

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ТАВРІЙСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ДМИТРА МОТОРНОГО
МЕХАНІКО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
Кафедра обладнання переробних і харчових виробництв
імені професора Ф. Ю. Ялпачика

«Допущено до захисту»
протокол № 272-С
від «03» червня 2025 року
Зав. кафедрою ОПХВ

д.т.н, професор
 Кирило САМОЙЧУК

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до кваліфікаційної роботи

СВО «Бакалавр»

за освітньо-професійною програмою «Комп'ютерний інжиніринг харчових і переробних
виробництв»

зі спеціальності 133 «Галузеве машинобудування»

(освітній ступінь, ОПП, спеціальність)

на тему: Вдосконалення конструкції зерноочисного сепаратора в умовах Меліто-
польського району Запорізької області

19ХВД.9685343.06.25

Виконав: студент 4 курсу, 41ГМ групи


(підпис)

Ярослав КІТЧЕНКО
(прізвище та ініціали)

Керівник:

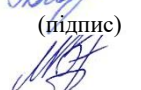
к.т.н., доцент
(науковий ступінь, вчене звання)


(підпис)

Надія ПАЛЯНИЧКА
(прізвище та ініціали)

Консультант з
ОП:

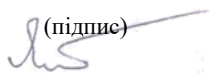
к.с.-г.н., доцент
(науковий ступінь, вчене звання)


(підпис)

Михайло ЗОРЯ

Нормоконтроль

д.т.н., професор
(науковий ступінь, вчене звання)


(підпис)

Володимир ЯЛПАЧИК
(прізвище та ініціали)

Рецензент:

к.т.н., доцент
(науковий ступінь, вчене звання)


(підпис)

Олена ДЕРЕЗА
(прізвище та ініціали)

Запоріжжя – 2025 р.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ТАВРІЙСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ДМИТРА МОТОРНОГО

Інститут або факультет механіко-технологічний
Кафедра обладнання переробних і харчових виробництв імені професора
Ф.Ю. Ялпачика

Ступінь вищої освіти Бакалавр

Галузь знань 13 «Механічна інженерія»

Спеціальність 133 «Галузеве машинобудування»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри ОПХВ

д.т.н., професор Кирило САМОЙЧУК

(підпис) (ініціали та прізвище)



«28» березня 2025р.

ЗАВДАННЯ
ДО ВИКОНАННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

СТУДЕНТУ Кітченко Ярослав Вадимович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Вдосконалення конструкції зерноочисного сепаратора в умовах Мелітопольського району Запорізької області

керівник роботи к.т.н., доцент Паляничка Надія Олександрівна
(науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ім'я, по батькові)

затверджені наказом Ректора університету від « 21 » жовтня 2024 р. № 482-С

2. Строк подання студентом роботи « 14 » червня 2025 р.

3. Вихідні дані до роботи асортимент випускаємої продукції в регіоні, об'єми випуску продукції, вид продукції, вид машини для вдосконалення

4. Перелік питань, які потрібно розробити

1. Аналіз виробничої діяльності регіону розташування підприємства

2. Вдосконалити конструкцію машини

3. Провести розрахунок вдосконаленої машини

4. Розробити заходи з охорони праці

5. Провести економічну оцінку вдосконалення

6. Виконати графічну частину кваліфікаційної роботи

5 Перелік графічного матеріалу:

Лист 1 – Структурно-апаратна схема виробництва продукції

Лист 2 – Аналіз конструктивних рішень вдосконалення

Лист 3 – Креслення загального виду машини (вузла) до вдосконалення

Лист 4 – Креслення загального виду машини (вузла) після вдосконалення

Лист 5 – Креслення деталей

					19ХВД. 9685343.06.24ПЗ	Ар- куш
Зм..	Ар- куш	№ докум.	Підп.	Дата		2

Лист 6* – Охорона праці _____
або Лист 6* – Економічне обґрунтування проекту _____

					19ХВД. 9685343.06.24ПЗ	Ар- куш
						3
Зм..	Ар- куш	№ докум.	Підп.	Дата		

5. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання ви- дав (дата)	завдання прийняв (під- пис)
IV	к.т.н., доцент Зоря М.В.	31.03.2025	

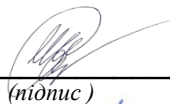
6. Дата видачі завдання

31.03.2025р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

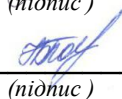
Назва етапів кваліфікаційної роботи (проекту)	Термін вико- нання етапів роботи чи проє- кту (місяць)	Відмітка керівника про виконання (за- свідчується підпи- сом)
Розділ 1. Аналіз виробничої діяльності ре- гіону розташування підприємства	травень	
Розділ 2. Вдосконалення конструкції ма- шини	травень	
Розділ 3. Розрахунок вдосконаленої ма- шини	травень	
Розділ 4. Охорона праці	червень	
Розділ 5. Економічне обґрунтування про- екту	червень	
Виконання графічної частини кваліфіка- ційної роботи	червень	
Оформлення пояснювальної записки ква- ліфікаційної роботи	червень	

Студент


(підпис)

Ярослав КІТЧЕНКО
(ініціали та прізвище)

Керівник роботи


(підпис)

Надія ПАЛЯНИЧКА
(ініціали та прізвище)

					19ХВД. 9685343.06.24ПЗ	Ар- куш
						4
Зм..	Ар- куш	№ докум.	Підп.	Дата		

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до даної кваліфікаційної роботи налічує 73 сторінки друкованого тексту та включає 5 розділів, у яких представлено 3 таблиці, 19 ілюстрацій та 6 графічних аркушів формату А1. Під час розробки проєкту було використано 26 джерел літератури, які наведено у переліку використаних матеріалів.

Об'єкт дослідження – сукупність технічних, економічних і технологічних чинників, що впливають на ефективність виробничого процесу під час виготовлення борошна.

Метою роботи є удосконалення конструктивного виконання зерноочисного сепаратора з метою підвищення продуктивності обладнання та зменшення витрат енергії й інших ресурсів у процесі виготовлення борошна.

У процесі виконання проєкту проведено аналіз господарської діяльності ТОВ «Мелітопольський елеватор», розташованого у місті Мелітополь Запорізької області. Охарактеризовано номенклатуру продукції, яку випускає підприємство, а також розглянуто його технічні та економічні показники. Окрему увагу приділено вивченню технології виробництва борошна.

Оптимізація механізованого процесу виробництва борошна на цьому підприємстві запропонована шляхом конструктивної модернізації зерноочисного сепаратора, що дозволяє зменшити енергоспоживання та покращити якість готової продукції.

У проєкті передбачено заходи з охорони праці під час виробництва борошна. Проведено розрахунок економічної доцільності запропонованих рішень. Встановлено, що модернізація конструкції машини є економічно обґрунтованою.

Ключові слова: борошно, удосконалення, зерноочисний сепаратор, якість, ефективність, виробництво, підприємство.

					19ХВД. 9685343.06.24ПЗ	Ар- куш
						5
Зм..	Ар- куш	№ докум.	Підп.	Дата		

ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
1 АНАЛІЗ ВИРОБНИЧОЇ ДІЯЛЬНОСТІ РЕГІОНУ РОЗТАШУВАННЯ ПІДПРИЄМСТВА	9
1.1 Характеристика підприємства	9
1.2 Огляд технології виробництва продукції.....	10
1.3 Аналіз машин і обладнання лінії виробництва продукції та їх стисла характеристика.	13
Розробка проектного завдання.	21
2. ВДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ МАШИНИ.....	22
2.1 Опис конструкції і принципу дії машини	22
2.2 Вимоги до класу машин.....	24
2.3 Пошук конструктивного рішення вдосконалення машини.	26
2.4 Патентний пошук напрямку вдосконалення.	34
Обґрунтування конструктивного рішення вдосконалення.	36
3 РОЗРАХУНОК ВДОСКОНАЛЕНОЇ МАШИНИ.....	38
3.1 Технологічний розрахунок параметрів машини (вузла).	38
3.2 Енергетичний розрахунок машини (вузла).....	43
3.3 Розрахунок на міцність відповідальних деталей машини (вузла)	47
Висновки за розділом.	48
4 ОХОРОНА ПРАЦІ.....	49
4.1 Нормативно-правова база з охорони праці для підприємства	49
4.2 Аналіз небезпек.....	51
4.3 Планування заходів з охорони праці	53
4.4 Інженерні розрахунки.....	58
Висновки за розділом.	60
5 ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЄКТУ.....	61
5.1 Оцінка рівня технічного удосконалення машини	61

					19ХВД. 9685343.06.24ПЗ	Ар- куш
						6
Зм..	Ар- куш	№ докум.	Підп.	Дата		

5.2 Економічна ефективність використання удосконаленого

обладнання	65
Висновки за розділом.....	70
ВИСНОВКИ ПО ПРОЄКТУ.....	71
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ	72

					19ХВД. 9685343.06.24ПЗ	Ар- куш
						7
Зм..	Ар- куш	№ докум.	Підп.	Дата		

ВСТУП

Однією з ключових технологічних операцій під час приймання, зберігання та перероблення зерна є сепарація – процес поділу сипких матеріалів на фракції з різними властивостями частинок. Рівень очищення основної культури та точність відбору посівного матеріалу значною мірою визначають врожайність і стабільність збереження якості зерна. Попереднє очищення зерна перед помелом на борошномельних підприємствах і перед лущенням на круп'яних заводах істотно впливає на якість кінцевої продукції. Крім того, ефективність розділення на проміжних етапах помелу та лущення не тільки забезпечує необхідний рівень якості і раціональне використання сировини, а й визначає рівень навантаження на наступні технологічні машини, а отже – продуктивність та економічні показники роботи всього підприємства.

Останнім часом для галузі зберігання та перероблення зерна було розроблено сучасні сепарувальні машини: ворохоочишувачі, зерноочисні сепаратори, розсівни для млинів і круп'яного виробництва, ситові очисники, каменевіддільні пристрої та інші. Частина з них має відмінності за принципом дії та конструкцією від раніше використовуваного обладнання. Швидкість впровадження нової техніки та її подальше вдосконалення значною мірою залежать від розуміння закономірностей процесів сепарації. Ґрунтовне освоєння наукових основ цих процесів необхідне не тільки для створення нових видів обладнання, але й для визначення оптимальних умов експлуатації наявних машин, скорочення термінів впровадження технічних новинок, підвищення ефективності процесів зберігання і перероблення зерна та узагальнення практичного досвіду.

					19ХВД. 9685343.06.24ПЗ	Ар- куш
						8
Зм..	Ар- куш	№ докум.	Підп.	Дата		

1 АНАЛІЗ ВИРОБНИЧОЇ ДІЯЛЬНОСТІ РЕГІОНУ РОЗТАШУВАННЯ ПІДПРИЄМСТВА

1.1 Характеристика підприємства

Товариство з обмеженою відповідальністю «Мелітопольський елеватор» знаходиться за адресою: Україна, Запорізька область, місто Мелітополь, вулиця Фрунзе, 53. Відстань від ТОВ «Мелітопольський елеватор» до обласного центру – міста Запоріжжя – становить 117 км.

Клімат Мелітопольського регіону типово степовий, помірно континентальний. Для нього характерне спекотне й сухе літо з частими засухами та суховіями, а також прохолодна й малосніжна зима. Нерідко спостерігаються пилові бурі. Переважають вітри східного і північно-східного напрямків. Швидкість вітру часто досягає 10 - 15 м/с, а іноді й більше, що зумовлює високу сухість повітря влітку і, відповідно, інтенсивне випаровування вологи. Багаторічна середньорічна температура становить +9,4 °С. У найхолоднішому місяці (січні) середня температура коливається в межах від -3,5 до -4,5 °С, у найтеплішому (липні) – від +22,5 до +23,5 °С. Кількість опадів у середньому варіюється від 400–450 мм у північній частині Михайлівського району до 350 мм на півдні Акимівського. Основна частина опадів припадає на травень–липень, а найменше випадає у березні – квітні. Безморозний період триває близько 180 – 185 днів. Поточні середні погодні умови включають температуру повітря від +5 до +10 °С, вологість – близько 70%, атмосферний тиск – 756 мм рт. ст., швидкість вітру – 6 - 8 м/с. Найчастіше вітри – східного та північно-східного напрямків, зі швидкістю 10–15 м/с і більше, що суттєво підвищує сухість повітря та інтенсивність випаровування.

До складу Мелітопольського району входить 16 територіальних громад. На території району розташовано 208 населених пунктів. Демографічний склад Мелітопольського району становить 278944 чоловік.

Товариство з обмеженою відповідальністю «Мелітопольський елеватор» розташоване в межах промислової зони міста Мелітополь і займає земельну ділянку площею 13,1 гектара. Наразі підприємство входить до числа найбільших у Запорізькому

					19ХВД. 9685343.06.24ПЗ	Ар- куш
						9
Зм..	Ар- куш	№ докум.	Підп.	Дата		

регіоні та в Україні загалом. Загальна сертифікована місткість елеватора становить 150 тис. тонн, з яких 131,3 тис. тонн – у силосах, 18,7 тис. тонн – у складах підлогового зберігання, додатково наявні склади для матеріалів та допоміжні приміщення.

У структурі підприємства функціонують автотранспортний і механічний цехи, будівельний майданчик, а також інші допоміжні служби, що забезпечують повноцінне функціонування виробництва.

На території елеватора прокладено залізничні під'їзні колії та встановлено залізничні ваги вантажопідйомністю 150 тонн, що дозволяє безпосередньо виходити на вузлову залізничну станцію Камиш-Зоря. Підприємство також володіє власними залізничними вагонами із загальною місткістю 150 тис. тонн.

На сьогоднішній день ТОВ «Мелітопольський елеватор» здійснює комплекс послуг з приймання, зберігання, очищення, сушіння та відвантаження зернових культур (зокрема пшениці, ячменю, жита, вівса, кукурудзи) та олійних культур (соняшнику, ріпаку), а також займається переробкою зерна – зокрема виробництвом борошна та круп.

