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 і технічних засобів для сепарування зернових відходів

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

_____ Владислав МИХАЙЛИЧЕНКО

Керівник: _____ Олександр ПІВОВАРОВ

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

Михайличенку Владиславу Геннадійовичу

1. Тема роботи: «Обґрунтування технології і технічних засобів для сепарування зернових відходів».
Керівник роботи: Півоваров Олександр Андрійович, доктор технічних наук, професор, затверджені 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 первинної обробки та підготовки до переробки зерна злакових культур та обробки зернових відходів. 3 Нормативно-технологічна документація та правила ведення технологічних процесів на елеваторах. 4 Патенти та авторські свідоцтва.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити). Вступ. 1 Стан питання, мета та завдання досліджень. 2 Методи та обладнання для проведення досліджень. 3 Експериментальна частина. 4 Практична реалізація результатів досліджень. 5 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях. 6 Організаційно-економічна частина. Загальні висновки. Бібліографія.

5. Перелік демонстраційного матеріалу

1 Аналіз стану питання. 2 Мета та задачі досліджень. 3 Результати досліджень та їх аналіз. 4 Практична реалізація результатів досліджень. 5 Кошторис витрат на проведення досліджень. 6 Загальні висновки.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Посада, прізвище та ім'я консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1 – 4	професор ПІВОВАРОВ Олександр	12.11.2024	13.12.2024
5	професор ПІВОВАРОВ Олександр	12.11.2024	13.12.2024
6	професор ПІВОВАРОВ Олександр	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	Стан питання, мета та завдання досліджень	14.11-18.11.24	виконано
3	Методи та обладнання для проведення досліджень	19.11-20.11.24	виконано
4	Експериментальна частина	20.11-29.11.24	виконано
5	Практична реалізація результатів досліджень	02.12-03.12.24	виконано
6	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	04.12-05.12.24	виконано
7	Організаційно-економічна частина	06.12-09.12.24	виконано
8	Загальні висновки та список джерел посилання	10.12-11.12.24	виконано
9	Розробка та підготовка демонстраційного матеріалу	12.12.2024	виконано

Здобувач вищої освіти _____ Владислав МИХАЙЛИЧЕНКО
(підпис)

Керівник роботи _____ Олександр ПІВОВАРОВ
(підпис)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка магістерської роботи містить: 66 сторінок друкованого тексту, 27 рисунків та ілюстрацій, 15 таблиць та використано 49 літературних джерел посилань.

Метою роботи є виявлення основних напрямків і обґрунтування раціональної ресурсозберігаючої технологій і технічних засобів сепарації зернових відходів на підприємствах прийому, зберігання та переробки зерна, які забезпечують їхню високоефективну утилізацію.

Об’єкт досліджень – процес сепарування відходів зерна пшениці.

Предмет дослідження – встановлення закономірностей процесу сепарування зернових відходів з конструктивно-технологічними параметрами обладнання.

Аналіз роботи зерноочисних машин хлібоприймальних підприємств показав, що за останні роки при очищенні пшениці із зернової маси відокремлюється в основному зернові суміші і побічні продукти. Відходи І-й і ІІ-й категорії при очищенні зерна в потоці виходять рідко. Найчастіше їх виділяють при сортуванні зерносумішей і побічних продуктів. Відходи ІІІ-ї категорії получають у вигляді легких аспіраційних відносів.

При очищенні зерна на сепараторі виходять чотири фракції відходів: схід сортувальних сит; прохід підсівних сит; важкі аспіраційні відноси (осад в аспіраційних камерах) і легкі аспіраційні відноси.

Тенденція використання простих зерноочисних машин для сепарування відходів вичерпує свої можливості. Для якісної сепарації відходів з можливістю виділення колосків і відділення мінеральних домішок, необхідні нові сучасні технології сепарації зернових відходів, що забезпечують задані агровимоги з мінімалізаціїєю приведених витрат на сепарацію.

Ключові слова: ПШЕНИЦЯ, ВІДХОДИ, СЕПАРУВАННЯ, СКАЛЬПЕРАТОР, ТРАНСПОРТЕР, ЕФЕКТИВНІСТЬ, СИТО, ВОЛОГІСТЬ, ЗЕРНООЧИСНА МАШИНА, МІНЕРАЛЬНІ ДОМІШКИ.

ЗМІСТ

ВСТУП 7
1 СТАН ПИТАННЯ, МЕТА ТА ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ 10
1.1 Стан питання 10
1.2 Існуючі способи і технології доочистки відходів і побічних продуктів 13
Висновки за розділом 16
2 МЕТОДИ ТА ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ 18
2.1 Технологічні передумови формування зернових відходів 18
2.2 Методика відбору проб для аналізу зернових відходів 20
2.3 Опис використаного технологічного обладнання 22
Висновки за розділом 24
3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА 25
3.1 Результати досліджень основних технологічних властивостей відходів 25
3.2 Визначення поживної цінність відходів 30
3.3 Дослідження впливу конструктивно-технологічних параметрів транспортера-скальператора на ефективність процесу сепарування відходів 32
Висновки за розділом 41
4 ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ 42
4.1 Практична реалізація результатів досліджень 42
Висновки за розділом 49
5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ 50
5.1 Розробка карти безпеки праці оператора зерноочисного сепаратора 50
5.2 Шляхи утилізації відходів елеваторної промисловості 51
Висновки за розділом 52
6 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА 53
6.1 Організація проведення дослідження 53

6.2 Витрати, пов’язані з проведенням дослідження 54
6.3 Розрахунок вартості дослідження 57
Висновки за розділом 57
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ 58
БІБЛІОГРАФІЯ 60

ВСТУП

Виробництво зерна в Україні є найважливішою сферою, що впливає на ступінь забезпечення населення продовольством, рівня розвитку кормової бази для тваринництва, птахівництва і сировинної бази для ряду галузей промисловості.

Аналіз технологій виробництва, очищення зернових матеріалів дозволяє зробити висновок, що одним з важливих напрямків підвищення збору зерна є зниження його втрат при прийманні, зберіганні, виділення повноцінного зерна і зернових домішок із зернових відходів, одержуваних на підприємствах прийому, зберігання і переробки зерна (ППЗПЗ).

У період масового надходження зерна перед хлібоприймальними підприємствами постає завдання розміщення, зберігання і сортування відходів. Зазвичай їх розміщують на відкритих майданчиках, де вони зберігаються до підробітку і реалізації. За цей час відходи починають самозігріватися, втрачають свої якості. Часто розміщують разом відходи, отримані від підробки різних культур, з різними вологістю і вмістом корисного зерна, що веде до часткової або повної втрати поживних речовин, що містяться в них. Якщо врахувати, що відходи за вмістом поживних речовин наближаються до зернових кормів, як ячмінь, овес, кукурудза, то їх збереження представляє собою великий практичний інтерес.

Кількість відходів на хлібоприймальних підприємствах щорічно змінюється в досить широких межах і залежить від багатьох причин: від умов виробництва зерна, рівня агротехніки та заходів щодо зниження засміченості полів, від способу збирання та погодних умов під час неї.

Вміст корисного зерна у відходах на підприємствах АПК і на хлібоприймальних підприємствах залишається високим і в окремі роки кількість їх може бути значною, тому хлібоприймальні підприємства повинні мати все необхідне для повного збереження і ефективного їх використання.

При первинному очищенні зерна на зерноочисних машинах отримують дві фракції відходів. Перша фракція містить корисного зерна частіше до 2 %. При наявності в зерновій масі великої кількості зерен щуплих і поїдених, вміст корисного зерна в цій фракції може бути до 10 % і більше.

Друга фракція, отримана проходом через сито підсівне і сходом з сита сортувального, містить від 20 – 30 до 40 – 45 % корисного зерна.

Причому, сходом з сортувального сита виділяється по вазі від 30 до 50 % необмолочених колосків.

Аналіз роботи зерноочисних машин хлібоприймальних підприємств показав, що за останні роки при очищенні пшениці із зернової маси відокремлюється в основному зернові суміші і побічні продукти. Відходи I-й і II-й категорії при очищенні зерна в потоці виходять рідко. Найчастіше їх виділяють при сортуванні зерносумішей і побічних продуктів. Відходи III-ї категорії получають у вигляді легких аспіраційних відносів.

При очищенні зерна на сепараторі виходять чотири фракції відходів: схід сортувальних сит; прохід підсівних сит; важкі аспіраційні відноси (осад в аспіраційних камерах) і легкі аспіраційні відноси.

Тенденція використання простих зерноочисних машин для сепарування відходів вичерпує свої можливості. Для якісної сепарації відходів з можливістю виділення колосків і відділення мінеральних домішок, необхідні нові сучасні технології сепарації зернових відходів, що забезпечують задані агровимоги з мінімалізаціїєю приведених витрат на сепарацію.

Метою роботи є виявлення основних напрямків і обґрунтування раціональної ресурсозберігаючої технологій і технічних засобів сепарації зернових відходів на підприємствах прийому, зберігання та переробки зерна, які забезпечують їхню високоефективну утилізацію.

Завдання досліджень:

1. Виявити технологічні і технічні передумови формування зернових відходів, їх структуру.

2. Вивчити технологічні властивості і поживну цінність відходів, як об’єктів переробки та використання в харчовій промисловості і кормовиробництві.

3. Обґрунтувати вплив технологічних і конструктивних параметрів обладнання на ефективність процесу сепарування відходів.

4. Розробити рекомендації щодо практичного впровадження отриманих результатів досліджень.

6. Виконати розрахунок кошторису витрат на проведення досліджень.

Об’єкт досліджень – процес сепарування відходів зерна пшениці.

Предмет дослідження – встановлення закономірностей процесу сепарування зернових відходів з конструктивно-технологічними параметрами обладнання.

1 СТАН ПИТАННЯ, МЕТА ТА ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

1.1 Стан питання

Основні вимоги, що висуваються до підприємств з приймання, зберігання і переробки зерна (ППЗПЗ) – забезпечення заданої якості очищеного зерна з мінімізацією сумарних приведених витрат і втрат нормального зерна у відходи.

Аналіз зернового матеріалу, що надходить на підприємства показує, що 2,5 – 4 % цього зерна не проходить первинне очищення на підприємствах АПК і суттєво засмічене, зерно, яке пройшло первинне очищення на підприємствах АПК, також містить 1 – 5 % смітних домішок [4].

Засміченість зернового матеріалу різними бур'янами домішками, високі вимоги до якості очищеного зерна при існуючих способах, технологіях і технічних засобах очищення на ППЗПЗ зумовлюють виділення в втрати корисних зернових відходів в межах 2,1 – 5,1 %, в т. ч. нормального зерна 1,6 – 3,8 %, корисних органічних відходів 10 – 13 %, необмолочених колосків до 20,8 %, що містять по масі 20 – 25 % нормального зерна, які сьогодні використовуються неефективно.

Попередній аналіз показує можливість поліпшення технологій і технічних засобів очищення зерна на ППЗПЗ, що в кінцевому підсумку знизить втрати зерна, однак паралельно необхідно конкретно вирішувати завдання з ефективного використання цих формованих відходів раціонально і з мінімальними витратами.

Зниження втрат зерна при прийманні, зберіганні та переробці розглядається в наш час як один з найважливіших шляхів скорочення його дефіциту [10].

Як показали дослідження і випробування, мова може йти тільки про скорочення втрат, так як повністю скоротити масу втрат товарного зерна і насіння практично неможливо [8].

Нормативними документами навіть передбачаються і узаконюються механічні втрати, природний спад, розпил та ін. ~ 1 % зерна при його прийомі, зберіганні і переробці [45].

Значно більші розміри набувають втрати зерна при роботі з відходами.

У зерновій масі, що надходить на хлібоприймальні підприємства, токи й зерносховища сільгоспвиробників, неминуча присутність (наявність) відходів.

Їх кількість і якість залежить від стану агротехніки, сортової чистоти насіння, способів збирання, технічних засобів прийому, очищення, сушіння та ін.

У процесі збирання та післязбиральної обробки зерно піддається механічним впливам (перетирання, здавлювання, ударним і ін.) робочих органів.

Ресурсозберігаючі технології утилізації зернових відходів розглядалися і раніше, але вони стосувалися, в основному, побічних відходів. Відходи третьої категорії, відходи від очищення зерна (схід з приймального решета сепаратора, підсівних решіт, що містить не більше 2 % зерна, соломистої частки) з огляду на їх не технологічності інструкціями і нормами передбачалися для знищення [6].

На елеваторах і великих хлібоприймальних пунктах, на територіях яких або поблизу є комбікормові заводи, випадки псування відходів рідкісні.

Добре зберігаються відходи і на тих підприємствах, де в поточних лініях з приймання та обробки зерна є зерносушарки.

Інше становище зі зберіганням відходів створюється на тих пунктах, які при значних обсягах заготовок слабо оснащені сушильною і зерноочисною технікою, не мають спеціальних цехів або технологічних ліній сортування відходів і які внаслідок віддаленості від великих елеваторів і комбікормових заводів не можуть вчасно передати їм побічні продукти і відходи з високим вмістом корисного зерна.

На цих підприємствах розміщення відходів і побічних продуктів на зберігання, коли корисні площі та транспортні механізми зайняті на операціях з зерном, вкрай важко. Становище ускладнюється поганими погодними умовами

в цей сезон року і тим, що в один насип зсипають відходи сирі, отримані з сепараторів, і сухі, виділені з просушеного зерна [78, 73].

Крім того, разом зберігаються відходи, отримані від підробки різних культур і при підробітки однієї культури (різні фракції: важкі аспіраційні відноси, сход з сортувальних і прохід посівних сит), тоді як вміст корисного зерна і видовий склад компонентів в цих фракціях різний. Таке складування негативно позначається і на подальшому сортуванні, так як виділити корисне зерно було б значно простіше з окремих фракцій, ніж з суміші.

Всі ці недоліки в розміщенні і зберіганні відходів на відкритих майданчиках призводять до самозігрівання і часткової або повної втрати відходів [25].

В даний час порядок зберігання і реалізації відходів на більшості підприємств наступний: з зерна, що пройшло первинну очистку на токах, виділяється і залишається в господарствах 6 – 8 % відходів, які використовуються на корм протягом 2 – 5 місяців.

Відходи, отримані в процесі обробки зерна в потоці при прийомі його від селян, повинні зберігатися на території хлібоприймального підприємства до квітня – травня. Реалізуються вони тоді, коли в колгоспах і радгоспах закінчуються запаси кормів.

За 6 – 8 місяців зберігання підприємства несуть великі витрати на транспортні, вантажно-розвантажувальні роботи, сортування, сушіння, оздоровлення - пи псуванні, дроблення і т.д. Крім того, в процесі зберігання відбуваються втрати сухої речовини внаслідок природного убутку і можливих випадків самозігрівання і псування [21].

Положення з зберіганням відходів можна поліпшити, змінивши порядок і терміни їх реалізації.

Частина машин, зайнятих на перевезенні зерна з токів на хлібоприймальні підприємства, на зворотному шляху можна завантажувати безпосередньо з бункера відходами для доставки їх в господарства. На кожне господарство в

день припадатиме по два-три таких рейсу, що не з’явиться на заваді для перевезень зерна.

В результаті відпустки відходів у міру їх накопичення значно скоротяться транспортні, вантажно-розвантажувальні та інші витрати. Крім того, не займатимуться під відходи корисні площі, скоротяться втрати відходів. Але така реалізація відходів можлива лише в тому випадку, якщо на хлібоприймальному підприємстві їх сортують в процесі виділення з зерна, а в господарствах в момент обробки зерна на токах і реалізації його можна організувати консервування відходів.

Зі сказаного можна зробити висновок, що поряд з реалізацією відходів постає питання про їх раціональне використання. Для вирішення його на територіях хлібоприймальних підприємств необхідно мати цех або технологічну лінію для сортування відходів і передачі їх господарствам, або комбікормові цехи невеликої продуктивності, в яких організувати вироблення комбікормів з побічних продуктів і відходів і постачання їх до даних підприємств господарств [12].

1.2 Існуючі способи і технології доочистки відходів і побічних продуктів

Для виділення з відходів 1-ої і 2-ої категорій повноцінного зерна на підприємствах АПК, як правило використовувалися повітряно-решітні зерноочисні машини [18]. Досвід використання цих технологій показав, що отримати кондиційне зерно за умови одноразового очищення цих відходів важко через великий вміст в цих відходах фуражної і дрібної бур’янистої фракцій. Істотне зниження завантаження цих машин вихідним ворохом відходів різко збільшує приведені витрати на очищене зерно.

Краща ситуація з доочищенням побічних продуктів (вміст в цій фракції зерна більш 50 %).

