок пшеничних, який відібрано для досліджень відповідає вимогам ДСТУ 3016-95 [36] і може бути використаний в подальших дослідженнях.

### 3.1.2. Кукурудза

За стандартом [32] зерно кукурудзи має бути у здоровому стані, мати властивий запах (без сторонніх запахів), мати властивий колір. Результати визначення органолептичних показників зерна кукурудзи наведено в табл. 3.2.

Таблиця 3.2 - Органолептичні показники зерна кукурудзи

Показник	Стандарт	Досліджуваний зразок
Колір	Властивий здоровому зерну, без затхлого, солодового, пліснявого тощо	Властивий здоровому зерну, без затхлого, солодового, пліснявого тощо
Запах	Властивий здоровому зерну даного типу	Властивий здоровому зерну даного типу

Отже, за даними досліджень, видно, що зразок кукурудзи відповідає вимогам ДСТУ 4525:2006 [32] і може використовуватись в подальшій переробці.

### 3.1.3 Індійський морський рис

Таблиця 3.3 - Органолептичні показники індійського морського рису

Показник	Стандарт	Досліджуваний зразок
Зовнішній вигляд	-	Прозорий продукт
Колір	-	Властивий здоровому вигляду, білий
Запах	-	Властивий даному продукту, без сторонніх запахів

Отже, за даними досліджень, видно, що зразок індійського морського рису не має визначених стандартом показників, але і не має вразливих ознак продукту, тому буде використано в подальших дослідженнях.

### 3.2 Дослідження фізико – технологічних властивостей сировини

Результати дослідження фізико – технологічних властивостей пшеничних висівок та індійського морського рису наведені на рисунках 3.1, 3.2 та 3.3.

З проведених досліджень видно, що об'ємна маса пшеничних висівок становить 271 г/л, а крупність 1,34мм, Об'ємна маса індійського морського рису, становить 825 г/л. Даний показник не нормуються стандартами, але суттєво впливає на технологічний процес.

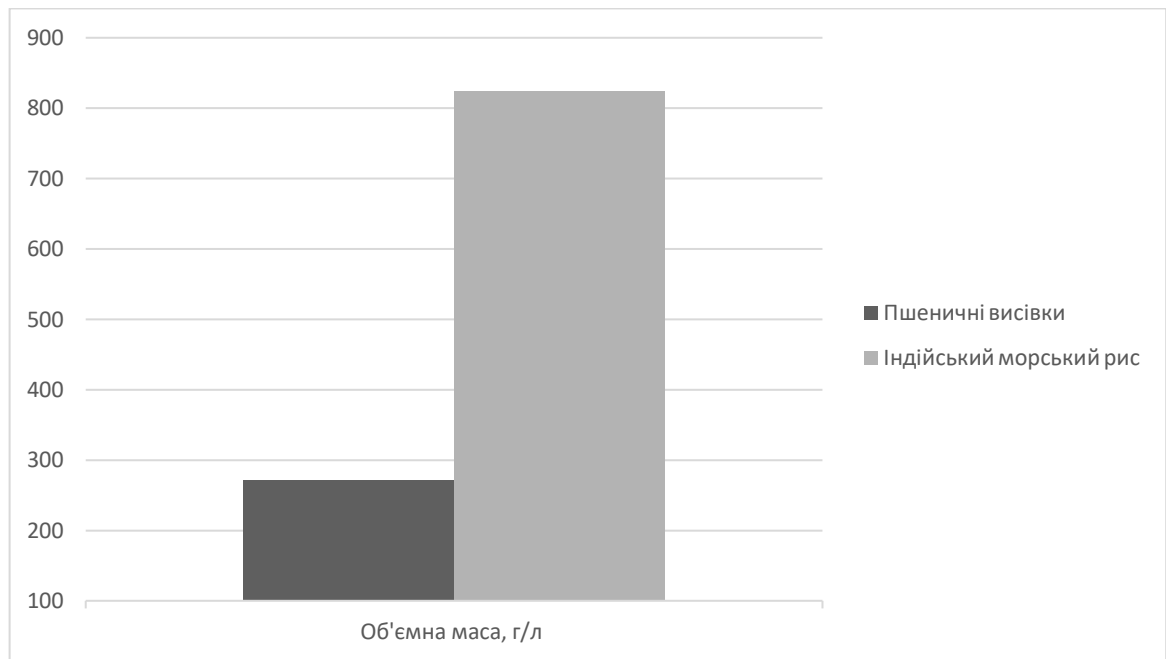
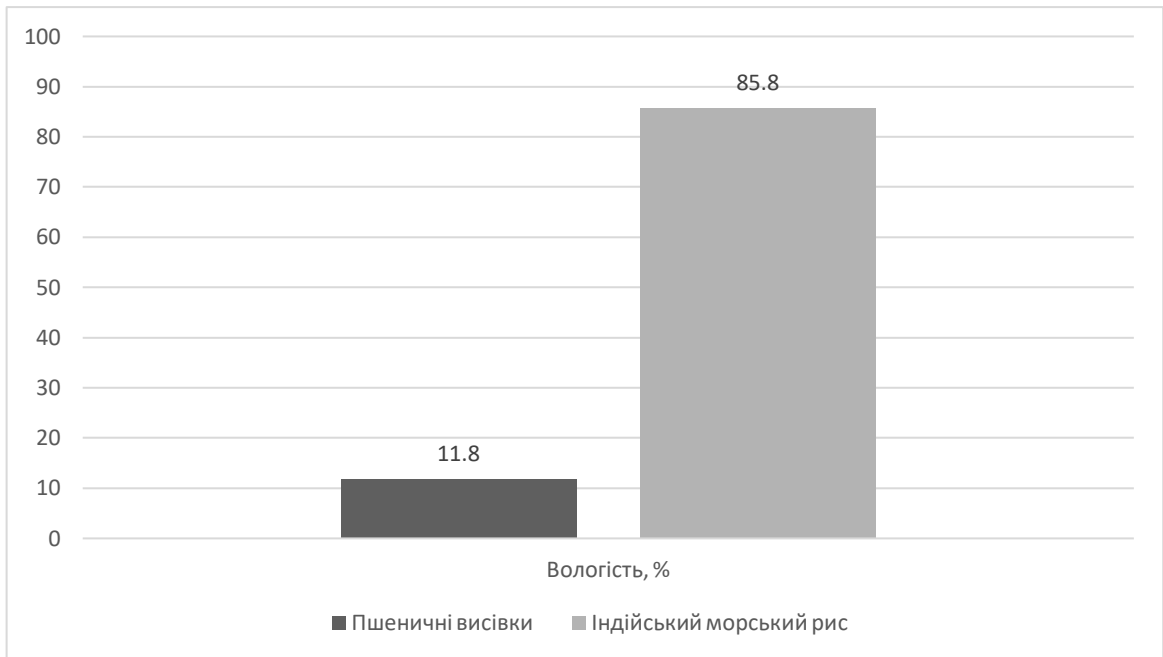


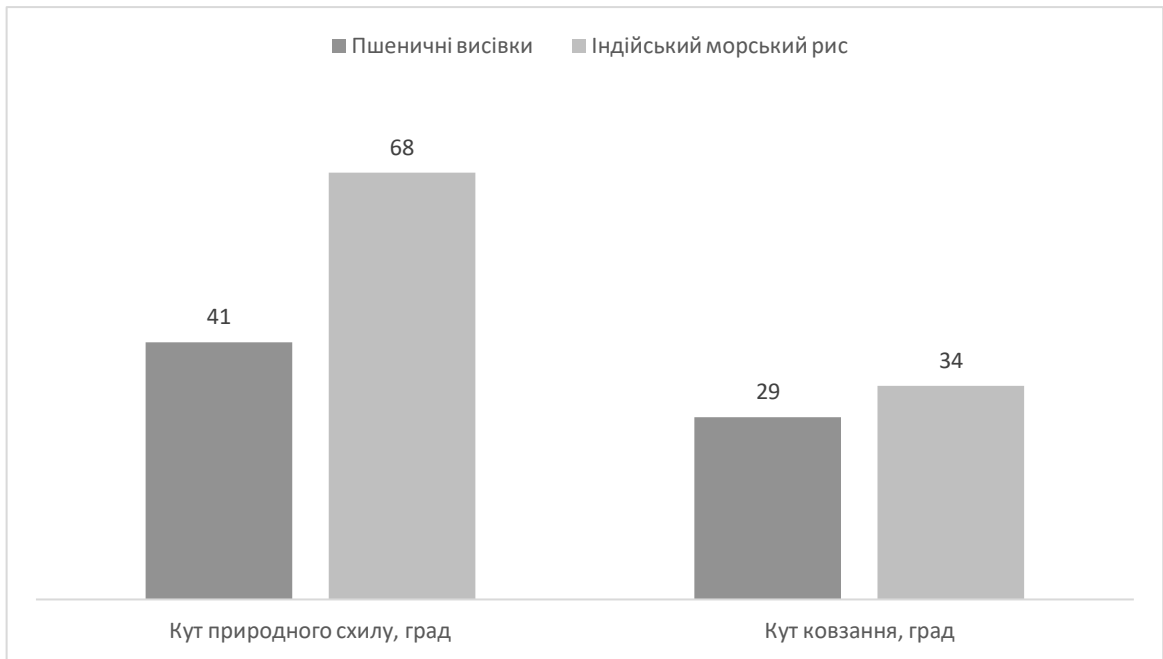
Рис. 3.1 - Визначення об'ємної маси досліджуваної сировини

Масова частки вологи в досліджуваних зразках становить 11,8 % для пшеничних висівок, тобто даний вид сировини знаходяться в сухому стані, а показник вологості знаходиться в допустимих межах за вимогами нормативної документації. Для індійського морського рису масова частка вологи становить 85,8 %.



*Рис. 3.2 - Визначення масової частки вологи досліджуваної сировини*

На комбікормовому виробництві в більшій мірі подача сировини здійснюється самопливами, а це означає що необхідно забезпечити вільний рух сировини, тобто сипкість продукту. Даний показник характеризується кутом природного схилу. Кут природного схилу це найменший кут між основою конуса і твірною конуса утвореного при вільному висипанні продукту на горизонтальну поверхню, при якому зернова маса або інша сировина починає ковзати по поверхні. Кут природного схилу для висівок пшеничних та індійського морського рису становить відповідно 41 та 68 град, а кут ковзання відповідно 29 та 34 град.