1.2 Огляд технології виробництва продукції

Технологічний процес очищення та підготовки зерна до помелу включає кілька етапів:

- на першому етапі – очищення від домішок за розмірами та аеродинамічними властивостями, а також очищення поверхні зерна;
- на другому – кондиціонування: підігрівання, миття чи вологе лущення, теплова обробка, зволоження, відволожування і зниження зольності;
- на третьому – фінальне очищення, що включає зниження зольності та вилучення домішок за розмірами й щільністю, підготовка до зволоження.

Підготовка зернової маси до помелу виконується в окремих потоках, оскільки компоненти помольної суміші мають різні властивості. Доведено, що роздільна підготовка при багатосортному помелі пшениці для хлібопекарського борошна дозволяє підвищити загальний вихід борошна до 0,5%, а борошна вищих сортів – до 5%.

					19ХВД. 9685343.06.24ПЗ	Ар- куш
						10
Зм..	Ар- куш	№ докум.	Підп.	Дата		

Згідно з ГСТУ 46.004-99 або СТ РК 1741-97, схема підготовки пшениці до помелу має такий вигляд. З елеватора зерно надходить шнеком 2 у підготовчі бункери (позиції 5–12). Також можливий прийом зерна в ці бункери через завальну яму 58 за допомогою трубчастого шнека 59, норії 1 та шнеків 2 і 3. Із підготовчих бункерів зерно рівномірно подається у відділення очищення через дозатори 52 - 55, проходячи через шнеки 57, 56 і норію 4.

Після транспортування норією зерно надходить у ситовий сепаратор 13, оснащений аспіраційною шафою та вбудованим магнітом. На цьому етапі від зерна відокремлюються великі й дрібні домішки, а також пилоподібні частки, що виводяться разом з повітряним потоком. Далі зернова маса потрапляє у вібраційний каменеочисник 14, де з неї видаляються мінеральні включення. Наступним етапом є обробка на триєрі-куколевідділювачі 49, який усуває короткі та округлі домішки. Після цього зерно надходить до м'якої оббивання 48 з аспіраційною шафою, де воно інтенсивно очищається на поверхневому рівні, видаляються пил і легкі частинки.

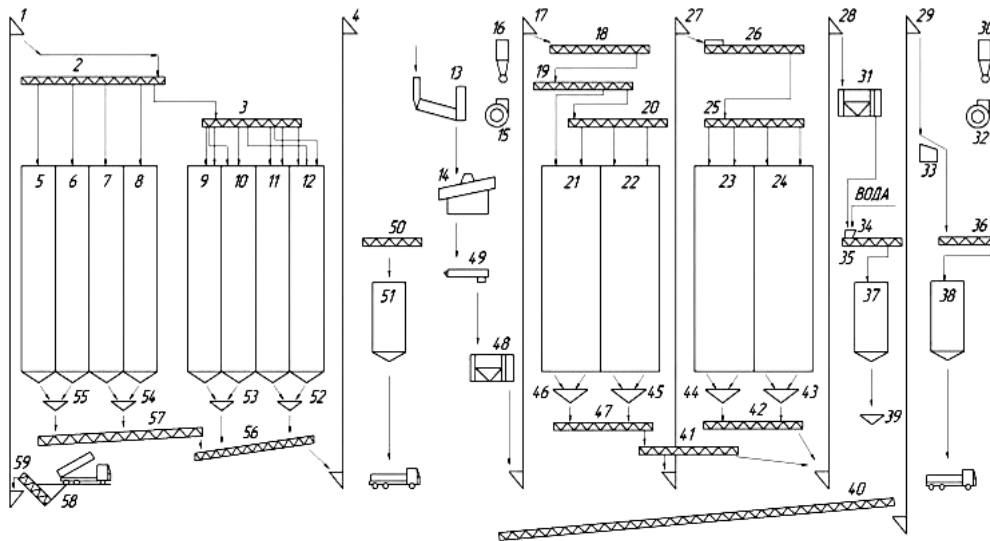


Рисунок 1.1. – Схема технологічного процесу для підготування пшениці до подальшого помелу

Очищене зерно транспортується норією 17, при цьому його рівномірна подача забезпечується об'ємними дозаторами 45 та 46. За допомогою шнеків 47 і 41 зерно направляється до норії 27 і далі – у зволожувач 26 для другого етапу зволоження. У цьому пристрої зерно обробляється з додаванням води, що подається через дозатор.

					19ХВД. 9685343.06.24ПЗ	Ар- куш
Зм..	Ар- куш	№ докум.	Підп.	Дата		11

Якщо обробляється м'яка пшениця, передбачена можливість направлення зерна з шнека 41 до норії 28. Після зволожувача 26 зерно шнеком 25 транспортується в бункери 23 та 24 для процесу відволожування. Ці ємності обладнані датчиками контролю рівня. Перше відволожування триває 10 - 12 годин до досягнення вологості 16%, друге – 6 - 8 годин при вологості 16,6 - 16,7%. Далі зерно через дозатори 44 і 43, шнек 42 і норію 28 надходить на м'яке оббивання 31, яка також оснащена аспіраційною шафою.

Обробка в оббивальній машині дозволяє очищати зерно на поверхневому рівні, при цьому зольність знижується на 0,03 - 0,05%, а вміст битого зерна не перевищує 2%. Після фінального зволоження зерно, до якого додається вода через дозатор 34, транспортується шнеком 35 до бункера 37. Звідти зерно вивантажується дозатором 39, який регулює продуктивність млина.

Аспіраційна система зерноочисного відділення розділена на дві частини. Перша обслуговує каменеочисник 14 за допомогою вентилятора середнього тиску 15 та подвійного циклона 16 зі шлюзовими затворами. Друга – центральна – працює з вентилятором 32 і циклоном 30 також зі шлюзовими затворами.

Відходи, які не використовуються як корм, транспортуються шнеком 50 до експедиційного бункера 51, звідки вивантажуються в транспортний засіб. Бункер оснащено датчиком рівня та ручною заслінкою. Кормові відходи доставляються шнеком 40 і норією 29, проходять через магніт 33 і шнек 36 до бункера 38, з якого також відвантажуються на автотранспорт.

Перед помелом зерно обов'язково зволожують на 0,3 - 0,5% та витримують 20 - 40 хвилин. Це забезпечує підвищення вологості оболонок до 20 - 23%, що сприяє їх зміцненню і подальшому подрібненню у вигляді більших часток, які легко відділяються у вигляді висівок при розсіванні продукту.

На всіх етапах гідротермічної обробки для зволоження використовуються шнеки інтенсивної дії. За засіками встановлюють дозатори та змішувальні шнеки, що дозволяє формувати помольну суміш у необхідному співвідношенні.

Використовувана схема очищення зерна у відділенні забезпечує видалення мінеральних, феромагнітних та засмічуючих домішок. Підготовлене зерно

					19ХВД. 9685343.06.24ПЗ	Ар- куш
						12
Зм..	Ар- куш	№ докум.	Підп.	Дата		

направляється на першу систему помелу. Вплив вологи та температури в заданий час покращує технологічні властивості зернової маси.

1.3 Аналіз машин і обладнання лінії виробництва продукції та їх стисла характеристика

Щоб отримати борошно з відповідними якісними характеристиками, необхідна ретельна попередня підготовка зерна, яка охоплює такі ключові етапи: складання помольної партії, вилучення домішок, очищення поверхні зерна (в сухому чи вологому режимі) та його гідротермічна обробка.

Домішки, що містяться в зерні, не лише знижують якість борошна, а й можуть призводити до виходу з ладу робочих елементів обладнання. Саме тому у процесі підготовки зерна важливо вилучити більшість домішок, використовуючи відмінності у їхніх фізичних характеристиках порівняно із зерновою масою.

До домішок відносяться як великі, так і дрібні частинки, які видаляються з допомогою обладнання з решітчастими або сітчастими робочими елементами. У більшості випадків використовуються штамповані решета з отворами круглої або витягнутої форми. Для вилучення зазначених домішок застосовують переважно комбіновані повітряно-ситові сепаратори, зокрема типу А1-БІС-100.

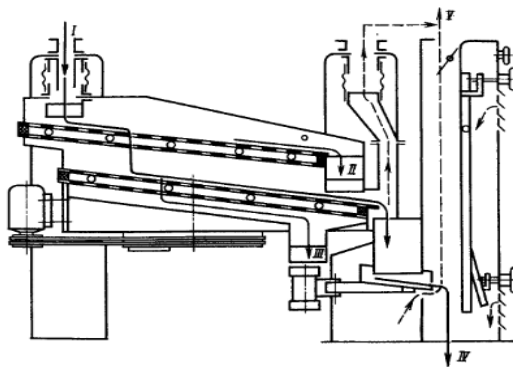


Рисунок 1.2 – Технологічна схема роботи зерноочисного сепаратора А1-БІС

І – вихідна зернова маса, ІІ – вилучені великі домішки, ІІІ – дрібнофракційні домішки, ІV – очищене зерно, V – легкі домішки, що видаляються повітряним потоком.

					19ХВД. 9685343.06.24ПЗ	Ар- куш
						13
Зм..	Ар- куш	№ докум.	Підп.	Дата		

Легкі домішки відокремлюють у повітряних сепараторах за допомогою повітряного потоку, швидкість якого є достатньою для виносу цих домішок, але при цьому недостатньою для підняття самого зерна. Мінеральні включення відділяються на основі їхньої густини, яка приблизно вдвічі перевищує густину зерна. Для цього застосовують кілька різновидів каменевіддільників, серед яких найефективнішим вважається вібропневматичний тип.

Для підвищення якості очищення зернової маси від домішок і поділу її за щільністю на окремі фракції, використовують сучасний пристрій – концентратор. Його робота базується на принципі просіювання зерна по похилому плоскому сити у висхідному потоці повітря.

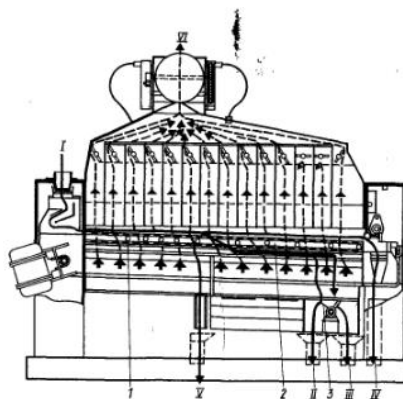


Рисунок 1.3 – Концентратор моделі А1-БЗК: 1, 2 – сітчасті рами; 3 – регулюючий клапан.

I – вхідне зерно, II – фракція зерна з підвищеною щільністю, III – легка зернова фракція, IV – домішки, що важко відокремлюються, V – дрібні домішки, VI – легкі частинки.

Металомагнітні домішки усуваються за допомогою стаціонарних постійних магнітів, а в окремих випадках – електромагнітних пристроїв. Магнітні сепаратори обов’язково встановлюються перед обладнанням з ударно-стираючою дією (оббивні та щіткові машини), а також перед зернодробарками і на етапі контролю якості готової продукції.

На поверхні зерен, зокрема в ділянках борідки та борозенки, часто залишаються частинки пилу та забруднення, які не вдалося видалити під час попереднього очищення. Ці забруднення необхідно максимально усунути.

					19ХВД. 9685343.06.24ПЗ	Ар- куш
Зм..	Ар- куш	№ докум.	Підп.	Дата		14

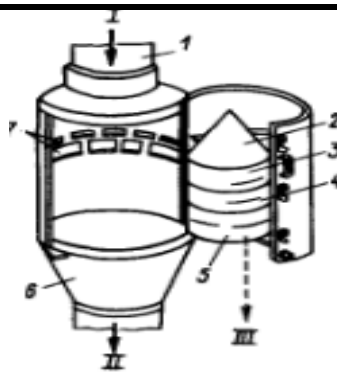


Рисунок 1.4 – Магнітний сепаратор типу У1-БММ

1 – вхідний патрубок, 2 – розподільчий конус, 3, 5 – магнітні елементи, 4 – діамагнітний диск, 6 – вихідний конус.

I – необроблене борошно, II – очищене борошно, III – металеві включення.

Сухе очищення зерна переважно здійснюється в оббивних машинах, рідше – у щіткових. В оббивних машинах обробка зерна відбувається за допомогою бичів, які захоплюють зерно й відкидають його на робочу поверхню, що може бути виконана зі сталевого листа, абразивного матеріалу або спеціальної металотканої сітки. При цьому оббивні машини з металевою поверхнею мають найбільш м'яку дію, з абразивною – найсильніший вплив, а обладнання з металотканою сіткою забезпечує середню інтенсивність очищення.

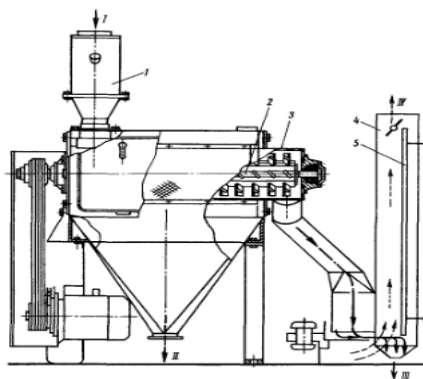


Рисунок 1.5 – Оббивна машина моделі РЗ-БГО-6: 1 – завантажувальний пристрій, 2 – бичовий ротор, 3 – циліндр із сіткою, 4 – канал пневматичного сепарування, 5 – рухома сітчаста обшивка.

I – вихідне зерно, II – продукти лущення, III – очищене зерно, IV – повітря з легкими домішками.

					19ХВД. 9685343.06.24ПЗ	Ар- куш
						15
Зм..	Ар- куш	№ докум.	Підп.	Дата		

Для більш делікатного очищення зерна та часткового видалення забруднень із борозенок використовуються щіткові машини. У цих пристроях зерно обробляється обертовими щітками, що встановлені на барабані, а також нерухомими щітками, розміщеними в деку. Вологе очищення поверхні зерна здійснюється в мийних установках, що реалізують технологію мокрого лушення. Найефективнішим методом очищення вважається обробка саме в мийних машинах, оскільки вони видаляють пил та бруд не лише з оболонки, але й з поглиблень на поверхні зерна, а також дозволяють усунути мінеральні й легкі домішки. Конструктивно така машина складається з мийної ванни та очисної колони.