Побічні продукти, зібрані в результаті роботи зерноочисних машин, обробляють за схемою із застосуванням решіт сортувальних з отворами Ø 12 –

16 мм (для очищення насіння рижка Ø 3,0 – 4,0 мм), розвантажувальних і підсівних з отворами, наведеними в табл. 1.3.

Таблиця 1.1 – Типорозміри решіт для обробки побічних продуктів

Культура	Розміри отворів решіт, мм	
	Розвантажувальних	Підсівних
Соняшник	Ø 8,0 – 10	Ø 3,0 (□ 2,2)
Рицина	□ 7,0	Ø 6,0 – 6,5
Рижик	Ø 2,0 – 2,5	□ 0,8 – 0,9

Відходи (сход з сортувальних решіт і відноси з осадових камер) з основних сепараторів обробляють на сепараторі з застосуванням решіт сортувальних з отворами Ø 10 – 14 мм (для насіння рижика Ø 3,0 – 4,0 мм), розвантажувальних і підсівних з отворами, наведеними в табл. 1.2.

Таблиця 1.2 – Типорозміри решіт для обробки відходів з сортувальних решіт і відносів з осадових камер

Культура	Розміри отворів решіт, мм	
	розвантажувальних	підсівних
Соняшник	Ø 8,0 – 9,0	Ø 3,0 (□ 2,2)
Рицина	□ 7,0	Ø 6,0 – 6,5
Рижик	Ø 2,0 – 2,5	□ 0,8 – 0,9

На рисунку 1.1 приведена принципова схема технологічного процесу обробки побічних продуктів і зернових відходів.

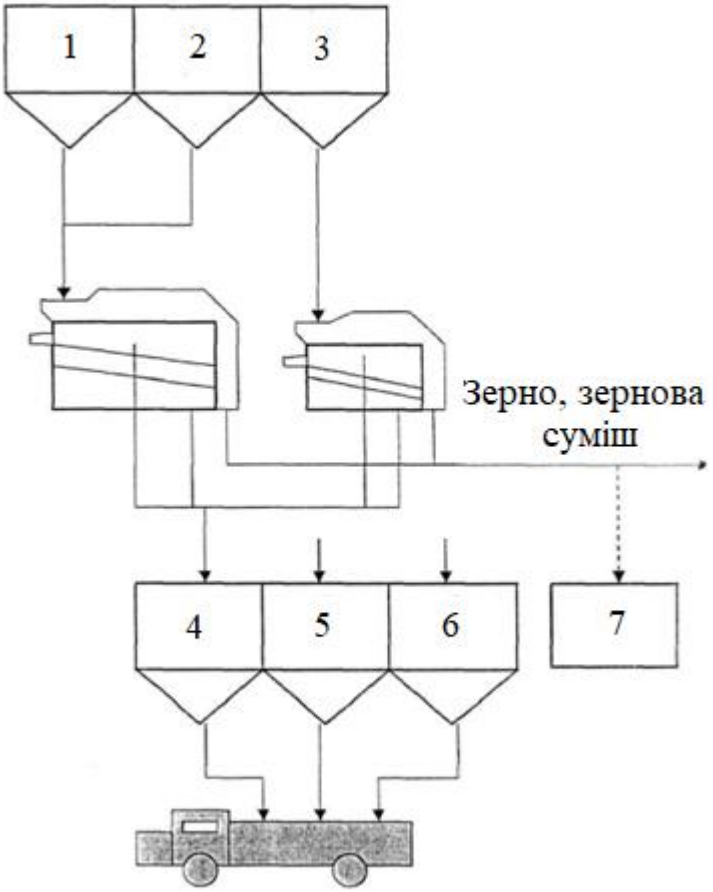


Рисунок 1.1 – Принципова схема технологічного процесу обробки побічних продуктів і зернових відходів.

1 – зерноочисний сепаратор; 2 – трієр-куколевідбірник; 3 – трієр-вівсюговідбірник; 4 – магнітний сепаратор; 5 – дробарка; 6 – автоматичні ваги; 7 – проміжні ємності; 8 – навантаження в автомобіль (вагон)

Обробку відходів сортувальних решіт в разі необхідності роблять на сепараторі з застосуванням сортувальних решіт з отворами Ø 10 – 14 мм (для насіння рижика Ø 3,0 – 4,0 мм), розвантажувальних і підсівних з отворами, наведеними в табл. 1.5.

Таблиця 1.3 – Типорозміри решіт для обробки відходів, отриманих проходом через підсівні решета

Культура	Розміри отворів решіт, мм	
	Розвантажувальних	Підсівних
Соняшник	Ø 7,0 – 8,0	Ø 2.5 – 3,0 (□ 2,0)
Рижик	Ø 1,8 – 2,3	□ 0,7 – 0,8

В даний час обробка відходів проводиться на мало пристосованому для цього обладнанні і обмежується контролем на наявність зерна, що підлягає поверненню в основне виробництво (для вироблення борошна).

Нова технологія поряд з удосконаленням операцій по контролю передбачає виробництво з проконтрольованої частини відходів кормових зернопродуктів з нормованими показниками якості для поставок комбікормовій промисловості.

Висновки за розділом

Проведені нами пошукові дослідження, аналіз умов, що визначають формування зернових відходів, основних технологічних операцій, що виділяють ці відходи, їх потоки в технологічних схемах на ПЗПЗ і технологічних властивостей окремих компонентів і фракцій, відсутність технологій і технічних засобів для утилізації відходів 3-ої категорії, необхідність виділення з цих відходів і домолота значної кількості необмолочених колосків (до 20,8 %), містять 20 – 25 % нормального зерна і мінеральних домішок (каміння та ін.) (до 2,5%), завжди апріорна інформація, а також логіко-евристичний підхід до процесу очищення розглянутих відходів, дозволили сформулювати мету і завдання досліджень.

Метою роботи є виявлення основних напрямків і обґрунтування раціональної ресурсозберігаючої технологій і технічних засобів сепарації зернових відходів на підприємствах прийому зберігання та переробки зерна, які забезпечують їхню високоефективну утилізацію.

Завдання досліджень:

1. Виявити технологічні і технічні передумови формування зернових відходів, їх структуру.

2. Вивчити технологічні властивості і поживну цінність відходів, як об’єктів переробки та використання в харчовій промисловості і кормовиробництві.

3. Обґрунтувати вплив конструктивних параметрів обладнання на ефективність процесу сепарування відходів.

4. Розробити рекомендації щодо практичного впровадження отриманих результатів досліджень.

6. Виконати розрахунок кошторису витрат на проведення досліджень.

Об’єкт досліджень – процес сепарування відходів зерна пшениці.

Предмет дослідження – встановлення закономірностей процесу сепарування зернових відходів з конструктивно-технологічними параметрами обладнання.

2 МЕТОДИ ТА ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1 Технологічні передумови формування зернових відходів

Фізико-хімічному аналізу піддавались відходи від зернопродуктів які не підлягають утилізації. Відбір проб відходів для аналізів проводили в момент вивантаження їх із бункерів тимчасового зберігання.

Аналізами проб визначався їх фракційний склад, а також компоненти органічної і мінеральної домішки. Вміст мінеральних домішок в пробах відходів визначалося за ДСТУ EN 15587:2022, ГОСТ 30483-97.

Все зерно, що надходить від хлібоздавальників має піддаватися очищенню від домішок до кондицій, що відповідають цільовому призначенню. Попереднє очищення зерна від грубих і легких домішок слід проводити для зерна не залежно від його цільового призначення.

Оціночні показники, що характеризують розподілення відходів і їх характеристики наведено в табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Оціночне співвідношення кількості зерна по засміченості, що надходить на зберігання

Засміченість зерна, %	Співвідношення зерна, що надходить, %	
	Зерно середньої вологості	Сухе зерно
До 1,0	20	50
Більше 1,0 до 3,0 вкл.	60	45
Більше 3,0 до 5,0 вкл.	10	5
Більше 5,0	10	-

Всі види зернових відходів (за виключенням сходу з приймального сита), отримані після обробки зерна, підлягають обробці на повітряно-решітних машинах з метою відокремлення доброякісного зерна.

Кількісний розподіл по фракціям відходів, які одержуються при очищенні зерна на сепараторах, орієнтовно розподіляється згідно з даними табл. 2.2.

Таблиця 2.2 – Попередні величини розподілу відходів по фракціям

Найменування фракцій	Вихід фракцій, %
Схід з сортувального сита	4
Прохід підсівного сита	55
Аспіраційні відноси важкі	38
Аспіраційні відноси, які уловлюються пиловловлючачами	3

До побічних продуктів відносяться зернова суміш від первинної обробки, що містить понад 50 % до 85 % зерен продовольчих, фуражних і бобових культур, що відносяться по стандартам до основного зерна або зернової домішки,

Відходи поділяються на три категорії:

І категорія:

а) зернові відходи з вмістом зерна понад 30 % до 50 % включно;

б) зернові відходи з вмістом зерна понад 10 % до 30 % включно;

ІІ категорія:

а) зернові відходи з вмістом зерна понад 2 % до 19 %;

б) стержні качанів кукурудзи, кукурудзяна плівка, лузга горохова, лузга м’яка – вівсяна і ячмінна, полова;

ІІІ категорія:

а) відходи від очищення зерна (схід з приймального решета сепаратора, прохід через нижнє решето сепаратора), вміст зерна не більше 2 %, частки соломи;

б) лузга рисова, просяна, гречана, жорстка – вівсяна і ячмінна, пил аспіраційний.

2.2 Методика відбору проб для аналізу зернових відходів

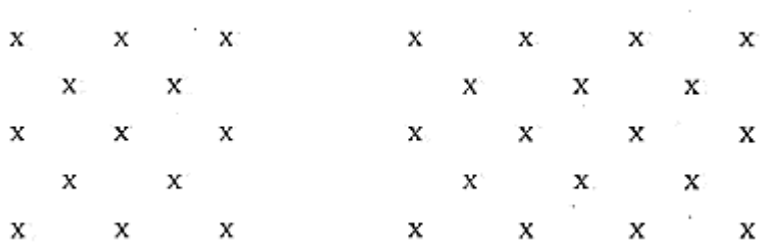
В даний час немає єдиних методик відбору проб і аналізу відходів; для визначення їх якості. На місцях зазвичай користуються методиками, призначеними для зерна.

Однак, відходи за своїми фізико-хімічними властивостями відрізняються від зернової маси, методи їх відбору та аналізу проб повинні бути іншими.

Для складання методики відбору проб і, аналізу відходів необхідно було визначити все вихідного і середнього зразків, місце і правило відбору, підібрати пробовідбірник, встановити вагу наважки і спосіб її виділення зі зразка, підібрати сита.

Під час проведення досліджень використовували наступну методику. Вага наважки для аналізу побічних продуктів і зерносумішей була не менше 50 г, для відходів I-ї, II-ї категорій - 25 г, для відходів III-ї категорії – 10 г.

Виділення наважок для зерносумішей і побічних продуктів проводилось так само, як наважок зерна, для відходів I, II, III категорій наважка виділялась в наступному порядку: зразок ретельно перемішують, розрівнюють у вигляді квадрату на гладкій поверхні шаром товщиною 1 – 1,5 см. З 13 – 15 точок (в залежності від категорії відходів), розташованих на поверхні в шахматному порядку, совочком відбирають виїмки 1 – 1,5 кг кожна так, щоб 8 – 10 з них, розташовувалися по периметру квадрата, як показано нижче (рис.2.1).



А Б

Рисунок 2.1 – Схеми відбору проб:

а – для I категорії, б – II категорії

Для полегшення і прискорення відбору наважок відходів застосовували сита в наборі 2,2×20 мм; 1,7×20 мм; 1,4×1,5 мм.

На підставі встановлених даних, необхідних для складання методик відбору проб і аналізу відходів, розроблена схема проведення аналізу (рис. 2.2), оцінені результати аналізу наважок.

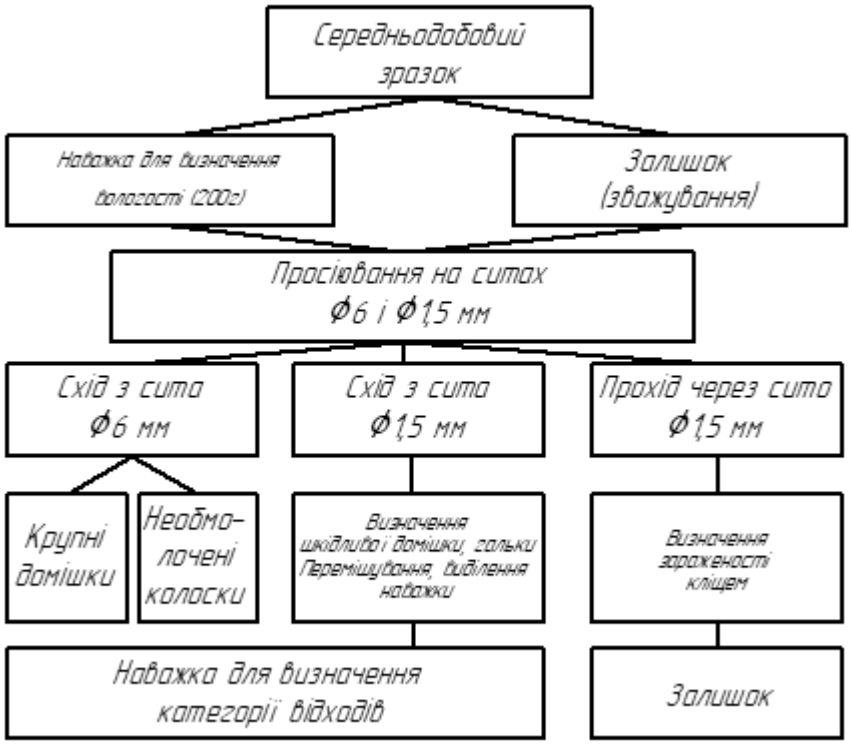


Рисунок 2.2 – Схема проведення аналізу відходів

Середній зразок поміщали на набір сит з отворами діаметром 6; 1,5 мм і просіювали протягом 3 хв. 100 – 110 рухах за хвилину, після чого сход з сита з отворами діаметром 6 мм зважували і оглядали. Прохід через сита з отворами діаметром 1,5 мм висипали на рівну поверхню і ретельно оглядали. Якщо при огляді була виявлена шкідлива або мінеральна домішки (галька), скло, то вона була видалена, зважена та виражена у відсотках до маси наважки. Потім сход сита з отворами діаметром 1,5 мм перемішували, розрівнювали у вигляді квадрату гаром 1,5 мм та виділяли наважку.

Для полегшення та прискорення процесу відбору наважки, виділеної зі сходу сита з отворами діаметром 1,5 мм, було застосовано лабораторний класифікатор КСЛ-І (рис. 2.3).

Рисунок 2.3 – Класифікатор лабораторний КСЛ-І

У класифікаторі прохід через сита 1,7×20 мм розділяється на дві фракції: доброякісне зерно, яке залишається на дні кювети, і смітну домішку, яка майже не вимагає ручного видалення.

2.3 Опис використаного технологічного обладнання

Експериментальні дослідження було проведено на обладнанні для очищення зернового вороху МПО-50. Машина МПО-50 призначена для очищення повітряним потоком і ситчастою поверхнею вороху пшениці, ячменю, рису, жита, соняшнику і інших культур від легких і крупних домішок.

Машина МПО-50 включає в себе пневмосепаруючий канал, ситчастий транспортер з підбивальником для ворушіння ситчастої поверхні, діаметральний вентилятор, вістійну камеру зі шнеком, повітропровідний канал з дросельною заслінкою.

Технологічний процес в машині (рис. 2.4) відбувається наступним чином.