*Рис. 3.3 - Визначення кута природного схилу та ковзання досліджуваної сировини*

Для виробництва комбікормів суттєве значення має крупність сировини, від якої залежить подальша якість готової продукції. Так, як основними складовими комбікормів для ВРХ є зернові культури та побічні продукти борошномельних виробництв. Кукурудзу подрібнювали до необхідної крупності та використовували у процесі виробництва комбікормів. А для пшеничних висівок які також попередньо подрібнювали, визначали ще модуль крупності. Результати визначеннь наведено на рис. 3.4.

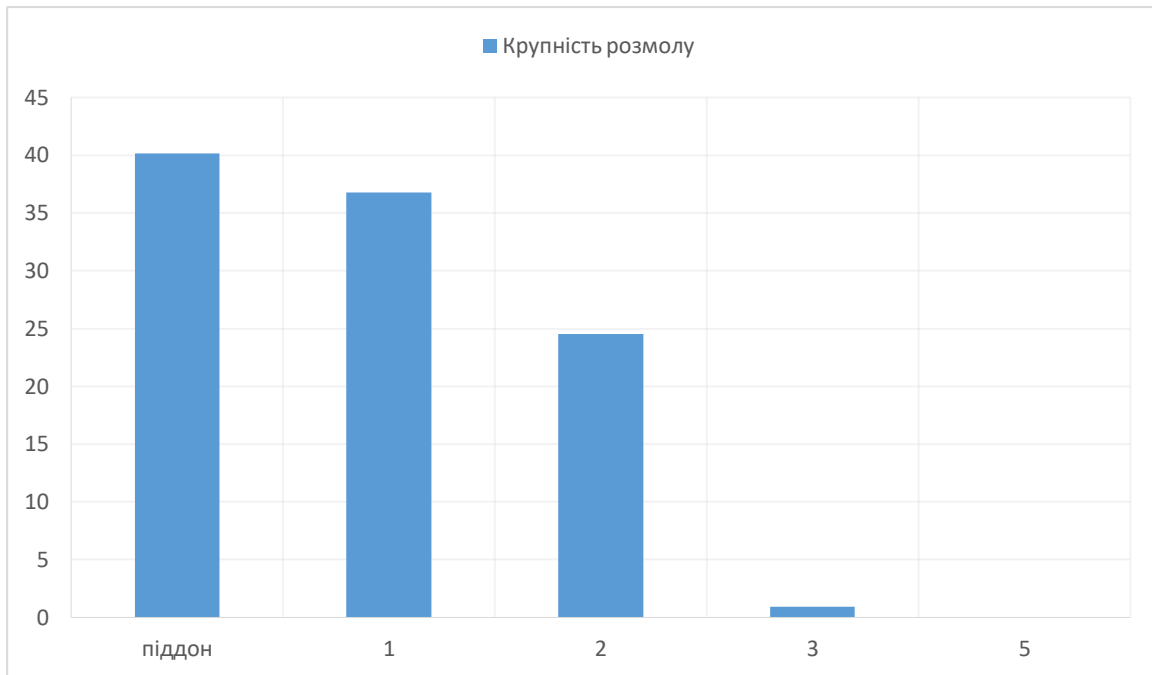


Рис. 3.4 - Визначення крупності розмолу висівок пшеничних

Розмір сит становить: піддон;  $\varnothing$  1 мм;  $\varnothing$  2 мм;  $\varnothing$  3 мм ;  $\varnothing$  5 мм;.

Піддон – 40,13 г;

$\varnothing$  1 мм – 36,75 г;

$\varnothing$  2 мм – 24,52 г;

$\varnothing$  3 мм – 0,94 г;

$\varnothing$  5 мм – 0 г.

Розрахунок модуля крупності подрібнених пшеничних висівок визначали за формулою з використанням одержаних експериментальних даних:

$$X_{\text{с.зв.}} = \frac{40,13 \cdot \frac{1}{2} + 36,75 \cdot \frac{1+2}{2} + 24,52 \cdot \frac{2+3}{2} + 0,94 \cdot \frac{3+5}{2}}{100} = 1,35 \text{ мм}$$

На підставі одержаних результатів досліджень встановлено, що середній розмір частинок подрібнених висівок пшеничних становить 1,35 мм.

### 3.3 Дослідження хімічного складу пшеничних висівок та ІМР

Хімічний склад сировини яку використовують у комбікормовому виробництві має суттєве значення як при годівлі тварин так і при складанні раціонів та розрахунку рецептів комбікормів. Тому нами було визначено

хімічний склад сировини, яка складає основу рецептів кормових сумішей. Показники хімічного складу пшеничних висівок та індійського морського рису наведені в табл. 3.4.

Таблиця 3.4 - Хімічні склад пшеничних висівок та індійського морського рису сировини

Назва культури	Масова частка вологи, %	Масова частка сирого протеїну, %	Масова частка сирого жиру, %	Масова частка сирі клітковина, %	Масова частка сирі золи, %	БЕР, %
Пшеничні висівки	11,8	14,1	3,5	9,1	1,4	60,1
Індійський морський рис	85,8	11,6	-	-	-	2,6

Аналіз результатів досліджень, наведених в табл. 3.3, свідчить про те, що зразки відповідають за показниками якості вимогам нормативних документів.

### ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 3

1. Згідно проведених досліджень можна відзначити, що за показником вологості досліджений зразок пшеничних висівок відповідає стандартам, а індійський морський рис має високу масову частку вологи – 85,8 %.
2. Об'ємна маса індійського морського рису становить 825 г/л, а висівки пшеничних 271 г/л.
2. Модуль крупності висівок пшеничних становить 1,35 мм, що забезпечить правельне ведення технологічного процесу екструдування кормової суміші.
4. Сипкість сировини, яка характеризується кутом природного схилу та кутом ковзання визначена для індійського морського рису та становить відповідно 67 та 34 град і для пшеничних висівок – 41 та 29 град, що дозволить вільно подавати дану сировину у виробництво.
5. Визначення хімічного складу сировини дозволить розрахувати рецепти кормових сумішей та збалансувати раціон за поживними речовинами.

## РОЗДІЛ 4. ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИРОБНИЦТВА КОМБІКОРМІВ ДЛЯ ВРХ

Аналіз технологій виробництва комбікормів для ВРХ показав, що традиційними є виробництво розсипних та гранульованих комбікормів. З огляду на те що гранульовані комбікорми мають ряд суттєвих переваг в процесі транспортування, годівлі та зберігання хоча сама технологія більш енергозатратна, ми рекомендуємо застосовувати саме цю технологію виробництва комбікормів.

Враховуючи те що новий вид сировини, який досліджуємо в науковій роботі, неможливо включити в технологічний процес в силу його технологічних властивостей, то пропонуємо виробляти збагачену морським індійським рисом кормову суміш.

З точки зору технологічного процесу, екструдкування є складним технологічним процесом, ефективність якого залежить від ряду чинників - від технологічних властивостей сировини та її хімічного складу, від конструктивно-кінематичних параметрів екструдера та від технологічних параметрів самого процесу екструдкування.

До першої групи факторів слід віднести вміст вологи у продукті, його об'ємну масу, вид культури, її стан (ціла чи подрібнена), твердість, міцність, хімічний склад продукту, його структуру, геометричні розміри тощо. [2, 3]

До другої групи факторів відносять геометричну форму робочих органів екструдера, стан поверхні, крок гвинта, робочий зазор, частоту обертання шнека, кількість шнеків, ступінь зміни вільного об'єму витків, тривалість обробки тощо.

До третьої групи факторів відносять об'єм введеної вологи та спосіб її введення (пара, вода), температуру обробки, надлишковий тиск у робочій зоні екструдера, діаметр отвору фільтри тощо [5, 7].

Для екструдкування кормів використовують спеціальні установки-екструдери, принцип роботи яких базується на таких технологічних процесах: зернові кормосуміші або їхні окремі компоненти подаються з оперативної

ємності до екструдера в цілому або подрібненому вигляді, попередньо зволожені чи пропарені або природної вологості (12-17%). Процес екструдювання триває протягом 10-20 с під тиском 3-5 МПа за температури +110-205°C [38]. З отвору головки екструдера або матриці виходить спучений, пористий продукт у вигляді джгута або гранул різного діаметра.

Завдяки тому, що в основі екструдювання покладено три основні процеси обробки: температурна обробка сировини під тиском, механічна деформація і «вибух» продукту. В результаті такої дії на продукт відбуваються глибокі перетворення поживних речовин що входять до складу сировини. А саме відбувається денатурація білків, розщеплення крохмалю до декстринів і цукрів.

Усі ці зміни продукту мають позитивні властивості, поживні речовини стають більш доступними для засвоєння та перетравлювання їх тваринами. Також в результаті екструдювання покращуються смакові властивості комбікормів, під дією температури відбувається інактивація інгібіторів антипоживних речовин, знищення токсинів і нейтралізація їхніх продуцентів, що має важливе значення для тварин і птиці.

Даний технологічний процес екструзії забезпечує зміну мікробіологічних показників продукту.

Перетворення які відбуваються із целюлоза, геміцелюлозою й інкрустуючими речовини клітинних стінок (лігнін, кутин, суберин), також суттєво підвищують засвоєння корму. А так як висівки пшеничні містять понад 50 % клітковини то даний спосіб обробки дозволить краще засвоєння кормової суміші навіть для ВРХ.

Дослідження показали, що готовий корм містить на 9,8 - 12,5% менше безазотистих екстрактивних речовин (БЕР), які в основному представлені малозасвоюваним крохмалем. Так, меншим вмістом БЕР характеризувалися кормові суміші з додаванням моркви, пастернаку, гарбуза звичайного. У приготовлених кормових сумішах збільшується вміст легкозасвоюваних цукрів на 0,66 - 0,72%, що дозволить повніше збалансувати раціони тварин за

цукро-протеїновим співвідношенням, що особливо важливо для господарств, які не мають плантацій кормових коренеплодів.

