

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра харчових технологій

П о я с н ю в а л ь н а з а п и с к а

до дипломної роботи
освітнього ступеня «Магістр»
на тему:

**Обґрунтування технології та параметрів
обладнання для приготування комбікормів**

Виконав: здобувач вищої освіти 2 курсу,
групи МгХТ-1-23
освітньо-професійної програми «Харчові технології»
зі спеціальності 181 «Харчові технології»

_____ Сергій ДЗОЗ

Керівник: _____ Ірина ХОЛОБЦЕВА

Рецензент: _____

Дніпро 2024

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра харчових технологій
Ступінь вищої освіти: «Магістр»
Освітньо-професійна програма: «Харчові технології»
Спеціальність: 181 «Харчові технології»

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
харчових технологій,
кандидат технічних наук, доцент
_____ Віталій КОШУЛЬКО
(підпис)
«12» листопада 2024 р.

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

Дзозу Сергію Анатолійовичу

1. Тема роботи: «Обґрунтування технології та параметрів обладнання для приготування комбікормів».
Керівник роботи: Холобцева Ірина Петрівна, докторка філософії, доцентка, затвержені наказом закладу вищої освіти від «12» листопада 2024 року № 3785.
2. Строк подання здобувачем вищої освіти роботи 13 грудня 2024 року
3. Вихідні дані до роботи 1 Літературні джерела та періодичні видання. 2 Наукова та науково-технічна документація, що стосується питань технології виробництва комбікормів. 3 Нормативно-технологічна документація. 4 Патенти та авторські свідоцтва.
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити). Вступ. 1 Аналіз способів і засобів приготування комбікормів, мета роботи та завдання дослідження. 2 Дослідження фізико-механічних властивості компонентів комбікормів. 3 Експериментальні дослідження робочого процесу в комбікормовому агрегаті. 4 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях. 5 Організаційно-економічна частина. Загальні висновки. Бібліографія.

5. Перелік демонстраційного матеріалу

1 Аналіз стану питання. 2 Мета та задачі досліджень. 3 Результати експериментальних досліджень. 4 Кошторис витрат на проведення досліджень. 5 Загальні висновки.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Посада, прізвище та ім'я консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1 – 3	доцентка ХОЛОБЦЕВА Ірина	12.11.2024	13.12.2024
4	доцентка ХОЛОБЦЕВА Ірина	12.11.2024	13.12.2024
5	доцентка ХОЛОБЦЕВА Ірина	12.11.2024	13.12.2024

7. Дата видачі завдання 12 листопада 2024 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ	12.11-13.11.24	виконано
2	Аналіз способів і засобів приготування комбікормів, мета роботи та завдання дослідження	14.11-18.11.24	виконано
3	Дослідження фізико-механічних властивості компонентів комбікормів	19.11-20.11.24	виконано
4	Експериментальні дослідження робочого процесу в комбікормовому агрегаті	20.11-03.12.24	виконано
5	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	04.12-05.12.24	виконано
6	Організаційно-економічна частина	06.12-09.12.24	виконано
7	Загальні висновки та список джерел посилання	10.12-11.12.24	виконано
8	Розробка та підготовка демонстраційного матеріалу	12.12.2024	виконано

Здобувач вищої освіти

_____ Сергій ДЗОЗ
(підпис)

Керівник роботи

_____ Ірина ХОЛОБЦЕВА
(підпис)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка магістерської роботи містить 77 сторінки друкованого тексту, 31 рисунок та ілюстрацій, 2 таблиці та використано 68 літературних джерел.

Метою роботи є підвищення ефективності виробництва і зниження витрат праці та енергії на приготування комбікорму, в малих фермерських господарствах за рахунок вдосконалення технології та дослідження агрегату, що одночасно поєднує в собі пристрої для дозування компонентів комбікорму, подальшого їх плющення і змішування і оптимізація режимів його роботи.

Об'єкт дослідження – процес виробництва комбікормів з плющеного фуражного зерна, його зв'язок з конструктивними та технологічними параметрами обладнання.

Предмет дослідження – закономірності та взаємозв'язок технологічного процесу виробництва комбікормів, вплив його на ефективність роботи обладнання.

Ключові слова: ПШЕНИЦЯ, ЯЧМІНЬ, ОВЕС, РОБОТА, КОМБІКОРМ, ПЛЮЩЕННЯ, ЗМІШУВАННЯ, ЕФЕКТИВНІСТЬ, ДОСЛІДЖЕННЯ, ВПРОВАДЖЕННЯ.

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1 АНАЛІЗ СПОСОБІВ І ЗАСОБІВ ПРИГОТУВАННЯ КОМБІКОРМІВ, МЕТА РОБОТИ ТА ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ	10
1.1 Ефективність згодовування зерна в складі комбікорму	10
1.2 Аналіз існуючих способів приготування комбікормів	14
1.3 Аналіз агрегатів для приготування комбікормів	20
1.4 Постановка проблеми, мета роботи і завдання дослідження	27
2 ДОСЛІДЖЕННЯ ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТІ КОМПОНЕНТІВ КОМБІКОРМІВ	29
2.1 Програма та методика дослідження	29
2.1.1 Програма досліджень	29
2.1.2. Методика визначення вологості та об'ємної маси зерна	29
2.1.3 Методика визначення коефіцієнта тертя зерна по сталі	30
2.1.4 Методика визначення плинності зерна	31
2.1.5 Методика визначення кута природного відкосу	32
2.1.6 Методика визначення кута захоплення зерна	33
2.1.7 Методика визначення зусилля руйнування зерна	33
2.2 Результати досліджень	35
2.2.1 Результати досліджень об'ємної маси зерна	35
2.2.2 Результати досліджень коефіцієнта тертя зерна по сталі	36
2.2.3 Результати дослідження плинності зерна	36
2.2.4 Результати дослідження кута природного відкосу зерна	38
2.2.5 Результати дослідження кута захоплення зерна	39
2.2.6 Результати досліджень зусилля руйнування зерна	40
Висновки за розділом	43
3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОЧОГО ПРОЦЕСУ В КОМБІКОРМОВОМУ АГРЕГАТІ	45
3.1 Конструктивно-технологічна схема агрегату для приготування	

комбікормів з плющеного зерна	45
3.2 Експериментальні дослідження процесу приготування комбікормів	48
3.2.1 Програма досліджень	48
3.2.2 Опис експериментальної установки	49
3.3 Результати дослідження продуктивності бункера-дозатора в залежності від відкриття дозуючої заслінки	50
3.4 Результати досліджень продуктивності вальцового вузла і енергоємності процесу плющення	51
3.5 Результати досліджень коефіцієнта варіації суміші	53
Висновки за розділом	58
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА	60
4.1 Розробка карти безпеки праці	60
4.2 Шляхи утилізації відходів комбікормового виробництва	61
Висновки за розділом	62
5 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА	63
5.1 Організація проведення дослідження	63
5.2 Витрати, пов'язані з проведенням дослідження	64
5.3 Розрахунок вартості дослідження	67
Висновки за розділом	67
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	68
БІБЛІОГРАФІЯ	70

ВСТУП

Комбікорм – один з найважливіших і незамінних видів корму в раціоні тварин. Він являє собою однорідну суміш різних кормів, складену за певним рецептом. Тому добре збалансований комбікорм забезпечує організм тварини всіма необхідними поживними речовинами і вітамінами [33].

На даний момент на території України в зв'язку зі зміною напрямку економіки склалася така ситуація, що відбувся процес розукрупнення великих тваринницьких підприємств (колгоспів, радгоспів і т.д.), а на залишках цих підприємств виникли і почали розвиватися різні невеликі господарства, які мають акціонерну чи приватну форму управління [31]. Однак з руйнуванням великих господарств зникла і налагоджена система забезпечення їх концентрованими комбікормами. І тому нові сільськогосподарські підприємства стали перед проблемою забезпечення себе такими комбікормами. Вирішення цієї проблеми можливе двома шляхами. Перший шлях – це закупівля готового комбікорму на зернопереробних підприємствах. Але це не завжди економічно вигідно для господарства, так як комбікорм залишається досить дорогим. Другий шлях, більш перспективний, однак і тут існує ряд проблем. Одна з них – недостатньо розвинений сектор ринку з виробництва обладнання для малих господарств. Існуюче і те, що випускається на даний момент обладнання має високу продуктивність і може бути використано на великих підприємствах. Таким чином, наявність такого обладнання в господарстві передбачає, що в ньому чисельність стада повинна бути відповідною. Але існуючі малі і приватні тваринницькі господарства в основному мають невелике поголів'я тварин. Тому застосування обладнання з великою продуктивністю в малих господарствах знову таки економічно не вигідно.

Це виражається в наступному: по-перше, під велике обладнання потрібне будівництво окремого приміщення, що веде до додаткових витрат; по-друге, енергоспоживання такого обладнання буде високим, а завантаженість – неповною. Таким чином, господарства будуть нести необґрунтовані витрати [30].

Тому ряд машинобудівних підприємств і фірм почали виробництво малогабаритного низькопродуктивного обладнання для виробництва комбікормів в умовах малих господарств. Конструкція машин даного виду передбачає, що в якості подрібнювального апарата застосовується дробарка молоткастого типу, що володіє високою енергоємністю. Міжнародний і національний досвід проведення досліджень показав, що корм, приготований на дробарках даного типу, володіє меншою перетравністю поживних речовин через вміст в ньому великої кількості пилоподібних частинок. Наявність таких частинок в кормі призводить до того, що, наприклад, потрапляючи в шлунково-кишковий тракт великої рогатої худоби, такий корм проходить не переварюючись через рубець. Найчастіше наявність пилоподібних частинок в кормі може призвести до захворювань шлунка, наприклад у свиней.

Вищевикладені недоліки усуваються при згодовуванні тваринам комбікормів з плющеного фуражного зерна. Процес плющення, в порівнянні з дробленням, є менш енергоємним, а корм, приготований таким чином, містить меншу кількість пилоподібних частинок, внаслідок чого поживні речовини з нього краще засвоюються тваринами. Плющення зерна здійснюється на машинах вальцового типу (плющилках). В даний час такий комбікорм готують за такою технологічною схемою: спочатку компоненти комбікорму по черзі піддають плющення в плющилки, а потім – в певній пропорції змішують у змішувачі. В результаті для приготування комбікорму потрібно як мінімум дві машини, що тягне за собою додаткові витрати.

Таким чином, існуючі конструкції малогабаритних комбікормових агрегатів або недосконалі, або їх застосування значно збільшує витрати на приготування одиниці продукції.

У зв'язку з вищевикладеним метою дипломної роботи є підвищення ефективності виробництва і зниження витрат праці та енергії на приготування комбікорму, в малих фермерських господарствах за рахунок вдосконалення технології та дослідження агрегату, що одночасно поєднує в собі пристрої для

дозування компонентів комбікорму, подальшого їх плющення і змішування і оптимізація режимів його роботи.

Для виконання зазначеної мети ставляться такі завдання дослідження:

- вивчити фізико-механічні властивості вихідної сировини для отримання комбікормів;
- дослідити технологію і конструктивно-технологічну схему агрегату, що дозволяє здійснювати дозування компонентів, їх плющення з подальшим змішуванням;
- теоретично обґрунтувати поєднання процесів приготування комбікормів пристроями, що входять в агрегат;
- визначити експериментально параметри і режими роботи пристроїв, що входять в агрегат для приготування комбікорму, в лабораторних і виробничих умовах;
- виконати розрахунок кошторису витрат на проведення досліджень.

Об'єкт дослідження – процес виробництва комбікормів з плющеного фуражного зерна, його зв'язок з конструктивними та технологічними параметрами обладнання.

Предмет дослідження – закономірності та взаємозв'язок технологічного процесу виробництва комбікормів, вплив його на ефективність роботи обладнання.

1 АНАЛІЗ СПОСОБІВ І ЗАСОБІВ ПРИГОТУВАННЯ КОМБІКОРМІВ, МЕТА РОБОТИ ТА ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1 Ефективність згодовування зерна в складі комбікорму

Повноцінне годування робить вирішальний вплив на зростання, розвиток, здоров'я і продуктивність сільськогосподарських тварин, птахів і риб. За цим головне завдання при веденні інтенсивного тваринництва, птахівництва та рибництва – це підвищення ефективності використання поживних речовин корму при його мінімальних витратах на одиницю продукції. Повноцінність годування залежить від збалансованості раціонів, які повинні задовольняти потребу тварин в поживних і мінеральних речовинах, вітамінах та ін. Окремі корми не містять в необхідній кількості всіх обов'язкових елементів живлення і тому не можуть бути повноцінними. Недолік тих чи інших елементів призводить до підвищеної витрати корму. При цьому інші елементи можуть бути в надлишку, що не тільки не є необхідним, але часто і шкідливо. Складаючи суміш різних кормів в необхідних комбінаціях, можна використовувати сильні і слабкі сторони з великою ефективністю.

Комбікорм є однорідною суміш очищених і подрібнених до необхідного ступеня різних кормів, складену за певним рецептом. Ці рецепти передбачають відповідний баланс необхідних інгредієнтів, при якому забезпечується найбільш ефективно використання поживних речовин [48]. Відмінною особливістю виробництва комбікормів є застосування різноманітної сировини рослинного, тваринного і мінерального походження [16].

Одним з видів сировини рослинного походження є концентровані корми. До них відносяться зернові культури (пшениця, ячмінь, овес, жито, просо, сорго) і насіння бобових рослин (горох, чечевиця, віка) [49].

Концентровані корми відрізняються високою енергетичною і біологічною цінністю, великим вмістом протеїну та інших поживних речовин і тому є основою

для харчування тварин і входять майже в усі види комбікормів в значно більшій кількості, ніж інші види сировини [45].

Зерно злакових і бобових культур становить основну частину складу концентрованих кормів для всіх видів сільськогосподарських тварин і птиці. Зерно злакових є основним джерелом високоенергетичних кормів рослинного походження і відрізняється високим вмістом вуглеводів (2/3 маси зерна), головним чином крохмалю (до 70 %) [21], який перетравлюється на 90 %. Висока концентрація легкоперетравних вуглеводів забезпечує високу поживність зерна злакових – від 0,95 до 1,36 умовних одиниць в 1 кг. Але злакові мають порівняно мало білка (8 – 12 %). Причому цей білок характеризується низькою поживністю, так як в його складі є фракції проламіни, що відрізняються низьким вмістом незамінних амінокислот – лізину, метіоніну, триптофану та інших. В середньому в 1 кг зерні злаків міститься близько 120 г сирого протеїну в тому числі близько 75 % перетравного. Тому, замінюючи один вид зерна іншим, неможливо суттєво підвищити якість протеїну в суміші.

Зерно злакових культур містить від 2 до 5 % сирого жиру [9], відрізняється низьким вмістом кальцію і відносно високим фосфору (0,3 – 0,47 %). В середньому в зерні злакових міститься близько 6 % сирої клітковини, але в окремих його видах цей показник сильно варіює (від 2,2 % в кукурудзі до 10 % в вівсі). Відмінності в вмісті клітковини суттєво впливають на величину засвоюваної енергії і, отже, на відносну кормову цінність зерна. Встановлено, що збільшення на 1 % вмісту сирої клітковини або зменшення натуре зерна (на 70 г/л) пов'язане зі зниженням вмісту в ньому перетравних поживних речовин приблизно на 2,5 %.

Зерно злаків також відрізняється малим вмістом мінеральних речовин (1,5 – 4,5 %) [10]. Також багаті вони вітамінами В₁, В₂, Е і бідні каротином (провітамін А), за винятком жовтої кукурудзи та проса. Особливо багаті вітаміном Е зародки хлібних злаків.

Зерно бобових культур за хімічним складом істотно відрізняється від зерна злаків. Кормова цінність зерна бобових визначається високим вмістом в ньому

біологічно повноцінного протеїну [17]. Поживна цінність зернобобових становить 1,05 – 1,3 кормових одиниць в 1 кг [12].

У порівнянні зі злаковими в зерні бобових міститься в 2 – 3 рази більше сирого протеїну і в 3 – 5 разів більше лізину – першої лімітуючої амінокислоти в годівлі свиней та птиці.

В 1 кг зернобобових міститься 200 – 450 г сирого протеїну, а також значна кількість жиру і вуглеводів. Сирий протеїн майже повністю складається з чистого білка (глобуліну). Сира клітковина в основному міститься в насінневих оболонках, які при подрібненні зерен добре перетравлюються тваринами, особливо свинями. Лімітуюча кислота для більшості зернобобових – метіонін. У порівнянні зі злаковими культурами зернобобові містять удвічі більше кальцію і в 1,5 рази більше фосфору.

Згодовування комбікормів набагато ефективніше, ніж, якщо компоненти згодовувати окремо. Вчений [28] звертає увагу на необхідність одночасного і рівномірного надходження в кров всіх необхідних тварині елементів, що містяться в кормах. А це може бути досягнуто тільки годуванням сумішами. Цілий ряд авторів [2, 22] зазначає, що нерівномірне і несвоєчасне засвоєння основних елементів веде до зниження їх використання.

Численними дослідженнями встановлено [13], що введення комбікормів в раціон тварин, наприклад корів, підвищує їх надої на 10 – 20 % і знижує витрати корму на утворення молока на 7 – 15 %. Дослідженнями встановлено, що згодовування коровам кормосуміші в порівнянні з роздільним згодовуванням кожного компонента знижує в середньому витрата кормів на 1 кг молока до 15 %. Вчений [43] вказує, що використання добре збалансованої суміші підвищує перетравність органічної частини раціону до 75 %, при цьому коефіцієнт корисної дії продуктивного корму при утворенні молока досягає 46 %, а при годуванні окремо взятими кормами ці показники значно нижче.

При згодовуванні комбікормів збільшується продуктивність тварин і птиці на 25 – 30 %; скорочуються терміни відгодівлі та витрати кормів на одиницю продукції; зростає продуктивність праці; поліпшується якість продукції. Кожен

центнер комбікормів в порівнянні зі звичайними концентратами дає можливість отримати додатково 3,5 – 4,0 кг м'яса, 25 – 30 кг молока, 75 – 90 штук яєць [14, 24].

Досліди, проведені на молочних телятах, показали, що згодовування комбікорму дозволило заощадити на кожну тварину по 210 – 215 кг цілісного і 300 кг збираного молока, а вартість кормової одиниці в 1,5 рази нижче, ніж без використання комбікорму [17]. В [42] наведено дані, згідно яким жива маса бичків при вирощуванні на сухих кормосумішах до 18-місячного віку була більше на 14 кг, в порівнянні з бичками, що вживали корми окремо. Згодовування комбікормів сприяє підвищенню продуктивності птиці. За дослідними даними, введення в раціон курей 40 % комбікормів дало можливість отримати від кожної несучки 185 яєць.

Дослідженнями встановлено, що згодовування збагачених комбікормів підвищує приріст маси свиней (беконну відгодівлю) на 26 % при економії 12 % корму і 19 % перетравного білка. Так само визначено, що при згодовуванні повнораціонних комбікормів приріст маси свиней збільшився до 758 г свині до 6-місячного віку досягли живої маси 99 кг. Результати обстежень щодо доцільності згодовування комбікормів поросяткам показали, що за два місяці вирощування жива маса їх збільшилася з 19 до 58 кг, а середньодобовий приріст маси досяг 652 – 658 г. При введенні в раціон свиням плющеного зерна спостерігалось краще поїдання тваринами корму і при цьому приріст маси склав 6,9 % [5].

З вище сказаного можна зробити наступний висновок. Згодовування комбікормів з концентрованих кормів в раціоні тварин дає більший ефект, ніж якщо проводити годування тварин одним якимось видом концентрованого корму. Однак важливим моментом є і якість самих комбікормів, тобто вони повинні мати однорідну структуру розподілу компонентів за обсягом. Такі комбікорми дають більший ефект при їх згодовуванні, ніж комбікорму з поганою однорідністю змішування. Ряд авторів наводять дані про те, що, наприклад, нерівномірний розподіл хімічно чистих солей і мікроелементів призводить до інактивізації вітамінів [8, 19]. В [26] доведено що нерівномірний розподіл фосфору і кальцію в

кормосуміші затримує розвиток кісткової системи тварини. Таким чином, можна зробити висновок про те, що комбікорми повинні мати високу ступінь однорідності суміші.

1.2 Аналіз існуючих способів приготування комбікормів

Організація технологічних процесів виробництва комбікормів, кормових сумішей повинна бути на такому рівні, щоб можна було отримати продукт високої якості з мінімальними поточними витратами і повним використанням виробничих потужностей.

Для забезпечення нормальної роботи будь-якому підприємству необхідно організувати приймання, розміщення і зберігання сировини, і його подачу на виробництво комбікорму в необхідній кількості. Всі операції з розвантаження та переміщення сировини, подачі його у виробництво повинні бути механізовані. Вся сировина, що надходить у виробництво повинна пройти відповідну підготовку, що дозволяє отримати компоненти, що мають частки певної крупності. Крім того, компоненти повинні бути очищені від сторонніх і шкідливих домішок. Іноді підготовка сировини включає в себе операції, мета яких – поліпшення засвоюваності продукту тваринами [34].