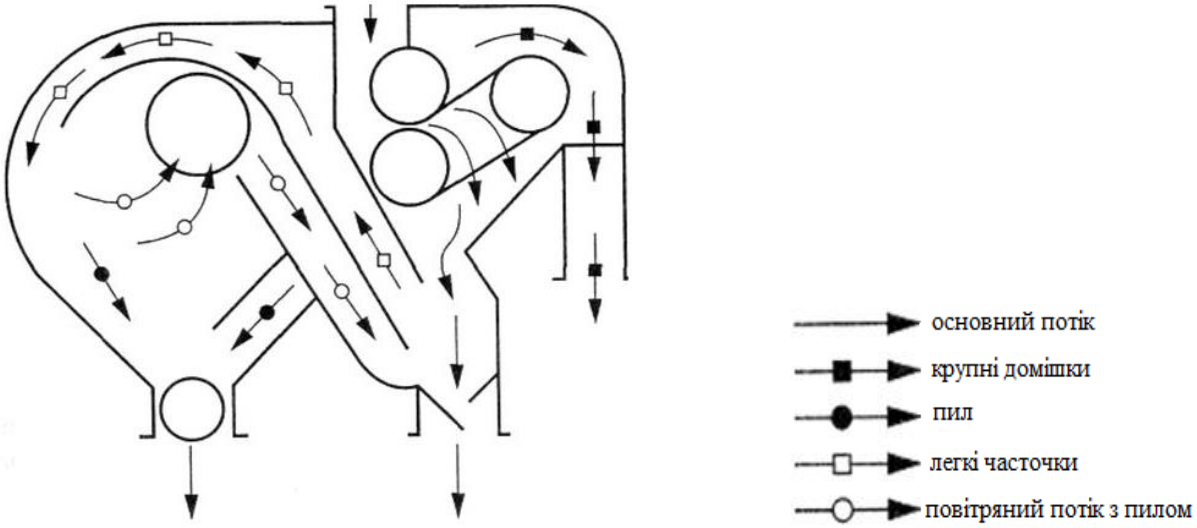
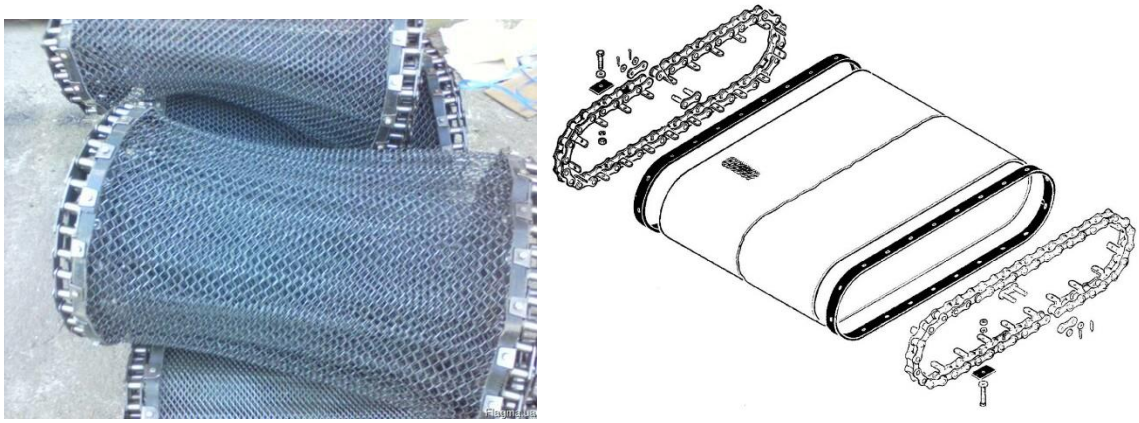


Рисунок 2.4 – Технологічна схема роботи машини МПО-50

Ворох подається завантажувальним патрубком і шнеком на сітчастий транспортер (рис. 2.5), з якого сходом йдуть великі домішки і через патрубок виводяться з машини.



а б

Рисунок 2.5 – Сітчастий транспортер машини МПО-50:

а – загальний вигляд; б – схема

Інші компоненти зернового вороху через живильне вікно надходять в похилий пневмосепаруючий канал і піддаються впливу висхідного повітряного потоку, створюваного діаметральним вентилятором. У цьому каналі із зернової суміші виділяються легкі домішки, а повітряний потік від них очищається у відстійній камері, знову надходить у вентилятор і по повітропровідному каналу подається в пневмосепаруючий канал. Очищене зерно виводиться з машини через патрубок, а легкі домішки – шнеком з відстійної камери.

Технічна характеристика машини МПО-50 наведена в табл. 2.3.

Таблиця 2.3 – Технічна характеристика машини МПО-50

Показник	Характеристика
Продуктивність, т/год	50
Потужність електродвигуна, кВт	7,5
Габаритні розміри, мм:	
довжина	2800
ширина	1800
висота	2000
Маса, кг	1041

Режим роботи машини регулюють, змінюючи частоту обертання вентилятора і положення дросельної заслінки. Для обробки зернових культур застосовують транспортер з розмірами отворів 12×12 мм, для крупнонасінних культур – 15×15 мм.

Висновки за розділом

В розділі наведено технологічні передумови формування зернових відходів та методику відбору проб для їх аналізу за розробленою схемою. Приведено опис та технічні характеристики використаного обладнання для дослідження процесу сепарування зернових відходів під час первинної обробки зерна.

3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

3.1 Результати досліджень основних технологічних властивостей відходів

Для визначення якості і правильного розміщення, зберігання, сортування відходів необхідно враховувати їх технологічні властивості.

Наведемо деякі технологічні показники відходів в залежності від їх стану по вологості і вмістом корисного зерна, тобто від категорії.

Сипучість. Як для зернової маси, так і для відходів показник сипучості є одним з найважливіших. Кут природного відкосу залежить від вологості і категорії відходів (рис. 3.1).

Результати дослідів показали, що кут природного відкосу сухих побічних продуктів і зерносумішей відповідає куту природного відкосу зерна пшениці при вологості 18 % і становить 32 – 34 градуси. По мірі збільшення вологості цих продуктів до 24 – 26 % кут природного відкосу зростає і досягає 60 – 65 градусів.

Кут природного відкосу відходів I, II, III категорій навіть при вологості 7 – 9 % досягає 44 – 57 градусів. Відходи I категорії втрачають майже повністю сипкість при вологості 31 – 33 %, а відходи II-Ш категорій – при 23 – 25 %.

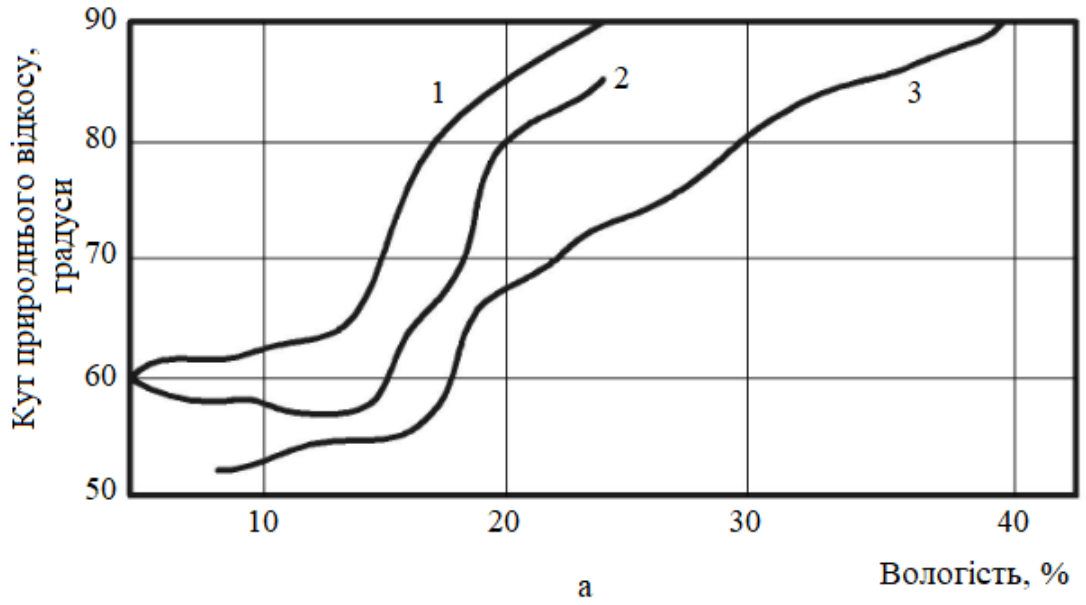
Скважність. Так як в відходи входять різні за лінійними розмірами, формою, станом поверхні і іншими показниками компоненти, то скважність маси відходів більше, ніж зерна.

Скважність зерносумішей і побічних продуктів при збільшенні вологості змінюється так само, як в зерні пшениці, у відходах I, II, III категорій ці зміни проходять так само, як в плівчастих культурах – зі збільшенням вологості сквапність знижується до якоїсь межі, потім при подальшому зволоженні починає зростати.

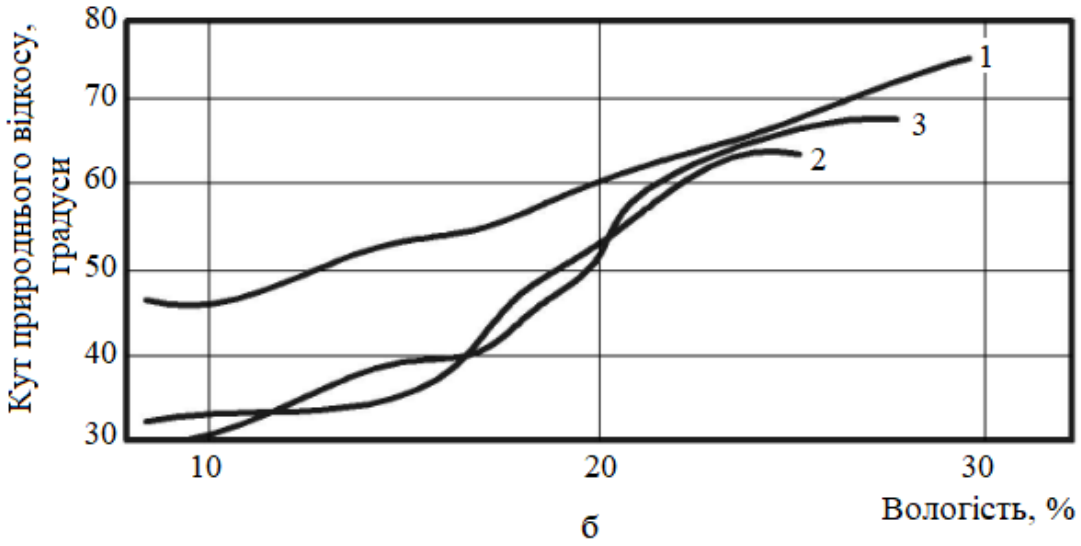
У такій же залежності від вологості і вмісту корисного зерна знаходиться натурна і питома вага відходів.

Самосортування. Відходи піддаються самосортуванню більшою мірою, ніж зернова маса, що підтверджує ряд лабораторних та практичних спостережень. Відходи самомортуються, як при переміщеннях, так і в процесі зберігання. У масі відходів вже через 3 – 5 діб внаслідок самосортування відбувається перерозподіл компонентів за питомою вагою. В результаті відходи швидко злежуються. Висота насипу відходів I категорії з вмістом корисного зерна до 30 % зменшується за перші дві доби зберігання в 1,3 – 1,6 рази.

Сорбційні властивості. Маса відходів у порівнянні із зерновою дуже швидко поглинає і виділяє водяну пару. Швидкість сорбції та десорбції водяної пари в залежності від категорії відходів показана на рис. 3.2 та 3.3.



1 – зернові відходи до 2 %; 2 – зернові відходи від 2 до 10 %;
3 – зернові відходи від 10 до 30 %.



1 – зернові відходи від 30 до 50 %; 2 – побічні продукти від 50 до 70 %; 3 – зернова суміш від 70 до 85 %.

Рисунок 3.1 – Залежність кута природнього відкосу від вологості та категорії відходів

а – для зернових відходів до 30 %; б – для зернових відходів, побічних продуктів і зернових сумішей вище 30 %.

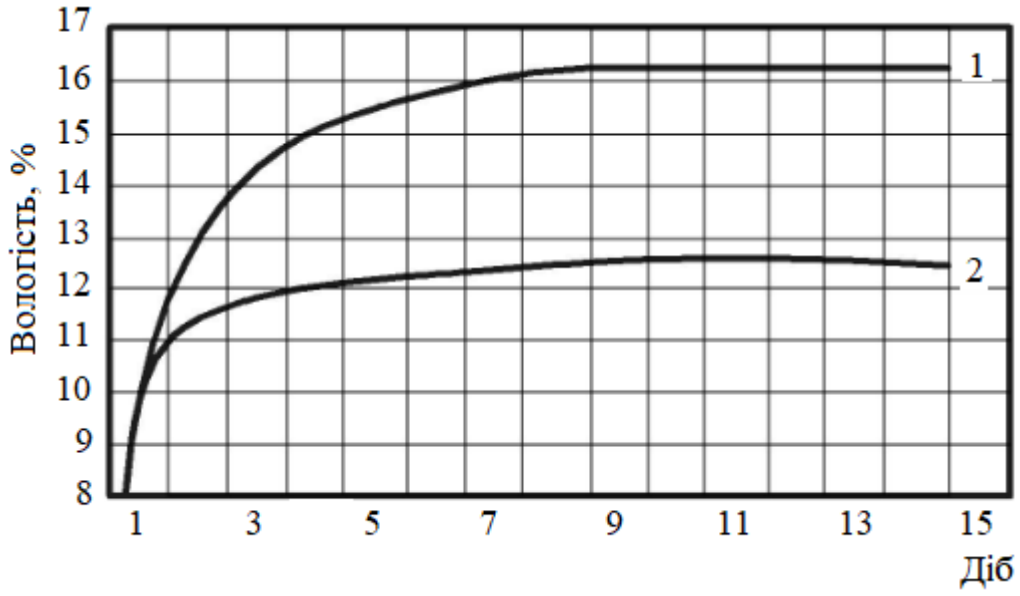


Рисунок 3.2 – Залежність швидкості сорбції відходів від їх категорії (при φ = 87,4 %, ω = 8,4 %, t = 22°С)

1 – відходи І-ї категорії; 2 – відходи ІІ-ї категорії.

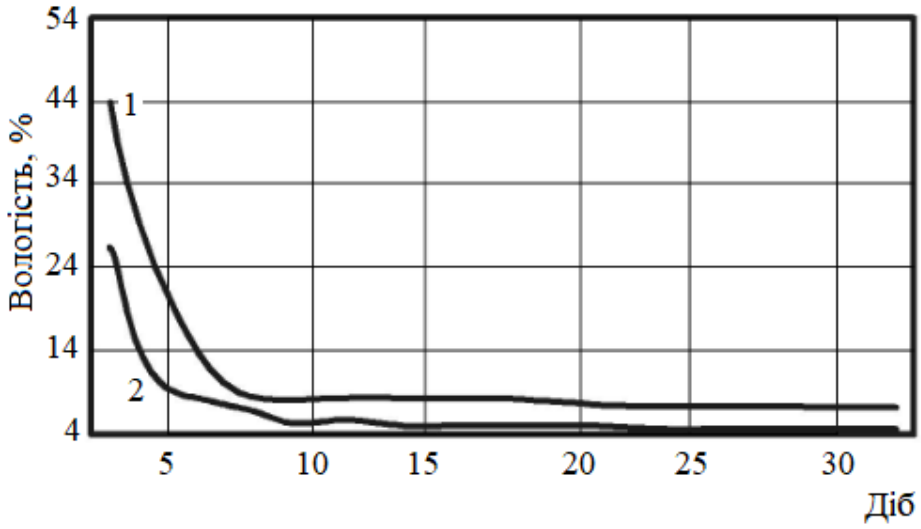


Рисунок 3.3 – Залежність швидкості десорбції відходів від їх категорії (при φ = 21,5 %, ω = 19,5 %, t = 22°С)

1 – відходи І-ї категорії; 2 – відходи ІІ-ї категорії

Швидше зволожуються відходи з великим вмістом корисного зерна, а підсихають швидше відходи, що містять більше органічної домішки.

Розподіл вологи в окремих компонентах, що складають масу відходів, волога найбільш рівномірно розподілена в сухих відходах. Зі збільшенням вологості відходів більшою мірою зволожуються фракції, що відносяться до корисного зерна (таблиця 3.1).

Температуропровідність. Визначення температуропровідності побічних продуктів у відходах I, II, III категорій проводилося за загальноприйнятою методикою.

Результати дослідів показали, що у відходах з малим вмістом корисного зерна тепло з нагрітого до 53 – 77 °С середнього шару розподілялося в верхній і нижній шари дуже швидко.

Так як скважність відходів велика, то деякий кількості тепла з верхнього шару розсіювалося в навколишнє середовище і тому температура цього шару в перші 50 – 60 хв. від початку досліду в моменти вимірювань була менше, ніж в нижньому шарі. Через 70 – 120 хв. температура верхнього і нижнього шарів вирівнювалася, а через 240 – 280 хв. у всіх трьох шарах була однакова.

Таблиця 3.1 – Вплив вологості на натурну масу і щільність відходів

Найменування відходів	Вологість, %	Натурна маса, г/л	Щільність, г/см^3
Побічні продукти з вмістом корисного зерна на 50 – 70 %	8,8	715	0,95
	15,0	644	0,86
	18,3	633	0,84
	22,4	623	0,83
	27,6	610	0,83
Відходи I категорії (корисного зерна)	8,8	427	0,61
	15,6	363	0,53
	23,6	340	0,56
	27,5	331	0,56
Відходи II категорії (корисного зерна)	7,6	291	0,46
	14,3	236	0,35
	18,0	225	0,34
	26,6	222	0,37
	33,4	174	0,34
Відходи III категорії (корисного зерна)	10,3	181	0,29
	15,0	171	0,29
	19,0	160	0,23
	22,0	145	0,25
	35,0	-	0,31

Температура середнього шару знижувалася значно швидше, ніж в аналогічних дослідах із зерновою масою.