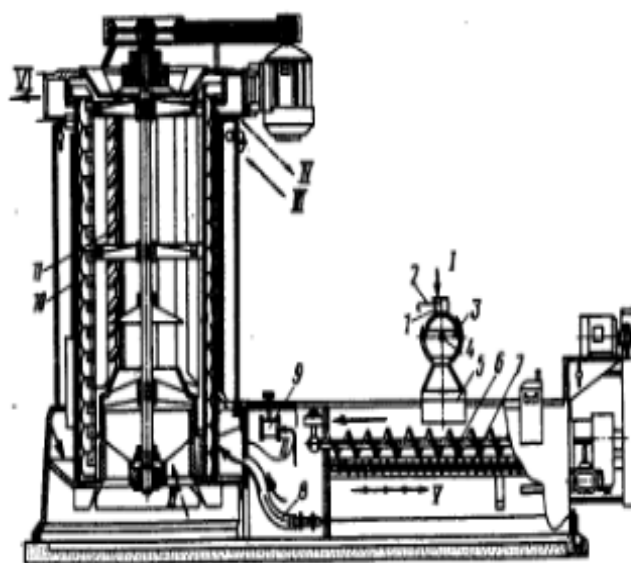


Рисунок 1.6 – Мийна машина моделі Ж9-БМА

1 – завантажувальна воронка, 2 – засувка, 3 – опорна кульова основа, 4 – вісь, 5 – приймальний ківш, 6 – верхні шнеки, 7 – нижні шнеки, 8 – інжекторна труба, 9 – вихідний отвір для дрібних домішок, 10 – сітчастий барабан, 11 – бичовий ротор.

I – вхідне зерно, II – легкі домішки, III – вода, IV – повітря, V – очищене зерно.

Машини мокрого лушення дещо поступають за ефективністю повноцінним мийним пристроям, однак мають істотну перевагу – вони споживають приблизно у 10 разів менше води. Конструктивно це пристрої, що поєднують функції силосної колони з невеликою мийною ванною в нижній частині.

Процес виробництва борошна вищого сорту базується на диференційованому подрібненні ендосперму та оболонок зерна. Оскільки оболонки мають вищу

					19ХВД. 9685343.06.24ПЗ	Ар- куш
						16
Зм..	Ар- куш	№ докум.	Підп.	Дата		

механічну міцність, вони подрібнюються менш інтенсивно, ніж ендосперм. Чим більше різниця у міцнісних властивостях між цими структурами, тим легше їх розділити в подальших операціях. У сухому зерні ця різниця менш виражена, тому перед помелом зерно обов'язково зволожують. Саме зволоження є основною операцією гідротермічної обробки, яка передбачає вплив на зерно водою та температурою.

Відомо кілька методів кондиціонування: холодне, гаряче та швидкісне. Найпоширенішим є холодне кондиціонування, оскільки воно просте у реалізації та забезпечує достатній результат. Технологічна схема холодного кондиціонування включає лише дві основні операції: зволоження зерна та подальше його відлежування (відволожування) в бункерах.

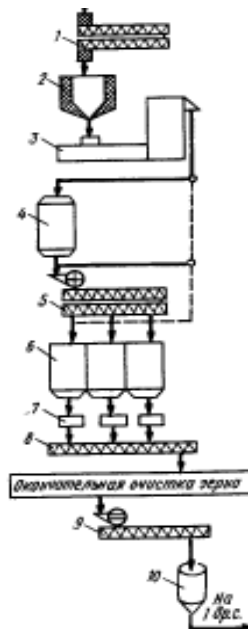


Рисунок 1.7 – Технологічна схема процесу швидкісного кондиціонування зерна

1 – апарат типу АСК, 2 – теплообмінний пристрій, 3 – мийна установка, 4 – пристрій для зниження вологості, 5, 9 – зволожувальні машини, 6 – бункер для відлежування, 7 – дозатор, 8 – змішувальний пристрій, 10 – бункер для завершального відволожування.

Після проведення зволоження вода поступово проникає у зерно. На початковій стадії волога концентрується в оболонковій частині. Згодом вона доходить до ендосперму, де сприяє його розм'якшенню, формуючи внутрішні напруження через

					19ХВД. 9685343.06.24ПЗ	Ар- куш
Зм..	Ар- куш	№ докум.	Підп.	Дата		17

різницю у вологості та нерівномірне набухання біополімерних структур. Через неоднакову вологість між зовнішніми і внутрішніми шарами ендосперму відбувається їх нерівномірне розширення, що створює напруження у тканинах. Окрім цього, нерівномірно набухають і білкові та крохмальні сполуки в клітинах різних шарів ендосперму. При досягненні критичного рівня цих внутрішніх напружень у зерні формуються мікротріщини – капілярні канали, якими волога ще глибше проникає в зернину, спричиняючи розшарування та подальше пом'якшення ендосперму. Для завершення цього процесу потрібен час – від кількох годин до доби чи більше.

Завершальним етапом перед помелом є додаткове зволоження з подальшим короткочасним відлежуванням. Цей етап триває 20 - 30 хвилин, за які волога встигає глибше проникнути в ендосперм, при цьому залишаючись у зовнішніх шарах, що сприяє ще більшій пластифікації оболонок.

Фінальною технологічною операцією у виробництві борошна є помел. Для його здійснення застосовують спеціальні вимольні машини. Зокрема, машина А1-БВГ (рис. 1.8) призначена для відокремлення частинок ендосперму від оболонкових залишків у сходових фракціях драних систем при виробництві сортового борошна. Таке обладнання активно використовується на млинах з пневматичним або механічним транспортуванням сировини.

Рама 1 призначена для монтажу основного корпусу та електроприводу. На корпусі встановлено всі основні робочі вузли машини. Приймальна камера 5 обладнана парою синхронних клапанів 7, які регулюють подачу сировини до робочої частини машини.

Патрубок 6 виготовлений зі скла. Основним вузлом обробки є бичовий ротор, що складається з вала, розеток і бичів. Ротор 4 встановлено в підшипникових опорах, закріплених з обох торців станини. Його привід здійснюється від електродвигуна через ремінну передачу. Сам електродвигун змонтований на плиті, шарнірно закріплений на опорній рамі. Натяг ремня виконується за допомогою натяжного гвинта.

					19ХВД. 9685343.06.24ПЗ	Ар- куш
						18
Зм..	Ар- куш	№ докум.	Підп.	Дата		

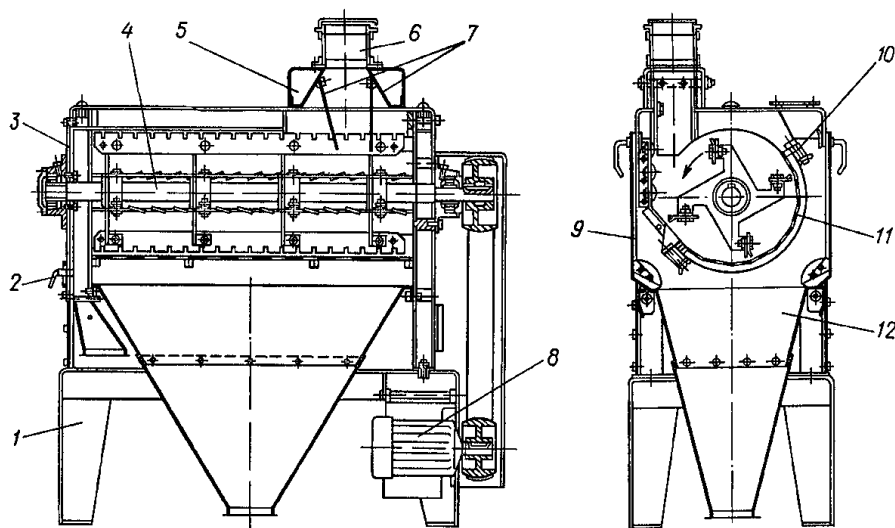


Рисунок 1.8 – Вимольна машина типу А1-БВГ

1 – опорна рама, 2 – оглядовий люк, 3 – кришка корпусу, 4 – ротор з бичами, 5 – приймальна камера, 6 – вхідний патрубок, 7 – подвійні клапани, 8 – привід, 9 – технічні дверцята, 10 – затискач, 11 – сітчастий елемент, 12 – конусоподібний відвідник.

Знімне сито 11 виготовлено з нержавіючого сталевого полотна з круглими отворами. Воно кріпиться гвинтами до алюмінієвої рами, яка фіксується затискачами 10. Металеві знімні дверцята забезпечують зручність обслуговування під час профілактичних зупинок.

Сировина надходить у приймальну камеру через патрубок 6 і далі, проходячи через клапани, потрапляє у робочу зону. Тут, завдяки бичам, розміщеним на роторі під кутом 50°, зернова маса отримує одночасно обертальний і поступальний рух.

Відокремлення ендосперму від оболонок (висівок) відбувається внаслідок інтенсивних ударів бичів. Частинки ендосперму та оболонок спрямовуються на сітчасту поверхню. Ендосперм просівається через отвори сита, потрапляє в конус 12 і далі виходить із машини по самопливному каналу. Висівки, що не проходять крізь сито, виводяться окремо через спеціальний патрубок. Для візуального контролю за їхнім відведенням передбачено оглядовий люк.

В залежності від умов використання, машина може комплектуватись ситами з отворами діаметром 0,75; 1,0 або 1,25 мм.

					19ХВД. 9685343.06.24ПЗ	Ар- куш
						19
Зм..	Ар- куш	№ докум.	Підп.	Дата		

Для належного функціонування та обслуговування вимольної машини на підприємствах з механічною подачею сировини, її підключають до аспіраційної системи. У корпусі передбачено фланцевий отвір розміром 90×1060 мм для з'єднання з повітропроводом. У випадку встановлення на млинах з пневмотранспортом, повітряний канал з'єднується з випускним конусом або спеціальним патрубком під перекриттям.

Тривалість перебування зерна в зоні обробки і продуктивність машини регулюються шляхом обертання осі одного з клапанів у приймальній камері. Це дозволяє підлаштувати режим, наприклад, якщо висівки виходять занадто сухими або якщо борошно набуває темного відтінку, чи навпаки – якщо продукт надмірно світлий.

У процесі роботи можливе потрапляння пилу в приміщення внаслідок пошкодження ущільнень або порушення режиму аспірації. У таких випадках потрібно замінити або відремонтувати ущільнення та налаштувати аспіраційну систему. При перегріванні підшипників ротора слід промити їх гасом, замінити повстяні сальники та провести змащення.

					19ХВД. 9685343.06.24ПЗ	Ар- куш
						20
Зм..	Ар- куш	№ докум.	Підп.	Дата		

Розробка проектного завдання

Провівши дослідження діяльності підприємства та оцінивши перспективи розвитку аграрного сектору разом зі споживчими потребами населення району, можна зробити висновок, що на підприємстві «Мелітопольський елеватор» у Запорізькій області приділяється належна увага контролю якості процесів переробки зернової продукції.

Аналізуючи використовувані на підприємстві технології та відповідне обладнання, дійшли висновку, що наявні машини та технічні засоби мають значний потенціал для модернізації. Завдяки вдосконаленню ключових одиниць устаткування виробництво може досягти нового рівня ефективності. Технологічні рішення, впроваджені на дослідному об'єкті, відповідають сучасним вимогам виробництва. Одним із основних вузлів у ланцюгу виробництва борошна є зерноочисний сепаратор, який забезпечує видалення домішок із зернової маси. Водночас більшість сепараторів цього типу мають суттєвий недолік – втрати сировини під час процесу очищення.

Поглиблений аналіз роботи обладнання, задіяного у виробничому процесі, дозволяє стверджувати, що якісна очистка зерна є критично важливою стадією. Тому модернізація саме зерноочисного сепаратора видається більш доцільною порівняно з іншими машинами лінії. Для вибору оптимального напрямку вдосконалення необхідно провести класифікаційний огляд, а також вивчити наявні патенти й авторські свідоцтва, присвячені покращенню роботи машин цього класу.

Ключова мета даного проєкту – зниження втрат сировини у процесі виготовлення борошна. З цією метою у межах дипломного проєкту запропоновано модернізувати конструкцію зерноочисного сепаратора.

Об'єктом технічного вдосконалення обрано сепаратор зерноочисного типу моделі А1-БІС-12.

Запланований обсяг переробки – 2000 кг на добу,

Річна тривалість експлуатації – 280 діб.

					19ХВД. 9685343.06.24ПЗ	Ар- куш
						21
Зм..	Ар- куш	№ докум.	Підп.	Дата		

2 ВДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ МАШИНИ

2.1 Опис конструкції і принципу дії машини

Сепаратор А1-БІС-12. Конструкція сепаратора А1-БІС-12 (рис. 2.1) складається з двосекційного ситового блоку, підвішеного до станини за допомогою гнучких підвісів, та вертикального пневмосепаруючого каналу. Усередині корпусу сепаратора розміщені висувні рамки із сортувальними (позиція 11) та підсівними (позиція 10) ситами, які фіксуються за допомогою ексцентрикових механізмів. Кожна ситова рама поділена на окремі секції подовжніми та поперечними брусками; у кожній секції розміщено по дві гумові кульки (позиція 13), призначені для автоматичного очищення сіток. До нижньої поверхні рам прикріплені сітчасті вставки – фордони.

На лицьовій панелі корпусу ситової частини змонтовано електродвигун (позиція 9), який через клинопасову передачу обертає шків (позиція 8) із дебалансним вантажем, що забезпечує круговий поступальний рух корпусу з ситами. У верхній частині станини встановлено два патрубки: завантажувальний (позиція 12) для подачі сировини та відвідний (позиція 14) для з'єднання з аспіраційною системою. Очищене зерно виводиться через вихідний канал (позиція 3), великі домішки – через лоток (позиція 7), а дрібні – через лоток (позиція 6). З боку сховової частини корпусу розташовано пневмосепаруючий канал (позиція 2) з вібрототком (позиція 4), який транспортує зерно в канал.