Технологічний процес виробництва комбікормів можна розділити на окремі технологічні лінії. Одні технологічні лінії працюють паралельно, інші – послідовно. Число і оснащення технологічних ліній залежать від потужності комбікормового підприємства, асортименту виробництва продукції, якості вихідної сировини і принципу побудови технологічної схеми. Загальна кількість технологічних ліній може бути від 16 до 20. Можлива організація виробництва комбікормів з одним технологічним потоком (на підприємствах з малою або середньою потужністю) або з двома, що працюють паралельно, технологічними потоками (на підприємствах з великою потужністю). Наявність двопотокової схеми дозволяє при необхідності виробляти більше комбікорми за двома різними рецептами [42].

Прості технологічні схеми можна застосовувати на ряді міжгосподарських комбікормових заводах при використанні білкововітамінних добавок (БВД), що закупаються вже в готовому вигляді, і зернофуражу, наявного в господарствах. Не виключається застосування таких схем при двоступеневій системі виробництва комбікормів:

- виробництво БВД на великих добре оснащених підприємствах;
- виробництво «вторинних» комбікормів на невеликих підприємствах, розташованих в зонах виробництва зерна і тваринництва.

Технологічні схеми, що передбачають послідовну і паралельну підготовку сировини до дозування без складання попередніх сумішей, вимагають значної місткості наддозаторних бункерів (на 8 – 12 годин роботи). Схеми з складанням попередніх сумішей не потребують великих бункерів ні над дробарками, ні над ваговими дозаторами. Вони відзначаються прямоточністю і малою інерційністю. Ця обставина істотно спрощує перехід з рецепта на рецепт, знижує до мінімуму оперативні залишки сировини у виробничому корпусі і спрощує ведення обліку.

Всі технологічні схеми можна розділити на три великі категорії:

- технологічні схеми з роздільною підготовкою сировини;
- технологічні схеми з попередньою підготовкою суміші сировини, що має схожі фізичні властивості;
- технологічні схеми з підготовкою сировини в загальній суміші продукції.

Структурна схема роздільної підготовки сировини з вхідними в неї лініями представлена на рисунку 1.1. Всі ці лінії мають тільки великі підприємства з широким асортиментом продукції, що випускається. На більш дрібних підприємствах може бути тільки частина з перерахованих ліній.

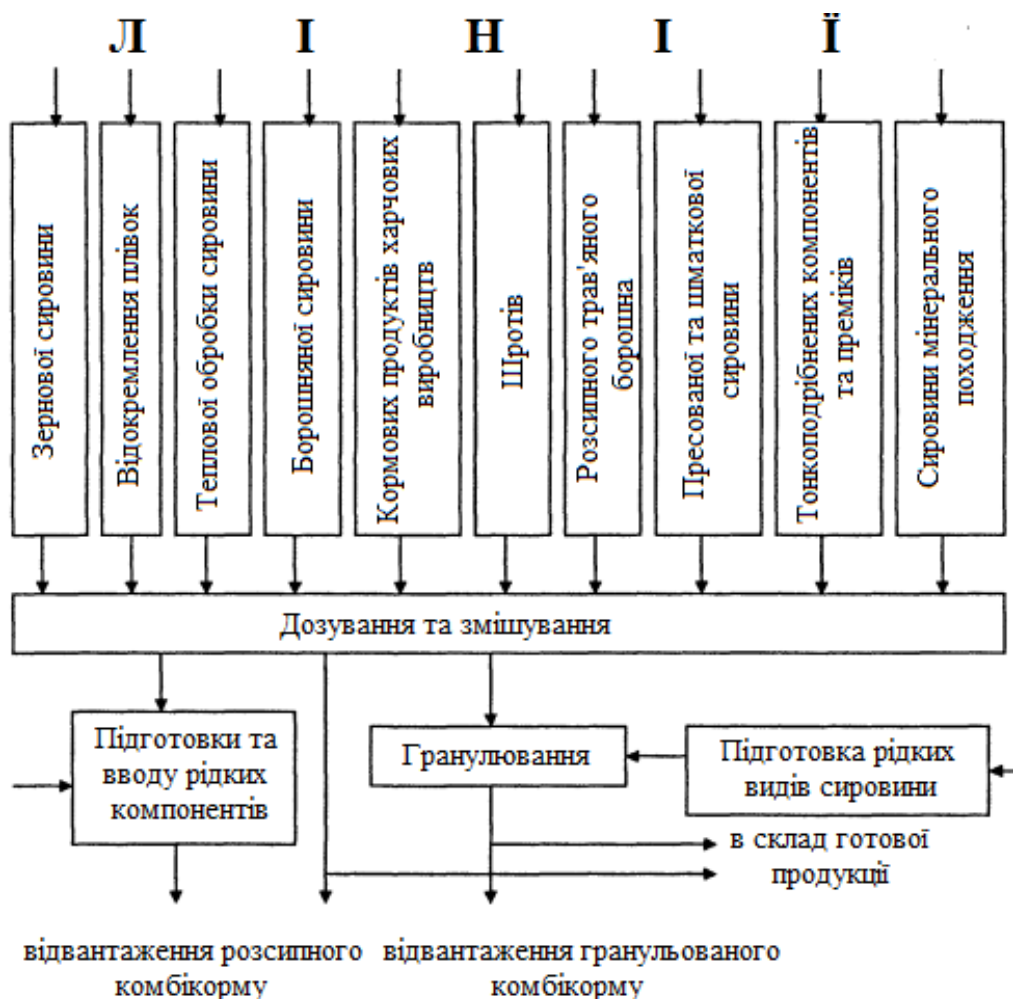


Рисунок 1.1 – Структурна схема комбікормового підприємства з роздільним способом підготовки сировини

Більш прогресивна технологія, що включає в себе створення попередніх сумішей сировини, що має схожі фізичні властивості. Ця технологія передбачає створення ліній для приготування: попередньої суміші зернової і гранульованої сировини, її очищення і подрібнення до необхідної крупності; попередньої суміші важкосипких компонентів; попередньої суміші високобілкової сировини, трав'яного борошна і преміксів.

Наявність цих ліній забезпечує даній технологічній схемі ряд переваг:

- відбувається більш рівномірне завантаження молоткових дробарок;
- схема стає коротшою, прямоочною, тому зменшується число транспортних механізмів, засувки, датчиків;
- значно зменшується місткість над дозаторних бункерів;

- вивільняються виробничі площі в основному у виробничому корпусі, що створює умови збільшення потужності підприємства;
- поліпшуються умови транспортування важкосипких продуктів, зменшуються можливості сводоутворення в бункерах та інше.

Лінія попередніх сумішей зернової і гранульованої сировини может бути представлена в декількох варіантах і залежить від застосовуваного в ній обладнання і від того, як воно в ній розміщено.

Технологічна схема з порційним принципом підготовки сумішей виникла при вдосконаленні технологічної схеми з попередньою підготовкою сумішей. Удосконалення дозволяє створювати підприємства з використанням порційного принципу підготовки сумішей.

Сировину дозують, очищають від домішок, подрібнюють до необхідної крупності направляють в змішувач основної лінії дозування і змішування. Частину сировини можна готувати окремо і подавати на дозування основної лінії.

Застосування порційного принципу підготовки сировини дозволяє зменшити число технологічного обладнання та підвищити ефективність використання виробничої площі цеху розсипних комбикормів.

Найбільш ефективно така технологія може бути застосована на підприємствах з автоматичною системою управління технологічним процесом.

Всі вищеописані схеми застосовні тільки на великих комбикормових підприємствах. Однак робити комбикорм можна і в самих господарствах. Доцільність організації комбикормового виробництва обумовлена наявністю в господарствах зернової сировини і споживачів кормів. При відсутності одного із зазначених факторів організація такого виробництва в господарствах нерациональна. Це положення – одна з основних особливостей, притаманних сільськогосподарському комбикормовому виробництву і відрізняє його від промислового [35]. Разом з тим сільськогосподарське комбикормовое виробництво, як і промислове, являє собою складний процес, що забезпечує перетворення вихідної сировини в комбикорм відповідного виду і призначення.

Структура комбікормового виробництва передбачає основні і допоміжні процеси. До основних відносять процеси, безпосередньо пов'язані з перетворенням вихідної сировини в комбікорм. Допоміжні процеси безпосередньо з виробленням комбікормів не пов'язані. До них відносять доставку, приймання, розміщення і зберігання сировини; зберігання і відпуск готової продукції; переробку відходів основного виробництва та інше.

Процес приготування комбікормів складається в основному з наступних операцій: прийом, зважування та зберігання сировини; звільнення сировини від сторонніх домішок; лушення вівса і ячменю; дроблення зерна та інших інгредієнтів сушка і подрібнення мінеральної сировини; підготовка суміші мікродобавок з наповнювачем; введення в комбікорми меляси, карбаміду, гідролу та ін., дозування компонентів відповідно до рецептури; змішування інгредієнтів; гранулювання і брикетування сумішей; облік і видача комбікормів.

Так само на сільгосп підприємствах можна організувати виробництво ряду інгредієнтів – трав'яного вітамінного борошна, жому, висівок та інше.

Технологічні операції зазвичай здійснюють на окремих поточних лініях, що обумовлено асортиментом рецептів і можливими змінами їх складу.

Технологічна схема виробництва комбікормів є системою машин і механізмів для прийому і розміщення різних видів сировини, їх підготовки і переробки, приготування та відпуску готової продукції. У зв'язку з асортиментом і фізико-механічними особливостями сировини технологічна схема розгалужується на окремі спеціалізовані лінії, число яких досягає десяти.

Загальна технологічна схема виробництва комбікормів залежить від числа, поєднання, взаємозв'язків всіх ліній, програми виробництва, конструкції обладнання та ін. Для сільськогосподарського виробництва характерні три типи принципово різних схем.

Схема з повним циклом виробництва, що включає прийом, зберігання, підготовку, дозування, змішування інгредієнтів, збагачення комбікормів мікроелементами, вітамінами і антибіотиками, гранулювання, зберігання і випуск

повнораціонних комбікормів в борошністому або гранульованому вигляді представлена на рисунку 1.2.

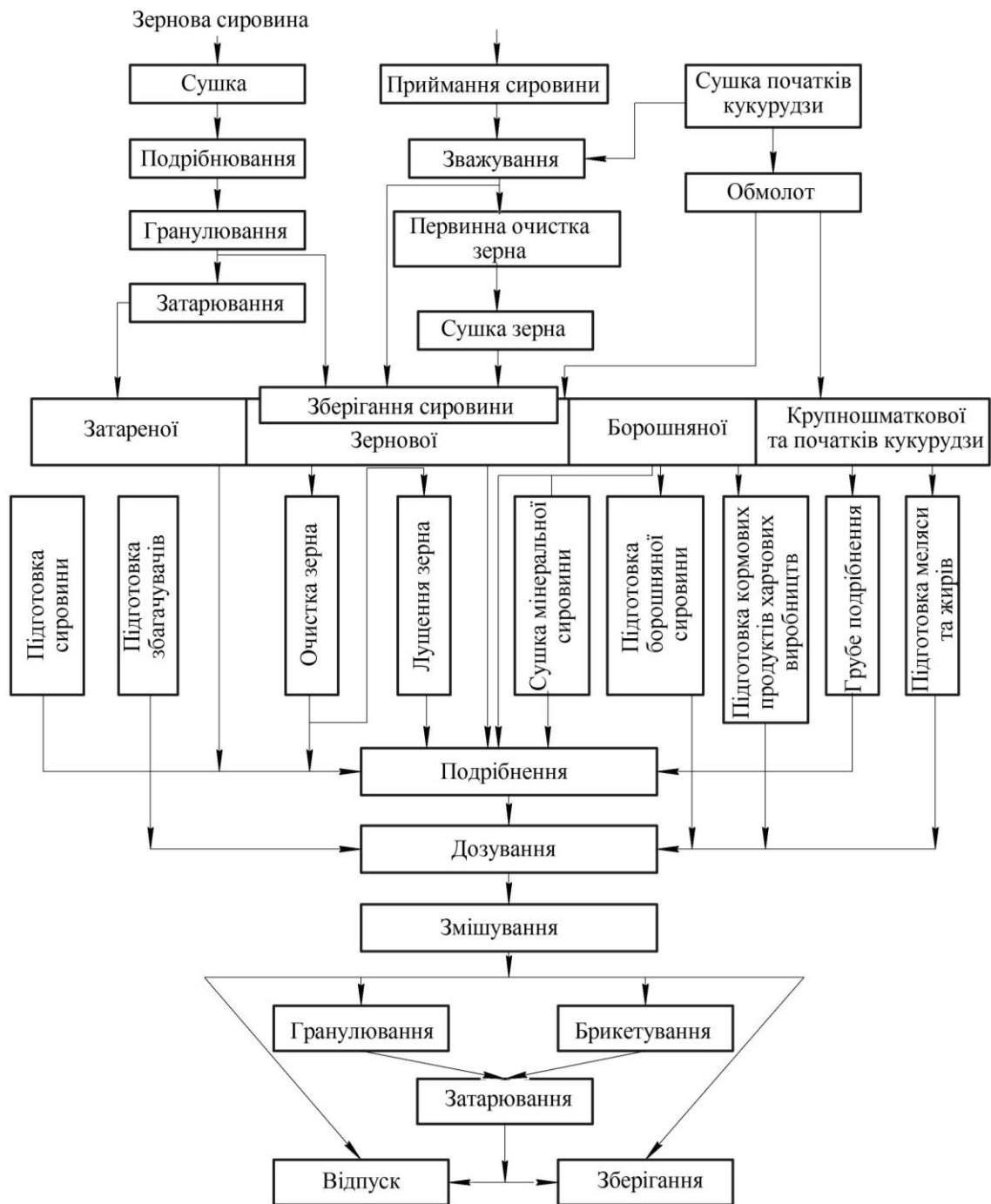


Рисунок 1.2 – Структурна схема процесу виробництва комбікормів з повним технологічним циклом виробництва

Схема, що забезпечує прийом і зберігання місцевої сировини господарств і привізних БВМД промислового виробництва, підготовку (очищення, сушіння, дроблення), дозування і змішування місцевої сировини з готовими добавками,

зберігання і випуск повнораціонних комбікормів в борошняному або гранульованому вигляді вважається найбільш перспективною. Відрізняється від схеми, представленої на рисунку 1.2 тим, що в ній немає лінії борошняної сировини.

Схема третього типу призначена для виробництва кормових сумішей, що використовуються в якості додаткових до основного раціону тварин. Схема передбачає приймання, зберігання і підготовку сировини місцевого виробництва, дроблення сировини, дозування і змішування інгредієнтів. Структурно ця схема майже не відрізняється від другої, різниця лише в тому, що в даній схемі відсутні операції зберігання і підготовки БВМД, лущення і гранулювання.

Аналізуючи дані способи приготування комбікормів, можна зробити висновок про те, що всі вони не можуть бути застосовані як в малих селянських господарствах, так і в великих. Вони занадто складні і для їх реалізації необхідно велику кількість різноманітного обладнання.

Тому необхідно знайти спосіб приготування комбікормів, щоб забезпечити їх отримання в умовах невеликих сільських господарств, які вирощують зерно на корм тваринам.

1.3 Аналіз агрегатів для приготування комбікормів

Як видно з вище представленого розділу, приготування комбікормів це складний технологічний процес. Для його здійснення на великих підприємствах застосовується великий комплекс різних машин, до яких відноситься зерноочисне обладнання, машини для подрібнення і дроблення зернопродуктів, машини для дозування і змішування інгредієнтів комбікормів і безліч інших машин та устаткування.

У господарствах також можуть застосовуватися різні машини при виготовленні комбікормів, якщо виробництво останніх організовано в окремих спеціальних комбікормових цехах. Однак можуть застосовуватися спеціальні

малогабаритні установки, для яких не потрібно спеціальних будівель, вони можуть бути змонтовані в будь-якому складі, під навісом або в прибудовах.

Комбікормові агрегати ОКЦ призначені для виробництва комбікормів і кормових сумішей [37]. Агрегати представляють собою збірні стаціонарні установки, які розміщуються, як правило, у виробничих будівлях або в складах для зерна. Агрегати ОКЦ-15 і ОКЦ-30 відрізняються один від одного продуктивністю дробильних ліній. На комбікормовій установці ОКЦ-15 [44] дробильна лінія представлена однією дробаркою марки КДУ-2 або КДМ-2, на ОКЦ-30 двома дробарками.

Установки типу ОКЦ обладнані накопичувальними бункерами для сировини, механізмами для очищення та транспортування інгредієнтів. На рисунку 1.3 показана схема установки комбікормового агрегату в складі для зерна. Склад при цьому реконструюють. В одній частині складу розміщують бункера для окремого зберігання інгредієнтів, в іншій – бункера для зберігання готової продукції. У середній частині складу монтують комбікормовий агрегат. Подача інгредієнтів в виробництво і готової продукції в бункера механізована.

Сировина з автомобільного транспорту автомобілерозвантажувачем розвантажують в приймальний бункер, звідки норією 1 і транспортером 2 подають в бункери для сировини 3 або відразу на ситової сепаратор 5. З бункерів транспортером 4 сировину подають на виробництво.

Підготовлену сировину, минаючи порційний змішувач 6, норією 7 направляють на магнітну колонку 8. Потім зернову сировину шнековим транспортером 9 завантажують у бункери зернової секції, а борошняну – в бункера борошняної секції. З бункерів зерно подають в дробарку 18. Подрібнений продукт направлять на пневмотранспортер через циклон-розвантажувач на шнековий транспортер 10 для завантаження борошняної секції. Далі дозують в горизонтальний шнековий транспортер-змішувач 17, а з нього в вертикальний змішувач 16. Добавки готують в змішувачі 6 і подають в один з бункерів борошняної секції.

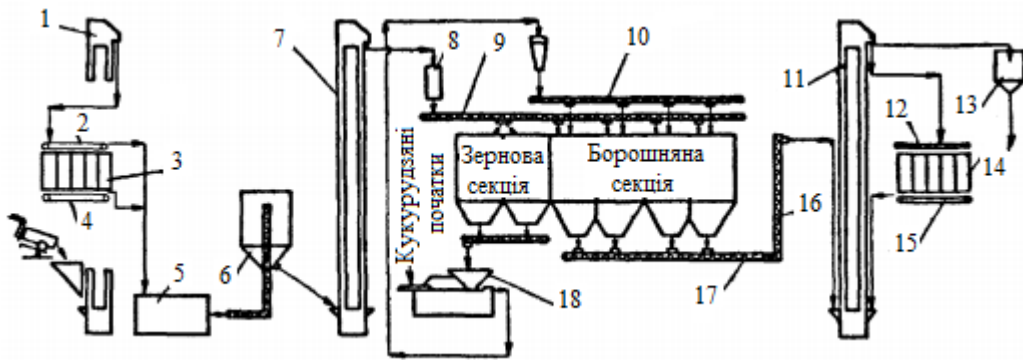


Рисунок 1.3 – Технологічна схема агрегату ОКЦ-15

- 1, 7, 11 – норії; 2, 4, 12, 15 – транспортери; 3 – бункер; 5 – сепаратор;
 6 – змішувач; 8 – магнітна колонка; 9, 10 – шнекові транспортери;
 13 – бункер відпуску продукції; 14 – бункер готової продукції;
 16 – вертикальний змішувач; 17 – транспортер-змішувач; 18 – дробарка.

Готові комбікорми норією 11 і транспортером 12 подають в бункери готової продукції 14 або в бункер відпуску на автомобільний транспорт 13. З бункерів готової продукції комбікорми транспортером 15 і норією 11 направляються в бункер відпуску на автотранспорт.

Вітчизняною промисловістю пропонуються автоматизовані комбікормові агрегати ОЦК-4 і ОЦК-8 продуктивністю 4 і 9 т/год [37]. У цих агрегатах пневматика застосована при транспортуванні продуктів і ваговому дозуванні. Живильник пневматичного типу забезпечує високу швидкість переміщення продукту в трубопроводі, допомагає направляти його під будь-яким кутом і в будь-якому напрямку. Це значно спрощує технологічні лінії, дозволяє домогтися більшої компактності розміщення обладнання.

Поєднання пристроїв пневмоавтоматики і компактної системи вагового дозування забезпечує повну автоматизацію процесу приготування комбікормів. При цьому точність дозування компонентів підвищується більш ніж в 10 разів, поліпшується якість кінцевого продукту. Агрегати ОЦК-4 і ОЦК-8 мають вагове дозування компонентів перед подрібненням, що значно спрощує конструкцію самих агрегатів і попереджає сводоутворення і зависання компонентів в бункерах.