У побічних продуктах і відходах з вмістом корисного зерна до 50 % зниження температури середнього шару за рахунок нагріву верхнього і нижнього протікала так само, як в зерні.

За результатами дослідів можна зробити висновок, що температуропровідність відходів, що містять корисного зерна менше 50 %, вище, ніж зернової маси, швидке розподіл тепла відбувається, мабуть, шляхом конвекції за рахунок великої скважності.

3.2 Визначення поживної цінність відходів

Великі запаси поживних речовин, що містяться у відходах (протеїн, вуглеводи, жири), зобов’язують працівників системи заготовок займатися питаннями їх реалізації та використання.

Маса зернових відходів складається з різних по живильній цінності компонентів: нормального, щуплого, дробленого зерна, насіння бур’янів, органічної домішки та інше. Хімічний склад відходів і насіння бур’янів що входять до них (найбільш часто зустрічаються) наведено в табл. 3.2.

З таблиці видно, що за хімічним складом відходи наближаються до зернових кормів: ячменю, вівса, кукурудзи.

Живильні речовини містяться в корисному зерні, насінні бур’янів і органічних домішок. Проведені дослідження відходів з різним видовим і кількісним складом компонентів показали, що в 100 кг зернових відходів міститься від 70 до 108 корм. од. і від 5,3 до 11,6 кг протеїну.

Таблиця 3.2 – Хімічний склад відходів і найбільш поширених насіння бур’янів

Насіння бур’янів та відходів	Вологість, %	Вміст, %				
		Крохмаль	Білок	Жир	Зольність	Клітковина
Берізка польова	12,8	-	11,83	8,11	2,90	-
Горець в’юнковий	12,0	31,10	11,69	1,98	2,90	9,10
Гречка татарська	10,8	57,20	2,41	12,76	2,12	11,2
Курай	3,1	5,60	5,19	8,18	6,75	-
Неслія метільчата	7,3	20,00	12,01	2,33	3,90	-
Вівсюг	9,0	29,10	16,60	7,30	3,70	19,2
Щетинник зелений	8,8	37,10	16,51	6,14	5,00	16,1
Відходи з вмістом корисного зерна 44 %	9,0	41,60	14,80	4,10	6,70	16,80
Відходи з вмістом корисного зерна 44 %	10,8	31,30	11,50	3,10	8,00	31,30

При реалізації і використанні відходів, що містять корисного зерна від 30 до 50 %, виникає багато труднощів. Витрати, пов’язані зі зберіганням і реалізацією відходів, не окупаються, тому що запаси поживних речовин у відходах використовуються нераціонально. Тваринам або птиці згодовуються тільки фракції зерна і не завжди повністю (через трудомісткість їх виділення із загальної маси відходів).

Фракції органічної домішки, рівні по живильній цінності соломі, насіння бур’янів, в яких міститься поживних речовин іноді більше, ніж в зерні основної культури, залишаються невикористаними.

3.3 Дослідження впливу конструктивно-технологічних параметрів транспортера-скальператора на ефективність процесу сепарування відходів

На першому етапі проведено аналіз впливу розмірів Г(Б) квадратних отворів транспортера-скальператора на показники процесу сепарації зернового вороху, отриманого сходом з верхніх сортувальних решіт повітряно-решітних зерноочисних машин при варіації подачі 1,8 – 3,0 кг/(м·с).

Отримані показники функціонування (рис. 3.4 – 3.8) вказують на істотний вплив розмірів отворів сітки транспортера-скальператора на показники очищення зернового вороху і величину втрат сходом колосків, яка визначається повнотою виділення сходом $E_{схкол}$ (рис. 3.5).

Виявлено, що варіація подачі Q зернового вороху на транспортер-скальператор (1,8 – 3,0 кг/(м·с)) впливає на збільшення повноти виділення їх сходом з зернового вороха великих домішок.

Наприклад (рис. 3.4 – 3.8), при фіксованому розмірі квадратних отворів сітки скальператора Г(Б) = 18 мм, зі збільшенням подачі зернового вороху в межах 1,8 – 3,0 кг/(м·с) повнота виділення сходом великих мінеральних домішок варіюється в межах 44,5 – 48,4 %, соломистих домішок відповідно 52,1 – 60,7 %, недомолочених колосків – 48,9 – 58,3 %, корзин осоту – 35,3 – 47,3 %.

Визначальний вплив на величину повноти виділення сходом великих домішок надають розміри отворів Г(Б) сітки транспортера-скальператора, наприклад (рис. 3.14 – 3.19) при Г(Б) = 12×12 мм і варіації Q = 1,8 – 3,0 кг/(м·с) повнота виділення із зернової купи сходом великих мінеральних домішок $E_{к.м.д.}$ = 82,2 – 82,6 %, соломистих домішок $E_{сол.}$ = 63,0 – 68,9 %, колосків $E_{кол}$= 60,6 – 67,2 %, кошиків осоту $E_{к.осоту}$ = 49,7 – 59,4 %. При Г(Б) = 30×30 мм $E_{к.м.д}$ = 1,8 – 7,4 %, $E_{сол.}$ = 33,9 – 44,8 %, $E_{кол}$ = 30,5 – 41,7 %, $E_{к.осоту}$ = 17,7 – 28,9 %.

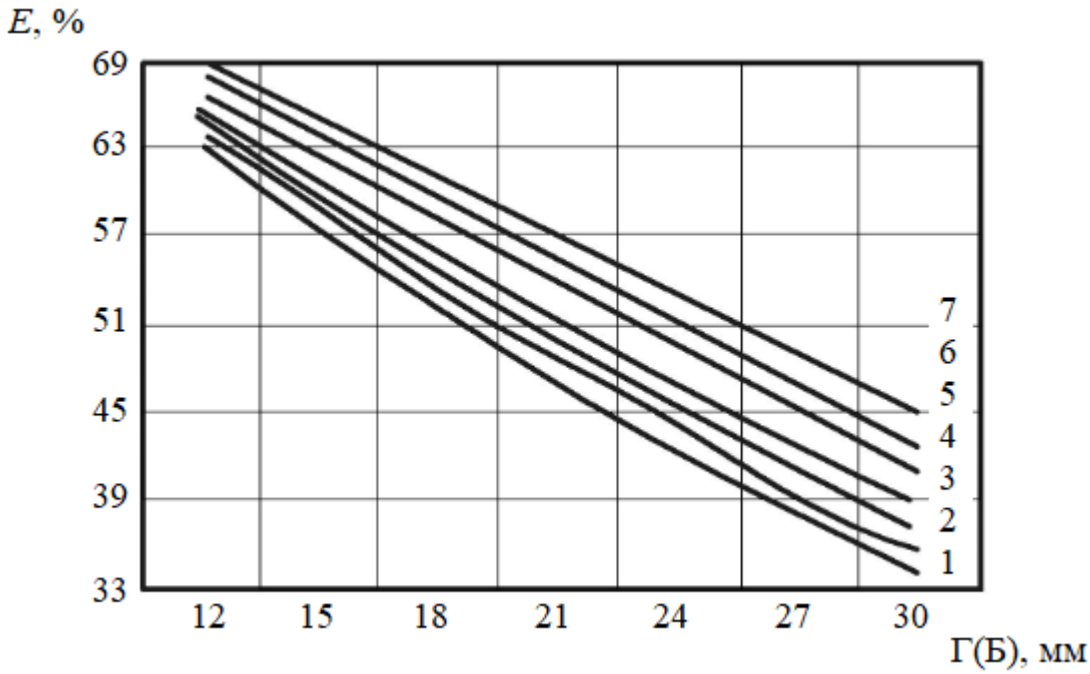


Рисунок 3.4 – Залежність повноти виділення соломин подрібнених із зернових відходів транспортером-скальператором від розмірів Г(Б) отворів його сітки і подачі Q кг/(м·с) зернових відходів: 1 – Q = 1,8; 2 – Q = 2,0; 3 – Q = 2,2; 4 – Q = 2,4; 5 – Q = 2,6; 6 – Q = 2,8; 7 – Q = 3,0.

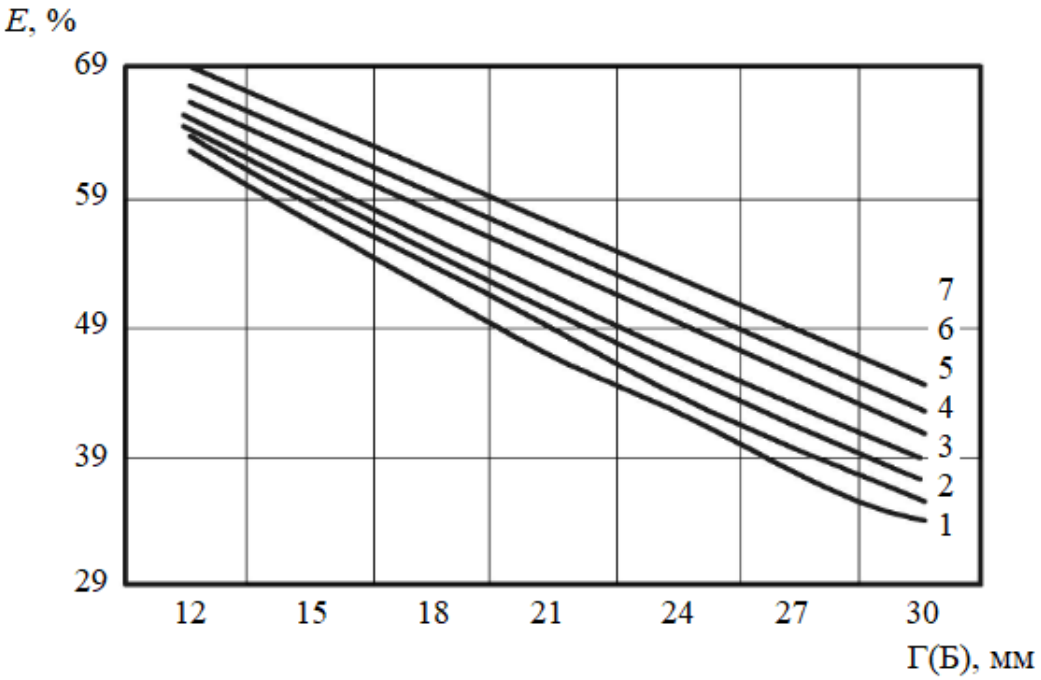


Рисунок 3.5 – Залежність повноти виділення колосків із зернових відходів транспортером-скальператором від розмірів Г(Б) отворів його сітки і подачі Q кг/(м·с) зернових відходів: 1 – Q = 1,8; 2 – Q = 2,0; 3 – Q = 2,2; 4 – Q = 2,4; 5 – Q = 2,6; 6 – Q = 2,8; 7 – Q = 3,0.

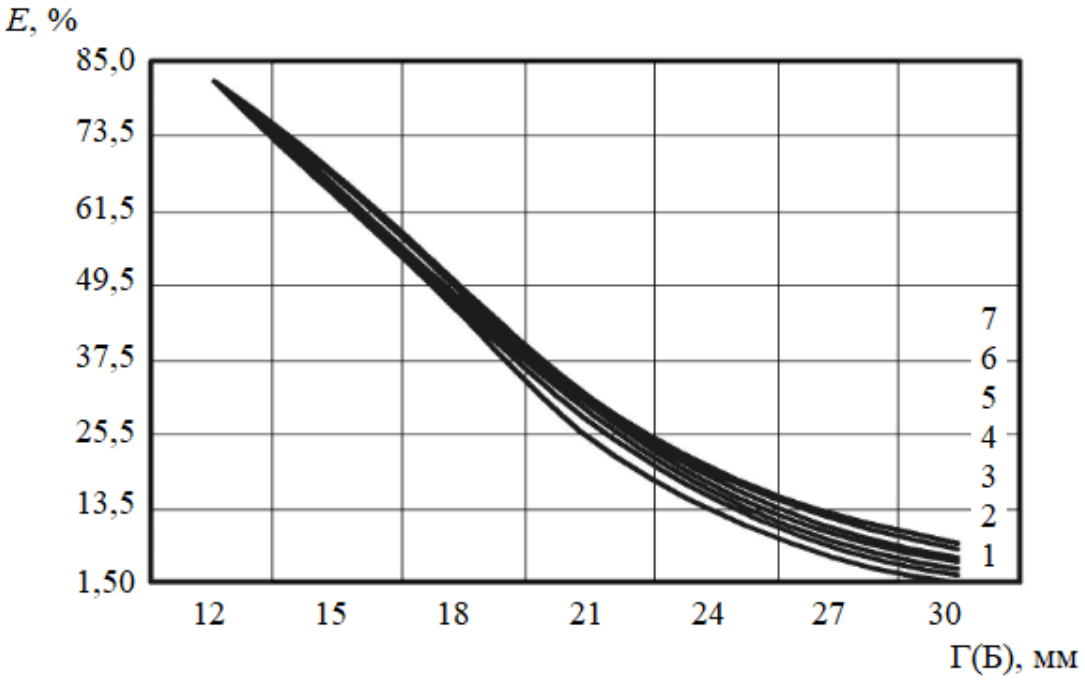


Рисунок 3.6 – Залежність повноти виділення крупних мінеральних домішок із зернових відходів транспортером-скальператором від розмірів Г(Б) отворів його сітки і подачі подачі Q кг/(м·с) зернових відходів: 1 – Q = 1,8; 2 – Q = 2,0; 3 – Q = 2,2; 4 – Q = 2,4; 5 – Q = 2,6; 6 – Q = 2,8; 7 – Q = 3,0.

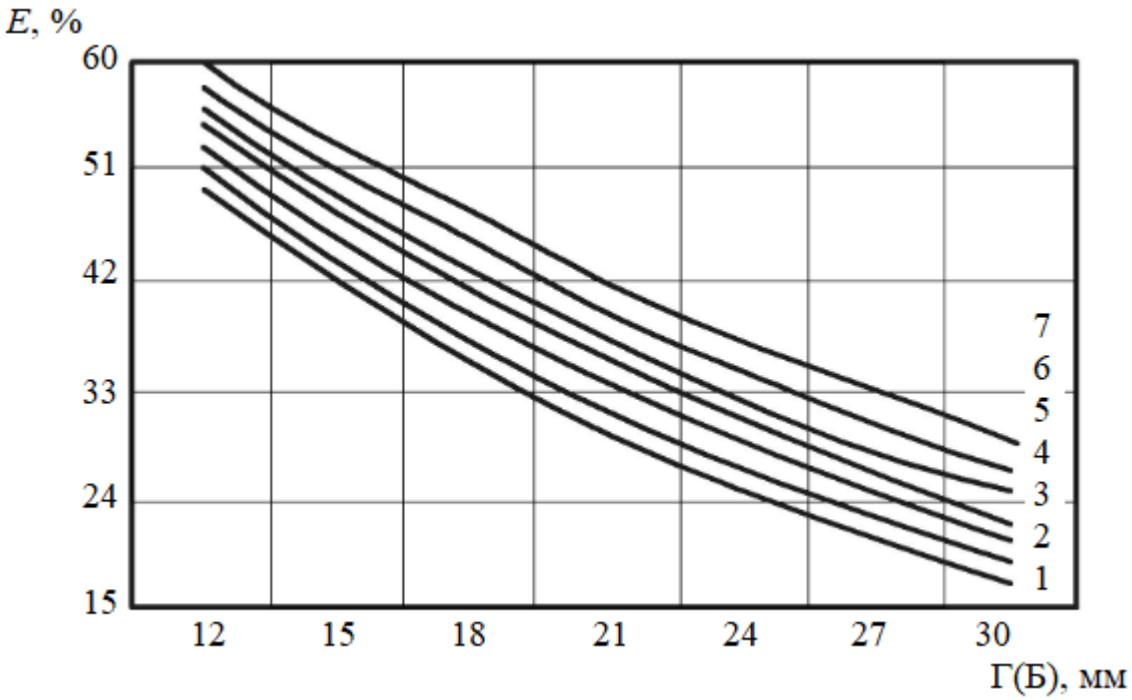


Рисунок 3.7 – Залежність повноти виділення кошиків осоту із зернових відходів транспортером-скальператором від розмірів Г(Б) отворів його сітки і подачі Q кг/(м·с) зернових відходів: 1 – Q = 1,8; 2 – Q = 2,0; 3 – Q = 2,2; 4 – Q = 2,4; 5 – Q = 2,6; 6 – Q = 2,8; 7 – Q = 3,0.