Для максимально ефективного видалення легких домішок у пневмосепаруючому каналі регулюються кілька параметрів: амплітуда коливань вібрототка, величина його вильоту в зону сепарації, розмір вихідної щілини, швидкість повітряного потоку (керується положенням рухомої стінки – позиція 1) у верхній та нижній зонах каналу, а також витрата повітря.

У комплект постачання сепаратора входить спеціалізований горизонтальний циклон (рис. 2.2), призначений для осадження виносів із повітряного потоку. Цей пристрій має форму усіченого конуса (позиція 2), всередині якого по горизонтальній осі розташовано два внутрішні менші конуси (позиції 3 і 4), з'єднані між собою

					19ХВД. 9685343.06.24ПЗ	Ар- куш
						22
Зм..	Ар- куш	№ докум.	Підп.	Дата		

широкими основами. Між цими конусами утворено кільцевий канал, що поступово звужується, а потім різко розширюється, переходячи в камеру розширення (позиція 5), з'єднану з більшою основою зовнішнього конуса (позиція 2).

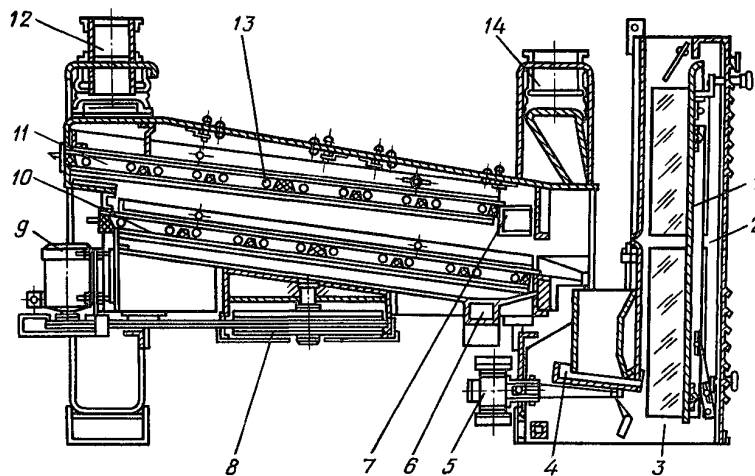


Рисунок 2.1 – Зерноочисний сепаратор моделі А1-БІС-12: 1 – регульована (рухома) стінка; 2 – вертикальний пневмосепаруючий канал; 3 – канал для виведення очищеного зерна; 4 – вібралоток; 5 – вібраційний механізм; 6, 7 – лотки для виведення домішок; 8 – шків з дебалансом; 9 – привідний електродвигун; 10 – підсівні сита; 11 – сита для сортування; 12 – завантажувальний патрубок; 13 – гумова кулька для очищення сит; 14 – патрубок для приєднання до системи аспірації.

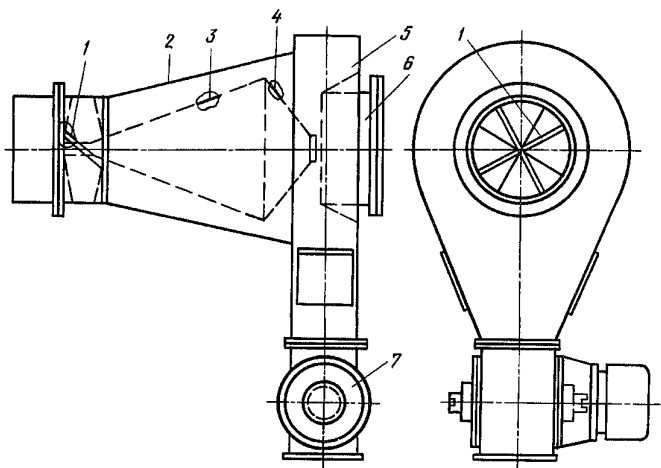


Рисунок 2.2 – Циклон, що входить до складу зерноочисного сепаратора А1-БІС-12: 1 – вигнута направляюча лопать; 2 – зовнішній усічений конус; 3, 4 – внутрішні конуси меншого діаметра; 5 – камера розширення; 6 – патрубок для виведення очищеного повітря; 7 – шлюзовий затвор для видалення осілих часток.

					19ХВД. 9685343.06.24ПЗ	Ар- куш
Зм..	Ар- куш	№ докум.	Підп.	Дата		23

У вхідній зоні циклону розміщено чотири вигнуті направляючі лопаті (позиція 1), які забезпечують обертальний рух повітряного потоку в кільцевому просторі. До нижньої частини розширювальної камери приєднується шлюзовий затвор (позиція 7) або клапан, що запобігає зворотному всмоктуванню повітря.

Принцип дії зерноочисного сепаратора полягає в наступному: зернова маса надходить у ситовий корпус самопливом. Великі домішки, які не проходять крізь сортувальне сито (позиція 3), відводяться із сепаратора через лоток (позиція 9). Тим часом суміш зерна з дрібними домішками, яка пройшла крізь сортувальне сито, спрямовується на підсівне сито (позиція 4). Дрібні домішки, що проходять через підсівне сито, потрапляють у лоток (позиція 12) і відводяться з машини.

Після очищення на ситах від великих та дрібних забруднень зерно переміщується на вібралоток (позиція 10), а звідти – у пневмосепаруючий канал. У цьому каналі, під дією повітряного потоку, легкі домішки відокремлюються від зерна та виносяться разом із повітрям у горизонтальний циклон. Зернова маса, очищена від легких фракцій, надалі через спеціальний отвір у підлозі потрапляє по самопливних трубопроводах до наступного етапу обробки.

2.2 Вимоги до класу машин

До основних характеристик якості технологічного обладнання відносяться: експлуатаційні показники, стандартизація й уніфікація, ергономічні та естетичні властивості, економічна ефективність, технологічність і надійність. Поряд із цими критеріями важливе значення мають вимоги безпеки – як до окремих машин, так і до комплексних агрегатів, виробничих ліній і підприємства загалом.

Окрім загальних технічних вимог, таких як міцність, твердість і стійкість до вібрацій, при проєктуванні, виготовленні та експлуатації обладнання для переробки сільськогосподарської продукції висуваються додаткові вимоги:

1. Здатність виконувати операції відповідно до сучасних технологій. Машини повинні забезпечувати технологічно обґрунтований вплив на продукт без перевищення допустимих втрат. Отже, при розробці або модернізації обладнання слід

					19ХВД. 9685343.06.24ПЗ	Ар- куш
						24
Зм..	Ар- куш	№ докум.	Підп.	Дата		

забезпечити відповідність режимів роботи, швидкостей і траєкторій руху робочих органів фізичним, хімічним та біологічним властивостям сировини і готової продукції.

2. Високий рівень техніко-економічної ефективності. Цей показник відображає зниження витрат на виробництво одиниці продукції за рахунок підвищення продуктивності. Ефективність обладнання визначається такими параметрами, як енергоспоживання, споживання води та пари, зайнята площа, вартість виготовлення, монтажу, ремонту та експлуатації. Зайнята площа включає не лише габарити машини, а й простір, необхідний для її обслуговування.

3. Підвищена зносостійкість робочих елементів. Це важливо для харчової промисловості, оскільки потрапляння часток зношених деталей у продукт унеможливорює його використання в харчових цілях.

4. Можливість підключення приводу безпосередньо до електродвигуна. Застосування індивідуальних або групових приводів часто покращує конструкцію машини й підвищує її ефективність.

5. Ефективна герметизація та правильна організація аспірації. Це необхідно для запобігання поширенню пилу в робочому середовищі, особливо з огляду на вибухонебезпечність зернового та борошняного пилу за певної концентрації та наявності джерел тепла.

6. Розумне використання металу. Використання металопрокату з оптимальними профілями дозволяє зменшити матеріалоємність. Легкі, але міцні матеріали, порожнисті заготовки й застосування зварювання замість механічної обробки дають змогу зменшити масу деталей у 2–3 рази без втрати міцності.

Також слід використовувати сучасні методи зміцнення металів, зокрема: наклеп, обкатування роликами, термомеханічну обробку, поверхнєве загартування, цементацію, азотування, хромування, сульфідкування, нанесення твердих сплавів методом наплавлення або напилення на зони з підвищеним зносом.

7. Використання синтетичних матеріалів. Полімери мають низьку густину та водночас достатню міцність, пружність і стійкість до зношування. Застосування пластмас дозволяє знизити вагу машини, підвищити її довговічність, зменшити витрати на виготовлення та спростити ремонт.

					19ХВД. 9685343.06.24ПЗ	Ар- куш
						25
Зм..	Ар- куш	№ докум.	Підп.	Дата		

8. **Модульна конструкція обладнання.** Машини мають складатися з окремих блоків, які легко з'єднуються. Це полегшує транспортування, монтаж і технічне обслуговування.

9. **Автоматизований контроль і регулювання.** Для потокових виробничих ліній передбачаються системи автоматичного блокування, які:

- не допускають запуску лінії при невідповідності хоча б однієї машини;
- вимикають машину при зупинці наступної в ланцюгу;
- зупиняють всю лінію при припиненні подачі продукту або тари.

10. **Балансування обертових частин.** Необхідне як для статичних, так і динамічних елементів для зменшення вібрацій і навантажень на вузли.

11. **Високий рівень надійності та технічної досконалості.** Машина повинна зберігати стабільні показники якості протягом усього терміну експлуатації й відповідати сучасним стандартам галузі.

2.3 Пошук конструктивного рішення вдосконалення машини

Для обґрунтування потреби у вдосконаленні конструкції зерноочисних сепараторів необхідно здійснити аналіз їх класифікації за принципом відокремлення домішок (рисунок 2.3).

Повітряно-ситові системи поділяють за такими ознаками:

• **За напрямком руху повітряного потоку:** вертикальні та нахилені (або горизонтальні). Останній тип характерний для машин віяльного типу.

• **За способом подачі повітря до сепаруючих каналів:** із всмоктувальним потоком, з нагнітальним потоком та комбінованим – нагнітально-всмоктувальним.

• **За кількістю сепаруючих каналів:** одноканальні та двоканальні системи.

У повітряно-ситових установках із всмоктувальним повітряним потоком вентилятор витягує повітря з сепараційних каналів у верхній частині через осадову камеру. Унаслідок цього в самих каналах створюється тиск, нижчий за атмосферний.

У системах із нагнітальним повітряним потоком, навпаки, вентилятор подає повітря знизу у сепаруючий канал, утворюючи в ньому підвищений тиск. Це може

					19ХВД. 9685343.06.24ПЗ	Ар- куш
						26
Зм..	Ар- куш	№ докум.	Підп.	Дата		

спричинити нештатні ситуації, зокрема зупинку роботи машини.

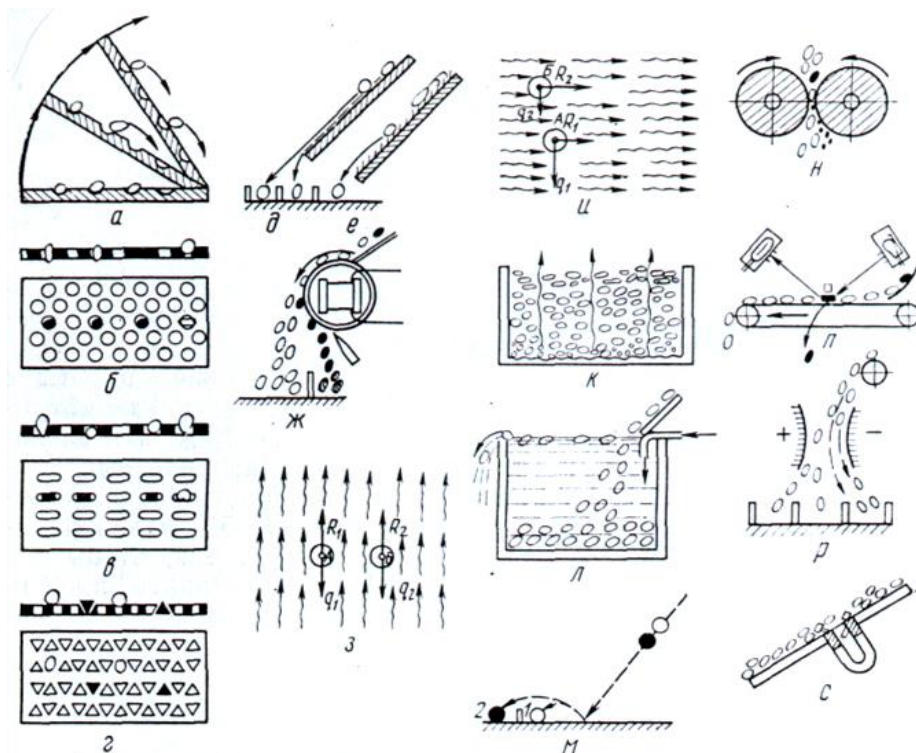


Рисунок 2.3 – Основні принципи та методи розділення зерна і домішок: а – за довжиною на поверхні з комірчастою (трієрною) структурою; б – за шириною на ситах з круглими отворами; в – за товщиною на ситах із подовженими отворами; г – за формою за допомогою сит з профільованими отворами; д – за формою на гладенькій похилій площині; е – за станом поверхні на ворсистій похилій поверхні; ж – за станом поверхні в магнітній насіннесочисній машині після обробки магнітним порошком (заштриховані зерна мають налиплий порошок); з – за аеродинамічними властивостями у висхідному повітряному потоці; и – за аеродинамічними властивостями у горизонтальному повітряному потоці; к – за питомою вагою у вібраційному (киплячому) зерновому шарі; л – за питомою вагою в рідкому середовищі; м – за пружністю; н – за міцністю; п – за кольором; р – в електричному полі; с – за магнітною сприйнятливістю.