Отже, хімічний склад кормових сумішей не погіршується, а у деяких випадках стає кращим і більш доступним для тварин [16].

У своїй роботі Н. В. Хоренжий стверджує, що у зоні гомогенізації продукт набуває в'язко текучого стану, завдяки чому розтягуються та перебудовуються полімери та розширюються маси: білки денатурують, крохмаль та клітковина піддаються деструкції та декстринізації. В останній зоні екструдеру ці процеси завершуються. В ході реалізації цього процесу за рахунок фазових перетворень не тільки ліквідуються майже всі «недоліки» малоцінної сировини, але й майже повністю розкривається закладений в них кормовий потенціал, покращується санітарний стан[41].

У процесі екструдювання зерна в ньому відбуваються складні структурно - механічні та біохімічні зміни. Крохмаль розпадається на прості цукри, клітковина — на вторинний цукор, знищується шкідлива мікрофлора, що й зумовлює підвищення засвоюваності до 90% і, відповідно, економить зерно під час годівлі.

При екструдюванні продукт піддається комбінованій дії тиску та температури, внаслідок чого змінюється структура клітковини корму, відбувається інактивація інгібіторів травного тракту, нейтралізація токсичних речовин, стерилізація корму, поліпшення смакових якостей, декстринізація крохмалю до глюкози. За рахунок різкого падіння тиску при виході розігрітої зернової маси відбувається "вибух" (збільшення об'єму) продукту, що робить його більш доступним для дії ферментів шлунку тварин та різко підвищує його засвоюваність. Екструдований корм найбільш раціонально використовувати в годівлі поросят молодшого віку, оскільки їх перетравна система ще не здатна перетравлювати складні поживні речовини корму.

Єгоров Б. В. у своїй статті встановив, що на ефективність процесу екструдювання впливають як технологічні властивості зернової та бобової сировини, так і режимні параметри при яких проходив процес. З проведених

досліджень перевагу слід надавати екструдованню кожної культури окремо. Хоча продуктивність екструдера в даному випадку нижче, але витрати електроенергії невисокі, коефіцієнт розширення та комплекс технологічних показників в цьому варіанті вище ніж в інших[15].

У статті було проведено дослідження, спрямоване на визначення порівняльної оцінки ефективності використання у складі комбикормів різних видів екструдованого зерна[19].

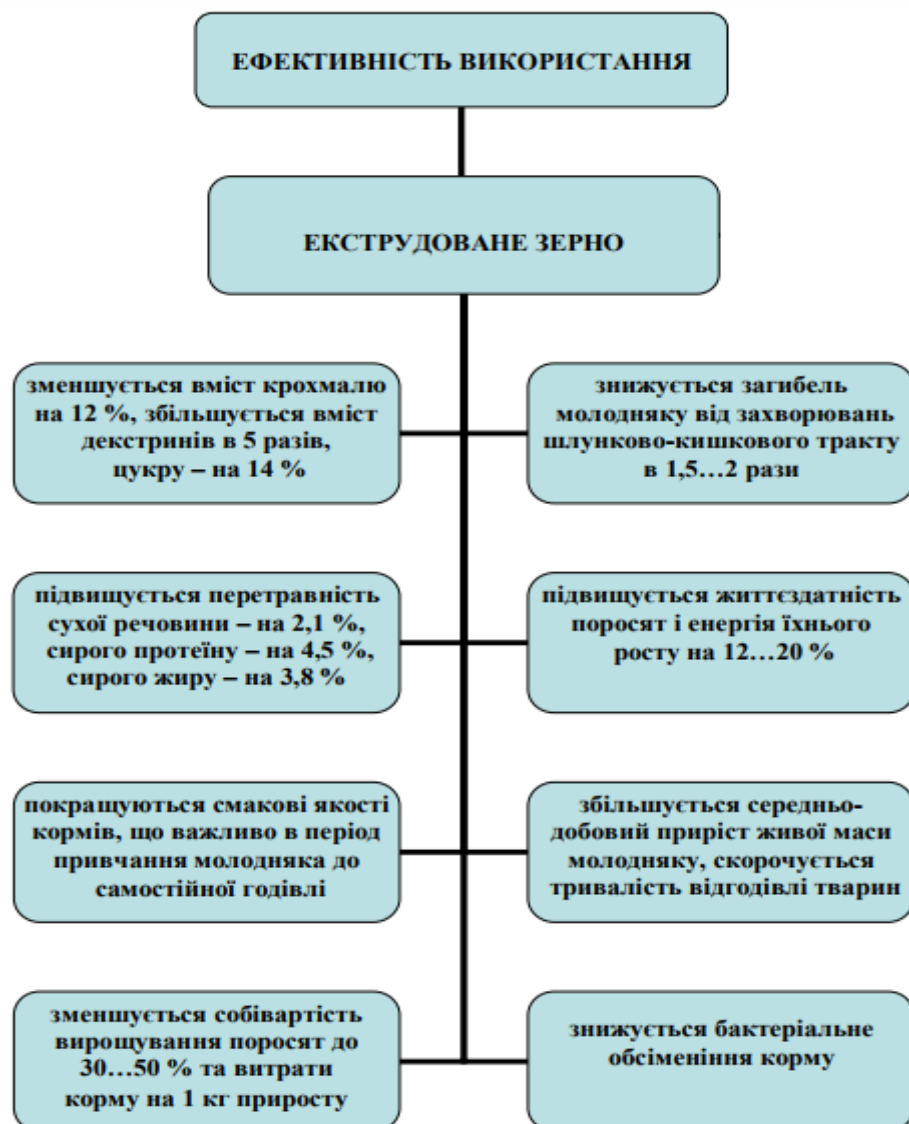


Рис. 4.1 - Ефективність використання екструдованого зерна та ферментів при годівлі тварин

Так для вирішення поставленої задачі були розраховані рецепти комбікормів для великої рогатої худоби. За даними рецептами одержали два зразки комбікорму:

Зразок № 1 складається з компонентів комбікорму, які піддавали очищенню та подрібненню, дозування проводили згідно рецепту та змішували.

Зразок № 2 складається з компонентів комбікорму та екструдованої суміші, до складу якої входило зерно кукурудзи, пшеничні висівки та морський індійський рис. кормову суміш оброблялася на лабораторному екструдері.

Зразок № 1 – контрольний, який виготовляли за традиційною технологією.

Зразок № 2 – комбікорм з екструдованими компонентами. Для його приготування кормову суміш зерна кукурудзи, пшеничних висівок та морського індійського рису обробляли на прес-екструдері. Процес обробки проводили при наступних режимах:

- тиск у робочій зоні екструдера 2...3 МПа,
- температура продукту на виході з екструдера 110...120°C,
- тривалість екструдування 60...120 с,
- діаметр матриці 10 мм,
- питомі витрати електроенергії 4,0...4,5 кВт.

Отриману кормову суміш охолоджували до температури не вище 15 °С, від температури навколишнього середовища, подрібнювали та дозували в кількості що відповідає рецепту.

В отриманих зразках комбікорму визначали перетравність білка *in vitro* (рис. 4.2).

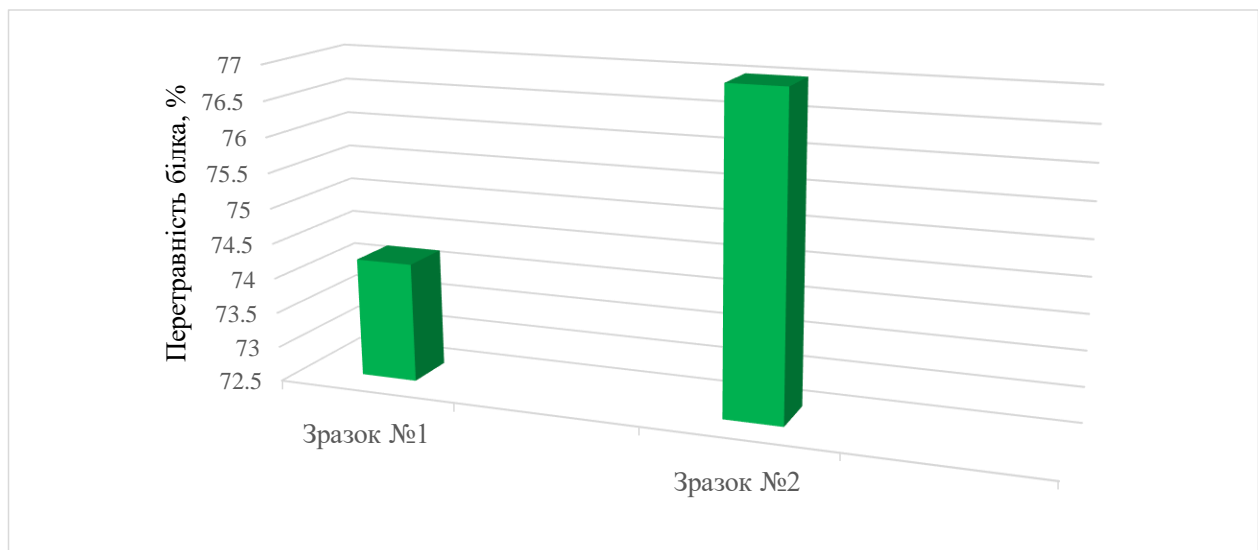
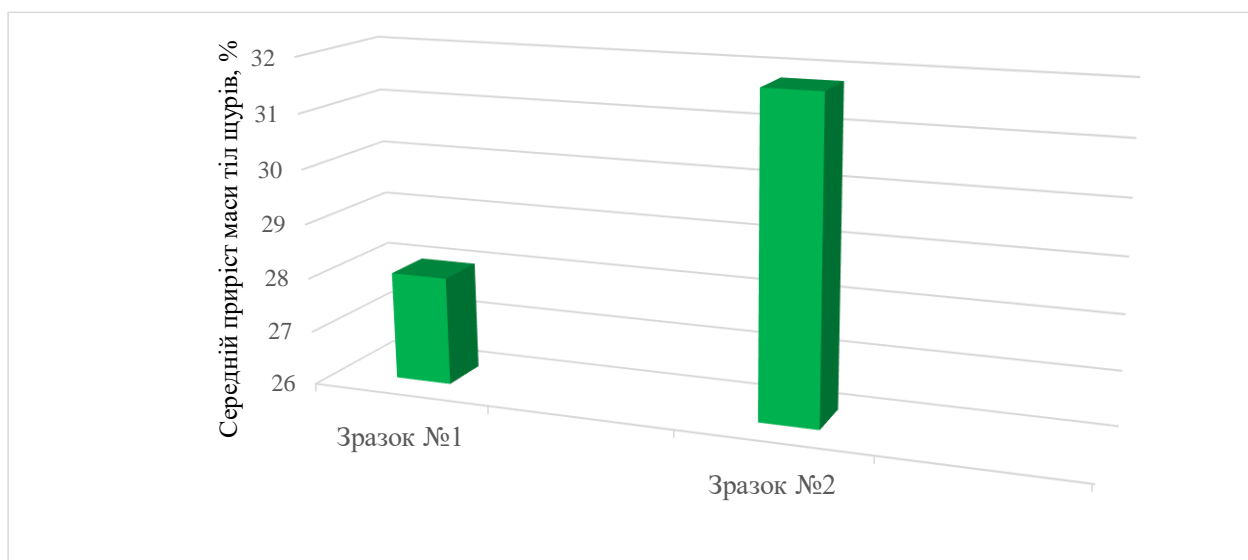