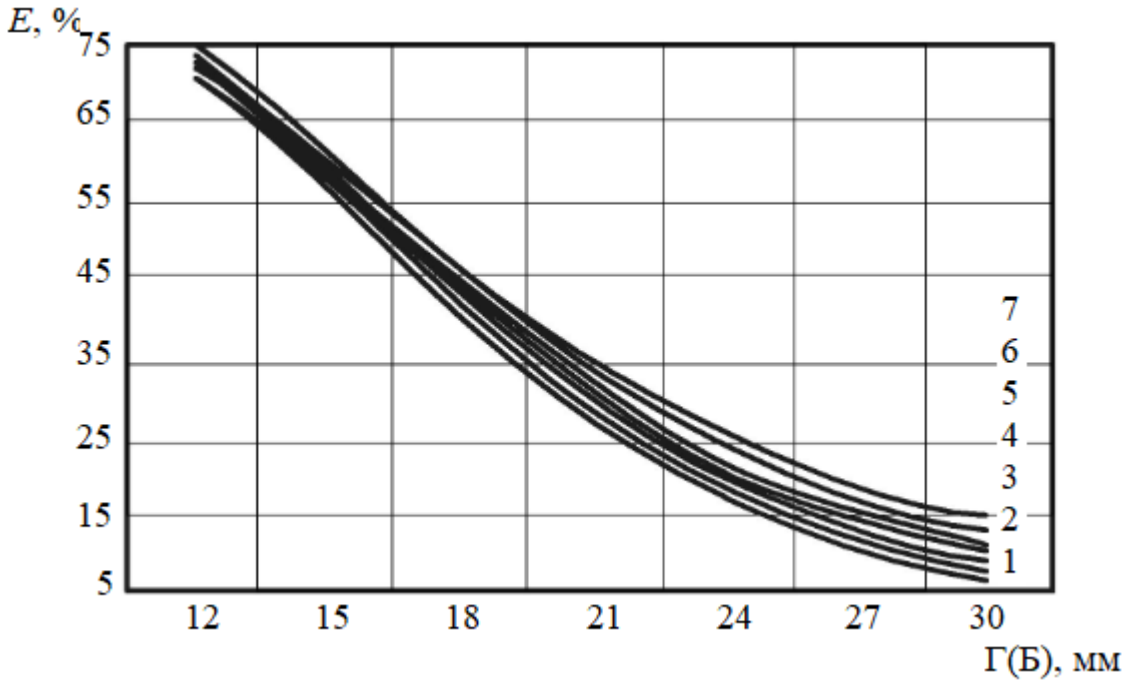


Рисунок 3.8 – Залежність повноти виділення великих смітних домішок із зернових відходів транспортером-скальператором від розмірів Г(Б) отворів його сітки і подачі Q кг/(м·с) зернових відходів: 1 – Q = 1,8; 2 – Q = 2,0; 3 – Q = 2,2; 4 – Q = 2,4; 5 – Q = 2,6; 6 – Q = 2,8; 7 – Q = 3,0.

Високий рівень повноти виділення сходом з сітки скальператора колосків (30,5 – 41,7 %) і оцінка розмірних характеристик великих домішок і колосків (рис. 3.9 – 3.12) показує можливість кращого поділу великих компонентів на сітці, з мінімізацією сходу колосків при використанні довгастих отворів.

Параметрична оптимізація транспортера-скальператора проводилася по вищевикладеної методикою, але фактори Г і Б (розміри довгастих отворів сітки) розглядалися при оптимізації як роздільні величини, що формують раціональні довгасті отвори і розглядалися за умови спільної рівної зміни своїх величин, забезпечуючи оптимізацію раціональних отворів сітки скальператорі $12 < Г < 60$ мм, $t_г$ = l мм; $12 < Б < 60$ мм, $t_Б$ = l мм. При цьому в якості додаткового обмеження використано повноту виділення сходом з сітки скальператорі колосків.

Виявлено, що при визначенні параметрів продовгуватих отворів сітки транспортера-скальператора істотно зростає виділення із зернового вороху (сход з сітки) великих смітних домішок для різних умов переміщення вороху по сітці, так, при Q = 2,0 кг/(м·с) (10,8 т/год) і умов переміщення вороху по сітці з підкиданням (рис. 3.11 – 3.12), раціональні отвори сітки 16×60 мм, при цьому повнота виділення сходом соломин подрібненої $E_{сол.}$ = 23,7%, колосків $E_{кол}$ = 15,0 %, крупних мінеральних домішок $E_{к.м.д}$ = 44,5 %, кошиків осоту $E_{к.осоту}$ = 23,1 %, всіх великих домішок $E_{кр.д.}$ = 37,0 %.

При використанні продовгуватих отворів на сітці скальператора зростає повнота виділення із зернового вороху соломи подрібненої в 7,72 рази, колосків в 1,51 раз, крупних мінеральних домішок – в 23,15 раз, кошиків осоту в 9,24 рази, всіх великих домішок в 18,5 рази.

Виявлено, що для умов переміщення компонентів зернового вороху по сітці скальператора з підкиданням ймовірність їх проходу через отвори зростають і для забезпечення зростання повноти виділення із зернової купи сходом з сітки великих домішок, що забезпечує зростання виділення домішок зі збільшеною товщиною. Наприклад, для Q = 2,0 кг/(м·с), при переміщенні зернового вороху по сітці з підкиданням, раціональні розміри отворів 16×60 мм і

при повноті виділенні крупних мінеральних домішок $E_{к.м.д.}$ = 44,5 %. При переміщенні зернового вороху без підкидання, раціональні розміри отворів сітки 20×60 мм, при цьому $E_{к.м.д.}$ = 39,8 %, зниження на 10,56 %.

Довгі компоненти зернового вороху краще виділяються на сітці скальператора при переміщенні по ній без підкидання, наприклад, для цих же умов, відповідно, $E_{сол}$ = 23,7 %, $E_{сол.под}$ = 33,3 % (зростання на 40,51 %).

Аналогічна закономірність простежується і для інших розглянутих умов сепарації зернового вороху на транспортера-скальператора.

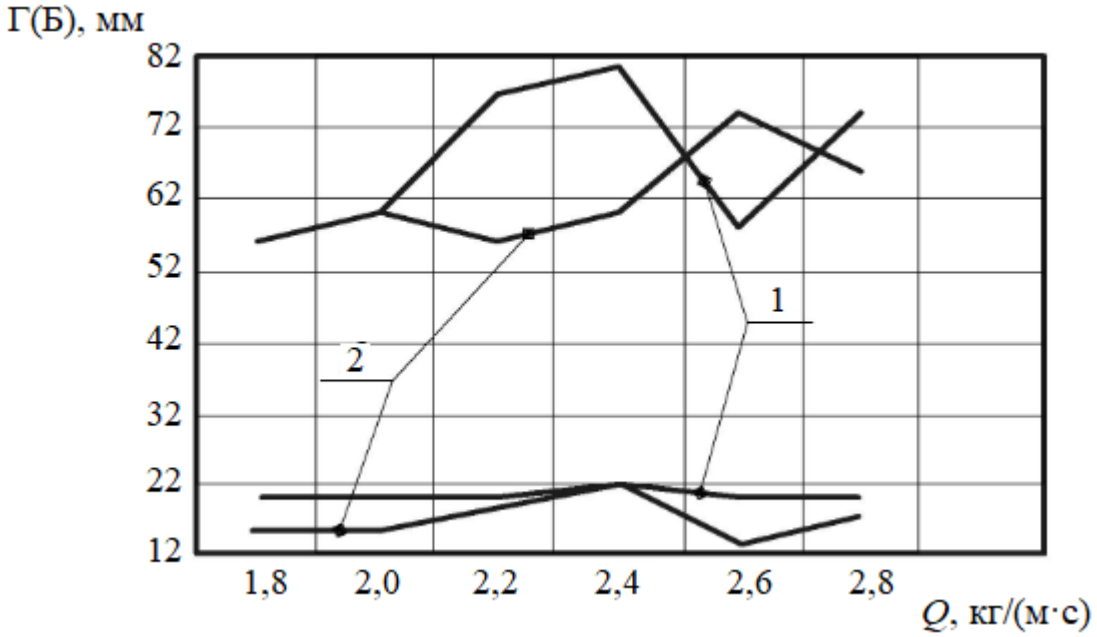


Рисунок 3.9 – Залежність раціональних розмірів Г і Б продовгуватих отворів сітки транспортера-скальператора від подачі *Q* на неї зернових відходів і умов переміщення його компонентів по сітці:

1 – без підкидання; 2 – з підкиданням.

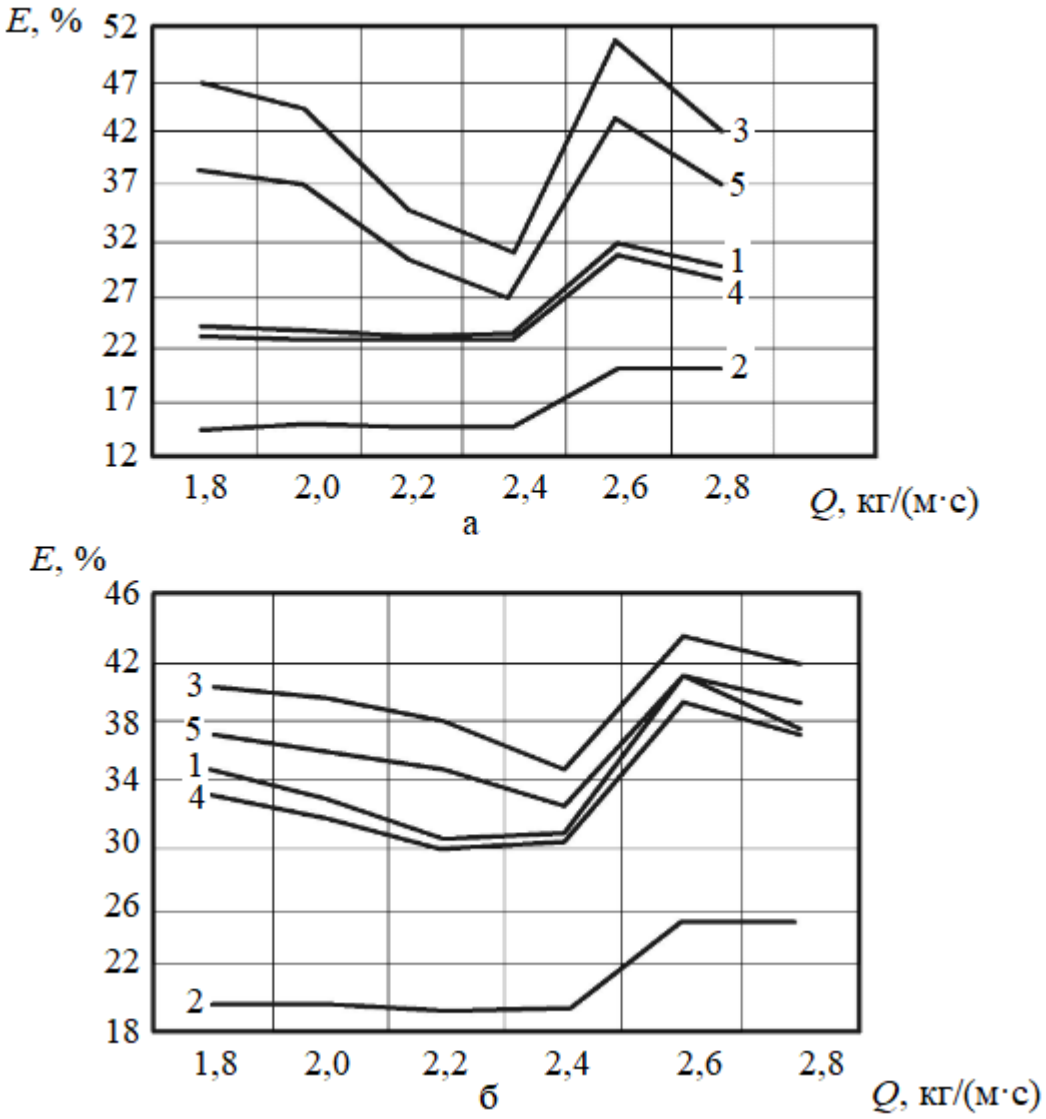


Рисунок 3.10 – Повнота виділення компонентів із зернових відходів транспортером-скальператор з продовгуватими отворами від подачі *Q* зернових відходів і умов переміщення компонентів по сітці скальператора:

а – з підкиданням; б – без підкидання; 1 – соломин подрібнених; 2 – колосків; 3 – великих мінеральних домішок; 4 – кошиків осоту; 5 – всіх великих домішок.

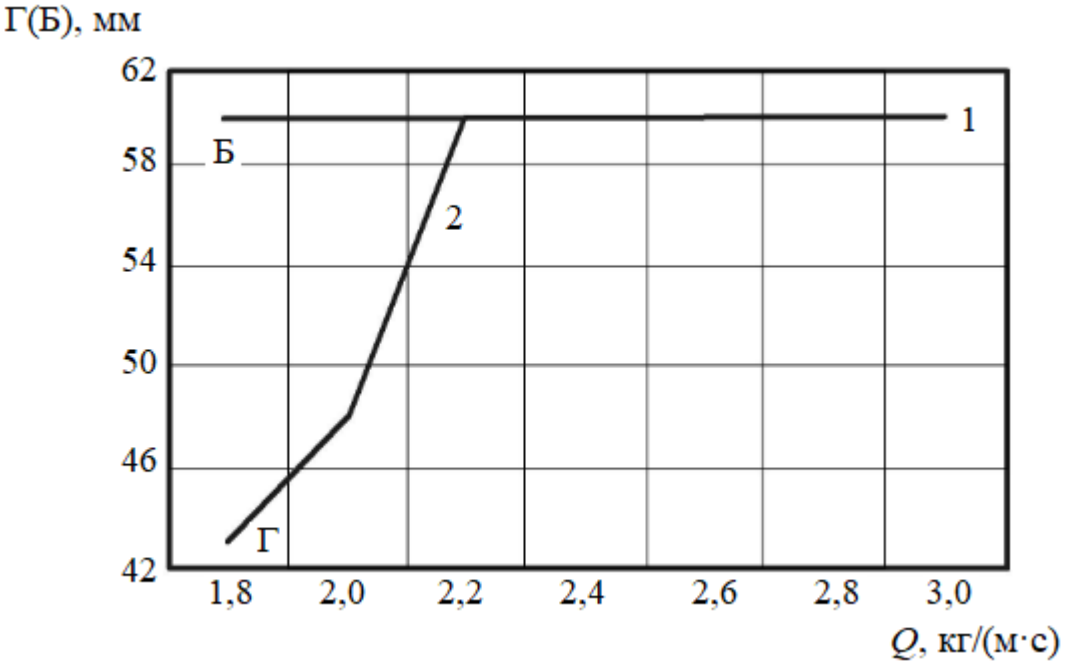


Рисунок 3.11 – Залежність раціональних розмірів Г і Б квадратних отворів сітки транспортера-скальператора від подач *Q* на неї зернових відходів і умов переміщення їх компонентів по сітці:

1 – без підкидання; 2 – з підкиданням.