Нові комбікормові агрегати уніфіковані з обладнанням ОКЦ-15 і ОКЦ-30. Агрегати виконані у вигляді шести різних блоків: приймання, підготовки і накопичення зернофуражного фракції, приготування розсипних комбікормів, мінеральних добавок, приготування та накопичення білково – вітамінних добавок, зберігання і введення рідких компонентів, гранулювання готової продукції.

Для невеликих господарств рекомендується найбільш простий комплект обладнання, що складається з двох блоків: прийому, підготовки і накопичення зернофуражної фракції; приготування розсипних комбікормів. Технологічний процес здійснюється за допомогою пульта керування.

На відміну від цехів ОКЦ-30 і ОКЦ-15 в нових агрегатах застосований малогабаритний решітний стан полегшеного типу, що складається з бункера з днищем у вигляді скатної дошки, що коливається, решета і шнека. Коливальний рух у вертикальній і горизонтальній площинах решето і скатна дошка отримують від похилого ексцентрикового вала. Таке конструктивне рішення дозволило набагато збільшити пропускну здатність стану, підвищити якість очищення вихідних компонентів від механічних домішок.

Фуражне зерно подрібнюється молотковою решітною дробаркою ДЗ-5, що відрізняється від дробарки КДМ-2 продуктивністю, її продуктивність до 5т/год.

Як показала експериментальна експлуатація агрегатів, на них можна отримувати високоякісний комбікорм, що задовольняє зоотехнічним вимогам. У порівнянні з попередниками такий же агрегат, ОКЦ-4 має більш високі техніко-економічні показники.

Агрегат комбікормовий КА-4 [30] так само призначений для вироблення комбікормів в великих сільськогосподарських і на міжгосподарських підприємствах з фуражного зерна місцевого виробництва та покупних мікродобавок.

Складається з шести бункерів для різних компонентів комбікормів, дозаторів, збірного транспортера, дробарки кормів і механізму вивантаження. Компоненти завантажуються в бункери автомобільними завантажувачами.

Дозаторами встановлюється необхідне співвідношення компонентів, які подаються транспортером після дозаторів в дробарку кормів ДР-Ф-4. Величина подачі кормів від кожного бункера регулюється дозаторами в межах від 200 до 1400 кг/год з кроком 200 кг/год. На транспортер надходять також мікродобавки від тарілкового дозатора ДТК.

У складі дробарки кормів ДР-Ф-4 – статор і ротор, забезпечені однаковими робочими органами – билами, які виконані у вигляді квадратних брусків. Фуражне зерно дробиться між нерухомими билами статора і рухливими билами ротора. Одночасно інтенсивно змішуються всі компоненти комбікорму. Від дробарки готова суміш подається механізмом вивантажування в бункери мобільного завантажувача для доставки до місця згодовування або в кормоцех.

Всі вище описані агрегати можуть застосовуватися тільки у великих тваринницьких підприємствах. Сьогодні ж зі збільшенням числа малих фермерських господарств виникла потреба в ще більш малогабаритних машинах з повністю завершеним циклом для виробництва комбікормів, так як діюча система виробництва і забезпечення комбікормами вже не задовольняє невеликі господарства ні рівнем цін, ні якістю. Тому зараз різні підприємства і фірми починають освоювати і виготовляти мініагрегати і міні-заводи з виробництва комбікормів для малих господарств.

Один з таких агрегатів (рис. 1.4) [31] є малогабаритний комбікормовий агрегат МКА-1 включає дробарку, змішувач-накопичувач готового продукту, живильник збагачувальних добавок, труби, пневмотранспортер. При включенні електродвигуна дробарки вентилятором 6 в камері створюється розрідження, завдяки якому через забірний рукав зерно або збагачувальні добавки з живильника надходять в робочу камеру 2 дробарки. Тут зерно подрібнюється молотками 4 ротора, а добавки розрихлюються. Потім подрібнена маса яких проходять крізь сито 5, захоплюється лопатками вентилятора і нагнітається в змішувач-накопичувач 9. Рівень завантаження контролюється через оглядові вікна. По черзі заповнюють бункер компоненти і змішуються при зупиненій дробарці протягом 5 – 10 хв.

Змішувач-накопичувач завантажується компонентами в послідовності, яка встановлюється оператором самостійно, тобто в залежності від умов зберігання сировини, кількості компонентів, але завжди починаючи з компонента, що складає більший відсоток в рецепті.

Дозування зернових компонентів в агрегаті об'ємне, контрольоване візуально по тарувальним міткам на оглядових вікнах бункера-змішувача, або вагове. Збагачувальні добавки зважуються на вагах і вручну завантажуються в живильник або об'ємно по тарувальним міткам.

Вивантажується готовий продукт через патрубок поворотом рукоятки, що відкриває заслінку в кожусі гвинтового конвеєра.

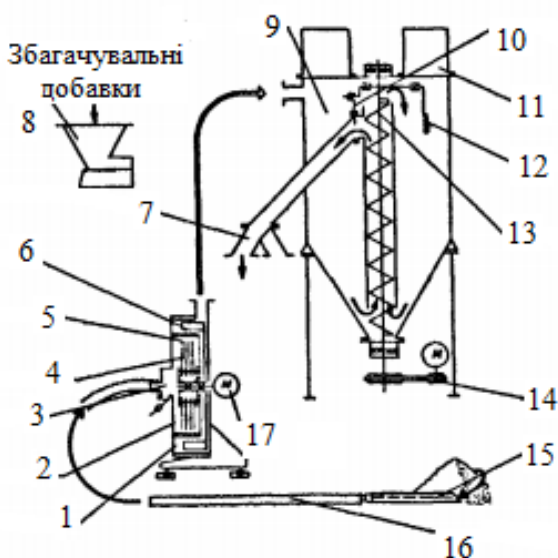


Рисунок 1.4 – Функціональна схема агрегату МКА-1

- 1 – підрешітний простір; 2 – дробильна камера; 3 – камера розрідження;
 4 – молотки; 5 – сито; 6 – вентилятор; 7 – патрубок; 8 – живильник;
 9 – змішувач- накопичувач; 10 – заслінка; 11 – фільтр; 12 – рукоятка;
 13 – шнек; 14 – електродвигун змішувача-накопичувача; 15 – насадка;
 16 – рукав; 17 – електродвигун дробарки.

Агрегати аналогічного користування випускають і за кордоном. Італійська фірма «Перуццо Адріано» випускає агрегат С15-1000, датські фірми «Президент»

і «Скелд» відповідно виготовляють машини 4к-JU500 і «Піккало», німецька фірма виробляє агрегати РМ і СМ. Всі ці машини відрізняються один від одного тільки типом завантажувального пристрою (приймальний бункер або пневмозабір) і видом дозування (вагове або об'ємне).

Інший агрегат АКА-3.322 [30], який призначений для подрібнення, дозування і змішування компонентів комбікорма і може бути використаний як базове устаткування для створення комбікормових комплексів.

Агрегат складається з розміщених на загальній рамі молоткової дробарки, горизонтального шнека і дозатора-змішувача. Агрегат комплектується системою автоматизованого управління технологічним процесом, а також допоміжного обладнанням – транспортерами, шнеками, норіями, датчиками рівня, засувками. Використання програмованого мікропроцесора системи управління дозволяє легко змінювати рецептуру комбікормів і здійснювати контроль за технологічним процесом.

Недоліком вищеописаних машин можна назвати їх стаціонарність. Німецька фірма «Buschoff» вирішила цю проблему, змонтувавши установку для виробництва комбікормів на шасі автомобіля MAN [45]. Використання пересувних розмельно-змішувальних установок (мініцех) для приготування комбікормових сумішей дозволяє більш раціонально застосовувати місцеві кормові ресурси. Такий автомобільний мінікомбікормоцех може ефективно готувати комбікорми і кормосуміші, збалансовані за протеїном, амінокислотами, мікроелементами, вітамінами та іншим біологічно активних речовин. Це забезпечується завдяки злагодженій роботі складових робочих вузлів і агрегатів.

В даний час фірма «Buschoff» випускає уніфіковану серію подібних пересувних установок. Це модифікації типу AFM (AFM-993, AFM-993Q). Машини відрізняються виконанням і комплектністю.

З вищевикладеного можна зробити висновок, що найбільш перспективним напрямком у розвитку машин для приготування комбікормів є створення малогабаритних установок, так як вони більшою мірою задовольняють на сьогоднішній день ситуації в розвитку підприємств з виробництва

сільськогосподарської продукції, і головним чином тваринницької. Розглянуті вище комбікормові агрегати, як правило мають для подрібнення компонентів молоткові дробарки, недоліком яких є наявність в подрібненому продукті великої кількості пилоподібних частинок.

У зв'язку з цим одним з основних завдань цієї роботи є створення малогабаритної комбікормової установки для виробництва комбікорму на базі плющилки зерна, так як плющене зерно все частіше останнім часом використовується для згодовування тваринам, тому що воно має більш фізіологічні властивості в порівнянні з кормом, подрібненим на молоткових дробарках.

1.4 Постановка проблеми, мета роботи і завдання дослідження

Зазвичай для подрібнення компонентів використовують молоткові дробарки. Однак отриманий в результаті подрібнення на цих машинах продукт володіє підвищеним вмістом пилоподібних частинок. Це призводить до того, що перетравність поживних речовин не повна, а отже спостерігається недобір тваринницької продукції і перевитрату корму. Крім цього наявність пилоподібних частинок може призводити до різних захворювань у тварин шлунково-кишкового тракту і дихальних шляхів. Тому в останній час знаходить все більше поширення такий спосіб обробки зерна, як плющення на вальцьових плющицках. Плющене зерно володіє меншим вмістом пилоподібних частинок внаслідок того, що в процесі плющення зерно повністю не руйнується. Тим самим виключаються всі вище перераховані недоліки корму, подрібненого на молоткових дробарках. Крім того, на процес плющення витрачається енергії набагато менше, ніж на подрібнення на молотковій дробарці. А той факт, що в вальцьових плющицках відсутні молотки, дозволяє знизити експлуатаційні витрати. Комбікормові агрегати ж на базі плющилок до теперішнього часу не розроблялися.

У зв'язку з вищевикладеним метою роботи є підвищення ефективності використання концентрованих кормів в раціоні годівлі сільськогосподарських

тварин і зниженні витрат праці та енергії на приготування комбікорму за рахунок дослідження технології і агрегату, одночасно поєднує в собі пристрої для дозування компонентів комбікорму, подальшого їх плющення і змішування при оптимальних режимах роботи.

Для виконання зазначеної мети ставляться такі завдання дослідження:

- вивчити фізико-механічні властивості вихідної сировини для отримання комбікормів;
- дослідити технологію і конструктивно-технологічну схему агрегату, що дозволяє здійснювати дозування компонентів, їх плющення з подальшим змішуванням;
- теоретично обґрунтувати поєднання процесів приготування комбікормів пристроями, що входять в агрегат;
- визначити експериментально параметри і режими роботи пристроїв, що входять в агрегат для приготування комбікорму, в лабораторних і виробничих умовах;
- виконати розрахунок кошторису витрат на проведення досліджень.

Об'єкт дослідження – процес виробництва комбікормів з плющеного фуражного зерна, його зв'язок з конструктивними та технологічними параметрами обладнання.

Предмет дослідження – закономірності та взаємозв'язок технологічного процесу виробництва комбікормів, вплив його на ефективність роботи обладнання.

2 ДОСЛІДЖЕННЯ ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТІ КОМПОНЕНТІВ КОМБІКОРМІВ

2.1 Програма та методика дослідження

2.1.1 Програма досліджень

Для обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів і режимів роботи агрегату для приготування комбікормів необхідно знати фізико-механічні властивості зерна різних культур. Тому завданням експериментального дослідження є визначення числових значень деяких характеристик фізико-механічних властивостей зерна за умов протікання робочого процесу агрегату.

Відповідно до поставленого завдання програма досліджень передбачає визначення впливу відносної вологості:

- на об'ємну масу і коефіцієнт тертя зерна по сталі;
- на плинність і кут природного укосу зерна;
- на кут захоплення зерна;
- на зусилля руйнування зерна.

Дослідженню піддавалися: пшениця, ячмінь, овес.

2.1.2. Методика визначення вологості та об'ємної маси зерна

Відносна вологість зерна визначалася відповідно до ГОСТ 13586-85. Зерно висушувалося в сушильній шафі при температурі 130 °С протягом 60 хв. Відносну вологість W (%) зерна обчислювали за формулою

$$W = 100 \frac{m_g - m_{gc}}{m_g} \quad (2.1)$$

де m_g – маса наважки зерна до висушування, г;

m_{gc} – маса наважки зерна після висушування, г.

Доведення зерна до необхідної вологості здійснювалося додаванням в нього води. Потрібна кількість води Δm_6 (г) визначалося за формулою

$$\Delta m_6 = m \left(\frac{W_{\kappa} - W_{\eta}}{100 - W_{\kappa}} \right) \quad (2.2)$$

де m – маса наважки зерна до зволоження, кг;

W_{κ} – кінцева вологість, %;

W_{η} – початкова (вихідна) вологість, %.

Після зволоження зерно витримувалося в ексикаторі протягом доби. В процесі дослідів зберігання зерна здійснювалося в герметизованих ексикаторах. Це дозволяло підтримувати вологість зерна протягом досліджень постійною.

Об'ємна маса γ (кг/м³) зерна визначалася за ДСТУ 4234:2003. Для цього застосовувалася літрова пурка ПХ-1, а результат підраховується за формулою

$$\gamma = \frac{G_3}{V_{\Pi}} \quad (2.3)$$

де G_3 – маса зерна в пурці, кг;

V_{Π} – об'єм пурки, рівний 0,001 м³.

2.1.3 Методика визначення коефіцієнта тертя зерна по сталі

Визначення статичного коефіцієнта тертя зерна по сталі здійснювали на приладі, що складається з двох пластин, які шарнірно з'єднані між собою. Одна пластина нерухома і розташована горизонтально, а друга пластина мала можливість змінювати кут нахилу, який реєстрували за допомогою транспортира. На верхню пластину насипали шар зерна і повільно збільшували кут її нахилу. Як тільки зерно приходило в рух, фіксували кут нахилу верхньої пластини. Значення статичного коефіцієнта тертя f_{mp} знаходили за формулою

$$f_{mp} = \operatorname{tg} \alpha \quad (2.4)$$

де α – кут нахилу верхньої пластини, град.

2.1.4 Методика визначення плинності зерна

Плинність сипучих матеріалів характеризує його здатність випливати з тією чи іншою швидкістю з отворів. Вона залежить від гранулометричного складу матеріалу, форми і розміру часток, коефіцієнта внутрішнього тертя, вологості та інше.

Плинність сипучих матеріалів визначає багато конструктивні особливості бункерних і дозуючих пристроїв, змішувачів. Від неї залежить тривалість операцій заповнення і спорожнення змішувачів.

Плинність можна охарактеризувати коефіцієнтом плинності $K_{пл}$. Чим значення коефіцієнта плинності більше, тим гіршою плинність буде мати матеріал. Даний коефіцієнт визначається за формулою [36]

$$K_{пл} = \frac{t_T r_0^{2,58}}{G_{см}}, \quad (2.5)$$

де t_T – час витікання сипучого матеріалу з воронки, с;

r_0 – радіус отвору воронки, мм;

$G_{см}$ – вага наважки сипучого матеріалу, засипаного в воронку.

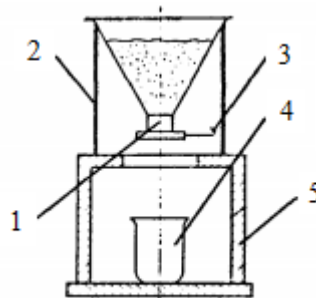


Рисунок 2.1 – Схема приладу для визначення коефіцієнта плинності

1 – конусна воронка; 2 – стійки; 3 – заслінка; 4 – колба; 5 – підставка.

Прилад для визначення коефіцієнта плинності $K_{пл}$ (рис. 2.1) має конусну воронку 1, закріплену в стійках 2, що спираються на підставку 5. Кут конусності воронки дорівнює 60° . Діаметр нижнього отвору дорівнює 30 мм [46]. Трубка воронки має довжину 3 мм від нижньої основи конуса і закривається заслінкою 3.

Дослід для визначення коефіцієнта плинності проводився наступним чином. У воронку, при закритій заслінці, насипалось 200 г досліджуваного зерна. Потім відкривалася заслінка, одночасно включався секундомір, за допомогою якого визначалося час закінчення зерна в колбі 4. Для дослідів використовувався секундомір з ціною поділки 0,2 с. Коефіцієнт плинності визначався за формулою (2.5).

2.1.5 Методика визначення кута природного відкосу

Кут природного відкосу $\alpha_{отк}$ вимірювався за допомогою пристрою, зображеного на рисунку 2.2.

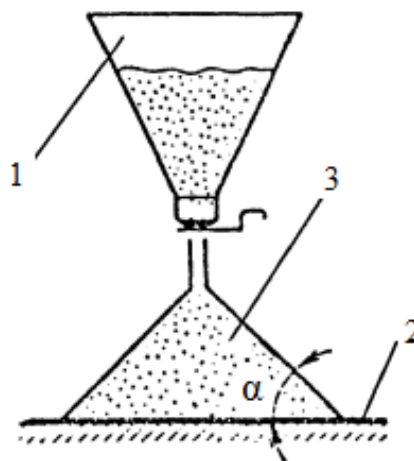


Рисунок 2.2 – Схема пристрою для вимірювання кута природного відкосу

1 – воронка; 2 – горизонтальний майданчик; 3 – конус зерна.

При визначенні кута природного відкосу досліджуване зерно висипалося з воронки 1 на горизонтальний майданчик 2, в результаті чого на ній утворювався конус 3 з зерна. Потім за допомогою кутоміра замірявся кут α .

2.1.6 Методика визначення кута захоплення зерна

Для визначення кута захоплення зерна $\alpha_{зах}$ використовувалися дві шарнірно з'єднані сталеві пластини, які мають можливість утворювати кут від 0° до 180° . Дослід проводився в такий спосіб. У зазор пластин при куті близькому до 180° вкладалося одне зерно. Потім пластини повільно зводилися до тих пір, поки зерно не переставало ковзати по поверхнях пластин. Утворений таким чином кут замірявся транспортиром.

2.1.7 Методика визначення зусилля руйнування зерна

З метою визначення зусилля руйнування зерна була використана установка, представлена на рисунку 2.3.

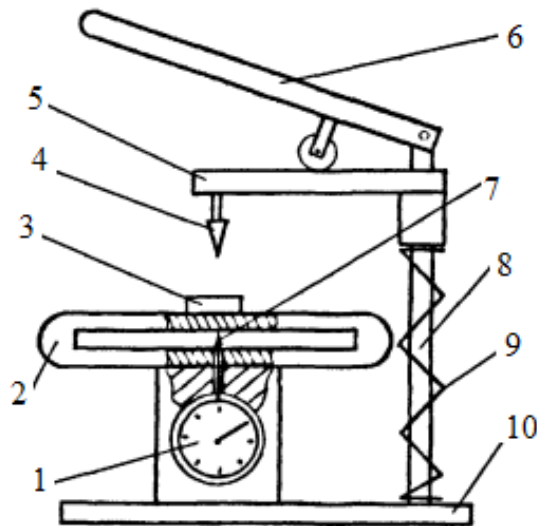


Рисунок 2.3 – Схема установки для визначення зусилля руйнування зерна

Установка складається з підставки 10, на якій закріплений індикатор годинникового типу 1. Над ним встановлений динамометр 2, з яким індикатор взаємодіє своїм вимірювальним стержнем 7. Зверху на динамометрі розташований майданчик 3. На підставці так само закріплена стійка 8, по якій переміщується повзун 5, для переміщення повзуна використовується рукоятка 6, а для повернення повзуна в початкове положення встановлена пружина 9 у повзуні вмонтовано клин 4.

Установка працює в такий спосіб. На майданчик поміщається зерно. У повзун вставляється необхідний клин. Потім за допомогою рукоятки повзун переміщують вниз до руйнування зерна клином. У момент руйнування фіксували показання індикатора. Попередньо прилад був відтарований за допомогою набору лабораторних гир. Зусилля руйнування визначалося за графіком тарування [6].

Для проведення досліду використовувалися металеві клини з різним кутом загострення δ , а саме 15° , 45° , 120° , 150° , а так само визначалося зусилля і при 180° , тобто використовувалися два горизонтальні майданчика. Зусилля на зерно передавали до появи перших тріщин, після чого дослід припиняли.

Обробка експериментальних даних проводилася з використанням методів математичної статистики [6]. Провівши спостереження або вимірювання необхідних величин, підраховувалася середнє арифметичне значення M_a за формулою

$$M_a = \frac{\sum Y}{n_{\text{вим}}}, \quad (2.6)$$

де $\sum Y$ – сума всіх вимірювань одного досліду;

$n_{\text{вим}}$ – число вимірювань одного досліду.

Середнє квадратичне відхилення знаходилося за формулою

$$\sigma_s = \sqrt{\frac{\sum X^2}{n_{\text{вим}}}}, \quad (2.7)$$

де $\sum X^2$ – сума квадратів відхилень всіх вимірювань одного досліду від середнього арифметичного значення даного досліду.