Повітряноситові установки з комбінованим (нагнітаючо-всмоктувальним) потоком використовують два вентилятори: один створює нагнітання, інший – відсмоктує повітря з каналу. Таке поєднання застосовується у деяких іноземних моделях. Робота вентиляторів синхронізується для досягнення атмосферного тиску в середині сепаруючого каналу. Вважається, що це усуває підсмоктування зовнішнього повітря та

					19ХВД. 9685343.06.24ПЗ	Ар- куш
Зм..	Ар- куш	№ докум.	Підп.	Дата		27

забезпечує більш стабільну повітряну течію. Проте ця конфігурація ускладнює конструкцію обладнання.

Машини з одним повітряним сепаруючим каналом зазвичай призначені для первинного очищення зерна, тоді як моделі з двома каналами – для вторинної очистки. Часто один канал розміщується перед решітним очищенням, а інший – після. Інколи обидва канали встановлюють перед решітним очищенням, розташовуючи їх паралельно. На агрегатах первинної очистки високої продуктивності (від 10 т/год) зазвичай застосовують двоканальні системи, в яких обидва канали розміщені поруч перед решітною частиною.

У більшості зерноочисних машин використовуються повітроочисні системи з відкритим циклом, де повітря після осадження частинок виводиться назовні. У замкнених системах повітря циркулює всередині машини без виходу назовні: воно проходить через сепаруючий канал, далі – в осадову камеру, після чого знову подається у канал тим самим вентилятором.

У зерноочисних пунктах нерідко застосовують централізовані повітряні системи, що створюють необхідний повітряний потік у сепаруючих каналах, а самі машини працюють без власного вентилятора.

Сепаратор ЗСП-10 призначений для очищення таких культур, як пшениця, жито, овес тощо, від домішок, що мають відмінності за шириною та товщиною. Аспіраційна система у цьому пристрої виконує лише функцію знепилювання і не бере участі у розділенні фракцій. Відбір домішок відбувається шляхом багаторізного просіювання зерна через сита.

Конструкція сепаратора ЗСП-10 (рис. 2.4) включає розбірну металеву станину, в середині якої на восьми вертикальних пружинах підвішені два ситові корпуси (1 і 3). Для зручності експлуатації станина обладнана знімними люками.

Зворотно-поступальні коливання ситових кузовів забезпечуються ексцентриковим коливальним механізмом 13, який приводиться в дію від електродвигуна 12 через клинопасову передачу. Рівномірний розподіл зернового матеріалу по ширині сит здійснюється за допомогою розподільного пристрою 17, оснащеного клапаном 16.

					19ХВД. 9685343.06.24ПЗ	Ар- куш
						28
Зм..	Ар- куш	№ докум.	Підп.	Дата		

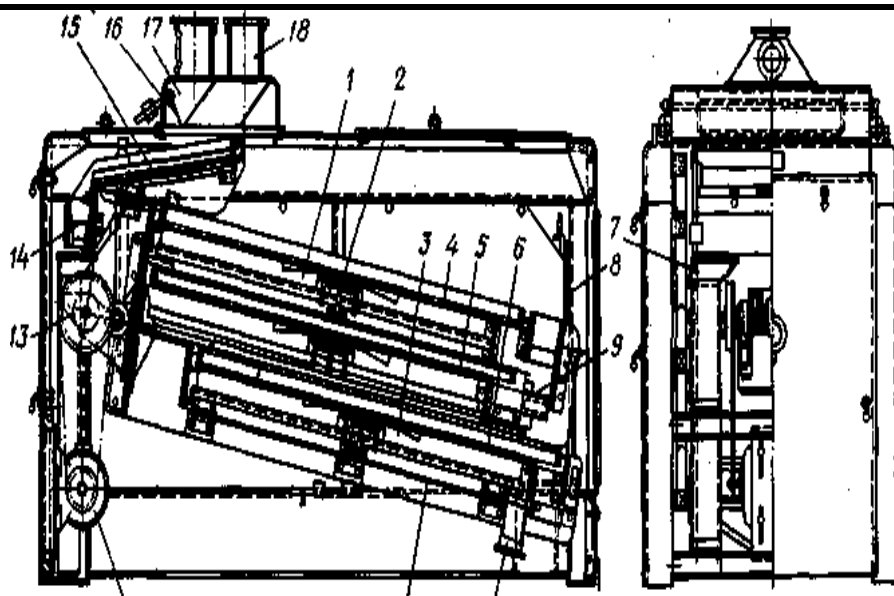


Рисунок 2.4 – Сепаратор ЗСП-10: 1, 3 – ситові кузови; 2 – інерційний механізм очищення; 4 – сортувальне сито; 5 – розвантажувальне сито; 6 – підсівне сито; 7 – збірники відходів; 8 – пружини; 9, 14 – лотки; 10 – патрубок; 11 – піддон; 12 – електродвигун; 13 – ексцентриковий коливальний механізм; 15 – приймальне сито; 16 – вантажний клапан; 17 – приймально-розподільний пристрій; 18 – патрубок аспірації.

У конструкції сепаратора передбачено чотири рівні сит: приймальне 15, сортувальне 4, розвантажувальне 5 та підсівне 6. Очищення сит, крім приймального, виконується інерційними механізмами 2.

Зернова маса, що потребує очищення, подається з розподільного пристрою 17, долаючи опір клапана, на приймальне сито 15, звідки великі домішки виводяться через лоток 14 у відсіки для відходів 7. Зерно, що пройшло через приймальне сито, надходить на сортувальне 4, яке відокремлює грубі домішки, що сходом виводяться через лотки 9.

Після сортувального сита зерно спрямовується на розвантажувальне сито 5, де потік розділяється: одна частина сходом видаляється, інша – проходить на підсівне сито 6. Схід з останніх двох сит об'єднується й виводиться як очищене зерно. Прохід через підсівне сито, що містить пил, биті або пошкоджені зерна, та насіння бур'янів, потрапляє у патрубок через піддон 11 і виводиться з машини.

Аспірація сепаратора здійснюється через патрубок 18, який приєднується до загальної вентиляційної системи.

					19ХВД. 9685343.06.24ПЗ	Ар- куш
						29
Зм..	Ар- куш	№ докум.	Підп.	Дата		

Для ефективної роботи машини потрібно, щоб зерно до середини довжини сортувального сита повністю проходило на розвантажувальне сито. Діаметр отворів сортувального сита обирається так, щоб обсяг сходу становив не менше 35 %, але не більше 50 % від загального завантаження.

У випадках, коли зерно проходить через приймальне сито та потрапляє в підсівне – можливо, забите сміттям приймальне сито або пошкоджене підсівне. При надмірному завантаженні сит необхідно відрегулювати положення засувки над живильником. Якщо спостерігається утруднене обертання коливального механізму або перегрів підшипників – слід перевірити кріплення кронштейнів і стан мастила.

Зупинка інерційного механізму очищення можлива через зношення гальмівного черевика, збільшення зазору між ним і косинцем, або обрив пружини. Якщо механізм працює, але не виконує очищення сит, можливо, зношені гумові елементи або пошкоджено пружину.

Зерноочисний сепаратор А1-БМС-6 застосовується для видалення з зерна основної культури домішок, які відрізняються за шириною, товщиною, а також за аеродинамічними характеристиками.

Модель А1-БМС-6 (рис. 2.5) виготовлена у повністю металевому виконанні. Каркас сепаратора – розбірного типу, виготовлений із зігнутого профілю. Основним конструктивним елементом є ситовий корпус, який встановлюється на рамі 4, оснащений балансирним механізмом 1 та приводом 3. За допомогою чотирьох тросових підвісок 18 рама кріпиться до станини. На раму монтується ситовий корпус, в якому розміщені три ряди сит: перший – приймальне сито 8, другий – сортувальне 6, третій – підсівне 5.

Ситові касети встановлюються спереду машини й легко витягуються для заміни. Тип сит добирають відповідно до виду оброблюваного зерна. Всі сита змонтовані з нахилом 3° відносно горизонталі. Для запобігання забрудненню робочої поверхні вони очищаються гумовими кульками 20.

Ситовий корпус рухається по круговій траєкторії у горизонтальній площині. Радіус коливального руху можна налаштовувати за допомогою змінних вантажів 2, а частота кругових коливань регулюється шляхом зміни шківів електродвигуна.

					19ХВД. 9685343.06.24ПЗ	Ар- куш
						30
Зм..	Ар- куш	№ докум.	Підп.	Дата		

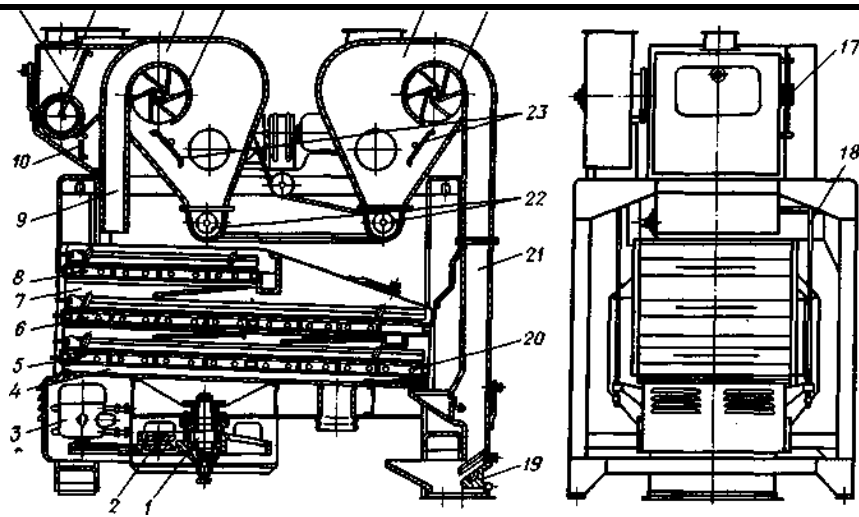


Рисунок 2.5 – Зерноочисний сепаратор А1-БМС-6: 1 – балансирний механізм; 2 – змінні вантажі; 3 – привід; 4 – рама; 5 – підсівне сито; 6 – сортувальне сито; 7 – ситовий корпус; 8 – приймальне сито; 9, 21 – пневмосепаруючі канали; 10, 11 – нижній і верхній клапани; 12 – приймальна камера; 13, 15 – осадові камери; 14, 16 – вентилятори; 17 – тяга; 18 – тросова підвіска; 19 – магнітний уловлювач; 20 – гумова кулька; 22 – шнеки; 23 – регулювальні клапани.

На станині сепаратора змонтовано осадові камери 13 і 15 з живильними механізмами, вентиляторами 14 і 16, а також шнеками 22 для виведення легких домішок. До станини приєднано пневмосепаруючий канал, що сполучається з камерою повторного продування. У нижній зоні цього каналу розташований магнітний уловлювач 19, який відповідає за виявлення та затримання металевих домішок.

Приймальна камера 12 має автоматичний регулятор рівня зерна, що підтримує стабільне завантаження незалежно від обсягів, які надходять. Цей механізм включає два взаємопов'язані клапани – верхній 11 і нижній 10, між якими встановлено тягу 17. При заповненні приймальної камери зерно чинить тиск на верхній клапан, який відкривається, що одночасно призводить до відкриття нижнього клапана. Через утворену щілину зерно рівномірно розподіляється по першому пневмосепаруючому каналу 9. Така подача виключає надходження повітря до осадової камери в обхід зони сепарації, що значно підвищує якість очищення.

Далі зерно надходить на приймальне сито 8, з якого великі домішки сходять і видаляються лотком. Прохід цього сита спрямовується на сортувальне сито 6, де

					19ХВД. 9685343.06.24ПЗ	Ар- куш
						31
Зм..	Ар- куш	№ докум.	Підп.	Дата		

відсіюються домішки, більші за основне зерно. Потім зерно надходить на підсівне сито 5, яке відокремлює дрібні фракції – биті зерна, пісок, насіння бур'янів тощо. Вони збираються в піддоні та виводяться назовні через спеціальний патрубок.

Очищене зерно, долаючи опір випускного клапана, потрапляє в другий пневмосепаруючий канал 21, де залишкові легкі домішки вилучаються за допомогою повітряного потоку. Вони осідають у камері 15 і виводяться шнеком у поєднанні з відходами з камери 13 першого продування. Інтенсивність повітряного потоку в обох пневмосепаруючих каналах регулюється клапанами 23, що розміщені у відповідних осадових камерах.

Повітряно-ситовий сепаратор ЗСМ-50 (рисунок 2.6) складається з основних вузлів, змонтованих на розбірній металевій рамі. На плоских пружинах до станини підвішені два ситові кузови – верхній та нижній – один над одним. У кожному з них розміщено по чотири сітчасті рами. Під сітками встановлено інерційні механізми для очищення сит.

До верхнього кузова приєднано приймальну коробку з ситовою рамою та ситом. Обидва кузови приводяться в зворотно-поступальний рух за допомогою ексцентрикового коливального механізму, який працює від окремого електродвигуна.

Над станинною частиною машини розташована аспіраційна камера, поділена на два канали, які завершуються шнеками для видалення домішок. З переднього боку машини змонтована приймальна камера з розподільчим шнеком. Цей шнек приводиться в дію через черв'ячний редуктор і клинопасову передачу від індивідуального електродвигуна. Аспіраційна труба для повторного продування встановлена на тильній частині рами. У конструкції передбачені оглядові люки в приймальній і аспіраційних камерах, а також у аспіраційній трубі для контролю за роботою вузлів.

Усі обертові вузли та механізми сепаратора мають захисні кожухи. Керування електродвигунами здійснюється з централізованого пульта, що розміщується в робочому приміщенні.