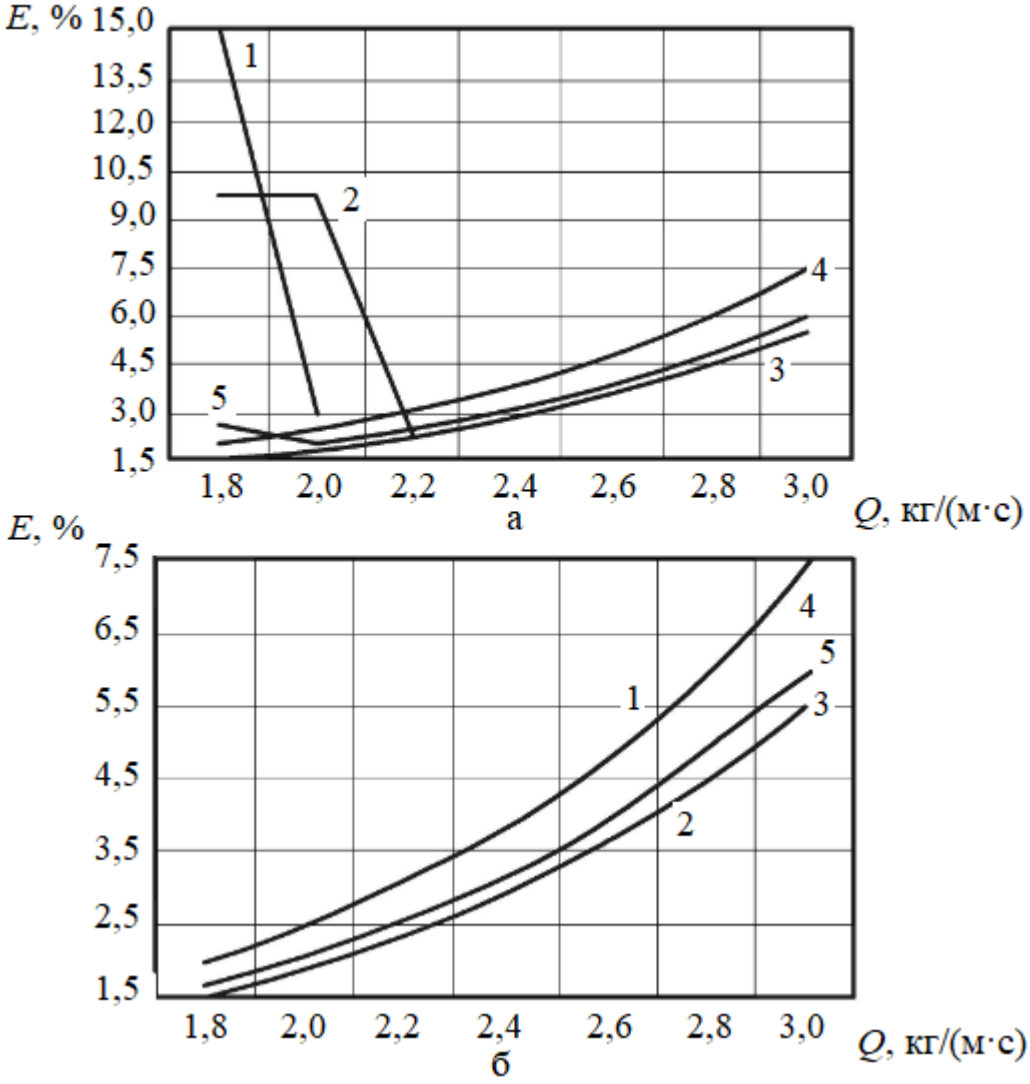


Рисунок 3.12 – Повнота виділення компонентів із зернових відходів транспортером-скальператором з квадратними отворами сит подачі *Q* зернових відходів і умов переміщення компонентів по сітці скальператора:

а – з підкиданням; б – без підкидання;

1 – соломин подрібнених; 2 – колосків; 3 – крупних мінеральних домішок;

4 – кошиків осоту; 5 – всіх великих домішок.

Висновки за розділом

Відходи, одержувані на хлібоприймальних підприємствах, являють собою зернові суміші, побічні продукти і відходи I – III категорій з вмістом корисного

зерна 0,5 – 50 %. Їх необхідно сортувати з метою максимального вилучення нормального зерна і приєднання його до партії, з якої воно було виділено. Крім того, з відходів необхідно видалити мінеральну домішку, через яку вони можуть бути не придатними до згодовування.

Відходи ІІІ-ої категорії, що містять корисні зернові відходів в межах 2,1 – 5,1 % (в тому числі нормального зерна 1,6 – 3,8 %), необмолочених колосків до 20,8 % (що містять по масі 20 – 25 % нормального зерна) практично не використовуються.

Досліджені зміни кута природного укосу (від 30 до 90°) в залежності від вологості (6 – 40 %) і категорії відходів, залежність сорбції відходів від їх категорії та часу відлежування, вплив вологості на натурну масу і щільність відходів різних категорій.

Встановлено, що найбільш істотний вплив на даний процес сепарації надають форма і розміри отворів на сітці транспортера скальператора, використання продовгуватих отворів дозволяє в 18,5 раз більше, в порівнянні з квадратними отворами, виділяти з зернового купи вороху сміттєві домішки, при цьому зростання виділення колосків на 34 %.

Виявлено, що при використанні продовгуватих отворів на сітці скельператора раціональні розміри отворів сітки 16×60 мм, при цьому, в порівнянні з квадратними отворами, повнота виділення бур’янистих домішок із зернового вороху істотно зростає – соломин подрібненої в 7,72 рази, колосків в 1,51 раз, великих мінеральних домішок в 23,15 раз, кошиків осоту в 9,24 раз, інших бур’янистих домішок в 18,5 рази.

4 ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ

4.1 Практична реалізація результатів досліджень

Як показники, що оцінюються ефективність процесу сепарування прийняті величини раціональних розмірів довгастих отворів сітки скальператора і основні показники процесу сепарації зернових відходів – повнота виділення із зернових відходів на транспортері-скальператорі соломин, подрібнених колосків, великих мінеральних домішок.

Методика оцінки її загальноприйнята – проведення експерименту з оцінки раціональних параметрів отворів і показників сепарації зернових відходів на транспортері-скельператорі при варіації параметрів, що включають величини габаритних розмірів отворів решіт транспортера-скальператора.

Попередніми дослідженнями встановлено, що для умов переміщення зернового вороху по сітці скальператора з підкиданням, раціональні розрахункові параметри її довгастих отворів 16×60 мм.

Експериментальні решета для оцінки величин повноти виділення основних компонентів із зернових відходів приведені на рисунку 4.1.

Методика проведеного виробничого дослідження передбачала використання решіт з розмірами довгастих отворів 12×60 мм, 16×60 мм, 20×60 мм, 24×60 мм (рис. 4.2) і оцінку показників процесу сепарації на них зернового вороху з дотриманням кінематичних параметрів транспортера-скальператора для умов переміщення вороху по транспортеру-скальператору з підкиданням: частота ударів підбивальника сітки відповідала частоті підкидання купи 2,6 $с^{-1}$, швидкість транспортера 0,6 м/с і його довжина 1 м, визначили середній. Подача вороху на решета визначалася його вихідною товщиною шару на решеті при щільності вороху (ρ = 277,78 $кг/м^3$).

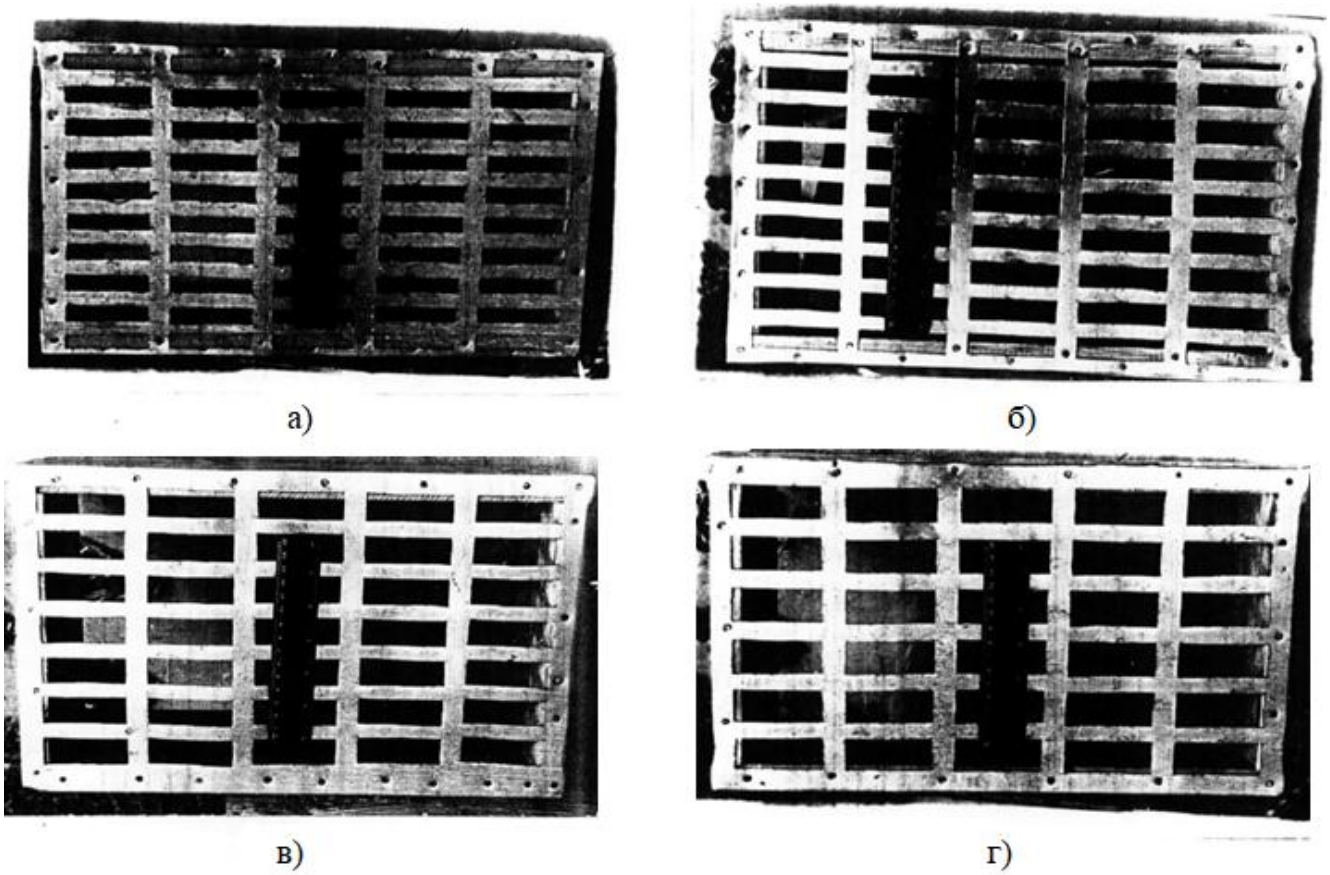


Рисунок 4.1 – Загальний вигляд решіт, що були використані при проведенні досліджень

На 2-му етапі досліджень проведена оцінка впливу розмірів отворів решіт на величини показників при Q = 2 кг/(м·с). Результати експериментів зведені в таблицю 4.1 і наведені на рисунках 4.2, 4.3 та 4.4.

Встановлено, що кращими є розміри отворів на решеті 16×60 мм: повнота виділення сходом соломи дробленої 45,276 %, колосків недомолочених 15,677 %, великих мінеральних домішок 25,051 %. Зі збільшенням розмірів отворів до 20×60 мм ці показники знижуються.

На 3-му етапі досліджень проведена оцінка ефективності процесу сепарації при варіації подач Q зернових відходів на решета транспортера-скальператора і з зазначеними вище кінематичними параметрами скельператора. На решеті з розмірами раціональних отворів 16×60 мм сепарованого зернові відходи з варіацією подач 2 – 2,8 кг/(м·с). Результати дослідів зведені в таблицю 4.2 і приведені на рисунках 4.5, 4.6 та 4.7.

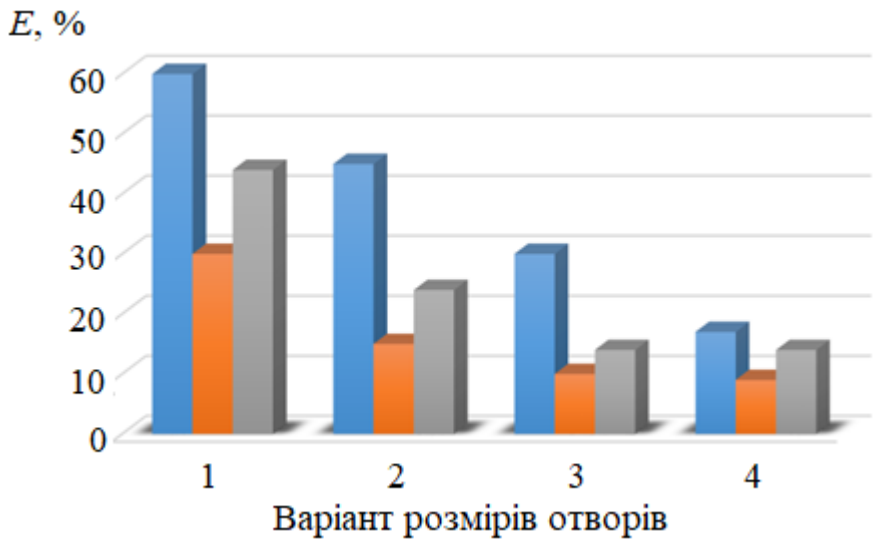


Рисунок 4.2 – Залежність повноти виділення із зернових відходів соломи дробленої (1), колосків недомолочених (2) і великих мінеральних домішок (3) від ширини *B* довгастих отворів сита:

1 – *B* = 12 мм; 2 – *B* = 16 мм; 3 – *B* = 20 мм; 4 – *B* = 24 мм.

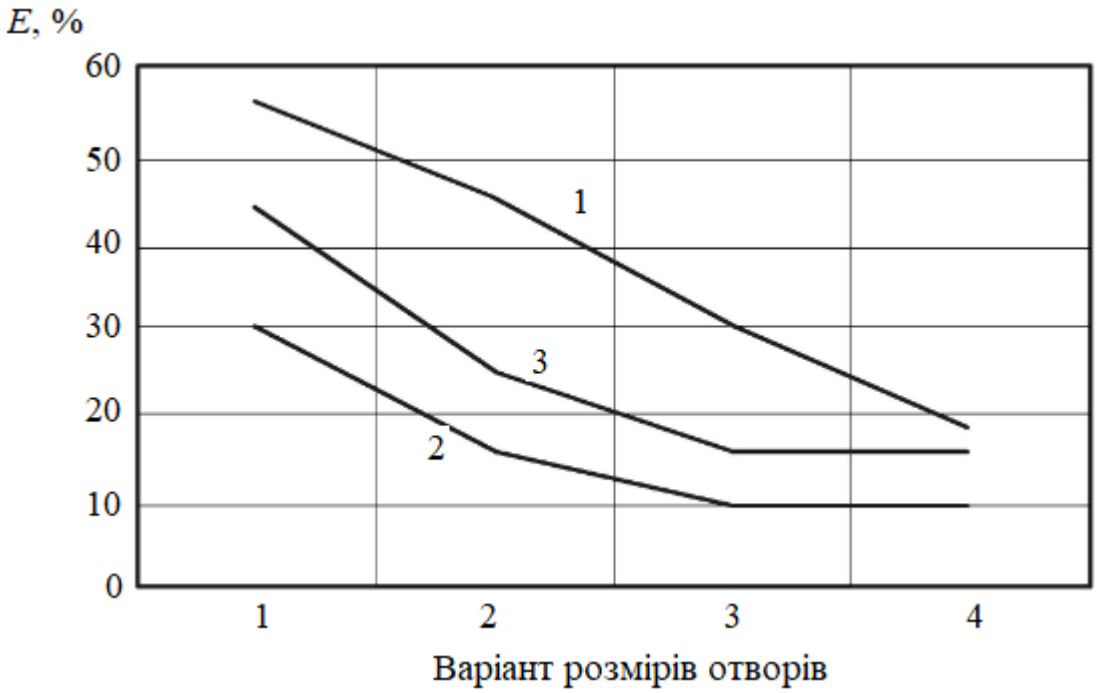


Рисунок 4.3 – Залежність повноти виділення із зернових відходів соломи дробленої (1), колосків недомолочених (2) і великих мінеральних домішок (3) від ширини *B* продовгуватих отворів сита:

1 – *B* = 12 мм; 2 – *B* = 16 мм; 3 – *B* = 20 мм; 4 – *B* = 24 мм.