Середня помилка m_0 визначалася за формулою

$$m_0 = \pm \frac{\sigma_s}{\sqrt{n_{\text{вим}}}}. \quad (2.8)$$

Показник точності T_o у відсотках обчислювався за формулою

$$T_o = \pm \frac{100m_0}{M_a}. \quad (2.9)$$

Якщо показник точності не перевищував 5 %, то результати експерименту приймалися як досить надійні.

2.2 Результати досліджень

2.2.1 Результати досліджень об'ємної маси зерна

За результатами досліджень була побудована графічна залежність об'ємної маси γ зерна різних культур від вологості (рис. 2.4). Графічна залежність на рисунку 2.4 і всі наступні представлені в даній частині залежності з рівняннями виконані в Excel 2016.

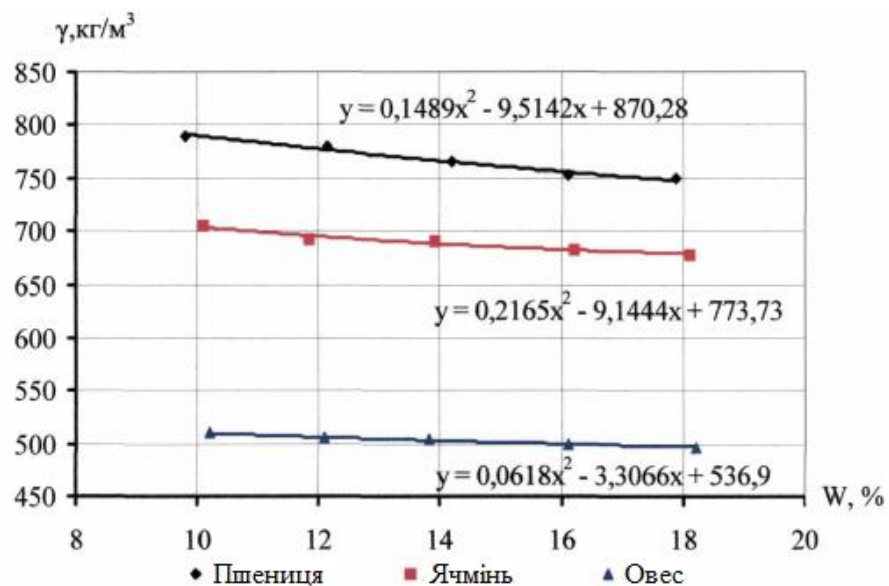


Рисунок 2.4 – Графік залежності об'ємної маси зерна різних культур γ від вологості W .

Аналізуючи отриману залежність можна відзначити, що з ростом вологості зерна його об'ємна маса зменшується. Найбільшою об'ємною масою володіє пшениця, а найменшою овес. Збільшення вологості з 10 % до 18 % призводить до зменшення об'ємної маси у пшениці з 790,1 до 749,6, у ячменю – з 705 до 693,4, у вівса – з 510 до 497 кг/м³. Зменшення об'ємної маси зерна цих культур можна пояснити тим, що зі збільшенням вологості зерна збільшується і його обсяг. Отже, в Пурці для вимірювання об'ємної маси матеріалу при більшій вологості зерна поміститься менше, ніж, якби зерно поміщали при меншій вологості.

2.2.2 Результати досліджень коефіцієнта тертя зерна по сталі

За результатами досліджень були побудовані графічні залежності коефіцієнта тертя f_{mp} зерна різних культур по сталі (рис. 2.5 і рис. 2.6). З наведених залежностей видно, що з ростом вологості коефіцієнт тертя зерна по сталі збільшується. Це можна пояснити наступним, зі збільшенням вологості зростає кількість води в зерні, що призводить до зростання маси зерна. Звідси випливає, що збільшується і сила тяжіння, що діє на зерно. Тому коли відбувається підйом рухомої платини приладу для визначення коефіцієнта тертя, тоді зростаюча сила тяжіння сильніше притискає зерно до поверхні рухомої пластини. І для того, щоб шар зерна почав рухатися, необхідно збільшувати кут підйому пластини. А таким кутом і визначається коефіцієнт тертя. Так само видно, що коефіцієнт тертя приблизно однаковий для всіх досліджуваних видів зерна. Коефіцієнт тертя для пшениці збільшується з 0,41 до 0,5, для ячменю цей показник збільшується з 0,4 до 0,45, а у вівса коефіцієнт тертя збільшується з 0,43 до 0,49 з ростом вологості від 10 до 18 %.

2.2.3 Результати дослідження плинності зерна

За результатами досліджень побудована графічна залежність коефіцієнта плинності K_{nl} зерна різних культур в залежності від вологості (рис. 2.7). З аналізу отриманих даних видно, що коефіцієнт плинності збільшується зі збільшенням вологості. Це можна пояснити тим, що відбувається так само збільшення

внутрішнього коефіцієнта тертя зерна. Найбільшим коефіцієнтом плинності, тобто гіршою здатністю спливати з будь-якого отвору, володіє овес [33]. Дане явище можна пояснити виходячи з геометричних параметрів вівса, особливо його довжини.

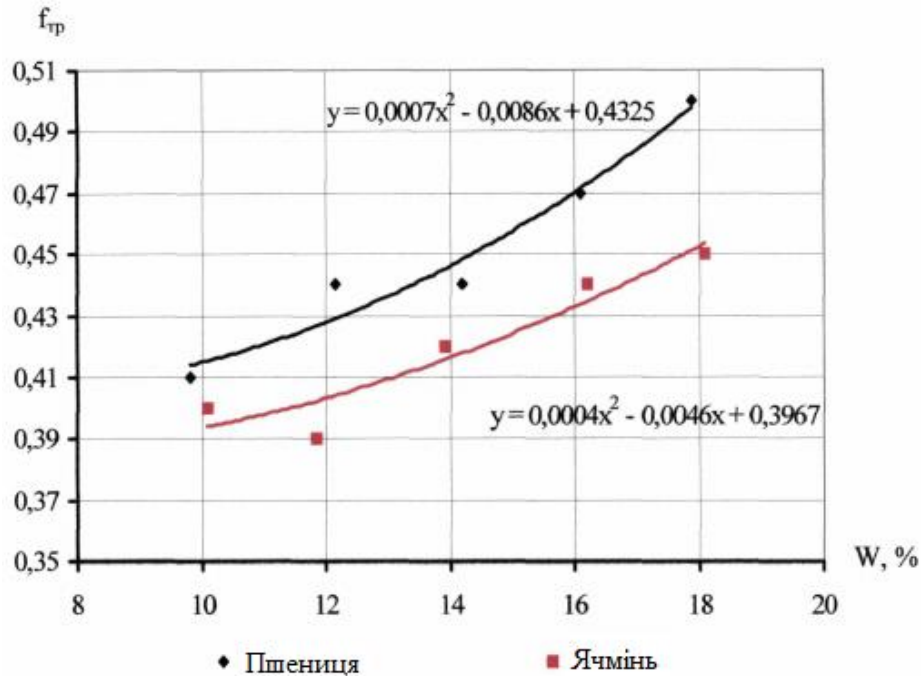


Рисунок 2.5 – Графічна залежність коефіцієнта тертя зерна пшениці та ячменю

$f_{тр}$ по сталі залежно від вологості W

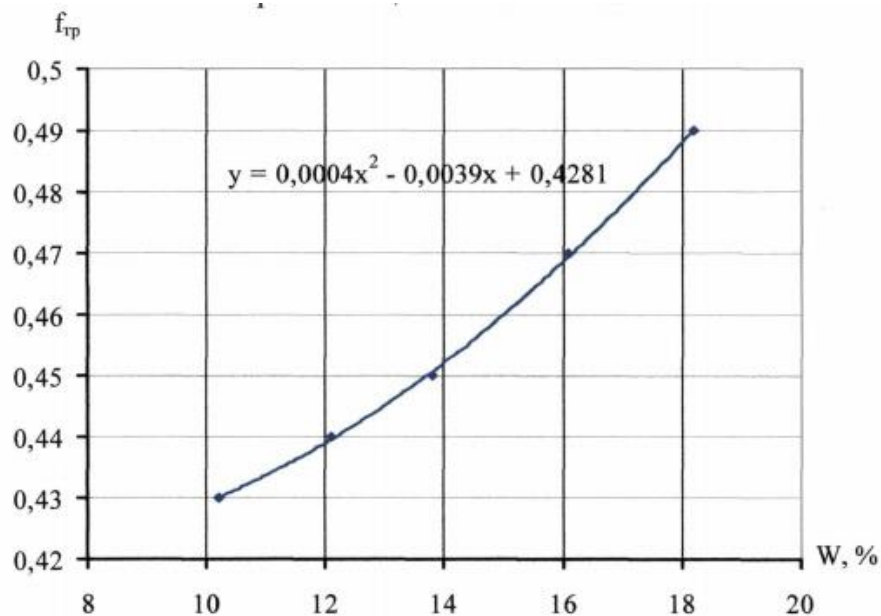


Рисунок 2.6 – Графічна залежність коефіцієнта тертя зерна вівса $f_{тр}$ по сталі

залежно від вологості W

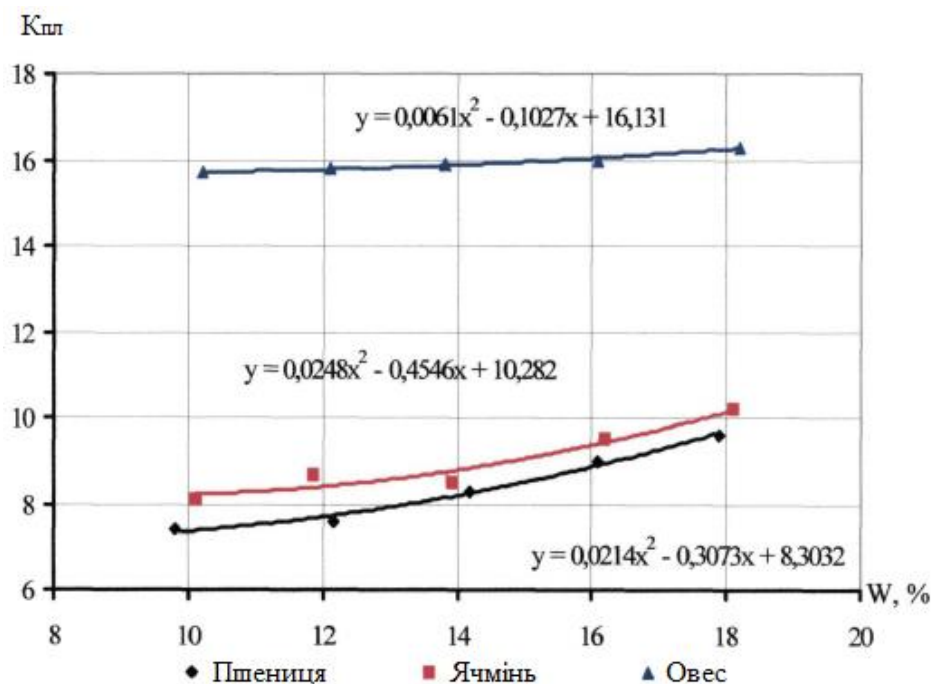


Рисунок 2.7 – Графічна залежність коефіцієнта плинності зерна $K_{пл}$ від вологості

Хоча так само видно, що для вівса коефіцієнт плинності зі збільшенням вологості змінюється не так явно як, наприклад, для пшениці і ячменю. Для пшениці при підвищенні вологості з 10 % до 18 % коефіцієнт плинності збільшується з 7,4 до 9,6. У ячменю цей показник зростає з 8,6 до 9,7, в той час як у вівса коефіцієнт плинності підвищується з 15,7 до 16,3.

2.2.4 Результати дослідження кута природного відкосу зерна

За результатами досліджень побудована графічна залежність кута природного відкосу $\alpha_{відк}$ від вологості (рис. 2.8). З аналізу даних видно, що зі збільшенням вологості кут природного відкосу так само збільшується. Як і у випадку з коефіцієнтом плинності це можна пояснити тим, що збільшується коефіцієнт внутрішнього тертя зерна. Найменший кут відкосу у ячменю, а у пшениці та вівса він приблизно однаковий.

Так само з рисунка 2.8 видно, що кут природного відкосу у пшениці і ячменю з ростом вологості змінюється більш інтенсивно, ніж у вівса. Це можна пояснити виходячи знову таки з геометричних параметрів зерна цих культур.

А саме, довжина зерна вівса більше зерна пшениці та ячменю. Зерно цих культур схоже більше до форми кулі. Тому в конусі, що утворюється після висипання зерно вівса розміщується в основному горизонтально. Деякі ж зерна пшениці та ячменю через підвищення внутрішнього тертя можуть прийняти і вертикальне положення. В наслідок вище зазначеного конус зерна вівса збільшується менш інтенсивно, ніж конус зерна пшениці або ячменю.

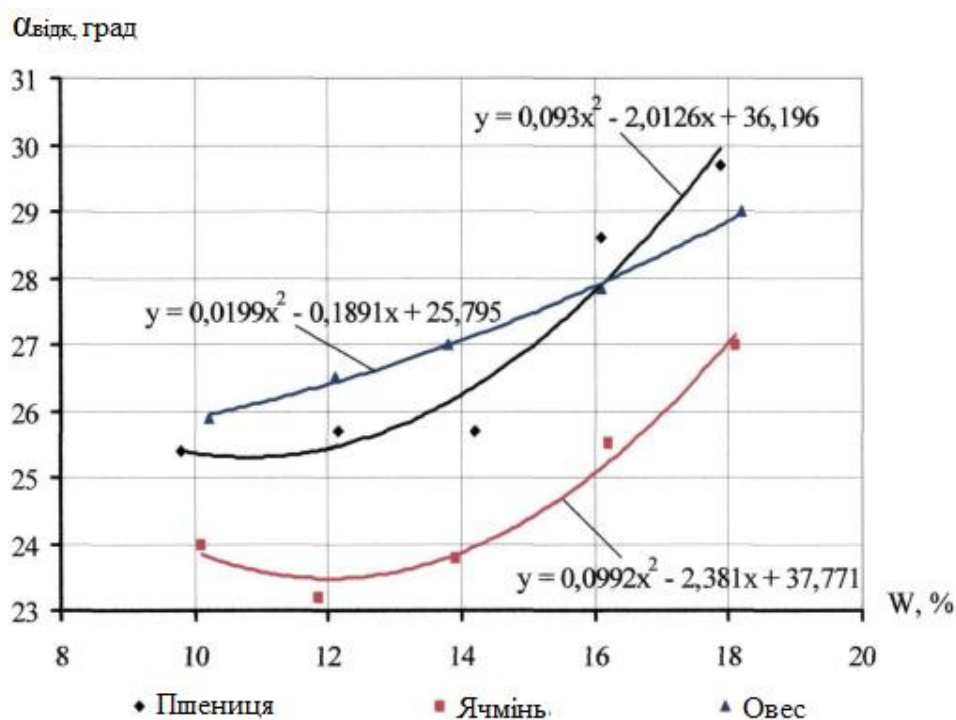


Рисунок 2.8 – Графічна залежність кута природного відкосу $\alpha_{\text{відк}}$ зерна від вологості W

У пшениці кут природного відкосу збільшується з 25,4 до 29,7 градусів при збільшенні вологості з 10 % до 18 %. Кут природного відкосу вівса збільшується з 25,9 до 29 градусів, а у ячменю кут природного відкосу підвищується з 24 до 27 градусів при такій же зміні вологості.

2.2.5 Результати дослідження кута захоплення зерна

За результатами досліджень побудована графічна залежність кута захоплення зерна $\alpha_{\text{зах}}$ від його вологості (рис. 2.9). Як видно з результатів досліджень для захоплення зерна пшениці потрібно більший кут, ніж, наприклад,

для вівса. Це можна пояснити геометричними параметрами зерна цих культур, тобто так, як товщина вівса менше, ніж у пшениці, то і захопити його легше.

Так само з результатів досліджень видно, що з ростом вологості кут захоплення так само збільшується через збільшення коефіцієнта тертя по сталі, що звичайно ж і слід було очікувати, так як для досліджень застосовувалися сталеві пластини, а як описувалося вище для дослідження коефіцієнта тертя по сталі використовувалася так само сталева пластина.

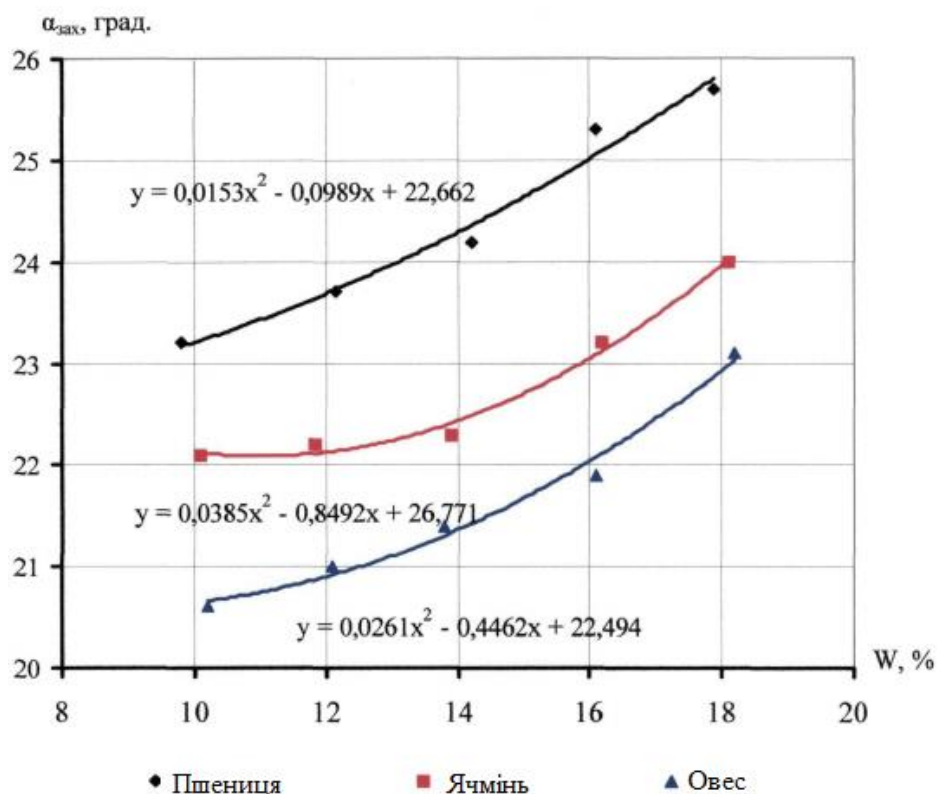


Рисунок 2.9 – Графічна залежність кута захоплення $\alpha_{зах}$ зерна від вологості W .

Кут захоплення у пшениці збільшується з 23,2 до 24,5 градусів при зростанні вологості з 10 % до 18 %. У ячменю при тих же умовах кут захоплення змінюється з 22,1 до 24 градусів, а у вівса кут захоплення підвищується з 20,6 до 23,1 градуса.

2.2.6 Результати досліджень зусилля руйнування зерна

За результатами досліджень побудовані графічні залежності зусиль руйнування P зерна різних культур від вологості (рис. 2.10; 2.11; 1.12).