					19ХВД. 9685343.06.24ПЗ	Ар- куш
						32
Зм..	Ар- куш	№ докум.	Підп.	Дата		

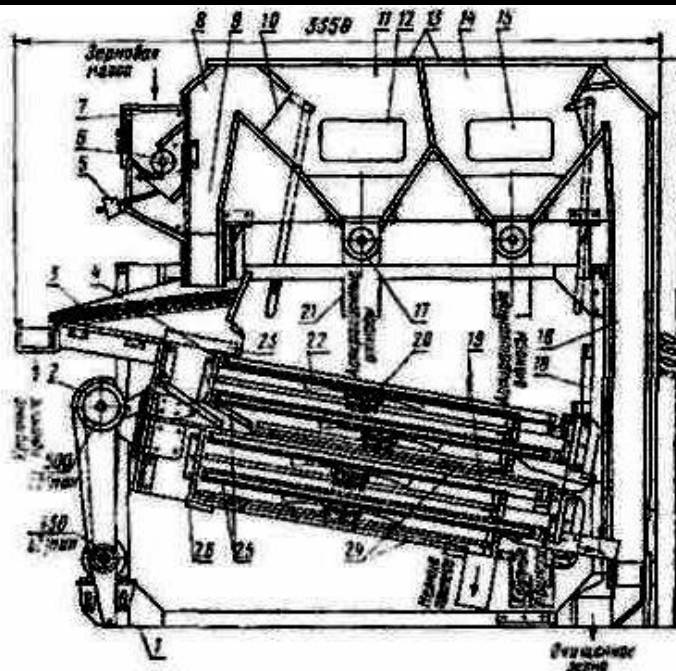


Рисунок 2.6 – Повітряно-ситовий сепаратор ЗСМ-50: 1 – станина; 2 – коли-
вальний механізм; 3 – приймальне сито; 4 – верхній ситовий кузов; 5 – вантажний
клапан; 6 – розподільчий валик; 7 – завантажувальний вузол; 8 – аспіраційний прист-
рій; 9 – перший пневмосепарувальний канал; 10 – клапан; 11 – перша осадова камера;
12, 15 – оглядові люки; 13 – отвори; 14 – друга осадова камера; 16 – другий пневмо-
сепарувальний канал; 17 – шнек; 18 – пружинна підвіска; 19 – сортувальні сита; 20 –
інерційний очищувач сит; 21 – патрубок; 22 – гумові пластини очищувача; 23 – щі-
линний розділювач; 24 – піддони; 25 – підсівні сита; 26 – нижній ситовий кузов.

Принцип дії: зерно з бункера надходить до приймальної камери у контролю-
ваній кількості. Тут розподільчий шнек рівномірно розподіляє зерно по ширині ка-
мери. Напрямок руху зерна можна змінювати – вліво, вправо, до центру або від нього –
регулюючи положення лопатей шнека без зміни напрямку його обертання.

Після подолання опору клапана зерно рівномірним потоком подається в перший
аспіраційний канал. У цій зоні повітряний потік видаляє легкі домішки, які вино-
сяться до передньої осадкової камери, звідки видаляються шнеком назовні.

Після першого етапу аспірації зерно надходить на приймальне сито, яке вста-
новлене під кутом 6° до горизонталі. Великі забруднення, що затримуються на його
поверхні, виводяться з машини через спеціальний лоток.

					19ХВД. 9685343.06.24ПЗ	Ар- куш
						33
Зм..	Ар- куш	№ докум.	Підп.	Дата		

Пройшовши крізь приймальне сито, зернова маса ділиться на два паралельних потоки, які спрямовуються на сортувальні сита верхнього та нижнього ситових кузовів. Рівномірність розподілу матеріалу по площі сит забезпечується за допомогою щілинного розділювача.

Сходом із сортувальних сит відділяються великі домішки, що перевищують за розмірами зерно. Те, що проходить крізь них – зерно разом з дрібними включеннями – спрямовується далі на підсівні сита, які також працюють у двох паралельних потоках.

Сходом із підсівних сит отримують очищене зерно, яке подається у другий аспіраційний канал для додаткової очистки повітряним потоком. Легкі домішки відносяться струменем повітря до другої осадової камери, звідки видаляються шнеком.

Натомість прохід підсівних сит, що містить дрібне сміття, щупле або бите зерно та пісок, відводиться з машини через піддони та поперечні лотки.

2.4 Патентний пошук напрямку вдосконалення

1. Пат. 54878 Україна, МПК⁹ B07B 13/00 Повітряно-решітний сепаратор № u201006623; заявл. 31.05.2010; опубл. 25.11.2010.

В основі корисної моделі лежить задача підвищення ефективності очищення зернового матеріалу від легких домішок шляхом подовження часу його перебування у повітряному каналі. Досягнення цієї мети забезпечується за рахунок того, що в конструкцію повітряно-ситового сепаратора, який складається з бункера з дозувальним пристроєм, нахилоного повітряного каналу, напрямних елементів, щіткового барабана, підсівного та колосового решіт, осадової камери та вивантажувального рукава, відповідно до запропонованої моделі, додатково введено блок затримки, розташований з нахилом донизу, що завершується елементами типу жалюзі.

2. Пат. 553 Україна, МПК⁶ B07B 9/00 Зерноочищувальний сепаратор № 99105723; заявл. 19.10.1999; опубл. 15.09.2000.

					19ХВД. 9685343.06.24ПЗ	Ар- куш
						34
Зм..	Ар- куш	№ докум.	Підп.	Дата		

Основою розробки корисної моделі є завдання створення зерноочисного сепаратора, в якому замість кругового поступального руху кузова з решітними рамами використовується вібраційний режим. Це дозволяє спростити конструкцію приводу, зменшити матеріаломісткість і підвищити ефективність очищення та фракційного поділу зернового матеріалу.

Рішення цієї задачі реалізується шляхом того, що в зерноочисному сепараторі, до складу якого входять станина, приймальний пристрій, кузов із решітами, випускний пристрій, пневмосепаруючий канал і привід, останній виконано у формі двох електровібраторів. Ці вібратори змонтовані симетрично по обидва боки кузова з можливістю регулювання положення у вертикальній площині. Така конструкція дозволяє змінювати кут кидання матеріалу. Ефективна дія приводу досягається завдяки обертанню вібраторів у протилежних напрямках (один – за годинниковою стрілкою, інший – проти), при цьому необхідною умовою є однакове налаштування монтажних плит обох вібраторів.

3. Пат. 67642 Україна, МПК⁶ A01F12/44, B07B4/00 Ситовий сепаратор № u201112752; заявл. 31.10.2011; опубл. 27.02.2012.

Корисна модель спрямована на вирішення завдання вдосконалення конструкції ситового сепаратора шляхом розміщення приводу обертання ситового барабана на кінці вала з боку подачі зерна. Цей кінець вала встановлюється на опорі, яка жорстко зафіксована ззовні корпусу та виконана у формі сферичного підшипника. Така конструкція дає змогу спростити пристрій і підвищити його надійність в експлуатації.

Зазначене технічне рішення реалізовано в ситовому сепараторі, що складається з корпусу, обладнаного патрубком для подачі зерна, а також вихідними патрубками для відведення очищеного зерна й відходів. Всередині корпусу встановлений ситовий барабан із системою очищення сит, змонтований на валу, що закріплений в опорах. Пристрій також включає привід обертання та механізм для регулювання кута нахилу ситового барабана. Відповідно до конструкції, привід та механізм регулювання розташовані з різних боків корпусу. Привід обертання барабана встановлюється на тому кінці вала, який знаходиться ближче до зони подачі зерна, і спирається на опору, закріплену на зовнішній частині корпусу, при цьому опора виконана у вигляді сферичного підшипника.

					19ХВД. 9685343.06.24ПЗ	Ар- куш
						35
Зм..	Ар- куш	№ докум.	Підп.	Дата		

4. Пат. 31126 Україна, МПК⁶ B07B1/00 Зерноочисний сепаратор № u200713568; заявл. 05.12.2007; опубл. 25.03.2008.

Завданням, яке вирішується в межах цієї корисної моделі, є підвищення експлуатаційної надійності зерноочисного сепаратора шляхом удосконалення конструкції приводу ситового корпусу. Для реалізації цього технічного рішення у конструкції сепаратора передбачено такі особливості.

У зерноочисному сепараторі, що включає станину та принаймні один секційний рухомий ситовий корпус, останній зафіксований до станини за допомогою гнучких підвісок. Він обладнаний приймальним патрубком, висувними рамами, на яких закріплено сортувальні та підсівні сита, а також лотками для виводу великих та дрібних домішок, розташованими під ситами, і патрубком для аспірації.

Привід ситового корпусу здійснюється від електродвигуна за допомогою клинпасової передачі. Ведений шків цієї передачі має у своєму складі маточину, обід і диск, і доповнений дебалансним вантажем, що займає сектор у межах 90°–120°. Згідно з конструктивним рішенням, зазначений дебалансний вантаж містить основу у вигляді литого виступу (приливу) на диску веденого шківів, висота якого не менша за висоту обода. До цього виступу можуть приєднуватися знімні накладки, що дозволяє регулювати величину дебалансу.

Також передбачено щонайменше одну аспіраційну колонку, з'єднану з виходом зерна з ситового корпусу через лоток. Колонка обладнана рухомою стінкою для налаштування площі прохідного перерізу, нижнім отвором для випуску очищеного зерна та верхнім – для видалення повітряно-сміттевої суміші.

Обґрунтування конструктивного рішення вдосконалення

На основі аналізу функціонування обладнання, що використовується в технологічному циклі виробництва борошна, встановлено, що ефективне очищення зерна є однією з ключових операцій, яка суттєво впливає на якість кінцевого продукту. У зв'язку з цим удосконалення конструкції зерноочисного сепаратора є обґрунтованим і доцільним кроком.

Сепаратор, що використовується на підприємстві, забезпечує задовільну ефективність очищення, однак має певні недоліки – зокрема, втрати зернової сировини під

					19ХВД. 9685343.06.24ПЗ	Ар- куш
						36
Зм..	Ар- куш	№ докум.	Підп.	Дата		

час роботи. Причиною цього є наявність кругового поступального руху сит, який спричиняє утворення зон застою зерна, що знижує загальну ефективність сепарації. З огляду на це, було запропоновано внести зміни до конструкції машини.

Модернізація передбачає два основні напрями. По-перше, запропоновано встановити на корпус розсіву сепаратора вібраційну систему, яка включає вал із дисбалансом, шків і маточину. Додатково планується облаштування корпусу розсіву аспіраційними патрубками по всьому його периметру.

По-друге, передбачається зміна форми отворів у ситах. Замість традиційних круглих отворів рекомендується застосувати гофровані сита, контури яких імітують форму зерна.

Комплексне впровадження вказаних технічних рішень дозволить підвищити ефективність процесу очищення зерна. Завдяки вібраціям і новій конфігурації отворів сит буде усунено застійні ділянки, що сприятиме збільшенню продуктивності обладнання та зменшенню питомих енерговитрат при очищенні зернового матеріалу.

					19ХВД. 9685343.06.24ПЗ	Ар- куш
						37
Зм..	Ар- куш	№ докум.	Підп.	Дата		

3 РОЗРАХУНОК ВДОСКОНАЛЕНОЇ МАШИНИ

3.1 Технологічний розрахунок параметрів машини (вузла)

Необхідно здійснити розрахунок і конструктивну розробку ситового повітряного сепаратора, призначеного для вторинного очищення пшениці від легких домішок. Задані параметри: продуктивність сепаратора становить $Q=5000$ кг/год, очікувана ефективність очищення – 75 %, вміст домішок у вихідному матеріалі – 2%, а втрати повноцінного зерна у відходах не повинні перевищувати 2%.

Сепаратор функціонує за принципом замкнутого повітряного циклу. Пневмосепаруючий канал має прямокутний поперечний переріз.

Технологічна схема процесу очищення в повітряному сепараторі реалізується таким чином (рис. 3.1). Початкове зерно надходить у завантажувальну воронку 2, звідки спрямовується крізь вантажний клапан 3. Цей клапан забезпечує стабільний підпір і перешкоджає проникненню повітря ззовні. Далі зерно потрапляє в пневмосепаруючий канал 1.

У каналі зернова маса повинна рівномірно розподілятися по всій його довжині, а повітряний потік повинен проходити крізь зерновий шар під кутом, близьким до прямого, що забезпечує оптимальні умови для виділення домішок.

Потік повітря, проходячи через шар пшениці, захоплює легкі домішки та транспортує їх до осадової камери 4. У цій камері відбувається відділення домішок від повітряного потоку. Відокремлені домішки виводяться через шлюзовий затвор 6, а очищене повітря за допомогою вентилятора 7 повертається назад у пневмосепаруючий канал 1.

Очищене зерно, яке не захоплюється повітряним потоком, осідає на дно каналу та виводиться через шлюзовий затвор 5.

Фізико-механічні властивості зерна пшениці: об'ємна щільність $\rho = 760$ кг/м³; коефіцієнт внутрішнього тертя $f_1 = 0,47$; кут тертя $\phi = 20,3^\circ$; коефіцієнт зовнішнього тертя по сталевому решету $f = 0,37$, швидкість витання пшениці $V_{\text{ВИТ}} = 8,5 \dots 11,5$ м/с, швидкість витання засмічених домішок $V_{\text{ВИТ}} = 4 \dots 6$ м/с. Питоме навантаження,

					19ХВД. 9685343.06.24ПЗ	Ар- куш
						38
Зм..	Ар- куш	№ докум.	Підп.	Дата		

обираємо $q = 90 \text{ кг/(ч см)}$. Максимальна кількість домішок A (кг), що виділяються із зерна, становить 2% від їх маси; B - маса домішок у вихідній суміші $B = Q \cdot 0,02 = 5000 \cdot 0,02 = 100 \text{ кг}$.

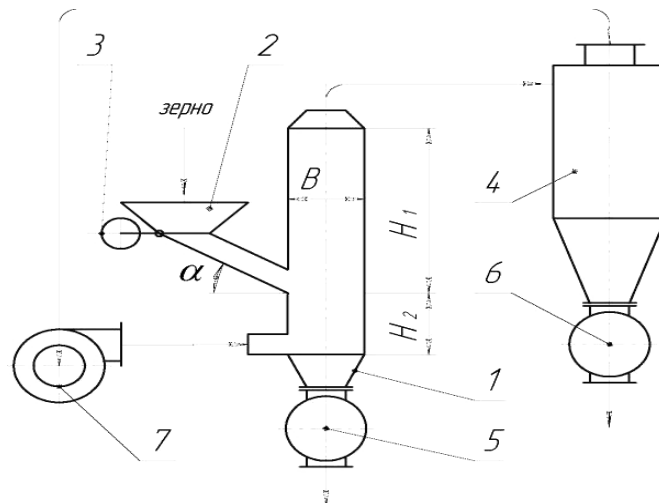


Рисунок 3.1 – Схема технологічного процесу очищення в повітряному сепараторі: 1 – канал пневматичної сепарації; 2 – бункер для завантаження; 3 – клапан із вантажем; 4 – камера осадження (циклонного типу); 5, 6 – шлюзові затвори; 7 – повітряний вентилятор.