Рис. 4.2 - Перетравність білка *in vitro* в комбікормах для корів

У дослідному зразку №2 з кормовою екструдованою сумішшю відмічено збільшення перетравності білку на 2,8 % порівняно з контрольним. Це дозволяє зазначити, що введення до складу комбікорму кормових екструдованих сумішей підвищує засвоюваність комбікорму, його перетравність і доступність поживних речовин.

Також проводили біологічну оцінку двох зразків комбікормів. Для дослідження були обрані білі щури (лінія Wistar), з яких сформовано дві групи по п'ять особів самців вікової групи 45 діб. Умови в яких утримували щурів всіх груп були ідентичними.

Першу групу щурів годували зразком № 1 (контрольним) другу групу зразком № 2 ( з екструдованою кормовою сумішшю). Експеримент проводили протягом 10 діб. Продуктивну дію комбікормів визначали за приростом маси тіла щурів (рис 4.3).



*Рис. 4.3 - Середній приріст маси тіла щурів у групах*

Аналіз одержаних даних свідчить про те, що середній приріст маси тіла у щурів другої групи, яким згодовували комбікорм з кормовою екструдованою сумішшю становив понад 31 %. Тому проведені дослідження підтверджують те, що введення кормових екструдованих сумішей до складу комбікорму позитивно впливає на його якість, покращує перетравність і доступність поживних речовин корму.

#### **Висновки до розділу 4**

1. Одержані результати досліджень в умовах *in vitro*, свідчать про те, що комбікорм до складу якого входить екструдована кормова суміш, краще засвоюється на 2,8% порівняно із контрольним зразком.

2. А приріст маси тіла дослідних груп щурів які споживали комбікорми з екструдованими кормовими сумішми збільшився на 31% порівняно з групою яка споживала контрольний зразок комбікорму.

## РОЗДІЛ 5

### МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ

#### 5.1 Розрахунок сумішей

Для визначення оптимального складу суміші ми використовуємо математичне моделювання і оптимізація процесу екструдювання кормової суміші пшеничних висівок та кукурудзи з додаванням індійського морського рису.

За критерій оптимальності було прийнято коефіцієнт спучення екструдованого продукту, так як даний показник легко визначається і об'єктивно відображає процес екструдювання.

Таблиця 5.1 - Співвідношення компонентів суміші

Номер Суміші	Пшеничних висівок, г	Індійський морський рис, г	Кукурудза, г	Рівень подачі продукту
1	165	13	50	2
2	165	21	50	2
3	165	13	100	2
4	165	21	100	2
5	165	13	50	4
6	165	21	50	4
7	165	13	100	4
8	165	21	100	4

#### 5.2 Екструдювання суміші

Екструдювання суміші проводили на лабораторному екструдері, для усіх вісьми зразків. Оптимізацію складу суміші оцінювали за коефіцієнтом спучення.

Одержані результати досліджень екструдювання кормової суміші наведено у таблиці 5.2.

Таблиця 5.2. - Дані коефіцієнта спучення екструдованої кормової суміші

№	Y <sub>1</sub>	Y <sub>2</sub>	Y <sub>3</sub>	Y <sub>сер</sub>
1	1,39	1,44	1,41	1,41
2	1,52	1,5	1,51	1,51
3	1,3	1,27	1,28	1,28
4	1,42	1,39	1,4	1,40
5	1,28	1,27	1,27	1,27
6	1,42	1,37	1,41	1,40
7	1,09	1,06	1,1	1,08
8	1,47	1,35	1,4	1,41

### 5.3 Проведення трьохфакторного експерименту

Рівні факторів та інтервали їх варіювання наведені в табл. 5.3.

Таблиця 5.3. - Рівні факторів та інтервали їх варіювання

Рівень	Пшеничних висівок з індійським морським рисом, г	Кукурудза, г	Рівень подачі продукту
Верхній	178,0	100,0	2,0
Нульовий	182,0	75,0	3,0
Середній	186,0	50,0	4,0

Таким чином план трьохфакторного експерименту матиме вигляд, наведений в табл. 5.4.

Таблиця 5.4. - Матриця в натуральному вигляді

№	Пшеничних висівок з індійським морським рисом, г	Кукурудза, г	Рівень подачі продукту
1	178	50	2
2	186	50	2
3	178	100	2
4	186	100	2
5	178	50	4
6	186	50	4
7	178	100	4
8	186	100	4

План експерименту в кодованій формі поданий в табл. 5.5.

Таблиця 5.5 - Матриця в кодованому виразі

№	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>
1	-	-	-
2	+	-	-
3	-	+	-
4	+	+	-
5	-	-	+
6	+	-	+
7	-	+	+
8	+	+	+

Таблиця 5.6. - Матриця і план експерименту для суміші

№	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>1</sub> X <sub>2</sub>	X <sub>2</sub> X <sub>3</sub>	X <sub>1</sub> X <sub>3</sub>	X <sub>1</sub> X <sub>2</sub> X <sub>3</sub>	Y <sub>1</sub>	Y <sub>2</sub>	Y <sub>3</sub>	Y <sub>c</sub>
1	-	-	-	+	+	+	-	1,39	1,44	1,41	1,41
2	+	-	-	-	+	-	+	1,52	1,5	1,51	1,51
3	-	+	-	-	-	+	+	1,3	1,27	1,28	1,28
4	+	+	-	+	-	-	-	1,42	1,39	1,4	1,40
5	-	-	+	+	-	-	+	1,28	1,27	1,27	1,27
6	+	-	+	-	-	+	-	1,42	1,37	1,41	1,40
7	-	+	+	-	+	-	-	1,09	1,06	1,1	1,08
8	+	+	+	+	+	+	+	1,47	1,35	1,4	1,41

Лінійна модель:

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_{12}x_1x_2 + b_{23}x_2x_3 + b_{13}x_1x_3 + b_{123}x_1x_2x_3$$

Розрахування коефіцієнта регресії:

$$b_i = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N x_m * y_n$$

$$b_0 = \frac{1,39 + 1,51 + 1,28 + 1,40 + 1,27 + 1,40 + 1,08 + 1,41}{8} = 1,34667$$

$$b_1 = \frac{-1,39 + 1,51 - 1,28 + 1,40 - 1,27 + 1,40 - 1,08 + 1,41}{8} = 0,08333$$

$$b_2 = \frac{-1,39 - 1,51 + 1,28 + 1,40 - 1,27 - 1,40 + 1,08 + 1,41}{8} = -0,05250$$

$$b_3 = \frac{-1,39 - 1,51 - 1,28 - 1,40 + 1,27 + 1,40 + 1,08 + 1,41}{8} = -0,05583$$

$$b_{12} = \frac{1,39 - 1,51 - 1,28 + 1,40 + 1,27 - 1,40 - 1,08 + 1,41}{8} = 0,02750$$

$$b_{23} = \frac{1,39 + 1,51 - 1,28 - 1,40 - 1,27 - 1,40 + 1,08 + 1,41}{8} = 0,00667$$

$$b_{13} = \frac{1,39 - 1,51 + 1,28 - 1,40 - 1,27 + 1,40 - 1,08 + 1,41}{8} = 0,02917$$

$$b_{123} = \frac{-1,39 + 1,51 + 1,28 - 1,40 + 1,27 - 1,40 - 1,08 + 1,41}{8} = 0,02167$$

Після розрахунку коефіцієнта рівняння регресії буде мати наступний вигляд:

$$y = 1,34667 + 0,08333X_1 - 0,05250X_2 - 0,05583X_3 + 0,02750X_1X_2 + 0,00667X_2X_3 - 0,02917X_1X_3 - 0,02167X_1X_2X_3$$

(5.1)

### Статистичний аналіз

№	$y_{1u} - y_u^-$	$y_{2u} - y_u^-$	$y_{3u} - y_u^-$	$(y_{1u} - y_u^-)^2$	$(y_{2u} - y_u^-)^2$	$(y_{3u} - y_u^-)^2$	$\Sigma(y_{ku} - y_u^-)^2$	$S^2(y_{ku})$
1	0,023	0,027	0,003	0,0005	0,0007	0,0001	0,0013	0,0007
2	0,010	0,010	0,000	0,0001	0,0001	0,0000	0,0002	0,0001
3	0,017	0,013	0,003	0,0003	0,0002	0,0001	0,0006	0,0003
4	0,017	0,013	0,003	0,0003	0,0002	0,0001	0,0006	0,0003
5	0,007	0,003	0,003	0,0001	0,0001	0,0001	0,0003	0,0002
6	0,020	0,030	0,010	0,0004	0,0009	0,0001	0,0014	0,0007
7	0,007	0,023	0,017	0,0001	0,0005	0,0003	0,0009	0,0005
8	0,063	0,057	0,007	0,0040	0,0032	0,0001	0,0073	0,0037

Таблиця 5.7 – Таблиця перевірки значень

Із результатів таблиці 5.3.5 робимо висновок, що:

$$\sum_{u=1}^N S^2(y_{ku}) = 0,0065$$

Тоді:

$$S_{yk}^2 = \frac{\sum_{u=1}^N S_{(y_{ku})}^2}{N} = \frac{0,0065}{8} = 0,0008125$$

$$S_{\bar{y}}^2 = \frac{S_{yk}^2}{n} = \frac{0,0008125}{3} = 0,0002708$$

$$S_{bi}^2 = \frac{0,0002708}{8} = 0,00003385$$

$$S_{bi} = 0,00582$$

Число ступенів свободи:

$$f = (n - 1)N = (3 - 1)8 = 16$$

$$f = 16 \text{ та } \alpha = 0,95$$

Значення критерію Стюдента  $t=2,12$ .