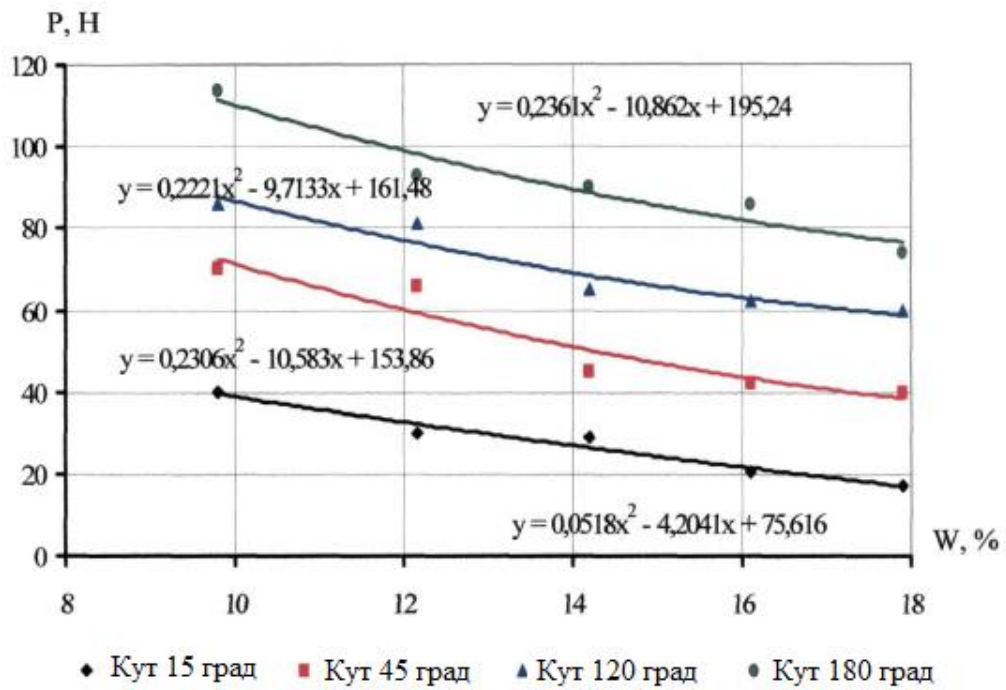


Рисунок 2.10 – Графічна залежність зусилля руйнування P зерна пшениці від вологості W

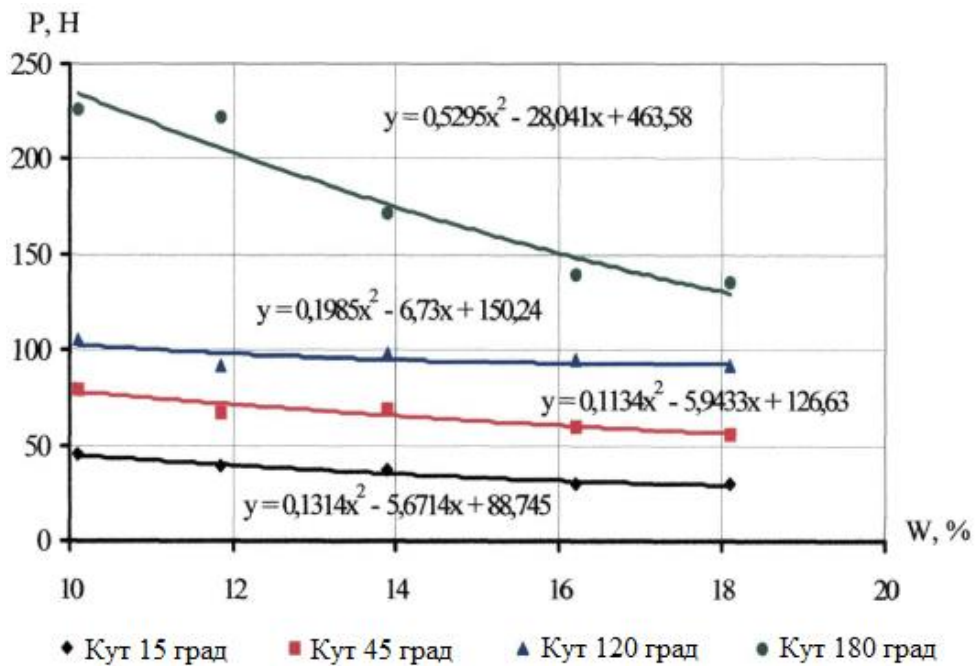


Рисунок 2.11 – Графічна залежність зусилля руйнування P зерна ячменю від вологості W

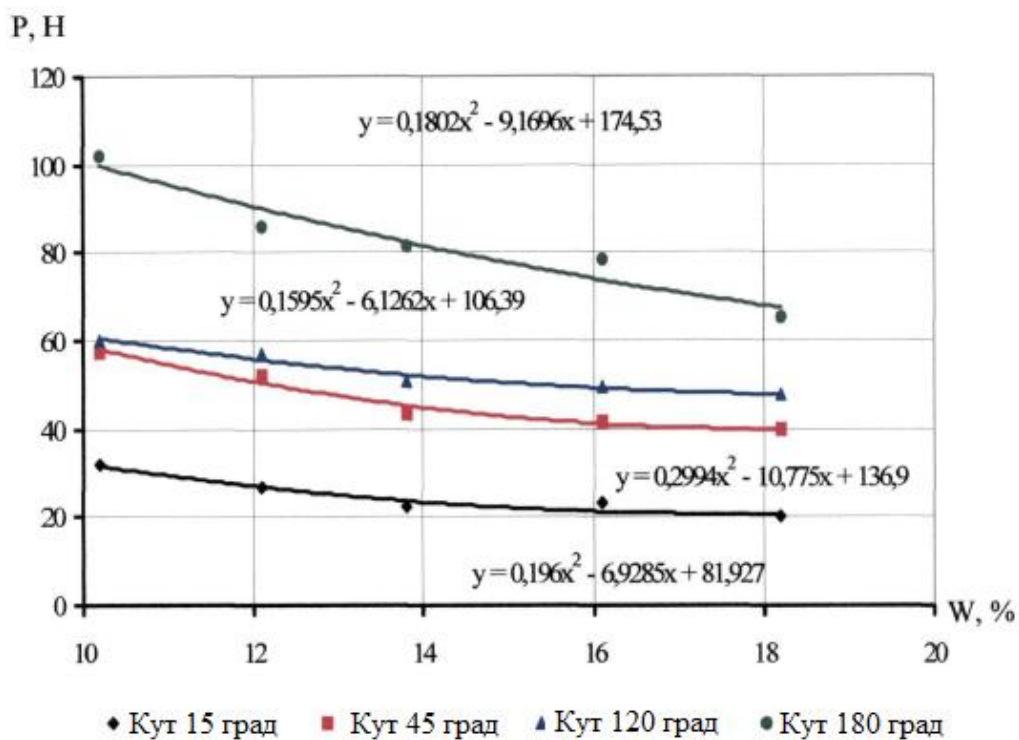


Рисунок 2.12 – Графічна залежність зусилля руйнування P зерна вівса від вологості W

Аналізуючи отримані дані видно, що зі збільшенням вологості зусилля руйнування зерна зменшується для будь-якого кута клина і для будь-якої досліджуваної культури. Так само спостерігається те, що найбільше зусилля руйнування потрібно для зерна ячменю, а найменше для зерна вівса. Крім того, видно, що найбільше зусилля для руйнування зерна будь-якої культури потрібно при куті 180° , а найменше при куті 15° .

Зусилля руйнування при зростанні вологості з 10 % до 18 % і при куті 180° у ячменю знижується з 226 до 135 Н, у пшениці спостерігається зниження зусилля руйнування з 113,6 до 74 Н, а у вівса – з 102 до 65,1 Н. При куті 120° зусилля руйнування відповідно у ячменю, пшениці і вівса знижується з 105,4 до 92,2, з 84 до 72, з 60 до 47,8 Н. При куті 45° зусилля у ячменю знижується з 80 до 56, у пшениці відбувається зниження з 80 до 39,8, а у вівса – з 57,5 до 40 Н. Зусилля руйнування зерна при куті 15° у ячменю зменшується з 45 до 29,6, у пшениці – з 35 до 15,2, у вівса – з 32 до 20 Н.

З залежностей представлених на рисунках 2.10, 2.11 і 2.12 так само видно, що при вологості близькою до базової (близько 14 %) і при куті загострення 180° , тобто при поверхні практично аналогічною поверхні вальців в зоні плющення, зусилля руйнування у пшениці становить 90,1, у ячменю – 171, і у вівса – 81,4 Н.

На рисунку 2.13 представлена графічна залежність зусилля руйнування від кута загострення клину δ . Аналізуючи цю графічну залежність видно, що чим більше кут, яким впливали на зерно, тим більше зусилля потрібно для руйнування зерна. Найбільше зусилля руйнування при одних і тих же кутах впливу на зерно потрібно для ячменю, а найменше для вівса. Причому зусилля руйнування для ячменю зростає більш різко, ніж для вівса і пшениці. Так у ячменю зусилля руйнування зростає з 36,8 до 171 Н при зміні кута загострення від 15 до 180 градусів. У пшениці і у вівса в тих же межах зусилля руйнування зростає відповідно: з 28,7 до 90,1; з 22,2 до 81,4 Н.

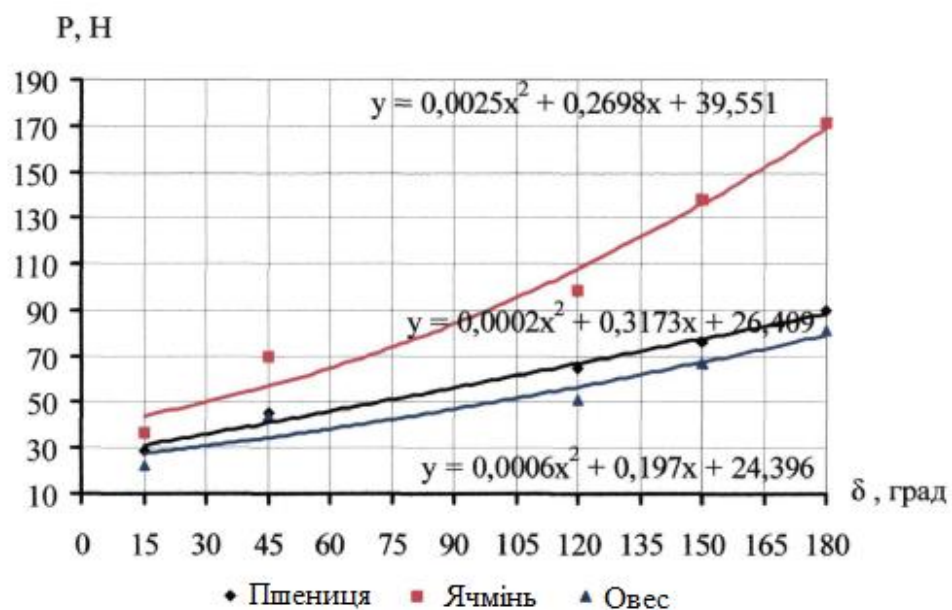


Рисунок 2.13 – Графічна залежність зусилля руйнування P зерна різних культур від кута руйнування δ

Висновки за розділом

На підставі вищевикладених досліджень фізико-механічних властивостей зерна пшениці, ячменю і вівса можна зробити наступні висновки:

1. Встановлено, що збільшення вологості з 10 % до 18 % призводить до зменшення об'ємної маси зерна пшениці з 790 до 749,6, зерна ячменю – з 705 до 693,4, зерна вівса – з 510 до 497 кг/м³.

2. Встановлено, що коефіцієнт тертя зерна по сталі при підвищенні вологості з 10 % до 18 % збільшується для пшениці, ячменю і вівса відповідно з 0,41 до 0,5; з 0,4 до 0,45; з 0,43 до 0,49, а коефіцієнт плинності при підвищенні вологості в тих же межах збільшується відповідно для вівса, ячменю і пшениці з 15,7 до 16,3; з 8,6 до 9,7; з 7,4 до 9,6.

3. Встановлено, що вологість значно впливає на кут природного відкосу зерна, і при збільшенні її з 10 % до 18 % даний показник зростає у пшениці, ячменю і вівса в межах відповідно з 24,5 до 29,7; з 25,9 до 29; і з 24 до 29 градусів.

4. Встановлено, що зростання вологості зерна з 10 % до 18 % призводить до збільшення і кута захоплення у пшениці з 23,2 до 24,5, у ячменю – з 22,1 до 24, і у вівса – з 20,6 до 23,1 градусів.

5. Встановлено, що зусилля руйнування при зростанні вологості з 10 % до 18 % і при куті 180° у ячменю знижується з 226 до 135, у пшениці – з 113,6 до 74, а у вівса – з 102 до 65,1 Н. При куті 120° зусилля руйнування відповідно у ячменю, пшениці і вівса знижується з 105,4 до 92,2, з 84 до 72, з 60 до 47,8 Н. При куті 45° зусилля руйнування у ячменю знижується з 80 до 56, у пшениці – з 80 до 39,8, а у вівса – з 57,5 до 40 Н. Зусилля руйнування зерна при куті 15° у ячменю зменшується з 45 до 29,6, у пшениці – з 35 до 15,2, у вівса – з 32 до 20. Також встановлено, що при вологості близькою до базової (близько 14 %) і при куті загострення 180°, тобто при поверхні практично ідентичною поверхні вальців в точці плющення, зусилля руйнування у пшениці становить 90,1, у ячменю – 171, і у вівса – 81,4 Н.

3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОЧОГО ПРОЦЕСУ В КОМБІКОРМОВОМУ АГРЕГАТІ

3.1 Конструктивно-технологічна схема агрегату для приготування комбікормів з плющеного зерна

Основною вимогою, що висувається до комбікормових агрегатів для невеликих господарств є те, щоб ці машини повинні бути, по можливості, якомога простіше по конструкції, а їх експлуатація повинна здійснюватися з низькими витратами праці і коштів. Крім того, готовий комбікорм, вироблений на цих машинах, повинен відповідати зоотехнічним вимогам по якості змішування компонентів.

Для виконання цих вимог було досліджено малогабаритний комбікормовий агрегат [27], що дозволяє виробляти комбікорм з плющеного зерна. Принципова схема технологічного процесу агрегату представлена на рис. 3.1 [29].

Комбікормовий агрегат складається з приймального бункера 2 з решіткою 13 для відділення сторонніх домішок і заслінкою 3 для регулювання подачі матеріалу, розташованих в середині поздовжніх рухливих перегородок 4, встановлених на вісях 5, що зафіксовані гайками 6. Під бункером розміщується пара вальців 1, що обертаються на зустріч один одному в підшипниках 9, кожен з яких отримує привід від окремого електродвигуна через клинопасову передачу. Причому підшипники одного з них встановлені в ексцентрикових стаканах 14, що дозволяє регулювати зазор між вальцями. Вивантажний шнек-змішувач 7, встановлений під вальцями, являє собою послідовно розташовані на одному валу гвинтовий конвеєр 10 і лопатевий змішувач 11. Він отримує привід від електродвигуна через ведений шків одного з вальців за допомогою клинопасової передачі. Шнек-змішувач обертається в підшипниках 12 в корпусі 8 з вивантажним вікном. Агрегат включає пристрої для пуску і контролю за навантаженням електродвигунів.

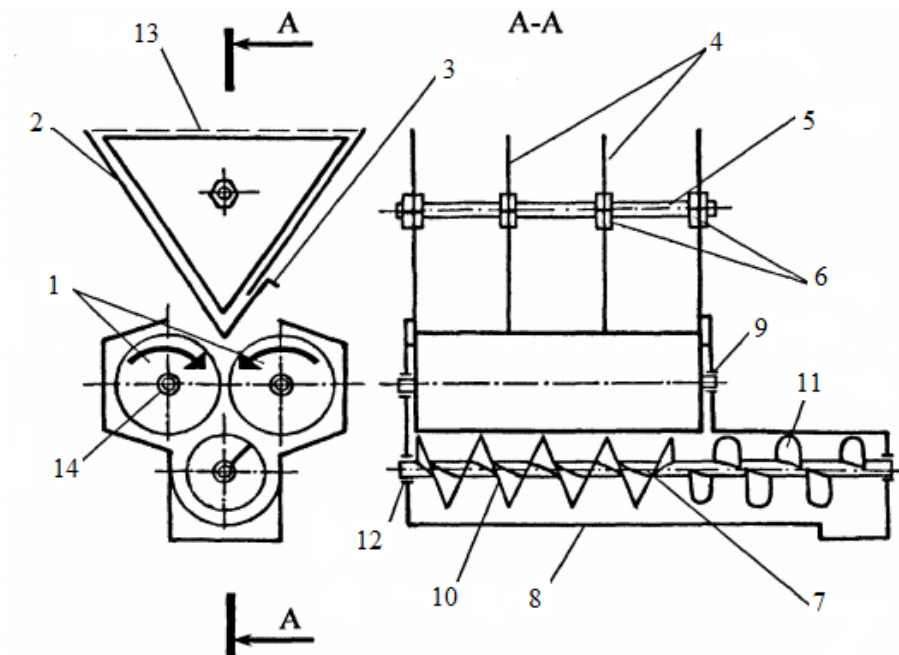


Рисунок 3.1 – Схема технологічного процесу комбікормового агрегату

1 – вальці; 2 – бункер; 3 – заслінка; 4 – перегородки; 5 – вісь з різьбою; 6 – гайки;
 7 – вивантажний шнек-змішувач; 8 – корпус; 9 – підшипники вальців; 10 – гвинтовий конвеєр; 11 – лопатевий змішувач; 12 – підшипники шнека-змішувача,
 13 – решітка; 14 – ексцентриковий стакан

Для нормального функціонування агрегату необхідна правильна установка перегородок всередині бункера. Дані перегородки утворюють секції, кількість яких має вибиратися в залежності від кількості компонентів суміші.

Працює агрегат наступним чином. Перед початком роботи утворюють необхідну кількість секцій всередині бункера за допомогою додавання або видалення перегородок і закривають заслінку. Потім до відповідних секцій бункера через решітку, на якій залишаються великі домішки, засипаються компоненти суміші. Якщо готується комбікорм, суміш необхідно збагатити, тобто в одну із секцій можна засипати премікс. Після цього в роботу запускають електродвигуни та відкривають заслінку. Компоненти надходять з бункера в зазор між вальцями, де і відбувається їх плющення. Потім оброблені компоненти надходять в шнек-змішувач, де вони перемішуються і надходять на вивантаження. Більш тонка або груба обробка компонентів досягається шляхом

зміни зазору між вальцями за рахунок обертання ексцентрикових стаканів, в яких встановлено один із вальців.

Таким чином, особливістю даного комбікормового агрегату є те, що за допомогою пересування перегородок в бункері ми можемо змінювати довжину випускних щілин, через які надходять окремі компоненти, а отже регулювати норму видачі кожного з них для отримання комбікорму заданого рецепту.

Параметрична модель комбікормового агрегату представлена на рисунку 3.2. Вхідними параметри компонентів, що надходять в бункер, n -на кількість яких відповідає рецепту комбікорму, є вологість W_1, W_2, \dots, W_n і фізико-механічні властивості $\sigma_1, \sigma_2, \dots, \sigma_n$. У бункері ці параметри не змінюються і компоненти з нього з цими ж параметрами надходять в вальцьовий вузол. У вальцьовому вузлі внаслідок плющення змінюється параметри фізико-механічних властивостей компонентів, і він приймає значення $\sigma'_1, \sigma'_2, \dots, \sigma'_n$, а параметр вологості для кожного компонента залишається незмінним. З цими параметрами компоненти надходять в вивантажний шнек-змішувач. У ньому компоненти перемішуються, і на виході з агрегату виходить суміш, що має коефіцієнт варіації V_c , з параметрами вологості W_{cm} і фізико-механічних властивостей σ_{cm} .

На вихідні показники роботи агрегату впливають конструктивно-технологічні і параметри налаштування: a – ширина випускної щілини бункера-дозатора; Δ – зазор між вальцями; $n_{шн}$ – частота обертання шнека-змішувача; $\alpha_{ш}$ – кут повороту лопаток змішувача.

Одним з компонентів одержуваних сумішей може бути премікс, внаслідок чого може бути отриманий повноцінний комбікорм для різних видів сільськогосподарських тварин.

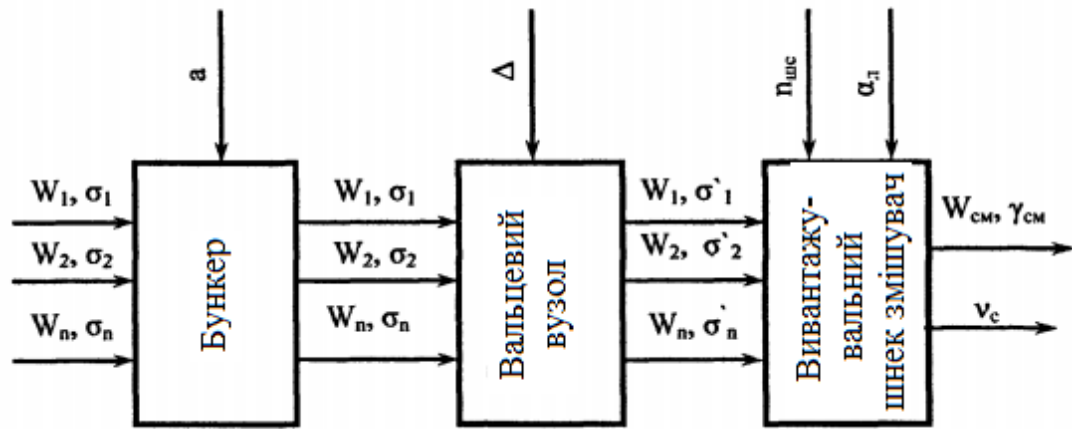


Рисунок 3.2 – Параметрична модель комбікормового агрегату

3.2 Експериментальні дослідження процесу приготування комбікормів

3.2.1 Програма досліджень

Досліджуваний комбікормовий агрегат об'єднує в своїй конструкції три пристрої, кожен з яких може використовуватися незалежно. Це бункер-дозатор, вальцовий вузол і шнек-змішувач.

Властивості оброблюваного матеріалу (зерно різних видів культур) є вельми змінними і залежать від факторів, керувати якими в виробничих умовах не представляється можливим.