Площа решета визначається з виразу:

$$F_p = a \cdot b \quad (3.1)$$

де: a -довжина решета, мм;

b -ширина решета, мм.

$$F_p = 910 \cdot 400 = 0,364 \text{ м}^2$$

Пропускна спроможність решета визначається, як:

$$Q_p = K_p \cdot F_p \cdot g_p \cdot 3,6 \cdot \tau_{\text{см}} \quad (3.2)$$

де: K_p -коефіцієнт, що приймається в залежності від культури $K_p=1$.

g_p -питоме навантаження, яке впливає на решето, обираємо $g_p=1,9$

$\tau_{\text{см}}=0,8$ – коефіцієнт, що визначає час роботи машини за зміну.

F_p -площа решета.

$$Q_p = 1 \cdot 0,364 \cdot 1,9 \cdot 3,6 \cdot 0,8 = 1,994 \text{ т/ч}$$

Максимальна кількість домішок A , яку виділяють із зернової маси:

					19ХВД. 9685343.06.24ПЗ	Ар- куш
						39
Зм..	Ар- куш	№ докум.	Підп.	Дата		

$$A = \frac{\eta \cdot B}{100 \cdot \left(1 - \frac{a}{100}\right)} \quad (3.3)$$

де А - вага відходів, кг;

α - кількість нормального зерна, яке потрапляє у відходи % від їх маси;

В - вага домішок у зерновій суміші, яку можна відділити потоком повітря, кг

Таким чином, отримаємо:

$$A = \frac{\eta \cdot B}{100 \cdot \left(1 - \frac{a}{100}\right)} = \frac{75 \cdot 100}{100 \cdot \left(1 - \frac{2}{100}\right)} = 76,53$$

Габарити пневмосепаруючого каналу розраховують, спираючись на обране пито-
ме навантаження на зерно $q = 90$ кг/(год·см) та задану продуктивність $Q = 5000$
кг/год.

Довжина каналу L (см) розраховується згідно виразу:

$$L = \frac{Q}{q}; \quad (3.4)$$

де Q-продуктивність повітряного сепаратора (кг/год)

q-питоме навантаження(кг/год на 1 см довжини каналу).

$$L = \frac{Q}{q} = \frac{5000}{90} = 55,56 \text{ см} = 0,55 \text{ м}$$

Довжину пневмосепарувального каналу обираємо $L = 0,55$ м.

З урахуванням обраного зернового навантаження встановлюємо ширину каналу
 $B = 200 \text{ мм} = 0,2 \text{ м}$.

Висоту верхньої ділянки пневмосепаруючого каналу – від точки подачі зерна
до повороту в осадовий елемент – задаємо відповідно до рекомендацій: $H1 = 1100 \text{ мм}$
 $= 1,1 \text{ м}$.

Відстань між точкою входу повітря в канал і місцем подачі зерна приймаємо $H2$
 $= 120 \text{ мм}$. Інакше нерівномірний повітряний потік може виносити придатне зерно в
відходи, а легкі домішки залишаться в основній масі.

Кут підведення зерна у цій конструкції має перевищувати кут тертя і становить:

$$\alpha > \varphi = \arctg f \quad (3.5)$$

					19ХВД. 9685343.06.24ПЗ	Ар- куш
						40
Зм..	Ар- куш	№ докум.	Підп.	Дата		

де α - кут підведення зерна;

φ -кут тертя;

f -коефіцієнт зовнішнього тертя по сталевій решетці;

Звідси:

$$\alpha > \varphi = \arctg f = \arctg 0,37 = 20,3^\circ$$

Обираємо $\alpha = 30^\circ$

Результативність очищення зернового матеріалу повітряним потоком визначається початковою швидкістю V_o , з якою частинки потрапляють у пневмосепаруючий канал, а також середньою швидкістю руху повітря V . Відповідно до рекомендацій, початкову швидкість надходження часток приймаємо $V_o = 0,3$ м/с.

Швидкість V руху повітря для очищення зернової маси розраховують згідно формули (3.6), обираючи швидкість витання зерна пшениці $V_{\text{вит}} = 9$;

$$V = (0,4 \dots 0,8) \cdot V_{\text{вит}} \quad (3.6)$$

де V -швидкість руху повітря для очищення зернової маси;

$V_{\text{вит}}$ - швидкість витання зерна, м/с.

Таким чином:

$$V = (0,4 \dots 0,8) \cdot 9 = 3,2 \dots 7,2 \text{ м/с.}$$

Швидкість руху повітря обираємо $V = 6$ м/с.

Об'ємну витрату повітря в повітряному сепараторі Q_B (м³/с) визначають, виходячи з основних конструктивних параметрів: ширина каналу $B = 0,15$ м, довжина каналу $L = 0,55$ м за формулою:

$$Q_B = B \cdot L \cdot V \quad (3.7)$$

де Q_B - витрата повітря в повітряному сепараторі (м³ /с);

B - ширина каналу, м;

L - довжина каналу, м;

V - швидкість руху повітря, м/с.

$$Q_B = 0,15 \cdot 0,55 \cdot 6 = 0,495 \text{ м}^3/\text{ч}$$

					19ХВД. 9685343.06.24ПЗ	Ар- куш
						41
Зм..	Ар- куш	№ докум.	Підп.	Дата		

Зниження тиску в пневмосепаруючому каналі ΔH (кгс/м²) обчислюється за формулою (3.8), виходячи з витрати повітря $Q = 29,7$ м³/хв, при заданому коефіцієнті опору $k = 0,08$ кгс·хв/м².

$$\Delta H = k \cdot Q^2 \quad (3.8)$$

де ΔH - зниження тиску в пневмосепаруючому каналі (кгс/м²)

k - коефіцієнт опору, кгс·хв/м²;

Q - витрата повітря, м /хв.

$$\Delta H = 0,08 \cdot 29,7^2 = 70,5 (\text{кгс/м}^2) = 705 \text{ Па}$$

Втрати тиску у віддільнику ΔH_1 (Па) обчислюємо використовуючи значення коефіцієнта аеродинамічного опору: $\xi_{\text{відд}} = 3,7$, швидкість повітря на вході у патрубок – $V_{\text{вх}} = 10$ м/с, щільність повітря при нормальних умовах – $\rho_{\text{в}} = 1,2$ кг/м³:

$$\Delta H_1 = \xi_{\text{відд}} \cdot \frac{\rho_{\text{в}} \cdot V_{\text{вх}}^2}{2} \quad (3.9)$$

де ΔH_1 - втрати тиску у віддільнику;

$\xi_{\text{відд}}$ - коефіцієнт аеродинамічного опору віддільника;

$V_{\text{вх}}$ - швидкість повітря на входному патрубку, м/с;

$\rho_{\text{п}}$ - щільність повітря за нормальних умов, $\rho_{\text{п}} = 1,2$ кг/м³.

Значення $\xi_{\text{відд}}$ та $V_{\text{вх}}$ приймаємо рівним

$$\Delta H_1 = 3,7 \cdot \frac{1,2 \cdot 10^2}{2} = 222 \text{ Па}$$

Загальні втрати тиску в повітряному сепараторі розраховуємо за допомогою формули:

$$H = k_1 \cdot (\Delta H + \Delta H_1) \quad (3.10)$$

де ΔH - загальні втрати тиску в повітряному сепараторі (кгс/м²)

ΔH_1 -втрати тиску у віддільнику;

k_1 - коефіцієнт, що враховує можливі відхилення при роботі вентилятора.

$$H = 1,1 \cdot (705 + 222) = 1019,7 \text{ Па}$$

Зм..	Ар- куш	№ докум.	Підп.	Дата

19ХВД. 9685343.06.24ПЗ

44-
куш

42

3.2 Енергетичний розрахунок машини

Необхідну потужність вентиляційного приводу N (кВт) визначаємо за формулою (3.11), враховуючи витрату повітря та обираючи ККД вентилятора (згідно з його характеристикою) $\eta_v = 0,5$; ККД приводу при клиноремінній передачі – $\eta_{\pi} = 0,95$.

$$N = \frac{Q_v \cdot H}{1000 \cdot \eta_v \cdot \eta_{\pi}}; \quad (3.11)$$

де N -необхідна потужність вентиляційного приводу (кВт);

H - сумарні втрати тиску в повітряному сепараторі, Па;

η_v – ККД вентилятора, обираємо згідно характеристики вентилятора;

η_{π} - ККД приводу при посадці колеса на вал електродвигуна;

$\eta_{\pi} = 1$; при з'єднанні валів муфтою $\eta_{\pi} = 0,98$; при клинопасовій передачі $\eta_{\pi} = 0,95$).

$$N = \frac{0,495 \cdot 1019,7}{1000 \cdot 0,5 \cdot 0,95} = 1,06; \text{кВт}$$

Згідно з довідником, обираємо вентилятор типу ВЦП-3, паспортні характеристики якого такі: витрата повітря $Q = 0,55 \text{ м}^3/\text{с}$, частота обертання $n = 2500 \text{ об/хв}$, максимальний тиск $H = 1020 \text{ Па}$, потужність електродвигуна $N = 2,2 \text{ кВт}$.

Для подачі зерна використовується вантажний клапан, який одночасно запобігає підсосу повітря в пневмосепаруючий канал, забезпечуючи його герметичність.

Для видалення зерна та легких домішок з пневмосепаруючого каналу та осадової камери, а також для підтримання герметичності, застосовуються шлюзові затвори.

Розрахунок необхідного об'єму шлюзового затвора $V_{\text{ш}}$ (дм³) виконується за формулою (3.12), виходячи з розрахункової продуктивності $Q_{\text{ш}} = 83,3 \text{ кг/хв}$, об'ємної маси зерна (пшениці) $\rho = 0,76 \text{ кг/дм}^3$, обраної частоти обертання ротора $n = 30 \text{ об/хв}$ і коефіцієнта заповнення вічок $\varphi = 0,7$. Після цього здійснюється вибір типорозміру затвора.

$$V_{\text{ш}} = \frac{Q_{\text{ш}}}{\rho \cdot n \cdot \varphi} \quad (3.12)$$

де $V_{\text{ш}}$ - необхідний об'єм (дм³);

$Q_{\text{ш}}$ - розрахункова продуктивність затвора, кг/хв;

ρ - об'ємна маса продукту, кг/дм ;

Зм..	Ар- куш	№ докум.	Підп.	Дата

19ХВД. 9685343.06.24ПЗ

Ар-
куш

43

n - частота обертання ротора, хв^{-1} , $n = 20 \dots 40 \text{ хв}^{-1}$;

φ -коефіцієнт заповнення вічок. Для зернистих матеріалів $\varphi = 0,7 \dots 0,8$. Для порошкоподібних $\varphi = 0,5 \dots 0,6$.

$$V_{\text{ш}} = \frac{83,3}{0,76 \cdot 30 \cdot 0,7} = 0,0052 \text{ м}^2$$

Обираємо шлюзовий затвор ШУ-6.

Потужність, необхідну для роботи приводу шлюзового затвора $N_{\text{шл}}$ (кВт), визначаємо за формулою (3.13). Вертикальний тиск вантажу на площину зрізу завантажувального отвору становить $\rho = 500 \text{ Н/м}$. Для зернових культур коефіцієнт, що враховує витрати енергії на подрібнення часток, приймаємо $K_1 = 2,2$. ККД приводу затвора дорівнює $\eta = 0,7$; коефіцієнт втрат енергії у підшипниках ротора (для підшипників ковзання) становить $\eta_{\text{шл}} = 0,90$. Частота обертання ротора – $n = 0,5 \text{ с}^{-1}$. Радіус ротора та радіус завантажувального отвору визначають за довідником: для затвора типу ШУ-6 відповідно $R_p = 0,117 \text{ м}$, $r_3 = 0,075 \text{ м}$.

$$N_{\text{шл}} = \frac{\pi}{159} \cdot \rho \cdot R_p \cdot r_3^2 \cdot n \cdot tg\varphi \cdot \frac{K_1}{\eta_{\text{пр}} \cdot \eta_{\text{шл}}}; \quad (3.13)$$

де $N_{\text{шл}}$ – потужність, необхідна для роботи приводу шлюзового затвора (кВт);

ρ - вертикальний тиск вантажу на площину зрізу завантажувального отвору Н/м;

R_p - радіус ротора, м;

r_3 - радіус завантажувального отвору м;

K_1 - коефіцієнт, що враховує витрату енергії на дроблення часток, для зернових матеріалів $K_1 = 2,2$; для порошкоподібних $K_1 = 1,0$;

$\eta_{\text{пр}}$ – ККД приводу шлюзового затвора, $\eta = 0,7 \dots 0,8$;

$\eta_{\text{шл}}$ - коефіцієнт, що враховує втрати енергії в підшипниках валу ротора шлюзового затвора: для підшипників ковзання $\eta_{\text{шл}} = 0,90 \dots 0,92$, підшипників кочення $\eta_{\text{шл}} = 0,97 \dots 0,99$.

$$N_{\text{шл}} = \frac{\pi}{159} \cdot 500 \cdot 0,117 \cdot 0,075^2 \cdot 0,5 \cdot tg20,3 \cdot \frac{2,2}{0,7 \cdot 0,9} = 0,004; \text{ кВт}$$

Обираємо двигун по ДСТУ EN ІЕС 60034-30-1:2014 АИР71В4УЗ, потужністю електродвигуна $N = 1,1 \text{ кВт}$; частотою обертання електродвигуна $n_1 = 1500 \text{ хв}^{-1}$

					19ХВД. 9685343.06.24ПЗ	Ар- куш
						44
Зм..	Ар- куш	№ докум.	Підп.	Дата		

Розрахунок клинопасової передачі

Клинопасова передача включає два шків: менший шків встановлюється на вал електродвигуна, а більший – на ексцентриковий вал машини А1-БЛС-100. Обидва шківів закріплюються на валах за допомогою шпонок. Взаємодію між ними забезпечує клиновий ремінь, який охоплює шківів і передає обертальний момент.