Значимість коефіцієнтів рівняння регресії перевіряють по наступній нерівності:

$$|b_i| > t_{0,95;16} S_{bi} = 0,00582 \cdot 2,12 = 0,01234$$

Коефіцієнт незначимий є  $X_2X_3=0,00667$ , інші коефіцієнти з рівнем значимості 0,05 відрізняються від нуля.

Після видалення незначимого коефіцієнта рівняння регресії приймає вигляд:

$$y=1,34667+0,08333X_1-0,05250X_2+0,05583X_3+0,02750X_1X_2+0,02917X_1X_3+0,02167X_1X_2X_3 \quad (5.2)$$

*Перевірка адекватності рівняння регресії.* Необхідні розрахунки для визначення дисперсії адекватності приведені в табл. 4.3.5. Така перевірка здійснюється по F-критерію Фішера, для чого проводяться наступні розрахунки:

Таблиця 5.8 - Розрахунок відхилень середнього значення індекса сполучення, отриманого в експерименті та його розрахункового значення.

Номер досліджу	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	Усер	Ур	Усер-Ур	(Усер-Ун) <sup>2</sup>
1	-	-	-	1,41	1,41	-0,00334	0,000011
2	+	-	-	1,51	1,51	0,01667	0,000278
3	-	+	-	1,28	1,28	-0,01001	0,000100

4	+	+	-	1,40	1,40	-0,00335	0,000011
5	-	-	+	1,27	1,27	-0,00667	0,000044
6	+	-	+	1,40	1,40	0,010013	0,000100
7	-	+	+	1,08	1,08	0,05168	0,002671
8	+	+	+	1,41	1,41	-0,01001	0,000100

Розрахунок дисперсії адекватності за формулою:

$$S_{ag}^2 = \frac{0,00332}{8 - 7} = 0,00332$$

$$S_y^2 = 0,006632$$

$$F_p = \frac{0,0033}{0,00663} = 0,498$$

Порівняємо отримане значення критерію Фішера з його табличним значенням  $f_1=N-N'=8 - 7 =1$ ;  $f_2=(n - 1)N=(3 - 1)8=16$  і рівнем значимості  $\alpha=0,05$ .

$$F_T = 4,46$$

Нерівність  $F_p < F_T$  дотримується, так як  $0,498 < 4,46$ .

Отже, можна зробити висновок про адекватність отриманого рівняння регресії досліджуваного процесу. Відповідно, це рівняння може бути основою для пошуку оптимальних рішень введення процесу.

За результатами проведених розрахунків можна відзначити, що у математичній моделі коефіцієнти рівняння регресії є значимі і дані фактору здійснюють вплив на вивчений процес екструдування. Коефіцієнт спучення, який отримали в другому досліді був максимальним і дорівнював 1,52. Оптимальні значення вхідних параметрів для процесу екструдування при цьому мали такі значення:  $X_1 - 17,0 \%$ ,  $X_2 - 50 \%$ ,  $X_3 - 2$ . Суміш пшеничних висівок з індійським морським рисом створювалась за таких значень вологості: висівки – 11,8%, індійський морський рис – 85,5 %. На даному етапі

досліджень знайдено загальний вигляд функції відгуку, що в подальшому сприятиме визначенню максимуму критерію оптимізації.

На третьому етапі був проведений пошук оптимальних значень вхідних змінних методом крутого сходження (Бокса-Уілсона). Раніше обрані значення факторів на нульовому рівні –  $C_1 = 182$  ,  $C_2 = 75$  ,  $C_3 = 3$ . Значення інтервалу варіювання відповідно – 4, 25 та 1,0. Розрахунок програми крутого сходження наведено в табл. 4.9.

Таблиця 5.9.- Розрахунок програми крутого сходження

Найменування	Фактори		
	$X_1$	$X_2$	$X_3$
Нульовий рівень	182,0	75,0	3,0
Інтервал	4,0	25,0	1,0
Коефіцієнт	0,3141	-0,021	-0,024
Добуток	1,2564	-0,525	-0,1344
$S_{\text{баз}}$		-0,525	
Крок	1,2564	-0,525	-0,1344
Заокруглений крок	1,26	-0,53	-0,13

За результатами реалізації програми крутого сходження після екструдювання та розрахунку були отримані нові значення коефіцієнту спучення (табл. 5.10)

Таким чином, за результатами проведених досліджень було встановлено, що максимальне значення коефіцієнту спучення становить 1,52 (табл. 5.10) для зразка № 9.

Таблиця 5.10 - Коефіцієнт спучення за програмою крутого сходження

№	$X_1$ , г (пшеничні висівки з індійським морським рисом)	$X_2$ , г (кукурудза)	$X_3$ , (рівень подачі продукту)	Коефіцієнт спучення
9	182	75	3,0	1,52
10	182,26	74,47	2,87	1,29
11	183,88	73,94	2,74	1,24
12	185,14	73,41	2,61	1,46
13	186,40	72,88	2,48	1,44

Для отриманої суміші визначали фізико-технологічні показники, результати досліджень наведено в табл. 5.11

Таблиця 5.11 - Фізико-технологічні властивості суміші комбікорму

Назва сировини	Вологість, %	Об'ємна маса, г/л	Дійсна густина, г/л	Кут природного нахилу, град	Кут ковзання по металу, град	Здатність до стискування, %	Когезивність, %
Суміш №9	7,9	9,2	134	34	49	37	0,87

А також визначали показники хімічного складу цієї екструдованої суміші з розрахунку на загальну масу, що наведено на рис. 5.3.

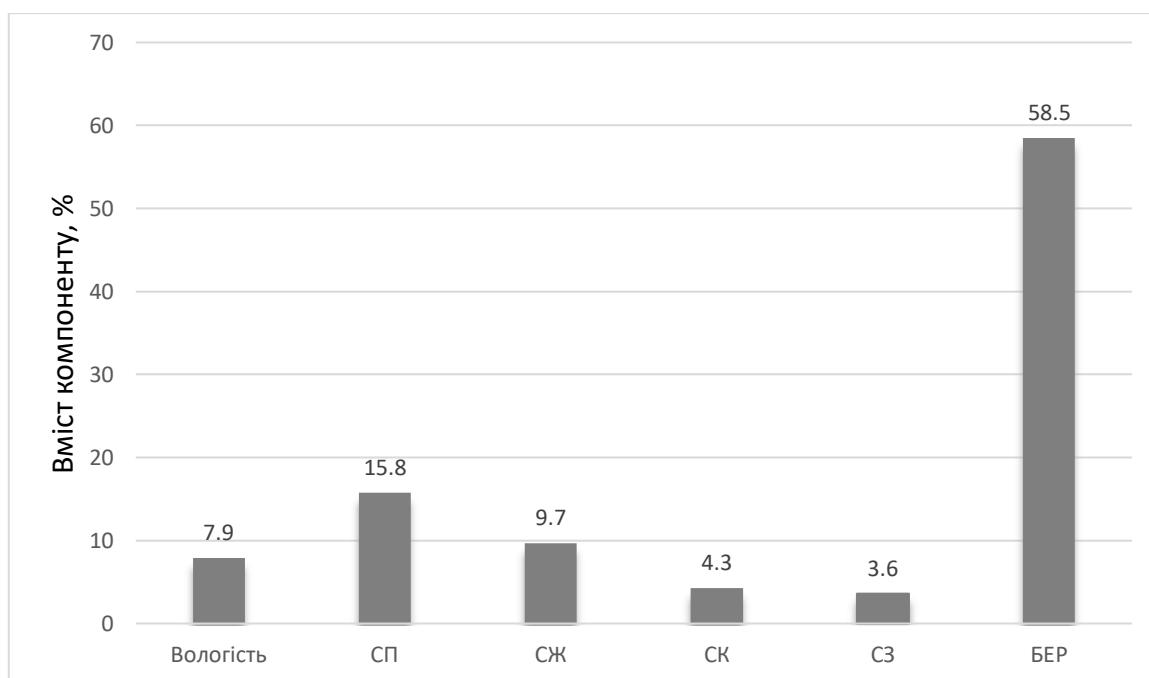


Рис. 5.3 - Хімічний склад оптимального зразка

За отриманими даними хімічного складу екструдованої суміші № 9 (рис. 5.3), була визначена обмінна енергія екструдату за допомогою формули :

$$OE = 0,02395 \cdot 15,8 + 0,03977 \cdot 9,7 + 0,02005 \cdot 4,3 + 0,0174 \cdot 58,5 = 1,868 \text{ МДж/100 г.} \quad (5.3)$$

#### 5.4 Зберігання продукції

Зберігання кормової екструдованої суміші є основним завданням, для реалізації продукту або використання у комбікормовому виробництві, якість якої потрібно забезпечити для довготривалого зберігання.

Лужність є важливим показником якості готового комбікорму. Лужність, як правило в процесі зберігання дещо зменшується. Тому цей показник може правомірно бути показником якості або показником свіжості корму.

Тому ми досліджували даний показник в процесі зберігання. Зразки екструдованої кормової суміші зберігались при різних температурних умовах: при температурі 6 °С та 17 °С, у закритому та відкритому вигляді. Результати досліджень наведено в табл. 5.12 і 5.13.