Тому, перш ніж перейти до виробничого дослідження, необхідно провести всебічне експериментальне обґрунтування робочих органів комбікормового агрегату, а так же оптимізувати конструктивно-кінематичні і технологічні параметри досліджуваного агрегату. В першу чергу це стосується шнека-змішувача, який повинен забезпечувати на виході з агрегату максимально можливу високу однорідність кормової суміші.

Відповідно до поставленого завдання програма експериментальних досліджень передбачає:

- визначення впливу ширини щілини бункера-дозатора на його продуктивність на різних культурах;
- визначення впливу зазору між вальцями на продуктивність вальцового вузла і енергоємність процесу плющення на різних культурах;

- визначення впливу частоти обертання шнека-змішувача на ступінь однорідності суміші, довжини його корпусу і кута установки змішувальних лопатей відносно вала;

- встановити оптимальне поєднання конструктивно-кінематичних і технологічних параметрів конструкції шнека-змішувача.

3.2.2 Опис експериментальної установки

Для реалізації вище поставленої програми було запропоновано та досліджено експериментальну установку (рис. 3.3).

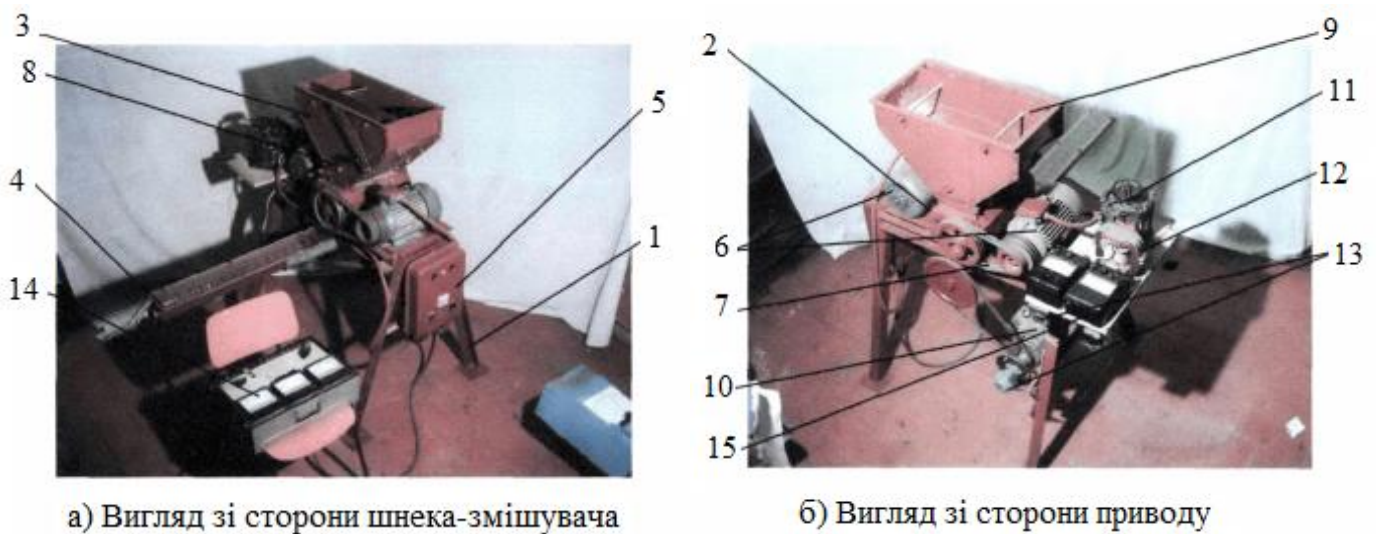


Рисунок 3.3 – Експериментально-дослідна установка

1 – рама; 2 – вальцьовий вузол; 3 – бункер; 4 – шнек-змішувач; 5 – пульт керування; 6 – електродвигуни вальців; 7 – клинопасова передача; 8 – важіль; 9 – перегородка; 10 – електродвигун шнека-змішувача; 11 – латр; 12 – трансформатор; 13 – тахометр; 14 – вимірювальний комплект К-51; 15 – ватметр.

Дана установка працює наступним чином.

Перед початком роботи необхідно переконатися в тому, що закрита дозувальна заслінка. В іншому випадку зерно потрапить між вальцями і станеться заклинювання. Так само в бункері необхідно встановити потрібну кількість перегородок на певній відстані один від одного, щоб отримати однакові умови дозування з отриманих таким чином секцій. Потім в секції засипають компоненти

вручну або механізовано, якщо машина працює в складі технологічної лінії. Потім включають в роботу установку, відкриваючи дозувальну заслінку бункера. Компоненти висипаються з бункера і потрапляють між вальцями. Тут вони плющатся і далі надходять в шнек-змішувач, де перемішуються і подаються на вивантаження.

3.3 Результати дослідження продуктивності бункера-дозатора в залежності від відкриття дозуючої заслінки

Результати отримані в ході експериментальних досліджень, представлені на рисунку 3.4, що представлені у вигляді графічної залежності продуктивності бункера-дозатора Q_0 (т/год) від величини відкриття дозувальної заслінки a (мм). Аналізуючи цю залежність можна зробити наступні висновки, а саме зі збільшенням відкриття дозуючої заслінки продуктивність зростає по лінійної залежності. При цьому продуктивність бункера на пшениці вище, ніж на ячмені або вівсі. Це пояснюється тим, що плинність зерна пшениці краще, ніж у зерна ячменю і вівса. Виходячи з цього, логічним виглядає і той факт, що продуктивність на суміші зерна пшениці і ячменю має середнє значення, так як в цьому випадку плинність усереднюється. З графічної залежності так само видно, що зі збільшенням відкриття заслінки з 7 до 11 мм продуктивність бункера збільшується для пшениці з 0,59 до 1,29 т/год, для ячменю цей показник варіюється з 0,38 до 1,09 т/год, а при поєднанні даних компонентів зростає з 0,45 до 1,18 т/год. Продуктивність бункера-дозатора на вівсі збільшується з 0,21 до 0,78 т/год. З урахуванням вищезгаданого продуктивність агрегату буде залежати від продуктивності бункера-дозатора, можна сказати, що отримані значення продуктивності бункера-дозатора і будуть продуктивністю агрегату.

Графічна залежність на рисунку 3.4 і всі наступні залежності, представлені в даному розділі, виконані в Excel 2016.

3.4 Результати досліджень продуктивності вальцового вузла і енергоємності процесу плющення

Результати досліджень представлені на рисунках 3.5 і 3.6 у вигляді графічних залежностей продуктивності Q_B (т/год) вальцового вузла від зазору Δ (мм) між вальцями і питомою енергоємністю q_{nut} (кВт-год/т) процесу плющення так само в залежності від зазору в вальцовому вузлі. З графічної залежності, представленої на рисунку 3.8 можна відзначити, що продуктивність вальцового вузла зі збільшенням зазору між вальцями збільшується за лінійним законом.

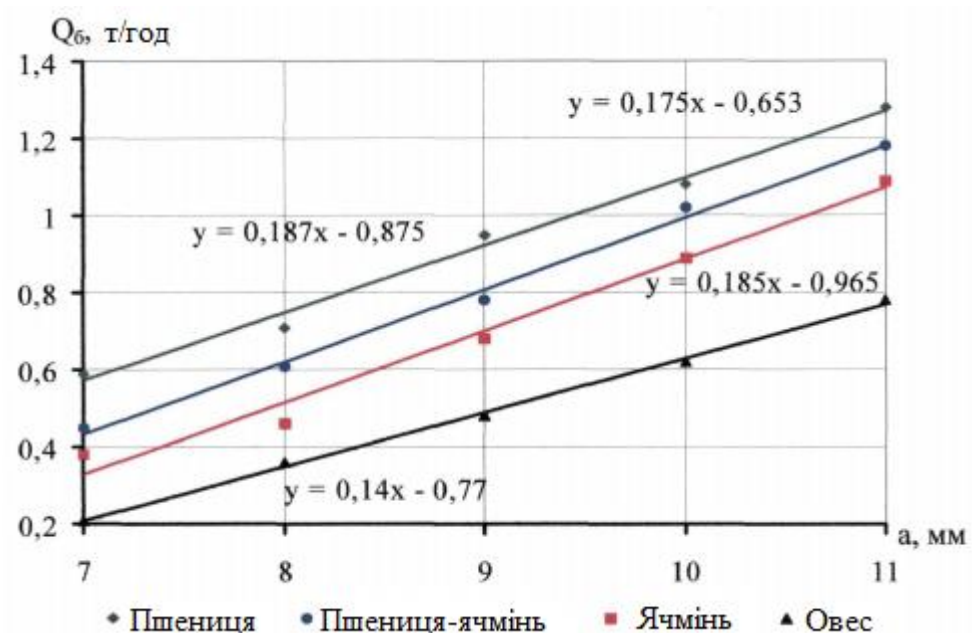


Рисунок 3.4 – Графічна залежність продуктивності Q_B бункера-дозатора від величини відкриття дозувальної заслінки a .

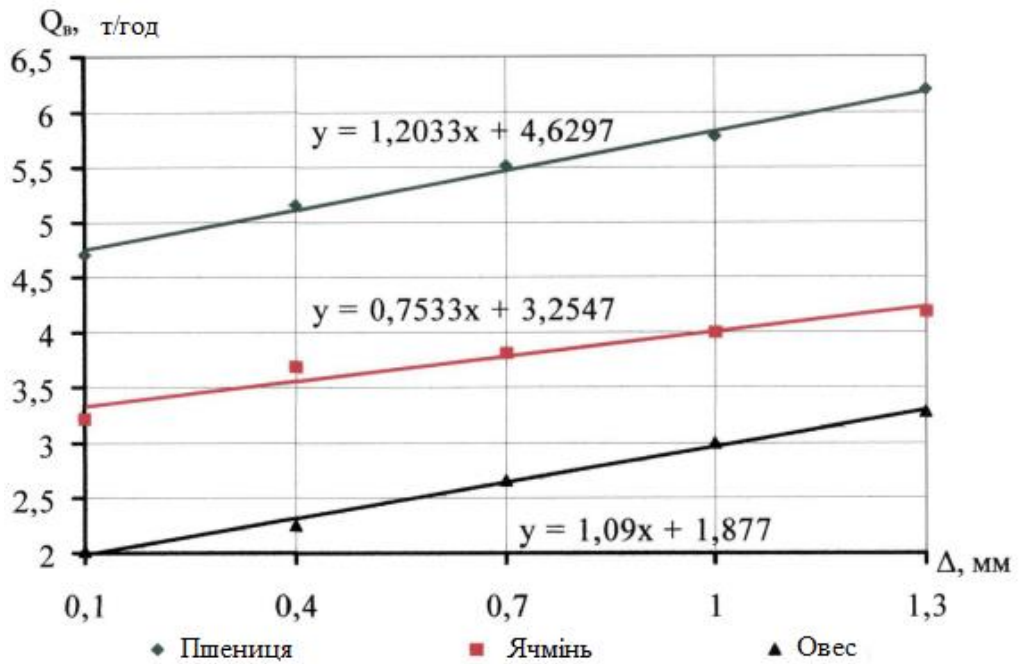


Рисунок 3.5 – Графічна залежність продуктивності вальцового вузла Q_B від зазору між вальцями Δ

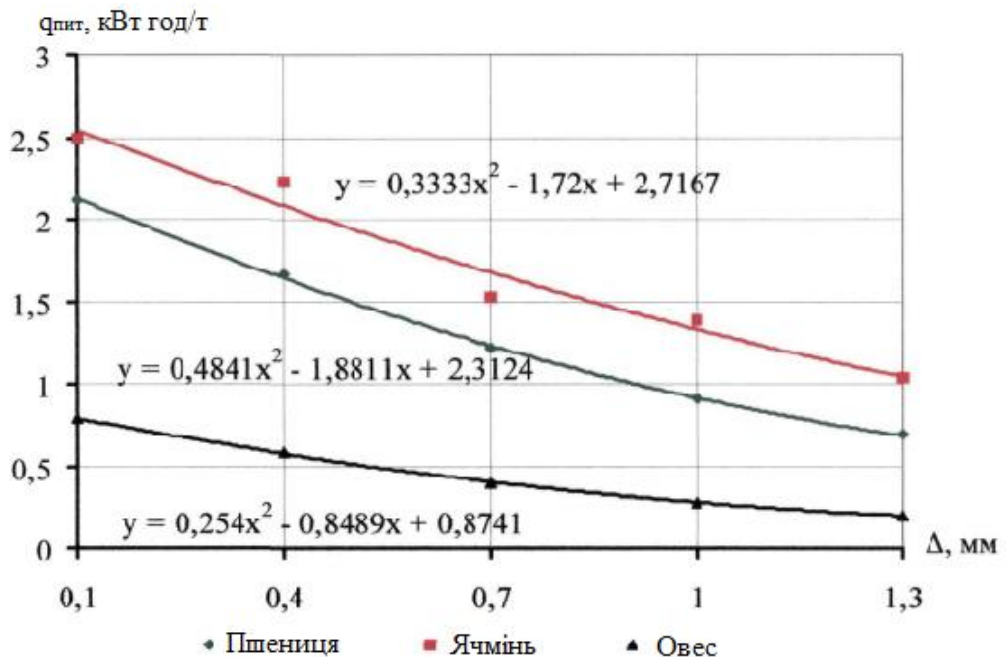


Рисунок 3.6 – Графічна залежність питомої енергоємності $q_{пит}$ від зазору між вальцями Δ

З залежності так само видно, що продуктивність вальцового вузла на пшениці вище, ніж на ячмені або вівсі. Це пояснюється тим, що об'ємна маса зерна пшениці більше, ніж зерна ячменю або вівса. Внаслідок цього в зазор між вальцями потрапляє більша за масою кількість зерна пшениці, ніж ячменю або

вівса. Але продуктивність на ячмені у порівнянні з вівсом також вище. Так при збільшенні зазору з 0,1 до 1,3 мм продуктивність на пшениці зростає з 4,71 до 6,2 т/год, на ячмені – з 3,22 до 4,19 т/год, а на вівсі – з 2,2 до 3,28 т/год. Аналізуючи залежність, представлену на рисунку 3.6, можна відзначити наступне. Енергоємність процесу плющення зі збільшенням зазору між вальцями знижується. З залежності так само видно, що витрати енергії на плющення зерна пшениці менше, ніж ячменю, але більше, ніж вівса. Найменші витрати енергії спостерігаються при плющенні вівса. Це пояснюється тим, що зусилля на руйнування зерен ячменю більше, ніж пшениці, а зусилля руйнування зерна пшениці більше, ніж вівса. При збільшенні зазору між вальцями з 0,1 до 1,3 мм енергоємність на плющення у пшениці знижуються з 2,12 до 0,69 кВт-год/т, у ячменю – з 2,5 до 1,04 кВт-год/т, а у вівса – з 0,79 до 0,2 кВт-год/т.

3.5 Результати досліджень коефіцієнта варіації суміші

Результати досліджень коефіцієнта варіації представлені у вигляді графічних залежностей на рисунках 3.7, 3.8 і 3.9. На рисунку 3.7 представлена залежність коефіцієнта варіації ν (%) від довжини змішувальної частини L_c (мм) для різних кутів повороту лопатей змішувача α_n (град) щодо осі вала. На рисунку 3.8 представлена залежність коефіцієнта варіації ν (%) від кута повороту лопатей змішувача α_n (град) для мінімально отриманої довжини змішувальної частини, а на рисунку 3.9 представлена залежність коефіцієнта варіації ν (%) від частоти обертання n (об/хв) шнека-змішувача для різних кутів повороту лопатей змішувача α_n (град).

Аналізуючи залежність, представлену на малюнку 3.7, слід зазначити наступне. Зі збільшенням довжини змішувальної частини коефіцієнт варіації зменшується, тобто спостерігається поліпшення однорідності суміші. Це явище притаманне кожному куту повороту лопатей. Але поліпшення відбувається тільки до певної довжини (критичної), після якої починається процес сегрегації.

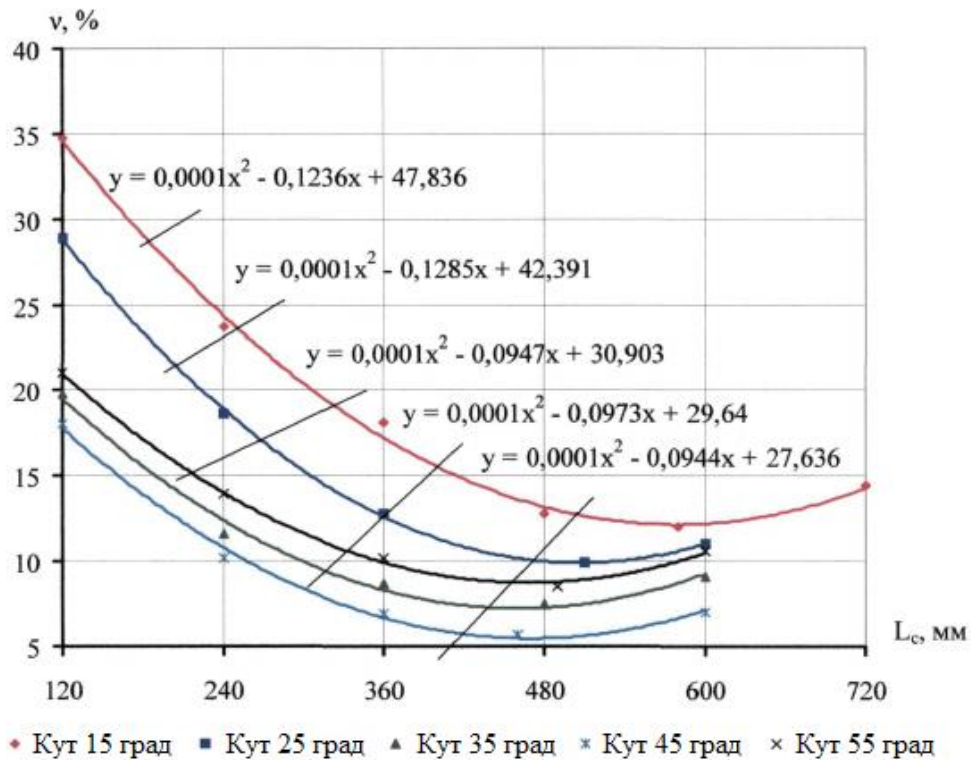


Рисунок 3.7 – Графічна залежність коефіцієнта варіації v від довжини змішувача L_c для різних кутів повороту лопатей α_l

Поліпшення коефіцієнта варіації спостерігається так само і зі збільшенням повороту лопатей від 15 градусів до 45 градусів. При 55 градусах значення коефіцієнта варіації знову погіршується. Такий результат можна пояснити виходячи з наступного. Перше – зі збільшенням кута повороту лопатей осьова швидкість переміщення матеріалу в змішувачі зростає. Друге – захоплені лопатями порції суміші так само збільшуються. Внаслідок цього інтенсивність перемішування компонентів зростає і в результаті суміш готується більш високої якості і швидше, тобто довжина змішувача виходить коротша (про що йшлося вище). Коли ж кут стає більше 45 градусів, то осьова швидкість знову знижується. Це пояснюється тим, що матеріал в даному випадку переміщається більше в радіальному напрямку, ніж в осьовому. І тому якість суміші погіршується. Слід так само відзначити, що результати для кутів 35 і 55 градусів приблизно однакові. Це свідчить, про те, що і осьові швидкості при таких кутах приблизно теж однакові.

Аналізуючи отримані результати видно, що довжина змішувальної частини 580 мм, відповідна куту повороту лопаті 15 градусів, скоротилася до 460 мм для кута 45 градусів. З залежності так само видно, що при куті повороту лопатей 15 градусів зі збільшенням довжини змішувальної частини з 120 мм до 580 мм значення коефіцієнта варіації знижується з 34,7 до 12 %. При куті повороту лопатей 45 градусів зі збільшенням довжини змішувальної частини з 120 до 460 мм значення коефіцієнта варіації знижується з 18 до 5,7 %. У підсумку найкращу якість суміші ($v = 5,7\%$) було досягнуто при куті повороту лопатей 45 градусів і довжині змішувача 460 мм. Дане значення коефіцієнта варіації за зоотехнічними вимогам відповідає добрій якості змішування.

Якщо аналізувати рисунок 3.8, то з нього видно, як змінюється коефіцієнт варіації в залежності від кута повороту лопатей. Відбувається його зниження з 13,8 % при куті 15 градусів до 5,7 % при куті 45 градусів. Подальше збільшення кута повороту лопатей до 55 градусів призводить до збільшення значення коефіцієнта варіації до 9 %, що свідчить про погіршення якості змішування. При цьому слід зазначити, що залежність була побудована для довжини змішувача 460мм.