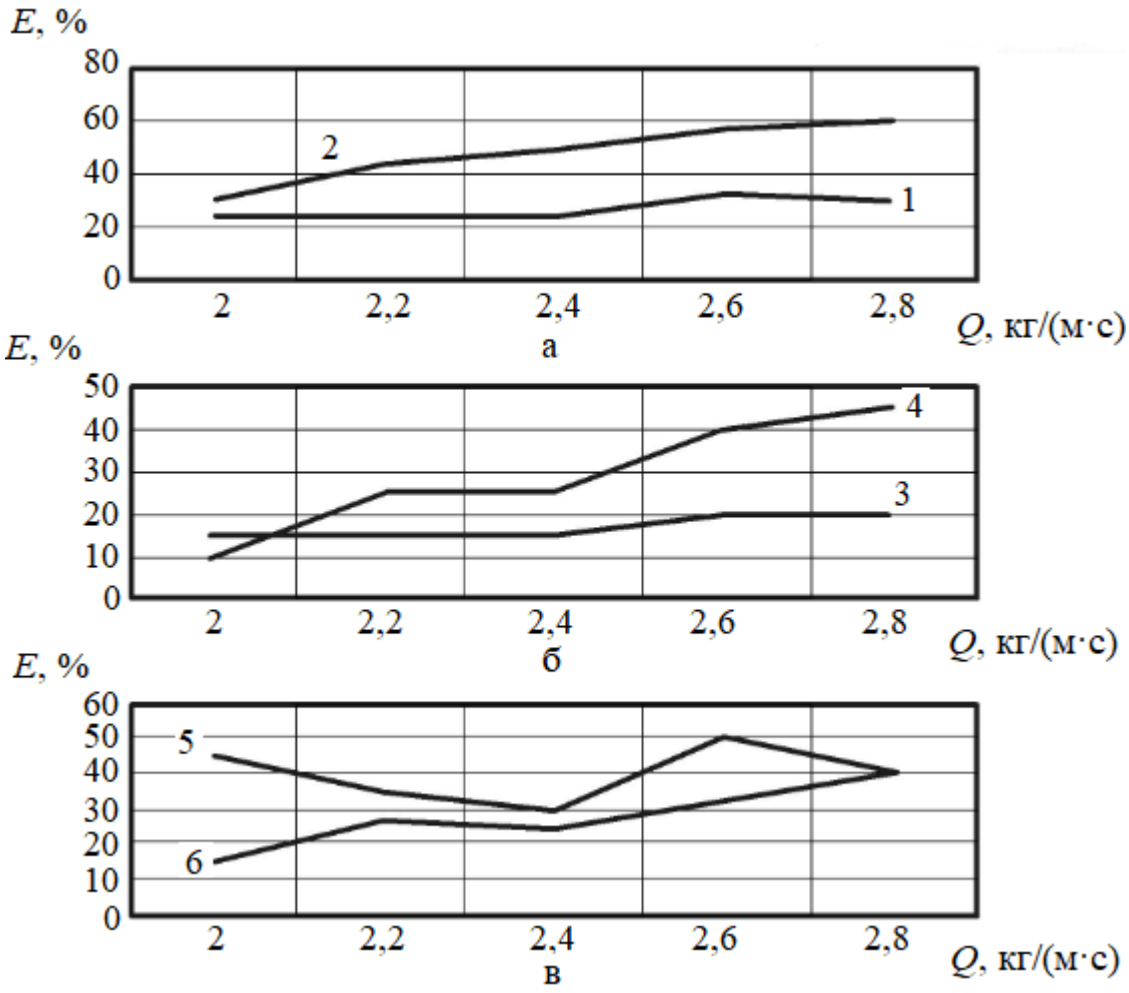


Рисунок 4.4 – Повнота виділення компонентів із зернових відходів транспортера-скальператора з продовгуватими отворами 16×60 мм і переміщенням компонентів по сітці скальператора з підкиданням від подачі Q, зернових відходів:

1, 3, 5 – теоретична; 2, 4, 6 – експериментальна; а – соломи подрібненої; б – колосків; в – крупних мінеральних домішок.

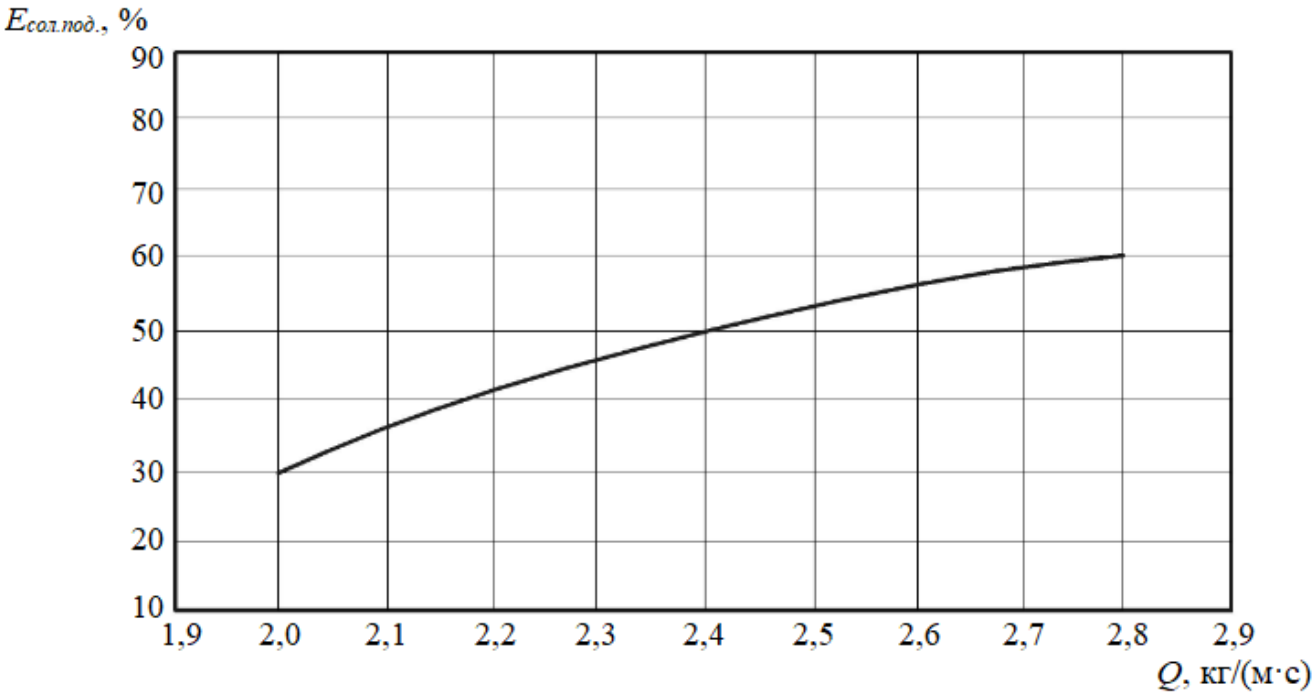


Рисунок 4.5 – Залежність ефективності виділення соломи подрібненої від продуктивності транспортера-скальператора

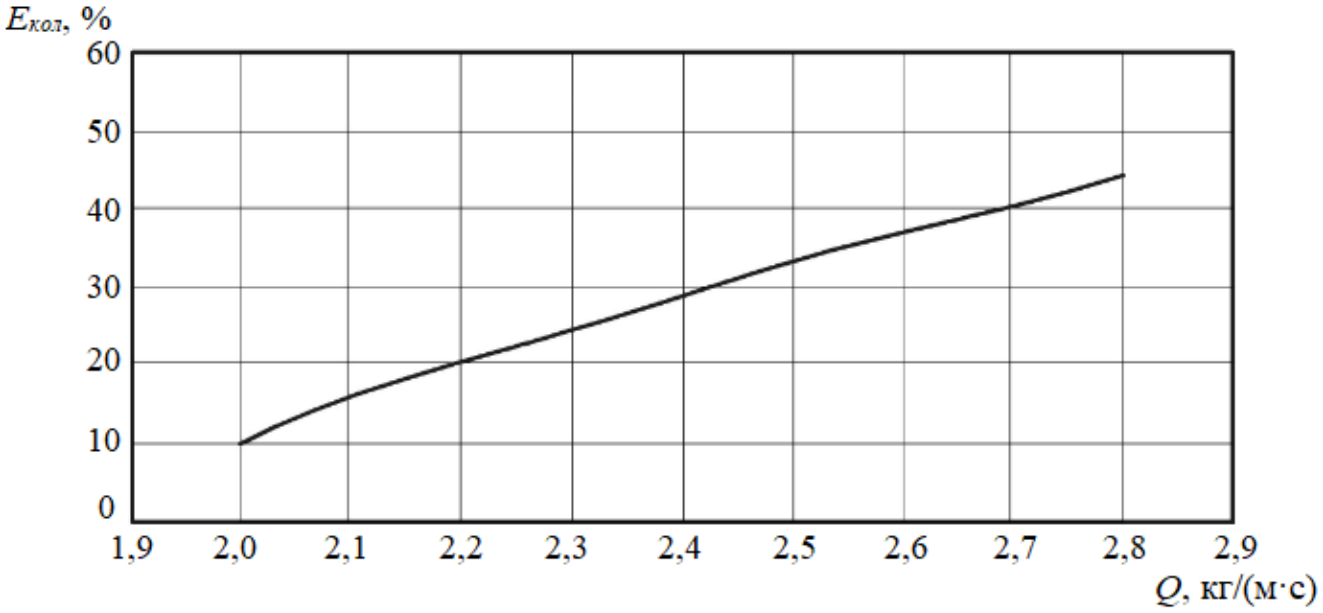


Рисунок 4.6 – Залежність ефективності виділення колосків від продуктивності транспортера-скальператора

Таблиця 4.1 – Зміна величин повноти виділення в сход основних компонентів із зернових відходів при їх сепаруванні на решетах з різною шириною продовгуватих отворів

№ досліду	Розмір отворів решіт, мм	Подача зернових відходів *Q*, кг/(м·с)	Компоненти, що виділяються	Повнота виділення, %
1	12×60	2,0	Подрібнена солома	56,715
			Колоски	30,745
			Великі мінеральні домішки	44,486
2	16×60	2,0	Подрібнена солома	45,276
			Колоски	15,677
			Великі мінеральні домішки	25,051
3	20×60	2,0	Подрібнена солома	30,315
			Колоски	10,230
			Великі мінеральні домішки	15.034
4	24×60	2,0	Подрібнена солома	17,668
			Колоски	9,655
			Великі мінеральні домішки	14,748

Таблиця 4.2 – Зміна величин повноти виділення в сход основних компонентів із зернових відходів при їх сепарації на решеті з отвором 16×60 мм і різної подачею *Q* зернових відходів

№ досліду	Подача зернових відходів, *Q*, кг/(м·с)	Компоненти, що виділяються	Повнота виділення, %
1	2,0	Подрібнена солома	30,315
		Колоски	10,230
		Великі мінеральні домішки	15,034
2	2,2	Подрібнена солома	42,790
		Колоски	24,282
		Великі мінеральні домішки	26,340
3	2,4	Подрібнена солома	48,213
		Колоски	25,871
		Великі мінеральні домішки	23,558
4	2,6	Подрібнена солома	56,414
		Колоски	38,080
		Великі мінеральні домішки	33,147
5	2,8	Подрібнена солома	61,303
		Колоски	44,080
		Великі мінеральні домішки	40,630

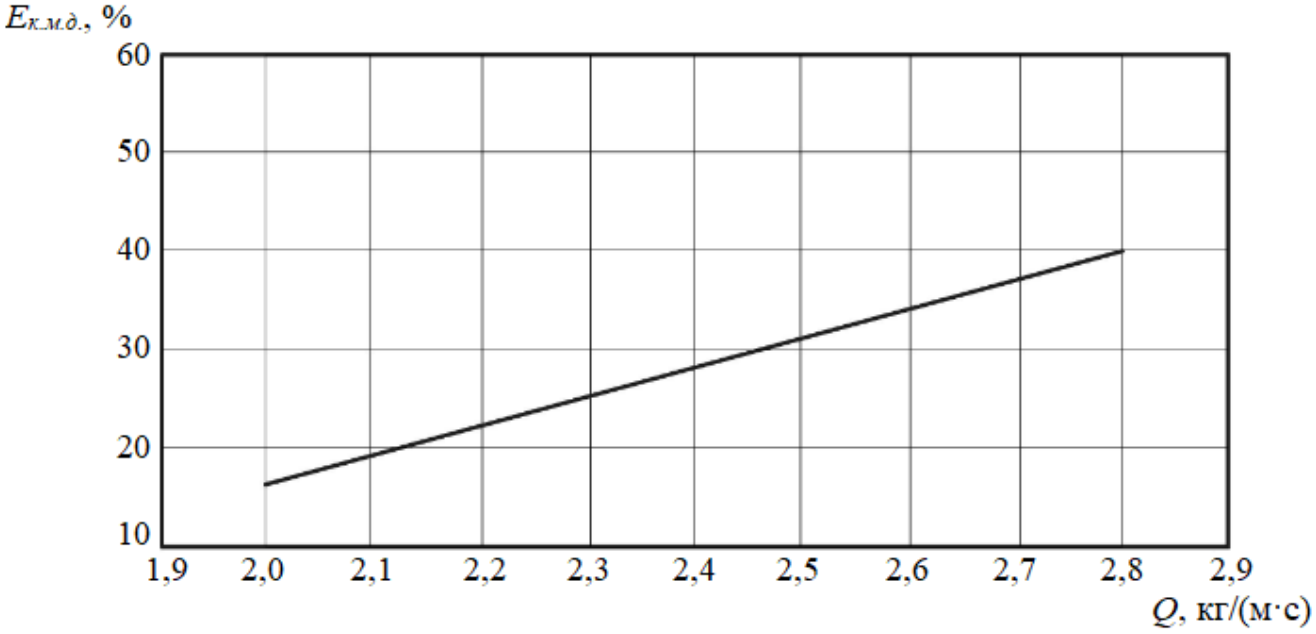


Рисунок 4.7 – Залежність ефективності виділення крупних мінеральних домішок від продуктивності транспортера-скальператора

Висновки за розділом

Встановлено, що найбільш істотний вплив на даний процес сепарації надають форма і розміри отворів на сітці транспортера скальператора, використання продовгуватих отворів дозволяє в 18,5 раз більше, в порівнянні з квадратними отворами, виділяти з зернового купи вороху сміттєві домішки, при цьому зростання виділення колосків на 34 %.

Виявлено, що при використанні продовгуватих отворів на сітці скельператора раціональні розміри отворів сітки 16×60 мм, при цьому, в порівнянні з квадратними отворами, повнота виділення бур'янистих домішок із зернового вороху істотно зростає – соломин подрібненої в 7,72 рази, колосків в 1,51 раз, великих мінеральних домішок в 23,15 раз, кошиків осоту в 9,24 раз, інших бур'янистих домішок в 18,5 рази.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

5.1 Розробка карти безпеки праці оператора зерноочисного сепаратора

Карта безпеки праці під час сепарування зернових відходів – це документ, що визначає основні вимоги безпеки, які мають дотримуватись працівники для уникнення травм і забезпечення ефективної роботи. Ключові елементи такої карти представлені на рисунку 5.1.

Карта безпеки праці під час сепарування зернових відходів	
1. Підготовка до роботи	1.1 Перевірка обладнання: - переконайтесь у справності сепаратора; - перевірте електропроводку, заземлення та відсутність пошкоджень. 1.2 Забезпечення особистого захисту: - одягніть спеціальний одяг, рукавиці, захисні окуляри та респіратор; - перевірте відповідність засобів індивідуального захисту нормативним вимогам.
2. Основні вимоги безпеки	2.1 Місце роботи: - тримайте робочу зону чистою від сторонніх предметів; - забезпечте достатнє освітлення та вентиляцію. 2.2 Робота з обладнанням: - заборонено виконувати роботи при несправному обладнанні; - завантажуйте сировину в сепаратор рівномірно, уникаючи перевантаження; - не торкайтеся рухомих частин під час роботи обладнання. 2.3 Електробезпека: - виконуйте роботи тільки після перевірки електрообладнання; - у разі аварії вимкніть живлення.
3. Дії у випадку небезпеки	3.1 При виникненні задимлення, іскріння або сторонніх звуків негайно вимкніть обладнання. 3.2 У разі аварійної ситуації повідомте керівника. 3.3 У разі травми надайте першу допомогу та викличте медичну службу.
4. Завершення роботи	4.1 Зупиніть сепаратор і вимкніть його від живлення. 4.2 Очистіть обладнання від залишків сировини. 4.3 Перевірте стан робочого місця, видаліть сміття.
5. Загальні правила	5.1 Заборонено працювати у стані алкогольного чи наркотичного сп’яніння. 5.2 Дотримуйтесь інструкцій з експлуатації обладнання. 5.3 Працюйте лише після проходження інструктажу з охорони праці.

Рисунок 5.1 – Карта безпеки праці оператора сепаратора зернових відходів

Ця карта допомагає забезпечити безпечні умови праці під час сепарування зернових відходів, мінімізуючи ризик травм і аварій.

5.2 Шляхи утилізації відходів елеваторної промисловості

Відходи елеваторної промисловості (залишки зерна, лушпиння, пил, зернові відходи) потребують екологічно безпечної утилізації або використання, щоб мінімізувати негативний вплив на довкілля та підвищити ефективність виробництва. Ось основні шляхи утилізації таких відходів:

1. Виробництво кормів для тварин.

Використання зернових відходів: – подрібнені зернові залишки і лушпиння можуть бути основою для виготовлення кормів для худоби, птиці чи риби.

Додавання в комбікорми: – відходи змішують із іншими компонентами для отримання поживних кормів.

2. Біоенергетика.

Виробництво біогазу: – органічні відходи (пил, лушпиння) ферментуються в біогазових установках, генеруючи метан для виробництва енергії.

Спалювання для отримання енергії: – легкозаймисті відходи можуть бути використані як паливо на теплоелектростанціях або в котельнях.

3. Компостування.

Отримання органічного добрива: – лушпиння, зерновий пил і подібні відходи можуть бути компостовані з іншими органічними матеріалами. Використання такого компосту покращує структуру ґрунту і його родючість.