Таблиця 5.12 - Дослідження лужності суміші при температурі 17 °С

Суміш	Термін зберігання, діб									
	1	8	15	22	29	36	43	50	57	64
Закритому вигляді										
Суміш № 9	4,6	4,4	4,3	4,1	3,5	3,1	2,5	2,3	2,2	1,9
Відкритому вигляді										
Суміш № 9	4,2	3,9	3,6	3,3	2,9	2,4	2,2	1,9	1,6	-

Таблиця 5.13 - Дослідження лужності суміші при температурі 6 °С

Суміш	Термін зберігання, діб										
	1	8	15	22	29	36	43	50	57	64	73
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Закритому вигляді											
Суміш № 9	3,4	3,3	3,2	3,1	3,0	2,9	2,7	2,6	2,5	2,4	2,3
Відкритому вигляді											
Суміш № 9	3,2	3,0	2,9	2,6	2,4	2,2	2,0	1,9	1,8	1,7	1,6

З табл. 5.12-5.13 видно, що за даними досліджень лужність змінювалась не істотно та зберігала допустимі норми.

Порівнюючи з показниками стандартів, готовий продукт повинен мати кислотність не більше 5 град, можна зробити висновок, що кормова екструдована суміш при зберіганні через декілька місяців, характеризується зниженням лужності, або підвищення кислотності.

Найкращі показники лужності спостерігаються для зразків які зберігаються при температурі 6° С.

З проведеного дослідю (табл. 5.13) видно, що готовий продукт зберігається краще в закритому вигляді, на рівні більше 70 діб.

### Висновки до розділу 5

1. Оптимізація розрахованої суміші була проведена з урахуванням максимальної норми згодовування компонентів для ВРХ.

2. Після проведення досліджень була визначена математична модель. Всі коефіцієнти рівняння регресії перевірялися за значенням критерію Стюдента, що становить 0,01234. Розрахунковим шляхом встановлено, що  $S_{ag}^2 = 0,00332$  і  $S_y^2 = 0,006632$ . При цьому розрахунковий критерій Фішера становитиме  $F_p = 0,498$ . А так як його значення менше табличного ( $4,46 > 0,498$ ), то отримане рівняння регресії правильно описує технологічний процес.

3. За результатами проведених розрахунків можна відзначити, що у математичній моделі коефіцієнти рівняння регресії є значимі і дані фактори здійснюють вплив на вивчений процес екструдування. Коефіцієнт спучення, який отримали в другому досліді був максимальним і дорівнював 1,52. Оптимальні значення вхідних параметрів для процесу екструдування при цьому мали такі значення:  $X_1 - 17,0 \%$ ,  $X_2 - 50 \%$ ,  $X_3 - 2$ .

4. Показники лужності досліджувалися для зразків при температурі 6 ° С та 17 ° С. Найкращі показники лужності спостерігаються для зразків які зберігаються при температурі 6° С та в закритому вигляді.

## РОЗДІЛ 6

### ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

#### 6.1 Опис технологічної схеми

Технологічна схема відображена на рис 6.1. Зернова сировина направляється в бункер (1), після бункера подається на скальператор А1-БЗО (2) для попереднього очищення зерна, потім надходить в зерноочисний сепаратор БСХМ-16 (3) для очищення від зернової і смітної домішок, після цього проходить через магнітну колонку (4) для позбавлення металевих домі. Наступне йде на подрібнення сировини в молоткову дробарку А1-ДМ2Р-160 (5), після цього переходить в приймальний бункер.

Пшеничні висівки надходить в бункер (6), потім направляється до просіювача А1-ДМ-2К (7) для виділення грубих домішок, і направляється в оперативний бункер для виробництва кормової суміші.

Індійський морський рис надходять в зважувальний пристрій, а далі надходить в приймальний бункер (15). Після приймального бункера з підготовки сировини, направляється в дозаторів 6ДК-100 (8-9) для дозування сировини та змішування сировини за допомогою змішувача СГК-1 (10).

Після лінії дозування та змішування, направляється на лінію екструдювання, де буде відбуватися безперевне екструдювання за допомогою еструдера PL 140 (11). Отримуємо екструдований продукт, направляється в охолодження за допомогою охолоджувальну колонку SDCC-20 (12), потім направляється охолоджувальний продукт на подрібнення за допомогою дробарки А1-ДМ2Р-22 для подрібнення продукту. Подрібнений продукт просіюють за допомогою просіювача TRZ-1500. Завершальним етапом є потрапляння в склад готової продукції.

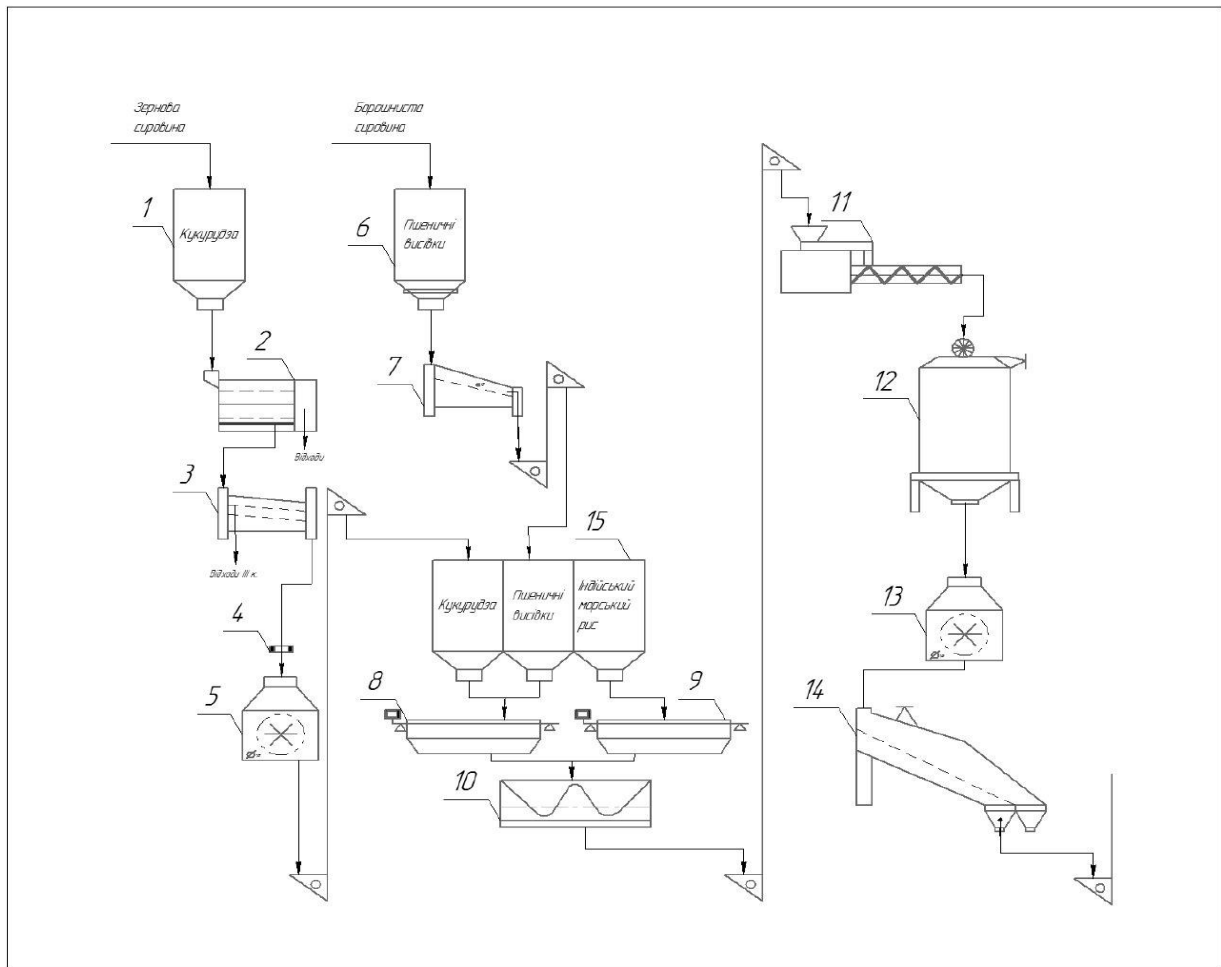


Рис. 6.1 – Технологічна схема

1 - Бункер для кукурудзи; 2 – скальператор А1-БЗО; 3 – зерноочисний сепаратор БСХМ-16; 4 – магнітна колонка ДКМ-03; 5 – молоткова дробарка А1-ДМ2Р-160; 6 – бункер для пшеничних висівок; 7 – просіювач А1-ДМ-2К; 8 – дозатор БДК-100; 9 – дозатор БДК-100; 10 – змішувач СГК-1; 11 – екструдер PL 140; 12 – охолоджувальна колонка SDCC-20; 13 – дробарка А1-ДМ2Р-22; 14 – просіювач для подрібнення продукту TRZ-1500; 15 – бункер для індійського морського рису.

### Висновки до розділу 6

1. На підставі експериментальних досліджень запропоновано технологічну схему виробництва кормових екструдованих сумішей з використанням пшеничних висівок, зерна кукурудзи та індійського морського рису.

2. Кормова екструдована суміш виготовлена за даною технологічною схемою передбачена для використання у виробництві комбікормів для ВРХ.

3. Послідовність виконання технологічних операцій узгоджена з Правилами організації і ведення технологічних процесів на комбікормових підприємствах.

## РОЗДІЛ 7

### СОЦІЛЬНО-ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ РОБОТИ

#### 7.1 Розрахунок виробничої програми з виробництва кормових сумішей

Виробнича програма з виробництва кормових екструдованих сумішей, розраховується в натуральному виразі у співвідношенні з іншими видами сировини і по основному асортименту продукції. У вартісному виразі розраховується у діючих оптових цінах на сировину. Також враховується коефіцієнт завантаження потужності підприємства, у нашому випадку він становить 0,8. Розрахунок обсягу виробництва кормових екструдованих сумішей наведено в таблицю 7.1.