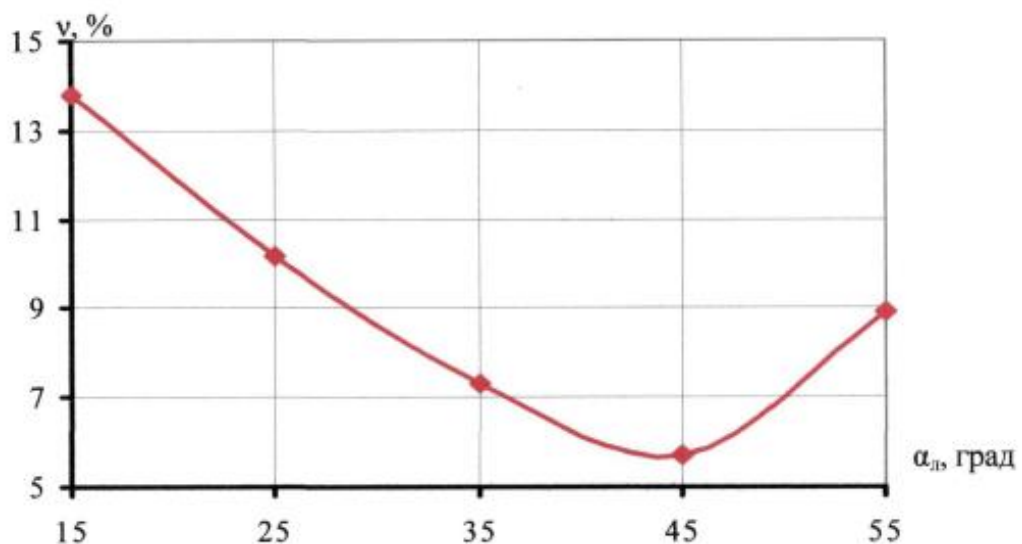


Рисунок 3.8 – Графічна залежність коефіцієнта варіації v від кута повороту лопатей α_n (довжина змішувальної частини 460 мм).

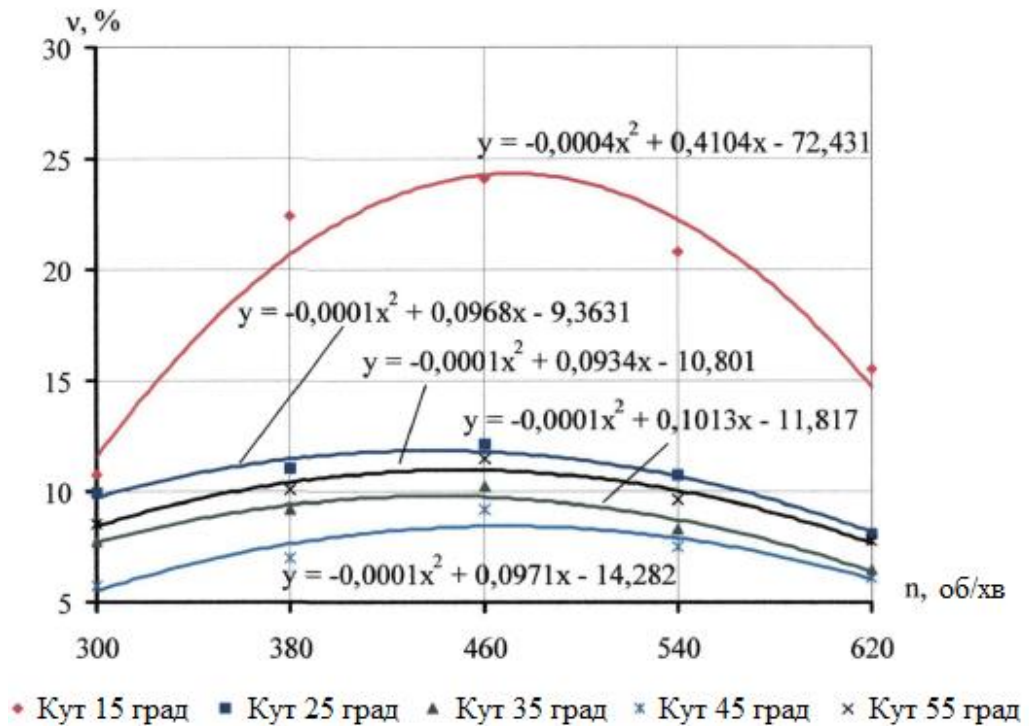


Рисунок 3.9 – Графічна залежність коефіцієнта варіації v від частоти обертання n шнека-змішувача для різних кутів повороту лопатей α_n .

Аналізуючи графічну залежність, представлену на рисунку 3.9, відзначаються два факти. Перший, що зі збільшенням кута повороту лопатей поліпшується якість суміші. Другий, що до частоти обертання 460 об/хв коефіцієнт варіації збільшувався, а потім його значення знову знижувалося. Дану зміну коефіцієнта варіації можна пояснити наступним чином. Зі збільшенням частоти обертання до 460 об/хв збільшується не тільки кругова швидкість, але і осьова швидкість руху частинок, що змішуються. В результаті цього процес змішування стає більш інтенсивним і повноцінна суміш утворюється швидше, тобто час, що витрачається на приготування суміші, знижується. Як вже вище зазначалося, цьому відповідає певна довжина змішувача. З усього вище сказаного можна зробити висновок, що для підвищення частоти обертання потрібна менша довжина шнека для виходу готової суміші. А так як відбір всіх проб відбувався на довжині шнека-змішувача, рівній 300 об/хв, то відповідно суміш, що відбирається при цій довжині піддалася процесу сегрегації. Але це ж і є доказом того, що зі збільшенням частоти коефіцієнт варіації зменшується. Однак збільшувати

частоту обертання до нескінченності не можна. Про це свідчить зниження коефіцієнта варіації після точки відповідній частоті обертання 460 об/хв. Подальше збільшення частоти веде до того, що зростає відцентрова сила, що діє на частки в змішувачі. В результаті частинки притискаються до стінок корпусу змішувача, а інтенсивність процесу змішування знижується. Таким чином, частота обертання 460 об/хв є критичною для даного змішувача.

В процесі експериментальних досліджень шнека-змішувача приділялася увага і витратам енергії. Для цього в електричну схему живлення двигуна шнека-змішувача був підключений ватметр 15 (рис. 3.3). Як показали спостереження, витрати енергії при роботі шнека-змішувача під навантаженням практично не відрізняються від роботи на холостому ході. Більшою мірою витрата енергії залежить від частоти обертання шнека-змішувача. На рисунку 3.13 представлена графічна залежність споживаної енергії $N_{шс}$ (Вт) шнеком-змішувачем в залежності від частоти його обертання n об/хв.

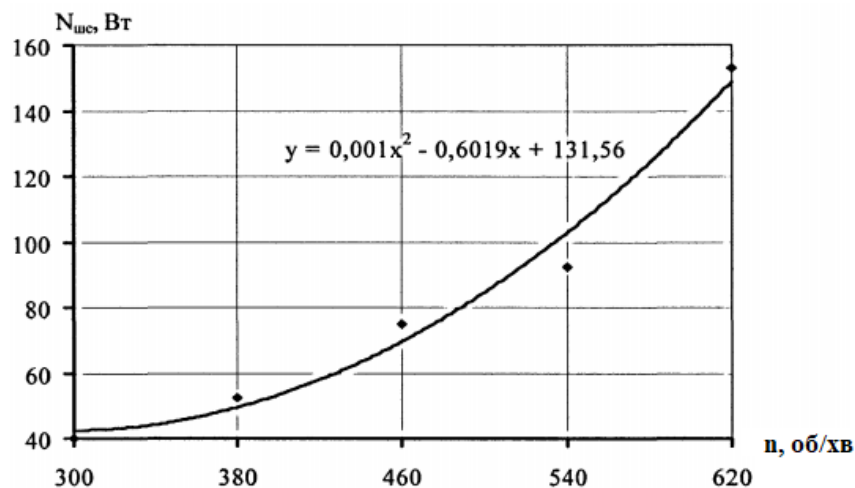


Рисунок 3.10 – Графічна залежність витрат енергії $N_{шс}$ шнеком-змішувачем від частоти його обертання n .

Аналізуючи залежність представлену на рисунку 3.10, можна відзначити, що зі збільшенням частоти обертання шнека-змішувача споживана ним енергія зростає. Витрати енергії зростають з 40 Вт при частоті обертання шнека-змішувача 300 об/хв до 153 Вт при частоті обертання 620 об/хв.

Висновки за розділом

В результаті експериментальних досліджень процесу приготування комбікорму можна зробити наступні висновки:

1. Комбікормовий агрегат для приготування сухих комбікормів повинен містити бункер-дозатор, вальцовий вузол і розташований під ним вивантажний шнек-змішувач. Його робочий процес повинен бути організований таким чином, щоб продуктивність вивантажувального шнека-змішувача була більше вальцового вузла, а продуктивність останнього була більше продуктивності бункера-дозатора

2. Встановлено, що зі збільшенням відкриття дозуючої заслінки бункера-дозатора з 7 мм до 11 мм його продуктивність зростає для пшениці з 0,59 до 1,29, для ячменю – з 0,38 до 1,09, для вівса – з 0,21 до 0,78 т/год, а для суміші пшениці і ячменю з 0,45 до 1,18 т/год.

3. Встановлено, що збільшення зазору між вальцями з 0,1 до 1,3 мм призводить до зростання продуктивності вальцового вузла на пшениці з 4,71 до 6,2, на ячмені – з 3,22 до 4,19, а на вівсі – з 2,02 до 3,28 т/год. Одночасно з цим знижується питома енергоємність процесу плющення на пшениці з 2,12 до 0,69, на ячмені – з 2,5 до 1,04, а на вівсі – з 0,79 до 0,2 кВт-год/т.

4. Встановлено, що кут повороту лопатей, довжина змішувальної частини шнека-змішувача і його частота обертання впливають на коефіцієнт варіації, тобто на якість суміші. Так при куті повороту лопатей 15 градусів збільшення довжини змішувальної частини з 120 мм до 580 мм призводить до зниження значення коефіцієнта варіації з 34,7 до 12 %. В результаті збільшення довжини з 120 мм до 460 мм при куті повороту лопатей 45 градусів коефіцієнт варіації знижується з 18 до 5,7 %. Також встановлено, що збільшення кута повороту лопатей з 15 градусів до 45 градусів при довжині змішувальної частини 460 мм призводить до зниження коефіцієнта варіації з 13,8 до 5,7 %. Подальше збільшення кута повороту до 55 градусів призводить до зростання коефіцієнта варіації до 9 %.

5. Встановлено, що частота обертання шнека-змішувача 460 об/хв є для нього критичною, а з ростом частоти обертання до цього значення коефіцієнт варіації буде збільшуватися.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

4.1 Розробка карти безпеки праці

Карта безпеки праці під час виробництва розсипних комбікормів – це документ, який визначає правила та заходи щодо забезпечення безпеки праці працівників, які виконують роботи, пов'язані з виробництвом комбікормів. Вона включає інформацію про потенційні небезпеки, засоби їхнього уникнення, а також інструкції з реагування у разі виникнення небезпечних ситуацій. Загальний вигляд карти приведений на рисунку 4.1.

Картка безпеки праці під час виробництва розсипних комбікормів	
1. Загальні положення Пилові вибухи та утворення пилу. Контакт із токсичними речовинами (добавки, компоненти комбікормів). Механічні травми від обладнання (подрібнювачі, конвеєри, змішувачі тощо). Шум і вібрація від обладнання. Підвищена температура та можливість пожежі	2. Організаційні заходи безпеки Інструктажі з охорони праці (вступний, первинний, повторний, цільовий). Дотримання норм технологічного процесу. Розробка плану евакуації та навчання працівників правилам поведінки під час аварійних ситуацій.
3. Технічні заходи Використання пиловловлювальних систем. Обладнання повинно бути оснащено захисними кожухами та аварійними вимикачами. Регулярна перевірка стану обладнання.	
4. Індивідуальні засоби захисту (ІЗЗ) Респіратори для захисту від пилу. Захисні окуляри, рукавички, спецодяг. Беруші або навушники для захисту від шуму.	
5. Пожежна безпека Забезпечення приміщень первинними засобами пожежогасіння (вогнегасники, піщані ящики, пожежні рукави). Дотримання норм зберігання горючих матеріалів. Проведення перевірки електрообладнання на предмет несправностей.	6. Дії у разі нештатних ситуацій План дій під час аварій, пожеж або вибухів. Надання першої медичної допомоги постраждалим. Сповіщення керівництва та аварійних служб.
Оформлення карти Карта безпеки праці повинна бути: - чіткою та зрозумілою для працівників; - розташованою в доступному для ознайомлення місці; - регулярно оновлюватися відповідно до змін у виробничих процесах чи законодавстві.	
Ця карта має бути адаптована відповідно до специфіки підприємства, наявного обладнання та місцевих нормативів охорони праці!!!	

Рисунок 4.1 – Карта безпеки праці для операторів технологічних ліній із виробництва розсипних комбікормів

4.2 Шляхи утилізації відходів комбікормового виробництва

Утилізація відходів комбікормів з додаванням молочної сироватки потребує дотримання екологічних норм і технологій, які дозволяють мінімізувати негативний вплив на довкілля та водночас використовувати ці відходи з користю. Ось основні підходи до утилізації:

1. Використання у сільському господарстві.

Корм для тварин – відходи комбікормів із молочною сироваткою можуть бути використані для годівлі певних видів тварин (наприклад, свиней або рогатої худоби). Перед цим необхідно оцінити їх склад, безпечність і поживну цінність.

Компостування – змішування відходів з органічними матеріалами для виробництва добрив. Молочна сироватка забезпечує додаткові поживні речовини, що прискорюють розкладання органіки.

2. Біогазові установки.

Переробка у біогаз – відходи комбікормів з молочною сироваткою є добрим субстратом для анаеробного бродіння. Це дозволяє отримувати біогаз (метан) для енергетичних потреб і залишкову біомасу, яка може бути використана як добриво.

3. Технології сушки.

Відходи можна висушувати для зменшення об'єму і підвищення зручності транспортування. Після сушки вони можуть використовуватися як:

- компонент у виробництві альтернативних видів палива (пелетів);
- додаток до органічних добрив.

4. Використання у рибному господарстві.

Відходи з молочною сироваткою можуть бути перероблені в корм для риб, якщо їх склад відповідає нормам безпеки для аквакультури.

5. Екологічна утилізація.

У разі неможливості повторного використання відходи підлягають екологічно безпечній утилізації:

- спалювання у спеціалізованих установках з очищенням димових газів;
- захоронення на ліцензованих полігонах для органічних відходів.

Рекомендації та нормативи.

1. Контроль складу відходів – відходи комбікормів з молочною сироваткою можуть містити органічні речовини, які швидко псуються і спричиняють забруднення. Перед утилізацією необхідно провести аналіз на наявність токсинів, пестицидів чи антибіотиків.

2. Дотримання місцевих екологічних вимог – процес утилізації має відповідати нормам охорони навколишнього середовища, зокрема щодо викидів, скидів у ґрунт або водойми.

3. Впровадження сучасних технологій – рекомендується використовувати інтегровані підходи до утилізації (наприклад, біогазові установки у поєднанні з компостуванням).

Застосування зазначених методів дозволить ефективно утилізувати відходи комбікормів із додаванням молочної сироватки, зменшити їх екологічний вплив і навіть отримати економічну вигоду.

Висновки за розділом

В даному розділі кваліфікаційної було розроблено карту безпеки для операторів лінії виробництва розсипних комбікормів та визначені шляхи утилізації відходів комбікормового виробництва.

5 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

5.1 Організація проведення дослідження

Технологія виробництва комбікормів із застосуванням вторинних ресурсів переробки молока дозволяє суттєво знизити витрати зерна, поліпшити якість і комбікормів та виключити з рецептури сіль кухонну.

Перелік робіт, що включає етапи дослідження представлений у таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – План проведення дослідження

Шифр робіт $i-j$	Найменування робіт	Тривалість робіт t_{ij} , днів
1-2	Вибір та обґрунтування напрямку досліджень	2
2-3	Літературний пошук та написання літературного огляду	7
3-4	Розробка плану проведення досліджень	3
4-5	Робота з методиками проведення наукових досліджень	5
5-6	Підготовка дослідних зразків зернової сировини та солоної молочної сироватки	5
6-7	Підготовка дослідного устаткування	3
7-8	Дослідження якості зернової сировини, використовуваної для виробництва комбікормів, дослідження якості молочної сироватки	7
7-9	Дослідження хімічного складу солоної молочної сироватки	6
7-10	Дослідження впливу солоної молочної сироватки на фізико-механічні властивості комбікормів при зберіганні	6
7-11	Вплив солоної молочної сироватки на відносну біологічну цінність комбікормів	6
8-12	Обробка даних експериментальних дослідження	1
9-12		1
10-12		1
11-12		1
12-13	Підготовка матеріалу для публічного оприлюднення	10
Всього		65

Отже, для виконання всіх завдань та реалізації цілей магістерської роботи знадобиться 65 днів.

5.2 Витрати, пов'язані з проведенням дослідження

Витрати, що виникають у процесі проведення дослідження, визначаються за допомогою кошторису витрат. До них входять: витрати на матеріали, електроенергію, нарахування на заробітну плату, амортизацію та накладні витрати.

Витрати на основні та побічні матеріали розраховують за формулою:

$$M = \sum m_i \cdot C_i, \quad (5.1)$$

де m_i – кількість витраченого i -го матеріалу;

C_i – ціна одиниці i -го матеріалу, грн.

В таблиці 5.2 наведено результати розрахунку витрат на матеріали.

Таблиця 5.2 – Кількість та вартість основних матеріалів

Найменування, одиниці	Кількість	Ціна, грн.	Сума, грн.
Ячмінь, кг	20	5,30	106,00
Овес, кг	20	4,80	96,00
Пшениця, кг	20	5,80	116,00
Всього			318,00

Заробітна плата осіб, які брали участь у дослідженнях, представлена в таблиці 5.3.

Таблиця 5.3 – Розрахунок витрат на заробітну плату

Посада	Середньомісячний заробіток, грн.	Середньочасовий заробіток, грн.	Кількість людино-годин	Сума, грн.
Дипломний керівник	8300	49,41	15	741,15
Всього				741,15

Нарахування на заробітну плату розраховують за формулою:

$$H = \frac{741,15 \cdot 22}{100} = 163,05 \text{ грн.}$$

Витрати на спожиту електроенергію розраховуються за наступною формулою:

$$E = M \cdot K \cdot T \cdot a, \quad (5.2)$$

де M – потужність встановленого електрообладнання, кВт;

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

T – час роботи на установці, год;

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

Затрати енергії на роботу сушильної шафи:

$$E_{\text{суш.шафа}} = 2,4 \cdot 0,9 \cdot 24 \cdot 4,68 = 242,61 \text{ грн.}$$

Затрати енергії на роботу подрібнювача-змішувача:

$$E_{\text{подр.зміш.}} = 1,8 \cdot 0,9 \cdot 18 \cdot 4,68 = 136,47 \text{ грн.}$$

Затрати енергії на комп'ютер:

$$E_{\text{комп}} = 0,9 \cdot 0,9 \cdot 112 \cdot 4,68 = 424,57 \text{ грн.}$$

Загальні витрати електроенергії:

$$E_{\text{заг}} = E_{\text{суш.шафа}} + E_{\text{подр.зміш.}} + E_{\text{комп}} = 242,61 + 136,47 + 424,57 = 803,65$$

Витрати на амортизацію обладнання визначаються за формулою:

$$A = \frac{\Phi \cdot H \cdot t}{100 \cdot 12}, \quad (5.3)$$

де A – амортизаційні відрахування, грн.;

Φ – вартість устаткування, грн.;

H – річна норма амортизації, %;

t – тривалість проведення дослідження на устаткуванні, днів;

365 – кількість днів у році.

Результати обчислень витрат на амортизацію представлені в таблиці 5.4.

Таблиця 5.4 – Результати обчислень витрат на амортизацію

Устаткування	Вартість, грн.	Річна норма амортизації, %	Тривалість роботи, днів	Витрати на амортизацію, грн.
Сушильна шафа	8300,00	15	4	13,64
Подрібноувач-змішувач	5440,00	15	3	6,70
Персональний комп'ютер	11000,00	24	14	101,26
Всього				121,60

Накладні витрати пов'язані з проведенням досліджень складають:

$$\frac{(741,15 \cdot 80)}{100} = 592,92 \text{ грн.}$$

В таблиці 5.5 наведено кошторис витрат на проведення дослідження.

Таблиця 5.5 – Зведений кошторис витрат

Витрати	Сума, грн.
Основні матеріали	318,00
Заробітна плата	741,15
Нарахування на заробітну плату	163,05
Електроенергія	803,65
Амортизація	121,60
Накладні витрати	592,92
Всього	2740,22

Згідно аналізу, найбільшу частку витрат становлять витрати на заробітну плату і витрати на електроенергію.

5.3 Розрахунок вартості дослідження

Ціна досліджень визначається за формулою:

$$Ц = C + \frac{P \cdot C}{100}, \quad (6.4)$$

де $Ц$ – розрахункова ціна дослідження, грн.;

C – розрахункові витрати дослідження, грн.;

P – рентабельність ($P = 30$), %.

$$Ц = 2740,22 + \frac{30 \cdot 2740,22}{100} = 3562,29 \text{ грн.}$$

Розрахункова ціна досліджень складає 3562,29 грн.