4. Виробництво промислової продукції.

Використання у будівельній промисловості: – лушпиння або дрібний пил можуть бути використані для виготовлення легких бетонів чи інших будівельних матеріалів.

Виробництво паперу: – лушпиння зернових культур використовується як додатковий матеріал для виготовлення паперу.

5. Переробка у хімічній промисловості.

Отримання біопластику: – органічні компоненти зернових відходів можна використовувати для синтезу біопластиків.

Екстракція олій або інших речовин: – з лушпиння соняшнику чи інших культур можна добувати олії або інші корисні речовини.

6. Вивезення на полігони або спалювання.

У разі неможливості переробки частина відходів може бути вивезена на спеціалізовані полігони або спалена в умовах, що відповідають екологічним нормам.

7. Переваги переробки відходів:

1) Зменшення екологічного навантаження.
2) Отримання додаткової продукції або енергії.
3) Раціональне використання ресурсів.

Вибір способу утилізації залежить від типу відходів, наявності технологій і економічної доцільності.

Висновки за розділом

У запропонованій частині кваліфікаційного дослідження була розроблена карта безпеки для операторів сепараторів для очистки зернових відходів та визначені основні методи утилізації відходів які можуть виникати під час первинної обробки зернової сировини та очистки відходів зерна.

6 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

6.1 Організація проведення дослідження

Організація досліджень включає: складання переліку робіт, визначення їх взаємозв'язку і тривалості та розрахунок кошторису витрат на проведення експерименту.

Перелік робіт, передбачений ходом дослідження з встановлення впливу техніко-технологічних параметрів сепарувальної машини на ефективність процесу сепарування зернових відходів, наведений у табл. 6.1.

Таблиця 6.1 – План проведення дослідження

Шифр робіт *i-j*	Найменування робіт	Тривалість робіт t_{ij}, днів
1	2	3
1-2	Вибір теми дослідження	1
2-3	Огляд літератури та патентний пошук	7
3-4	Складання послідовності етапів науково-дослідної роботи	4
4-5	Розробка програми проведення досліджень	4
5-6	Підготовка дослідних зразків зернових відходів	2
6-7	Підготовка обладнання для проведення досліджень	16
7-8	Визначення фізико-механічних властивостей досліджуваних зразків насіння соняшника	2
7-9	Визначення впливу питомої подачі зернових відходів на ефективність процесу сепарування	4
7-10	Визначення впливу вологості на ефективність процесу сепарування зернових відходів	6
7-11	Визначення впливу складу зернових відходів на ефективність процесу сепарування	6
8-12	Аналіз та обробка результатів дослідження	1
9-12		1
10-12		1
11-12		1
12-13	Підготовка матеріалу до публікації	4
13-14	Формування демонстраційного матеріалу	2
Всього		62

У відповідності до таблиці 6.1, загальна тривалість виконання кваліфікаційної роботи становить 62 дні.

6.2 Витрати, пов’язані з проведенням дослідження

Витрати на основні та побічні матеріали розраховують за формулою:

$$M = \sum m_1 \cdot Ц_1 , \tag{6.1}$$

де m_1 – кількість витраченого і-го матеріалу;

$Ц_1$ – – ціна одиниці і-го матеріалу, грн.

Результати розрахунку витрат на матеріали наведені в табл. 6.2.

Таблиця 6.2 – Необхідна кількість основних матеріалів та їх вартість

Найменування, одиниці	Кількість	Ціна, грн	Сума, грн
Зернові відходи, кг	50	2,3	115,00
Всього			115,00

Результати розрахунку витрат на заробітну плату наведені в табл. 6.3.

Таблиця 6.3 – Розрахунок витрат на заробітну плату

Посада	Середньомісячний заробіток, грн	Середньочасовий заробіток, грн	Кількість людино-годин	Сума, грн
Дипломний керівник	9100	54,17	35	1896,70
Всього				Всього

Нарахування на заробітну плату складають:

$$H = \frac{1896,70 \cdot 22}{100} = 417,27 \text{ грн.}$$

Затрати на витрачену електроенергію визначають за формулою:

$$E = M \cdot K \cdot T \cdot a, , \tag{6.2}$$

де M – потужність встановленого електрообладнання, кВт;

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

T – час роботи на установці, год;

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

Затрати енергії на роботу сушильної шафи:

$$E_{с.ш.} = 2,1 \cdot 0,9 \cdot 24 \cdot 4,68 = 212,28 \text{ грн.}$$

Затрати енергії на привід робочих органів просіювальної машини:

$$E_{п.м.} = 1,1 \cdot 0,9 \cdot 48 \cdot 4,68 = 222,39 \text{ грн.}$$

Затрати енергії на роботу персонального комп’ютера:

$$E_{п.к.} = 0,9 \cdot 0,9 \cdot 200 \cdot 4,68 = 758,16 \text{ грн.}$$

Загальні затрати електроенергії складають:

$$E = E_{с.ш.} + E_{п.м.} + E_{п.к.} = 212,28 + 222,39 + 758,16 = 1192,83 \text{ грн.}$$

Амортизаційні відрахування визначаємо за формулою:

$$A = \frac{Ф \cdot H \cdot t}{100 \cdot 12}, \tag{6.3}$$

де A – амортизаційні відрахування, грн;

$Ф$ – вартість устаткування, грн;

H – річна норма амортизації, %;

t – тривалість проведення дослідження на устаткуванні, днів;

365 – кількість днів у році.

Результати розрахунків витрат на амортизацію наведені в табл. 6.4.

Таблиця 6.4 – Результати розрахунків витрат на амортизацію

Устаткування	Вартість, грн	Річна норма амортизації, %	Тривалість роботи, днів	Витрати на амортизацію, грн
Сушильна шафа	24800,0	15	3	30,57
Просіювальна машина	18500,0	15	6	45,61
Персональний комп'ютер	18500,0	24	25	304,11
Всього				380,29

Накладні витрати пов'язані з проведенням досліджень складають:

$$\frac{(1896,70 \cdot 80)}{100} = 1517,36 \text{ грн.}$$

Кошторис витрат на проведення дослідження наведений в табл. 6.5.

Таблиця 6.5 – Кошторис витрат на проведення дослідження

Витрати	Сума, грн.
Основні матеріали	115,00
Заробітна плата	1896,70
Нарахування на заробітну плату	417,27
Електроенергія	1192,83
Амортизація	380,29
Накладні витрати	1517,36
Всього	5519,45

Аналіз показав, що на першому місці стоять витрати на заробітну плату і накладні витрати.

6.3 Розрахунок вартості дослідження

Науково-дослідна робота належить до фундаментальних досліджень, тому ціна визначалась на основі витрат на дослідження і рентабельності:

$$Ц = C + \frac{P \cdot C}{100}, \tag{6.8}$$

де $Ц$ – вартість дослідження, грн;

C – витрати на дослідження, грн;

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

$$Ц = 5519,45 + \frac{30 \cdot 5519,45}{100} = 7175,28 \text{ грн.}$$

Витрати на проведені дослідження становлять 7175,28 грн.

Висновки за розділом

Основні статті витрат під час дослідження включають заробітну плату та накладні витрати, які становлять 1896,70 грн і 1517,36 грн відповідно. Загальна вартість дослідження складає 7175,28 грн.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Проведено пошукові дослідження і аналіз умов, що визначають формування зернових відходів, основних технологічних операцій, що виділяють ці відходи, їх потоки в технологічних схемах на ПЗПЗ і технологічних властивостей окремих компонентів і фракцій, відсутність технологій і технічних засобів для утилізації відходів ІІІ-ої категорії, необхідність виділення з цих відходів і домолота значної кількості необмолочених колосків (до 20,8 %), містять 20 – 25 % нормального зерна і мінеральних домішок (каміння та ін.) (до 2,5%), завжди апріорна інформація, а також логіко-евристичний підхід до процесу очищення розглянутих відходів, дозволили сформулювати мету і завдання досліджень.

Обґрунтовано технологічні передумови формування зернових відходів та методику відбору проб для їх аналізу за розробленою схемою. Приведено опис та технічні характеристики використаного обладнання для дослідження процесу сепарування зернових відходів під час первинної обробки зерна.

Встановлено, що відходи, одержувані на хлібоприймальних підприємствах, являють собою зернові суміші, побічні продукти і відходи І – ІІІ категорій з вмістом корисного зерна 0,5 – 50 %. Їх необхідно сортувати з метою максимального вилучення нормального зерна і приєднання його до партії, з якої воно було виділено. Крім того, з відходів необхідно видалити мінеральну домішку, через яку вони можуть бути не придатними до згодовування.

Відходи ІІІ-ої категорії, що містять корисні зернові відходів в межах 2,1 – 5,1 % (в тому числі нормального зерна 1,6 – 3,8 %), необмолочених колосків до 20,8 % (що містять по масі 20 – 25 % нормального зерна) практично не використовуються.

Досліджені зміни кута природного укосу (від 30 до 90°) в залежності від вологості (6 – 40 %) і категорії відходів, залежність сорбції відходів від їх

категорії та часу відлежування, вплив вологості на натурну масу і щільність відходів різних категорій.

Встановлено, що найбільш істотний вплив на даний процес сепарації надають форма і розміри отворів на сітці транспортера скальператора, використання продовгуватих отворів дозволяє в 18,5 раз більше, в порівнянні з квадратними отворами, виділяти з зернового купи вороху сміттєві домішки, при цьому зростання виділення колосків на 34 %.

Виявлено, що при використанні продовгуватих отворів на сітці скельператора раціональні розміри отворів сітки 16×60 мм, при цьому, в порівнянні з квадратними отворами, повнота виділення бур'янистих домішок із зернового вороху істотно зростає – соломин подрібненої в 7,72 рази, колосків в 1,51 раз, великих мінеральних домішок в 23,15 раз, кошиків осоту в 9,24 раз, інших бур'янистих домішок в 18,5 рази.

У запропонованій частині кваліфікаційного дослідження була розроблена карта безпеки для операторів сепараторів для очистки зернових відходів та визначені основні методи утилізації відходів які можуть виникати під час первинної обробки зернової сировини та очистки відходів зерна.

Основні статті витрат під час дослідження включають заробітну плату та накладні витрати, які становлять 1896,70 грн і 1517,36 грн відповідно. Загальна вартість дослідження складає 7175,28 грн.

БІБЛІОГРАФІЯ

1. Адамчук В. В., Прилуцький, А. Н., Заришняк, А. С., Степаненко, С. П. (2014). Концепція комплексного вирішення проблеми післязбиральної обробки і зберігання зерна в сільськогосподарських підприємствах України. В зб.: Механізація та електрифікація сільського господарства. Глеваха: ННЦ «ІМЕСГ». Вип. 99. С. 40-56.

2. Войтюк Д. Г., Гаврилюк Г. Р. (1994). Сільськогосподарські машини. К.: Урожай. 446 с.

3. Войтюк Д. Г., Гаврилюк, Г. Р. (2004). Сільськогосподарські та меліоративні машини. К.: Вища освіта. 554 с.

4. Kharchenko S. O. (2017). Intensification of grain sifting on flat sieves of vibration grain separators. Kharkiv: «Діса+». 220 p.

5. Ольшанський В. П., Бредихін В. В., Лук'яненко В. М., Півень М. В., Сліпченко М. В., Харченко С. О. (2017). Теорія сепарування зерна: монографія. Харків: ПланетаПрінт. 803 с.

6. Котов Б. І., Пастушенко М. Г., Степаненко С. П. (2012). Дослідження ефективності вібровідцентрової сепарації зерна на ступінчасто-конічному решеті методом планування експериментів. Конструювання, експлуатація та виробництво сільськогосподарських машин. Випуск 42. Частина 2. С. 70-75.

7. Бредихін В. В. (2003). Обгрунтування параметрів процесу вібропневмовідцентрового розділення насіннєвих сумішей за густиною насіння. Автореф. дис. канд. техн. наук. Харків. 20 с.

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

9. 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.

10. Kovaliova, O., Vasylieva, N., Stankevych, S., Zabrodina, I., Mandych, O., Hontar, T., Haliasnyi, I., Kotliar, O., Yanchyk, O., Bogatov, O. (2023). Development of a technology for the production of germinated flaxseed using plasma-chemically activated aqueous solutions. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 4 (11 (124)), 6–19. doi: https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.284810

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

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

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

14. Ronge, R. V., Sardeshmukh, M. M. (2014). Comparative analysis of Indian wheat seed classification. Icacci'14. P. 937-942.

15. Kovalova, O., Vasylieva, N., Haliasnyi, I., Gavrish, T., Dikhtyar, A., Andrieieva, S., Didukh, N., Balandina, I., Obolentseva, L., Hirenko, N. (2023). Development of buckwheat groats production technology using plasma-chemically activated aqueous solutions. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 6 (11 (126)), 59–72. doi: https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.290584

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

17. Mira Park, Jesse S. Jin, Sherlock L. Au, Suhuai Luo, Yue Cui1 (2009). Automated Defect Inspection Systems by Pattern. Recognition International Journal of Signal Processing, Image Processing and Pattern Recognition. Vol. 2. No. 2. P. 31-41.

18. Сухін, В. С., Чорнобай, І. В., Калічава, Г.Т. (2018). Патент на корисну модель UA 122770 U, МПК B07B 4/02 (2006.01), A01F 12/44 (2006.01). Універсальний аеродинамічний сепаратор серії "Сад" з додатковим очищенням

зернового матеріалу. Заявник Сухін В. С., Чорнобай І. В., Калічава Г.Т. № u 2017 07797. Заявл. 24.07.2017. Опубл. 25.01.2018, Бюл. № 2.

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

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

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

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

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

24. Рудь, А. В., Дуганець, В. І., Павельчук, Ю. Ф., Мошенко, І. О., Мельник, В. В. (2013). Результати дослідження технологічної доцільності використання аеродинамічних сепараторів. Збірник наукових праць. За редакцією доктора с.-г. наук, професора, академіка АН ВО України, Заслуженого діяча науки і техніки України, ректора університету (голова) М.І. Бахмата. № 21. Кам’янець-Подільський. С. 372-377.

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

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

27. Іхно, М. П., Фадеев, Л. В. (2002). Патент на винахід UA 51792 C2, МПК 6B07B1/46. Калібрувальна машина. Заявник Харківський державний політехнічний університет, Акціонерна компанія "Контакт". № 99126926. Заявл. 20 12 1999. Опубл. 16 12 2002, Бюл № 12.

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

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

30. Ловейкін, В. С., Кулик, В. П. (2012). Патент на винахід UA 97155 C2, МПК A01F 12/44 (2006.01), B07B 1/28 (2006.01). Зерноочисна машина. Заявник Національний університет біоресурсів і природокористування України № a200913871. Заявл. 29.12.2009. Опубл. 10.01.2012, Бюл.№ 1.

31. Galkin, V., Hanlrikov, V., Kozlovskiy, I. (2012). Increase of efficiency of cleaning of seeds on a vibration pneumatic separator. Механизация на земеделието (София). №4. С. 7-10.

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

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

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

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

36. 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

37. 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

38. Kovaliova O, Pivovarov O, Vasylieva N, Koshulko V. Obtaining of rice malt with the use of plasma-chemically activated aqueous solutions. Food science and technology.2022;16(4):64-76. https://doi.org/10.15673/fst.v16i4.2542

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

40. Kovalova O.S., Chursinov Yu.O., Kofan D.D. Research of hydrothermal processing of dry barley malt. Grain Products and Mixed Fodder’s. 2018. Vol.18, Issue 4. P.13-18. https://doi.org/10.15673/gpmf.v18i4.1190

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

42. Aliiev E., Gavrilchenko, A., Tesliuk, H., Tolstenko, A., Koshul'ko, V. (2019). Improvement of the sunflower seed separation process efficiency on the vibrating surface. Acta Periodica Technologica, APTEFF, 50, P. 12-22.

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

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

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

46. Shevchenko I. Aliiev E. Improving theefficiency ofthe process ofcontinuous flowmixing of bulkcomponents. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2020. 6/1 (108). P. 6-13. DOI: 10.15587/1729-4061.2020.216409

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

48. Shevchenko I., Aliiev E., Viselga G., Kaminski J. R. (2021). Modeling Separation Process for Sunflower Seed Mixture on Vibro-Pneumatic Separators, 27(4), 311−320. https://doi.org/10.5755/j02.mech.27647

49. Paliy A., Aliiev E., Nanka A., Bogomolov O., Bredixin V., Paliy A., Shkromada O., Musiienko Y., Stockiy A., Grebenik N.. Identifying changes in the

technical parameters of milking rubber under industrial conditions to elucidate their effect on the milking process. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, Vol. 3, Issue 1 (111), 2021. 21–29. https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.231917