Таблиця 7.1 - Розрахунок річного обсягу виробництва кормових екструдованих сумішей

Найменування продукції	Добова потужність, т	Коефіцієнт використання потужності	Фактичний добовий обсяг виробництва, т	Річний обсяг виробленої продукції, т
Екструдова суміш	665,04	0,8	532,03	194190,95

Добова потужність виробництва кормових екструдованих сумішей визначається по сумарній продуктивності екструдерів і розраховується за формулою:

$$P_{\text{доб}} = P_{\text{г}} * T_{\text{змін}} * K_{\text{змін}} \quad (7.1)$$

де  $P_{\text{г}}$  - годинна потужність провідного обладнання;

$T_{\text{змін}}$  - тривалість зміни;

$K_{\text{змін}}$  - кількість змін на добу.

$$\Pi_{\text{доб}} = 27,71 * 12 * 2 = 665,04 \text{ т/добу}$$

## 7.2 Розрахунок собівартості кормової суміші

Розрахунок продуктивності технологічної лінії за зміну:

$$N_{\text{зм}} = P \cdot t, \text{ т/зміну} \quad (7.2)$$

де  $P$  – продуктивність екструдера, т/год;

$t$  – кількість годин у зміні.

$$N_{\text{зм}} = 20 \cdot 12 = 240 \text{ т/зміну.}$$

1) Витрати на сировину за годину роботи лінії:

Кормова екструдована суміш (суміш пшеничних висівок 78,0% , зерно кукурудза 10,8%, індійський морський рис 6,2% ):

$$P_{\text{год}} = P \cdot ((P_1 \cdot 0,780) + (P_2 \cdot 0,108) + (P_3 \cdot 0,062) + (P_4 \cdot 0,03)), \text{ грн/год} \quad (7.3)$$

де  $P$  – продуктивність екструдера, т/год;

$P_1$  – вартість пшеничних висівок;

$P_2$  – вартість кукурудзи;

$P_3$  – вартість індійського морського рису;

$P_4$  – вартість молочної сироватки;

$$P_{\text{год}} = 20 \cdot ((4800 \cdot 0,780) + (6000 \cdot 0,108) + (14\,500 \cdot 0,062) + (9500 \cdot 0,03)) = 111\,520 \text{ грн/год;}$$

2) Витрати на сировину за зміну:

Кормова екструдована суміш

$$P_{\text{зм}} = P_{\text{год}} \cdot 12 = 111\,520 * 12 = 1\,338\,240 \text{ грн/зміну}$$

3) Витрати електроенергії за час роботи лінії:

$$W = N_{\text{спож}} * N_{\text{зм}} * k * p, \text{ грн/зміну} \quad (7.4)$$

де  $N_{\text{спож}}$  – споживана потужність, кВт·год/т;

$N_{\text{зм}}$  – продуктивність лінії, т/зміну;

$k$  – коефіцієнт використання обладнання;

$p$  – вартість 1 кВт електроенергії, грн.

$$W = 150 * 27,71 * 0,8 * 5,6 = 18621,12 \text{ грн/зміну}$$

4) Заробітна плата робітникам (грн./зміну):

$$S = n * t_{\text{ст}} * t, \text{ грн/зміну} \quad (7.5)$$

де  $n$  – кількість працівників;

$t_{\text{ст}}$  – середня погодинна тарифна ставка працівника, грн/год;

$t$  – кількість годин у зміні.

$$S = 1 * 77,76 * 12 = 933,12 \text{ грн/зміну}$$

5) Загальні виробничі затрати за 1 робочу зміну:

$$P_{\text{заг}} = S + W + P_{\text{зм}} + A_{\text{м}}, \text{ грн/зміну} \quad (7.6)$$

де  $A_{\text{м}} = 100000/750 = 133,3$  – витрати на амортизацію, грн/зміну.

Для суміші №9

$$P_{\text{заг}} = 933,12 + 18621,12 + 1\,338\,240 + 133 = 1\,357\,927,24 \text{ грн/зміну}$$

б) Загальні виробничі витрати на 1 тону кормової екструдованої суміші:

$$P_{\text{заг}} = \frac{P_{\text{заг}}}{N_{\text{зм}}} = \frac{1\,357\,927,24}{240} = 5\,658,03 \text{ грн/т}$$

Розрахунок виконаний без урахування фінансового навантаження на дисконтування банківського кредиту і лізингу.

### 7.3 Розрахунок вартості кормової суміші

Таблиця 7.2 - Розрахунок виробничої програми у вартісному виразі

Найменування продукції	Річний обсяг виробленої продукції, т	Відпускна ціна підприємства (без ПДВ), грн./т	Вартість річного обсягу виробництва, грн.
Кормова екструдована суміш	194190,95	5 658,03	1 098 738 220,83

Для визначення показників економічної ефективності виробництва та реалізації продукції необхідно розрахувати виробничу собівартість одиниці продукції, повні витрати на виробництво одиниці продукції, величину очікуваного прибутку, виходячи із встановленої ціни. Сума всіх перерахованих статей витрат, за врахуванням зворотніх відходів, буде становити повні витрати на виробництво продукції.

План загального комплексного вантажообігу передбачає встановлення обсягів основних операцій з зерновими. Основні операції включають наступні види робіт: змішування, екструджування, охолодження, подрібнення.

Обсяг загального комплексного вантажообігу включає всі розглянуті операції, що приводиться до єдиного вимірювання за наступними коефіцієнтами:

- комплексний вантажообіг (1 т) – 1,0;
- обробка (1 планова тонна) – 0,3;
- сушіння (1 планова тонна) – 0,75.

Необхідно визначити, чому повинна дорівнювати *відпускна ціна товару дорівнює*:

- **виробнича собівартість тони продукції** підприємства становить 5 658,03 грн.;
- **комерційні витрати** аналізованого підприємства складають 4%;
- **рентабельність продукції підприємства** дорівнює 25%;
- **ставка ПДВ** в державі дорівнює величині в 20%.

**1. Комерційні витрати** = Виробнича собівартість × Комерційні витрати

Кормова екструдована суміш:

$$\text{Комерційні витрати} = 5\,658,03 * 0,04 = 226,32 \text{ грн.}$$

**2. Повна собівартість** = Виробнича собівартість + Комерційні витрати

*отримуємо суму:*

Кормова екструдована суміш:

$$\text{Повна собівартість продукції} = 5\,658,03 + 226,32 = 5\,884,35 \text{ грн.}$$

**3. Прибуток підприємства** = Повна собівартість × Рентабельність продукції  
сума складе:

Кормова екструдована суміш:

$$\text{Прибуток підприємства} = 5\,658,03 \times 0,25 = 1\,414,51 \text{ грн.}$$

**4. Відпускна ціна без ПДВ** = Повна собівартість продукції + Прибуток підприємства, *отже*:

Кормова екструдована суміш:

$$\text{Відпускна ціна без ПДВ} = 5\,658,03 + 1\,414,51 = 7\,072,54 \text{ грн.}$$

**5. Сума ПДВ** = Відпускна ціна без ПДВ × Ставка ПДВ / 100

Кормова екструдована суміш:

$$\text{Сума ПДВ} = 5\,658,03 * 0,2 = 1\,131,6 \text{ грн.}$$

**6. Відпускна ціна з ПДВ** = Відпускна ціна без ПДВ + Сума ПДВ

Кормова екструдована суміш:

$$\text{Відпускна ціна з ПДВ} = 5\,658,03 + 1\,131,6 = 6\,789,63 \text{ грн.}$$

### Висновки до розділу 7

1. У соціально-економічній частині кваліфікаційної роботи були розраховані витрати на виготовлення 1 тони кормової екструдованої суміші, які становлять - 5 658,03 грн.
2. Розраховано прибуток підприємства, який становить 1414,51 грн/т кормової екструдованої суміші.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. На підставі аналітичних даних та огляду літературних джерел визначено основні види сировини та спосіб обробки кормової суміші. Для створення кормової суміші для ВРХ обрано пшеничні висівки, зерно кукурудзи та індійський морський рис. Спосіб обробки, який забезпечить якісні показники, покращить перетравлюваність та засвоюваність готового продукту обраний як екструдування.

2. Визначений хімічний склад індійського морського рису та пшеничних висівок, показав що вміст сирого протеїну у пшеничних висівках на 2,5 рази більше ніж у індійському морському рисі. Індійський морський рис вносять у склад комбікорму для збагачення вмісту продукту мікроорганізмами.

3. Проведена оптимізація розрахованої суміші з урахуванням максимальної норми згодовування компонентів для відгодівлі ВРХ. При проведенні трьохфакторного експерименту були отримані оптимальні режими для екструдування для кожної суміші.

4. Досліджень лужності кормових екструдованих сумішей показало, що при зберіганні готового продукту за температури 6 °C на 73 доби зберігання кислотність не досягла критичного значення, а при температурі зберігання 17 °C кінцевий термін зберігання настає на 63 добу.

5. На основі проведених експериментальних досліджень та теоретичних обґрунтувань розроблено технологічну схему виробництва кормових екструдованих сумішей для подальшого використання та збагачення комбікормів для великої рогатої худоби.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Афанасьев В.А., Остриков А.Н. Приоритетные методы тепловой обработки зерновых компонентов в технологии комбикормов Воронеж: ВГУИТ, 2015. 337 с.
2. Афанасьев, В. А. Руководство по технологии комбикормовой продукции с основами кормления животных: підруч. / В. А. Афанасьев. – ОАО «Всероссийский научно-исследовательский институт», 2007 – 398 с.
3. Афанасьев, В. А. Теория и практика специальной обработки зерновых компонентов в технологии комбикормов: підруч. / В. А. Афанасьев. – Воронеж: Воронежский государственный университет, 2002. - 296 с.
4. Біленький О.Ю. Невизначеність середовища у стратегії розвитку комбикормової промисловості // Маркетинг на міжнародних ринках товарів та послуг: глобальні аспекти : II міжнар. наук. -практ. конф. - Україна-Словаччина, 2011. С. 20-23.
5. Бойко Л., Петров Н., Трунова Л., Фатьянова Н. Прогрессивные технологии для производства комбикормов // Комбикорма. 2005. №4. С. 23 – 25.
6. Букалова, Н. В. Ветеринарно-санітарна експертиза кормів, кормових добавок та сиро- вини для їх виробництва : навч. посіб. / Н.В. Букалова, Н.М. Богатко, О.А. Хіцька – К. : Аграрна освіта – 2010. – 461 с.
7. Василенко В.Н., Остриков А.Н. Техника и технологии экструдированных комбикормов Воронеж: ВГТА, 2011. 456 с.
8. Волкова С.Ф., Щербатова К.О. Развитие комбикормового производства как основа обеспечения продовольственной безопасности Украины // Экономика харчової промисловості ОНАХТ. Одеса, 2015. № 2(26). С. 5-10
9. ГОСТ 13496.13-75 «Комбикорма. Методы определения запаха, зараженности вредителями хлебных запасов»
10. ГОСТ 28254-89 «Комбикорма, сырье. Методы определения объемной массы и угла естественного откоса»
11. ГОСТ 30483-97 «Зерно. Методы определения общего и фракционного содержания сорной и зерновой примесей; содержания мелких зерен и

крупности; содержания зерен пшеницы, поврежденных клопом-черепашкой; содержания металломагнитной примеси» .