Висновки за розділом

Основні статті витрат під час дослідження включають витрати на заробітну плату та витрати на електроенергію, які становлять 741,15 грн і 803,65 грн відповідно. Загальна вартість дослідження з урахуванням 30 % нормативної рентабельності складає 3562,29 грн.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Встановлено, що числові значення показників фізико-механічних властивостей компонентів комбікормів залежать від їх вологості. При збільшенні вологості з 10 до 18 % об'ємна маса знижується у зерна пшениці з 790 до 749,6, зерна ячменю – з 705 до 693,4, зерна вівса – з 510 до 497 кг/м³; коефіцієнт тертя зерна різних культур збільшився відповідно для пшениці, ячменю і вівса з 0,41 до 0,5; з 0,4 до 0,45 і з 0,43 до 0,49; кут природного відкосу у пшениці зростає з 24,5 до 29,7, у ячменю – з 25,9 до 29, у вівса – з 24 до 29 градусів; кут захоплення зерна збільшується у пшениці з 23,2 до 24,5, у ячменю – з 22,1 до 24, у вівса – з 20,6 до 23,1 градусів; коефіцієнт плинності збільшується у вівса з 15,7 до 16,3, у ячменю – з 8,6 до 9,7, у пшениці – з 7,4 до 9,6, що говорить про погіршення процесу витікання матеріалу зі збільшенням вологості.

Зусилля руйнування зерна для різних кутів загострення впроваджуваного клина зменшується. Так при куті 180°, тобто при куті, близькому до дотичних робочих поверхонь вальців, зусилля руйнування при збільшенні вологості зерна з 10 до 18 % у ячменю знижується з 226 до 135, у пшениці – з 113,6 до 74, у вівса – з 102 до 65,1 Н. Зусилля руйнування при тому ж куті і стандартної вологості 14 % становить для пшениці 90,1, для ячменю – 171, для вівса – 81,4.

Технологічно необхідно, щоб робочий процес комбікормового агрегату відбувався за принципом потокової технологічної лінії, тобто продуктивність подальшого вузла, що входить до складу агрегату, повинна бути більше або дорівнювати продуктивності попереднього. Так продуктивність вальцового вузла повинна бути більше продуктивності бункера-дозатора, а продуктивність вивантажувального шнека-змішувача більше продуктивності вальцового вузла.

Встановлено, що продуктивність вальцового вузла зі збільшенням зазору між вальцями зростає для всіх видів зернових культур з одночасним зниженням питомих енерговитрат на процес їх плющення. Збільшення зазору між вальцями діаметром 100 мм і частотою їх обертання 760 об/хв з 0,1 до 1,3 мм призводить до зростання продуктивності вальцового вузла на пшениці з 4,71 до 6,2, на ячмені – з

3,22 до 4,19 , вівсі – з 2,02 до 3,28 т/год. Питомі енерговитрати на процес плющення пшениці знижуються з 2,12 до 0,69, ячменю – з 2,5 до 1,04, вівса – з 0,79 до 0,2 кВт-год/т.

Підтверджено, що раціональними конструктивно-технологічними і режимними параметрами шнека-змішувача слід вважати: кут повороту лопатей 45 градусів, довжина змішувальної частини 450 – 460 мм, частота обертання 330 – 340 об/хв при загальному діаметрі шнека-змішувача 90 мм. При цьому коефіцієнт варіації становив 5,7 %, що відповідає добрій якості змішування.

Розроблено карту безпеки для операторів лінії виробництва розсипних комбікормів та визначені шляхи утилізації відходів комбікормового виробництва.

Основні статті витрат під час дослідження включають витрати на заробітну плату та витрати на електроенергію, які становлять 741,15 грн і 803,65 грн відповідно. Загальна вартість дослідження з урахуванням 30 % нормативної рентабельності складає 3562,29 грн.

БІБЛІОГРАФІЯ

1. Визначення оптимального кінематичного режиму ситового класифікатора / Ф.Ю. Ялпачик, В.О. Олексієнко, С.О. Бровченко, Н.О. Фучаджи // Праці Таврійської державної агротехнічної академії. – Мелітополь: ТДАТА, 2002. – Вип. 7. – С. 3 – 10.
2. Гвоздєв В.О. Теорія імовірності, як спосіб визначення конструктивних параметрів гвинтового змішувача / В.О. Гвоздєв // Вісник аграрної науки Причорномор'я. – Миколаїв: Миколаївський ДАУ, 2005. – Вип.4(32). – С. 187 – 194.
3. Гвоздєв В.О. Розрахунок апаратів для змішування сипких харчових продуктів. / В.О. Гвоздєв, О.В. Гвоздєв, Ф.Ю. Ялпачик // Праці Таврійської державної академії. – Мелітополь: ТДАТА, 2005. – Вип.25. – С. 25 – 37.
4. Гвоздєв В.О. Визначення суттєвих факторів для подальшого вдосконалення шнекових змішувачів сипких компонентів. / В.О. Гвоздєв, Ф.Ю. Ялпачик // Вісник аграрної науки Причорномор'я. – Миколаїв: Миколаївський ДАУ, 2004. – Вип. 1(25). – С. 171 – 175.
5. Гвоздєв В.О. Визначення параметрів швидкісного гвинтового змішувача / В.О. Гвоздєв, Ф.Ю. Ялпачик // Вісник Львівського ДАУ “Агроінженерні дослідження”. – Львів, 2004. – № 8. – С. 236 – 242.
6. Гвоздєв В.О. Моделювання системи «кормова суміш – змішувач». / В.О. Гвоздєв, Ф.Ю. Ялпачик // Праці Таврійської державної агротехнічної академії. – Мелітополь: ТДАТА, 2005. – Вип. 34. – С. 112 – 120.
7. Гвоздєв О.В. Теоретичне обґрунтування параметрів швидкохідних гвинтових дозаторів сипучих матеріалів / Гвоздєв О.В., Мамонов Д.О., Гвоздєва Т.О. // Праці Таврійської державної агротехнічної академії. – Мелітополь: ТДАТА, 2005. – Вип. 25. – С. 87 – 91.
8. Гвоздєв В.О. Методологічні основи дослідження процесу плющення сипучих компонентів / В.О. Гвоздєв // Праці Таврійської державної агротехнічної академії. – Мелітополь: ТДАТА, 2006. – Вип.44. – С. 54–58.

9. Гунько І.В. Надійність систем та обґрунтування інженерних рішень / Гунько І.В., Спірін А.В., Холоднюк О.В. – Вінниця : ВДАУ, 2006. – 76 с.

10. Діордієв В.Т. Автоматизація процесів виробництва комбікормів в умовах реформованих господарств АПК / Діордієв В.Т. – Сімферополь : ДОЛЯ, 2004. – 138 с.

11. Погорілий Л.А., Ясенецький В.Х. Малогабаритні комбікормові агрегати за рубежом / Л.А. Погорілий, В.Х. Ясенецький // Техника АПК. – 1997. – №4. – С. 6 – 7.

12. Землеробська механіка. Інноваційні технології харчових виробництв / А.С. Кобець, С.П. Сокол, А.М. Пугач, Ю.О. Чурсінов, О.А. Півоваров, С.Ю. Миколенко, О.С. Ковальова, В.С. Калина, В.С. Кошулько, Д.О. Тимчак, Н.А. Сова, К.А. Худайбердієва. Дніпро: «Свідлер А.Л.». 2022. Том 4. 460 с. (наукова монографія, ISBN 978-617-627-174-1).

13. Півоваров О.А., Ковальова О.С., Кошулько В.С. Інноваційний інжиніринг в окремих галузях харчового виробництва / О.А. Півоваров, О.С. Ковальова, В.С. Кошулько. Дніпро: ФОП Обдимко О.С., 2022. 407 с.

14. Nykyforov, A., Antoshchenkov, R., Halych, I., Kis, V., Polyansky, P., Koshulko, V., Tymchak, D., Dombrovska, A., Kilimnik, I. (2022). Construction of a regression model for assessing the efficiency of separation of lightweight seeds on vibratory machines involving measures to reduce the harmful influence of the aerodynamic factor. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2 (1 (116)), 24–34. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.253657> (Scopus).

15. Подпратов Г.І., Рожко В.І., Скалецька Л.Ф. Технологія зберігання та переробки продукції рослинництва: підручник. К. : Аграрна освіта, 2014. 393 с.

16. Дудяк І. Д., Туз М. С. Технологія виробництва борошна, круп і комбікорму : методичні рекомендації щодо виконання лабораторних робіт для здобувачів вищої освіти ступеня «магістр» спеціальності 201 «Агрономія» денної форми навчання. Миколаїв, 2015. 139 с.

17. Механізація переробки та зберігання сільськогосподарської продукції: курс лекцій / Н.І. Хомик, В.П. Олексюк, О.П. Цьонь. Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2016. 288с.

18. Богомолів О.В. Управління якістю переробних і харчових виробництв/ О.В. Богомолів, О.І. Шаповаленко, О.М. Сафонова, [та ін.]: Навч. посібник. Харків: «Еспада». 2006. 296с.

19. Маковецька Ю. Сучасне керування відходами відповідно до принципів циркулярної економіки. Посібник курсу ZWA deep level, 2021. 140 с. Режим доступу: [https://zerowastekharkiv.org.ua/wp-content/uploads/2021/12/posybnic-
lekciye-book-5.pdf](https://zerowastekharkiv.org.ua/wp-content/uploads/2021/12/posybnic-
lekciye-book-5.pdf)

20. Інноваційні методи обробки продовольчої сировини / С.Ю. Миколенко, О.В. Гончарова, А.М. Пугач, А.В. Купченко, В.С. Кошулько, Я.В. Гезь: Монографія. Дніпро: Журфонд, 2017. 224 с.

21. Тертишний О.О., Півоваров О.А., Кошулько В.С. Механічні процеси та обладнання харчових виробництв. Навчальний посібник. Дніпро: ДДАЕУ, 2022. 351 с.

22. Дяченко Л.С. Основи технології комбікормового виробництва: навч. посібник / Л.С.Дяченко, В.С.Бомко, Т.Л.Сивик. Біла Церква, 2015. 306 с.

23. Дяченко, Л. С., Бомко, В. С., & Сивик, Т. Л. (2015). Основи технології комбікормового виробництва.

24. Гавриш, Т. В., Фоміна, І. М., & Боровікова, Н. О. (2024). Біотехнологічні процеси у зернопереробній галузі: навчально-методичний посібник.

25. Кобець, А. С., Чурсінов, Ю. О., Черних, С. А., Сабадаш, М. П., Грекова, Н. В., & Канунніков, В. П. (2014). Машини і обладнання для зберігання та комплексної обробки зерна.

26. Півоваров О.А., Ковальова О.С., Кошулько В.С. Інноваційний інжиніринг в окремих галузях харчового виробництва. Дніпро: ФОП Обдимко О.С., 2022. 407 с.

27. Пузік, Л. М., Гавриш, Т. В., Фоміна, І. М., & Боровікова, Н. О. (2024). Безпека продукції зернопереробних виробництв: навчально-методичний посібник.
28. Бомко, В. С., Сиваченко, Є. В., & Сметаніна, О. В. (2023). Корми і кормові добавки та ефективність їх використання в годівлі тварин. <http://rep.btsau.edu.ua/handle/BNAU/8420>
29. Горач, О. О., Чурсіна, Л. А., & Домбровська, О. П. (2021). Інноваційні напрями використання насіння льону олійного та екологічна безпека харчової продукції. Формування нової парадигми розвитку агропромислового сектору в ХХІ столітті, 593-619.
30. Марченков, Ф. (2016). Кормові добавки-необхідність сучасних технологій. Сучасне птахівництво, (5-6), 162-163.
31. Єгоров, Б. В., & Чернега, І. С. (2018). Переробка побічних продуктів консервної промисловості в кормові добавки.
32. Левицький, Т. Р. (2013). Загальні підходи до оцінки безпечності кормових добавок. Науково-технічний бюлетень Інституту біології тварин і Державного науково-дослідного контрольного інституту ветпрепаратів та кормових добавок, (14, № 3-4), 301-308.
33. Головня Н.В., Мелікова К.С., Іщенко О.С., Ковальова О.С. Перспективи використання пророщеного зерна під час виробництва комбікорму. Збірник тез II Всеукраїнської науково-практичної конференції «Органічне агровиробництво: освіта і наука». 31 жовтня 2019 року, Науково-методичний центр ВФПО. Київ, 2019. С.154-155.
34. Chandan, R. C. (2011). Dairy ingredients for food processing: an overview. Dairy ingredients for food processing, 3-33. <https://doi.org/10.1002/9780470959169>
35. Guyomarc'h, F., Arvisenet, G., Bouhallab, S., Canon, F., Deutsch, S. M., Drigon, V., ... & Gagnaire, V. (2021). Mixing milk, egg and plant resources to obtain safe and tasty foods with environmental and health benefits. Trends in Food Science & Technology, 108, 119-132. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.12.010>
36. Hoppe, C., Andersen, G. S., Jacobsen, S., Mølgaard, C., Friis, H., Sangild, P. T., & Michaelsen, K. F. (2008). The use of whey or skimmed milk powder in

fortified blended foods for vulnerable groups. *The Journal of nutrition*, 138(1), 145S-161S. <https://doi.org/10.1093/jn/138.1.145S>

37. Vasta, V., Nudda, A., Cannas, A., Lanza, M., & Priolo, A. (2008). Alternative feed resources and their effects on the quality of meat and milk from small ruminants. *Animal Feed Science and Technology*, 147(1-3), 223-246. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2007.09.020>

38. Jafari, S. M., Vakili, S., & Dehnad, D. (2019). Production of a functional yogurt powder fortified with nanoliposomal vitamin D through spray drying. *Food and Bioprocess Technology*, 12, 1220-1231. <https://doi.org/10.1007/s11947-019-02289-9>

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

40. Morand-Fehr, P., Fedele, V., Decandia, M., & Le Frileux, Y. (2007). Influence of farming and feeding systems on composition and quality of goat and sheep milk. *Small Ruminant Research*, 68(1-2), 20-34. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2006.09.019>

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

42. Helkar, P. B., Sahoo, A. K., & Patil, N. J. (2016). Review: Food industry by-products used as a functional food ingredients. *Int. J. Waste Resour*, 6(3), 1-6. <https://doi.org/10.1016/10.4172/2252-5211.1000248>

43. Lille, M., Nurmela, A., Nordlund, E., Metsä-Kortelainen, S., & Sozer, N. (2018). Applicability of protein and fiber-rich food materials in extrusion-based 3D printing. *Journal of Food Engineering*, 220, 20-27. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2017.04.034>

44. Чудак, Р. А., Побережець, Ю. М., Лютка, Г. І., & Купчук, І. М. (2021). Сучасні кормові добавки у годівлі птиці. Вінниця: Твори. 2021. 281 с.

45. Лотоцький, В. М. (2023). Кормові добавки та їх використання в годівлі тварин. In "Перші наукові кроки-2023" Всеукраїнська науково-практична конференція студентів та молодих науковців (14 квітня 2023).
46. Півоваров О.А., Ковальова О.С., Кошулько В.С. Інноваційний інжиніринг в окремих галузях харчового виробництва / О.А. Півоваров, О.С. Ковальова, В.С. Кошулько. Дніпро: ФОП Обдимко О.С., 2022. 407 с.
47. Nykyforov, A., Antoshchenkov, R., Halych, I., Kis, V., Polyansky, P., Koshulko, V., Tymchak, D., Dombrovska, A., Kilimnik, I. (2022). Construction of a regression model for assessing the efficiency of separation of lightweight seeds on vibratory machines involving measures to reduce the harmful influence of the aerodynamic factor. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2 (1 (116)), 24–34. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.253657> (Scopus).
48. Левицький, Т. Р. (2013). Загальні підходи до оцінки безпечності кормових добавок. Науково-технічний бюлетень Інституту біології тварин і Державного науково-дослідного контрольного інституту ветпрепаратів та кормових добавок, (14, № 3-4), 301-308.
49. Головня Н.В., Мелікова К.С., Іщенко О.С., Ковальова О.С. Перспективи використання пророщеного зерна під час виробництва комбікорму. Збірник тез II Всеукраїнської науково-практичної конференції «Органічне агровиробництво: освіта і наука». 31 жовтня 2019 року, Науково-методичний центр ВФПО. Київ, 2019. С.154-155.
50. Chandan, R. C. (2011). Dairy ingredients for food processing: an overview. *Dairy ingredients for food processing*, 3-33. <https://doi.org/10.1002/9780470959169>
51. Guyomarc'h, F., Arvisenet, G., Bouhallab, S., Canon, F., Deutsch, S. M., Drigon, V., ... & Gagnaire, V. (2021). Mixing milk, egg and plant resources to obtain safe and tasty foods with environmental and health benefits. *Trends in Food Science & Technology*, 108, 119-132. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.12.010>
52. Hoppe, C., Andersen, G. S., Jacobsen, S., Mølgaard, C., Friis, H., Sangild, P. T., & Michaelsen, K. F. (2008). The use of whey or skimmed milk powder in

fortified blended foods for vulnerable groups. *The Journal of nutrition*, 138(1), 145S-161S. <https://doi.org/10.1093/jn/138.1.145S>

53. Vasta, V., Nudda, A., Cannas, A., Lanza, M., & Priolo, A. (2008). Alternative feed resources and their effects on the quality of meat and milk from small ruminants. *Animal Feed Science and Technology*, 147(1-3), 223-246. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2007.09.020>

54. Jafari, S. M., Vakili, S., & Dehnad, D. (2019). Production of a functional yogurt powder fortified with nanoliposomal vitamin D through spray drying. *Food and Bioprocess Technology*, 12, 1220-1231. <https://doi.org/10.1007/s11947-019-02289-9>

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

56. Morand-Fehr, P., Fedele, V., Decandia, M., & Le Frileux, Y. (2007). Influence of farming and feeding systems on composition and quality of goat and sheep milk. *Small Ruminant Research*, 68(1-2), 20-34. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2006.09.019>

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

58. Helkar, P. B., Sahoo, A. K., & Patil, N. J. (2016). Review: Food industry by-products used as a functional food ingredients. *Int. J. Waste Resour*, 6(3), 1-6. <https://doi.org/10.1016/10.4172/2252-5211.1000248>

59. Lille, M., Nurmela, A., Nordlund, E., Metsä-Kortelainen, S., & Sozer, N. (2018). Applicability of protein and fiber-rich food materials in extrusion-based 3D printing. *Journal of Food Engineering*, 220, 20-27. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2017.04.034>

60. Чудак, Р. А., Побережець, Ю. М., Лютка, Г. І., & Купчук, І. М. (2021). Сучасні кормові добавки у годівлі птиці. Вінниця: Твори. 2021. 281 с.

61. Лотоцький, В. М. (2023). Кормові добавки та їх використання в годівлі тварин. In " Перші наукові кроки-2023" Всеукраїнська науково-практична конференція студентів та молодих науковців (14 квітня 2023).
62. Півоваров О.А., Ковальова О.С., Кошулько В.С. Інноваційний інжиніринг в окремих галузях харчового виробництва / О.А. Півоваров, О.С. Ковальова, В.С. Кошулько. Дніпро: ФОП Обдимко О.С., 2022. 407 с.
63. Nykyforov, A., Antoshchenkov, R., Halych, I., Kis, V., Polyansky, P., Koshulko, V., Tymchak, D., Dombrovska, A., Kilimnik, I. (2022). Construction of a regression model for assessing the efficiency of separation of lightweight seeds on vibratory machines involving measures to reduce the harmful influence of the aerodynamic factor. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2 (1 (116)), 24–34. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.253657> (Scopus).
64. Механізація переробки та зберігання сільськогосподарської продукції: курс лекцій / Н.І. Хомик, В.П. Олексюк, О.П. Цьонь. Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2016. 288с.
65. Богомолів О.В. Управління якістю переробних і харчових виробництв / О.В. Богомолів, О.І. Шаповаленко, О.М. Сафонова, [та ін.]: Навч. посібник. Харків: «Еспада». 2006. 296с.
66. Маковецька Ю. Сучасне керування відходами відповідно до принципів циркулярної економіки. Посібник курсу ZWA deep level, 2021. 140 с. Режим доступу: <https://zerowastekharkiv.org.ua/wp-content/uploads/2021/12/posybnic-lekciye-book-5.pdf>
67. Інноваційні методи обробки продовольчої сировини / С.Ю. Миколенко, О.В. Гончарова, А.М. Пугач, А.В. Купченко, В.С. Кошулько, Я.В. Гезь: Монографія. Дніпро: Журфонд, 2017. 224 с.
68. Тертишний О.О., Півоваров О.А., Кошулько В.С. Механічні процеси та обладнання харчових виробництв. Навчальний посібник. Дніпро: ДДАЕУ, 2022. 351 с.