12. ДСТУ ISO 6497:2005 «Корми для тварин. Методи відбирання проб (ISO 6497:2002, IDT)»

13. Егоров Б.В. Выбор оптимальных технологических решений в производстве комбикормов // Зерновые продукты и комбикорма. 2001. № 4. С. 35 – 38.

14. Егоров Б.В. Эволюция комбикормовых технологических систем // Проблемы развития современных комбикормовых технологий: материалы науч.-практ. конф. с Междунар. участием, посвящ. 115- летию со днярожд. проф. П.Г. Демидова, Одесса, 26 – 27 июня 2008 г. ОНАПТ. О.: Полиграф, 2008. С. 37 – 47.

15. Егоров Б.В., Бурдо О.Г., Хоренжий Н.В., Гончаренко В.В. Экструдирование при переработке комбикормов повышенной влажности // Хранение и переработка зерна. Днепропетровск. 2005. №9. С. 33-37

16. Егоров Б.В., Воецкая Е.Е., Цюндык А.Г. Влияние процесса экструдирования на качество кормовой добавки // Современный научный вестник. Белгород, 2015. №13 (260). С. 72-77

17. Егоров Б.В., Кузьменко Ю.Я. Использование нетрадиционного сырья в кормопроизводстве // Современный научный вестник. 2015. №3 (250). С. 89 – 93.

18. Егоров В.Б. Оценка стабильности технологических процессов в зерноперерабатывающей промышленности // Хранение и переработка зерна. Днепропетровск. 2013. №10(175). С. 39 – 43.

19. Єгоров Б. В. Дослідження ефективності процесу екструдування при виробництві комбікормів для золотих рибок / Б. В. Єгоров, д-р техн. Наук, професор, А. О. Кочетова, канд. техн. наук, доцент, О.Є. Воєцька, канд. техн. наук, доцент, Л. В. Фігурська, магістр, В. І. Журбенко, інженер // Зернові продукти і комбікорми. – 2009. - № 4. – с. 47-51.

20. Єгоров Б.В. Современные тенденции развития производства комбикормов и повышения их качества // Зернові продукти і комбікорми. 2012. №3 (47). С. 33-35.
21. Єгоров Б.В. Технологія виробництва комбікормів. Підручник для студ. вищ. навч. закладів / Б.В. Єгоров. Одеса. Друкарський дім, 2011. 448 с.
22. Єгоров Б.В., Кочетова А.О., Величко Т.О., Хоренжий Н.В., Сусло В.В., Ісламов В.А., Турпурова Т.М Контроль якості та безпека продукції в галузі (комбікормова галузь): Підручник. Херсон: ОЛДПЛЮС. 2013. 446 с.
23. Зерно. Метод определения кислотности по болтушке: ГОСТ 10844-74. — [Введ. в дей 01.07.1975]. — М.: Стандартинформ, 1978. — 4 с. — (Национальный стандарт Российской федерации).
24. Індійський морський рис від багатьох хвороб - <https://ukrslovo.net/interesting-facts/zdorovya/7612.html>
25. Індійський морський рис—[https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%86%D0%BD%D0%B4%D1%96%D0%B9%D1%81%D1%8C%D0%BA%D0%B8%D0%B9\\_%D0%BC%D0%BE%D1%80%D1%81%D1%8C%D0%BA%D0%B8%D0%B9\\_%D1%80%D0%B8%D1%81](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%86%D0%BD%D0%B4%D1%96%D0%B9%D1%81%D1%8C%D0%BA%D0%B8%D0%B9_%D0%BC%D0%BE%D1%80%D1%81%D1%8C%D0%BA%D0%B8%D0%B9_%D1%80%D0%B8%D1%81)
26. Кожарова Л.С. Обзор современных технологий и оборудования для производства комбикормов // Хранение и переработка зерна. 2005. № 7. С. 35 – 40.
27. Комбикорма. Методы определения крупности размола и содержания неразмолотых семян культурных и дикорастущих растений: ГОСТ 13496.8-92. — [Введ. в дей 01.01.1992]. — М.: Стандартинформ, 2011. — 4 с. — (Национальный стандарт Российской федерации).
28. Корма. Отбор проб: ГОСТ ISO 6497-2014. — [Введ. в дей 01.07.2017]. — М. : Стандартинформ, 2014. — 6 с. — (Национальный стандарт Российской федерации).
29. Корми для тварин. Визначення вмісту вологи та інших летких речовин: ДСТУ ISO 6496:2005. — [Введ. в дію 01.07.2006]. — К. : Держстандарт України, 2007. — 11 с. — (Національний стандарт України).

30. Корми для тварин. Готування проб для дослідження: ДСТУ ISO 6498:2006. — [Введ. в дію 01.07.2007]. — К. : Держстандарт України, 2007. — 10 с. — (Національний стандарт України).
31. Коротков В. Г. Измельчение и охлаждение сырья при получении экструдированных кормов и добавок / Коротков В. Г. д-р техн. наук, профессор, Кишкилев С. В. Аспирант, Антимонов С. В. канд. техн. наук, Попов В. П. канд. техн. наук. // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2013. - №3. – с. 17-20.
32. Кукурудза. Технічні умови: ДСТУ-4525:2006. — [Введ. в дію 01.04.2007]. — К. : Держстандарт України, 2006. — 14 с. — (Національний стандарт України).
33. Кулаковская Т.А., Васильева А.Н. Структурные трансформации в экономике комбикормовой промышленности Украины // Экономика пищевой промышленности. 2013. №3 (19) С. 17-21.
34. Мировое производство комбикормов [Веб-сайт]. Россия, 2019. URL: <http://www.agroinvestor.ru/regions/news/25733-rossiya-stala-sedmoym-namirovom-rynke-kombikormov/> (дата звернення: 10.12.2019).
35. Остапчук М.В. Станкевич. Г.М. Математичне моделювання на ЕОМ. Підручник. Одеса. Друк, 2006. 313 с.
36. Отруби кормовые пшеничные и ржаные. Технические условия: ДСТУ 3016 – 95. – [Введен в д. 01.01.1996]. – К. : Держстандарт України, 1996. – 6с. - (Національний стандарт України).
37. Панин И., Гречишников В., Панин А. Проблемы оптимизации рационов животных // Комбикорма. 2010. № 4. С. 48 – 49.
38. Правила організації і введення технологічного процесу виробництва комбикормової продукції.–К.: Віпол, 1998, – 219 с.
39. Производство комбикормов в развитых странах. Комбикорма. 2005. №7. С. 16 – 17. 168

40. Санитарно-гигиеническая оценка комбикормов.—  
<https://murzim.ru/nauka/jekologija/27658-sanitarno-gigienicheskaya-ocenka-kombikormov.html>.
41. Хоренжий Н. В. Дослідження процесу екструдування із вмістом вологих трав (частина 2) // Зернові продукти і комбікорми. – 2009. - № 4. – с. 47-51.
42. Хоренжий Н.В., Кучерук А.Г., Шарабаєва К.М. Комплексна технологія переробки вологих кормових засобів на комбікормових підприємствах // Зернові продукти і комбікорми ОНАХТ. Одеса, 2015. №2(58). С. 36 – 42.
43. Шаповаленко, О. І. Екструдування зерна з додаванням овочевих компонентів корму / О. І. Шаповаленко, І. Ф. Улянич, О. О. Євтушенко // Зберігання і переробка зерна. – 2012. - № 11. – С. 62 – 63.
44. latifundist – Агробизнес, животноводство [Веб-сайт]. Украина, 2020. URL: <https://latifundist.com/spetstemy/zhivotnovodstvo> (дата звернення: 01.03.2020).
45. Развитие комбикормовой промышленности [Веб-сайт]. 2020. URL: [http://reff.net.ua/6800-Razvitie\\_kombikormovoiy\\_promyshlennosti.html](http://reff.net.ua/6800-Razvitie_kombikormovoiy_promyshlennosti.html) (дата звернення: 03.03.2020).
46. Process technologies, equipment, plants, and systems // ANDRITZ: [Website]. 2020. URL: <https://www.andritz.com/group-en> (viewed on: 10.02.2020). 155

## **ДОДАТКИ**

## ДОДАТОК А

## Розрахунок рецепту повнораціонального комбікорму ВРХ

Компоненти	Відсоток введення, %	Кормові одиниці, в 100 кг к/к	Обмінна енергія, ккал в 100 г	Сирий протеїн, %	Клітковина, %	Кальцій, %	Фосфор, %	Натрій, %	Лізін, %	Метіонін + Цистин, %
Кукурудза	35	35	330	8,6	2,20	0,06	0,29	0,03	0,20	-
Ячмінь	10	10	267	12,20	2,20	0,07	0,35	0,03	0,37	0,39
Шрот соняшниковий	12	12	446	42,90	15,00	0,30	1,20	0,08	1,40	-
Пшеничні висівки	25	25	216	13,0	9,00	-	-	-	-	-
Трав'яне борошно	10	10	170	14,2	27,00	0,92	0,21	0,12	0,58	0,28
Індійський морський рис	7,5	7,5	358	11,5	-	-	-	-	-	-
Сіль	0,5	0,5	-	-	-	-	-	0,80	-	-
Всього	100	100	255	14,63	7,91	0,19	0,29	0,15	0,37	0,09
Вимоги ГОСТу	-	-	270	17	5	3.10	0,7	0,37	0,75	0,62