До основних показників ефективної роботи ремінної передачі належать: тягова здатність, яка визначається силою тертя між ремнем і шківом, а також довговічність ремня, що обмежується його втомним руйнуванням при нормальних умовах експлуатації. Виходячи з заданої потужності, підбирається тип ремня. Залежно від обраного типу визначають розрахунковий діаметр меншого шківів.

Під розрахунковим діаметром мається на увазі діаметр шківів по нейтральному шару ремня.

Маючи задані значення частоти обертання n_1 для меншого шківів і n_2 для більшого, а також вибраний діаметр меншого шківів D_1 (у мм), діаметр більшого шківів визначається за відповідною формулою.

$$D_2 = \frac{D_1}{n_2} n_1 \quad (3.14)$$

Отримане значення діаметра округлюють до найближчого стандартного типорозміру.

Маючи відстань між осями валів і розміри шківів, визначають орієнтовну розрахункову довжину ремня по нейтральному шару.

$$L_0 = 2l_0 + 1,57(D_1 + D_2) + (D_2 - D_1)^2 / 4l_0 \quad (3.15)$$

де: l_0 - відстань між валами мм;

D_1 і D_2 – діаметри першого та другого шківів, мм;

Згідно з таблицею стандартних довжин клинових ремнів підбирають ремінь, довжина якого L (мм) найбільш наближена до розрахункової, після чого обчислюють точну міжосьову відстань l .

					19ХВД. 9685343.06.24ПЗ	Ар- куш
						45
Зм..	Ар- куш	№ докум.	Підп.	Дата		

$$L= \quad (3.16)$$

$$\frac{L}{4} - 0,393(D_1 - D_2) + \sqrt{\left[\frac{L}{4} - 0,393(D_1 - D_2)\right]^2 - 0,125(D_2 - D_1)^2}$$

Число ременів визначають за формулою:

$$Z = \frac{N}{N_0 k_1 k_2} \quad (3.17)$$

де: N - потужність передачі в кВт;

N₀- потужність, яка подається на один ремінь.

k₁ та k₂ –коефіцієнти поправки.

Для визначення N₀ слід визначити швидкість руху ременя:

$$v = \frac{v \pi_1 D_1}{60 \times 1000} \quad (3.18)$$

Для того щоб визначити коефіцієнт k₁, попередньо обчислюють кут α (у градусах), на який ремінь охоплює менший шків у передачі:

$$\alpha = 180 - \frac{57(D_2 - D_1)}{l} \quad (3.19)$$

Величину поправочного коефіцієнта k₁ визначають за допомогою таблиці, залежно від значення кута охоплення ременем.

Для умов експлуатації зерноочисно-сушильних комплексів коефіцієнт k₂ приймають рівним 0,8.

Розглянемо приклад розрахунку клиноремінної передачі, що використовується в приводі зерноочисної машини А1-БЛС-100. Вихідні дані: електродвигун АИР71В4УЗ, передавана ним потужність N = 1,1 кВт; частота обертання електродвигуна n₁ = 1500 об/хв; орієнтовна відстань між шківками – 600 мм; частота обертання шківки на ексцентриковому валу n₂ = 560 об/хв.

Розрахунок діаметра більшого шківки проводимо за формулою (3.14).

$$D_2 = 130 \times 1500 / 350 = 560 \text{ мм.}$$

Отримане значення округлюємо до найближчого стандартного і приймаємо D₂ = 560 мм.

Відстань між шківками обчислюємо за формулою (3.16).

					19ХВД. 9685343.06.24ПЗ	Ар- куш
						46
Зм..	Ар- куш	№ докум.	Підп.	Дата		

$$L=$$

$$\frac{2360}{4} - 0,393(560 + 130) + \sqrt{\left(\frac{2360}{4} - 0,393(560 + 130)\right)^2 - 0,125(560 - 130)^2} = 599 \text{ мм.}$$

Визначаємо необхідну кількість ременів для забезпечення роботи приводу.

Швидкість руху ремня розраховується за формулою (3.18).

$$v = \frac{3,14 \times 130 \times 1500}{60 \times 1000} = 10,2 \text{ м / с}$$

На основі табличних даних визначаємо потужність, що припадає на один ремень: $N_0 = 1,4$ кВт, та виконуємо розрахунок кута охоплення ремнем меншого шківів передачі (α у градусах) за формулою (3.19):

$$\alpha = 180 - \frac{57 \times (560 - 130)}{599} = 139 \text{ град}$$

Обираємо коефіцієнт $k_1 = 0.96$

Отже, потрібну кількість ременів Z визначаємо за відповідною формулою (3.17):

$$Z = \frac{0,75}{1,3 \times 0,96 \times 0,8} = 0.81$$

Обираємо один ремінь типу А-2360 ГОСТ 1284.1-80.

3.3 Розрахунок на міцність відповідальних деталей машини (вузла)

Ведений шків монтується на кривошипі та фіксується шпонкою.

Виконаємо перевірку шпонки на відповідність умові міцності.

Умова міцності для шпонки при зминанні:

$$\sigma_{зм} = \frac{2 \cdot T}{l_{ш} \cdot d \cdot (h - t_l)} \leq [\sigma]_{зм}, \quad (3.20)$$

де T - крутний момент, Н мм;

d - діаметр вала, $d = 10$ мм;

$l_{ш}$ - довжина шпонки, $l = 25$ мм;

$(h - t_l)$ - висота грані шпонки в ступиці, яка прцює на зминання, мм;

h - висота шпонки, $h = 4$ мм;

					19ХВД. 9685343.06.24ПЗ	Ар- куш
						47
Зм..	Ар- куш	№ докум.	Підп.	Дата		

t_l - глибина пазу вала, $t_l = 2,5$ мм;

$[\sigma]_{зм}$ - допустимі напруження на зминання, МПа. Для сталюї ступиці обираємо $[\sigma]_{зм} = 110...190$ МПа.

Крутний момент, що передається валом

$$T = \frac{P}{\omega}, \quad (3.21)$$

де P - потужність на валу, Вт. Обираємо $P = 1,1$ кВт;

ω - кутова швидкість обертання валу, с^{-1} , $\omega = 314$ с^{-1} .

$$T = \frac{1,1 \cdot 10^3}{314} = 3,5 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$\sigma_{зм} = \frac{2 \cdot 3,5 \cdot 10^3}{25 \cdot 10 \cdot (4 - 2,5)} = 19 \text{ МПа} \leq [\sigma]_{зм}$$

Умова міцності шпонки на зминання дотримана.

Висновки за розділом

У третьому розділі розрахунково-пояснювальної записки дипломного проєкту виконано технологічні розрахунки параметрів зерноочисного сепаратора. Визначено продуктивність і необхідну потужність агрегату. Для приводу обрано електродвигун відповідно до ДСТУ EN ІЕС 60034-30-1:2014, типу АІР71В4У3, з потужністю $N = 1,1$ кВт та частотою обертання $n_1 = 1500$ об/хв. Здійснено розрахунок клинопасової передачі, за результатами якого встановлено, що достатньо одного ременя типу А-2360 згідно з ГОСТ 1284.1–80. Проведено також перевірку шпонкового з'єднання на міцність. Окрім того, описано технологічний процес виготовлення відповідних деталей і розроблено маршрутну карту.

					19ХВД. 9685343.06.24ПЗ	Ар- куш
						48
Зм..	Ар- куш	№ докум.	Підп.	Дата		

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Нормативно-правова база з охорони праці для підприємства

На основі практичного досвіду впровадження системи управління охороною праці на сільськогосподарських підприємствах України, керівники, провідні спеціалісти та начальники виробничих підрозділів мають відповідні права та обов'язки щодо забезпечення безпечних умов праці та життєдіяльності на підприємстві [24].

Розроблення внутрішніх актів з охорони праці на підприємстві здійснюється відповідно до наступних нормативно-правових документів:

Закон України «Про внесення змін до Закону України "Про охорону праці"» (набув чинності 17.12.2002);

Закон України «Про пожежну безпеку» (від 17.12.1993 № 3747–ХІІ);

Закон України «Про забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя населення»;

Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища»;

ДНАОП 0.00-3.03-98 – Типові норми безоплатного надання спецодягу, спецвзуття та інших засобів індивідуального захисту працівникам;

ДНАОП 0.00-4.15-98 – Положення про розроблення інструкцій з охорони праці;

Правила охорони праці в сільськогосподарському виробництві (введені з 01.01.2001);

Правила пожежної безпеки в Україні (введені 22.06.1995);

НАПБ А.01.001-04, ОСТ 18-444-85 – Вимоги безпеки до виробничих процесів у харчовій промисловості;

НАОП 1.8.10-2.15-85 – Єдина система організації робіт з охорони праці;

НАОП 1.8.10-2.22-84 – Збірник типових інструкцій з техніки безпеки та виробничої санітарії для працівників технологічних професій.

Власник зобов'язаний створити на підприємстві службу охорони праці. Якщо кількість працівників у виробничій сфері не перевищує 50 осіб, виконання функцій

					19ХВД. 9685343.06.24ПЗ	Ар- куш
						49
Зм..	Ар- куш	№ докум.	Підп.	Дата		

цієї служби може бути покладено на особу, яка має відповідну кваліфікацію, за сумісництвом. Служба охорони праці підпорядковується безпосередньо керівнику підприємства та прирівнюється до основних виробничо-технічних структур.

Права спеціалістів з охорони праці:

- Видавати обов'язкові для виконання розпорядження керівникам структурних підрозділів щодо усунення виявлених порушень;
- Отримувати від керівників усі необхідні документи, пояснення та інформацію з питань охорони праці;
- Вимагати відсторонення від роботи працівників, які не пройшли медичний огляд, навчання, інструктаж або перевірку знань, а також тих, хто не має відповідного допуску до виконання певних робіт або порушує встановлені норми;
- Зупиняти роботу виробничих ділянок, машин, механізмів чи обладнання у випадку загрози життю чи здоров'ю працівників;
- Вносити керівнику підприємства подання про притягнення до відповідальності осіб, які порушили вимоги охорони праці.

Розпорядження спеціаліста з охорони праці може скасувати лише керівник підприємства.

Обов'язки роботодавця в галузі охорони праці:

- Забезпечити безпечні умови праці у всіх структурних підрозділах відповідно до чинного законодавства;
- Налагодити функціонування системи управління охороною праці: створити відповідні служби, призначити посадових осіб, визначити їх обов'язки, права та відповідальність, а також здійснювати контроль за їх дотриманням;
- Спільно з представниками колективного договору розробляти та впроваджувати комплекс заходів, спрямованих на дотримання нормативних вимог і підвищення рівня безпеки праці;
- Реалізовувати профілактичні заходи відповідно до змін умов праці;
- Впроваджувати сучасні технології, наукові досягнення, засоби автоматизації, ергономічні рішення, позитивну практику з охорони праці;

					19ХВД. 9685343.06.24ПЗ	Ар- куш
						50
Зм..	Ар- куш	№ докум.	Підп.	Дата		

- Забезпечити належний стан будівель, обладнання та засобів виробництва, а також моніторинг їх технічного стану;
- Усувати причини нещасних випадків і профзахворювань, виконуючи заходи за підсумками розслідувань;
- Організовувати аудит охорони праці, лабораторні дослідження умов праці, технічну оцінку обладнання, атестацію робочих місць на відповідність нормам охорони праці;
- Розробляти й затверджувати положення, інструкції та інші нормативні документи підприємства, що визначають порядок роботи та поведінки працівників на території підприємства;
- Безоплатно забезпечувати працівників нормативними актами з охорони праці;
- Контролювати дотримання працівниками технологічних процесів, правил користування обладнанням, застосування засобів захисту;
- Організовувати інформаційно-роз'яснювальну роботу щодо безпечних методів праці, взаємодію з працівниками у сфері охорони праці;
- Негайно надавати допомогу потерпілим у разі аварій, залучати аварійно-рятувальні служби в разі надзвичайних ситуацій.

Роботодавець несе персональну відповідальність за порушення встановлених вимог у сфері охорони праці.

4.2 Аналіз небезпек

Виробничий травматизм.

Одним із ключових чинників у запобіганні виробничому травматизму є регулярний і системний аналіз причин його виникнення. Ці причини поділяють на технічні та організаційні.

Технічні причини найчастіше пов'язані з конструктивними недоліками обладнання, недостатнім рівнем освітлення, несправністю захисних пристроїв або відсутністю ефективних засобів захисту.

					19ХВД. 9685343.06.24ПЗ	Ар- куш
						51
Зм..	Ар- куш	№ докум.	Підп.	Дата		

Організаційні причини включають порушення вимог техніки безпеки внаслідок недостатньої підготовки персоналу, низького рівня трудової та виробничої дисципліни, неефективної організації праці або відсутності належного контролю за ходом виробничих процесів.

Ефективність аналізу травматизму значною мірою залежить від точності та повноти заповнення актів про нещасні випадки на виробництві. Особливу увагу необхідно приділяти пункту 15 акта, де потрібно чітко вказати, яка саме технічна або організаційна причина спричинила нещасний випадок.

На основі актів форми Н-1 адміністрація підприємства складає звітність про постраждалих унаслідок нещасних випадків, пов'язаних із виробничою діяльністю, за формою 7-Н. До цього звіту включаються лише ті випадки, які спричинили тимчасову втрату працездатності тривалістю понад три робочі дні.

Шум і вібрація.

На підприємствах джерелами шуму та вібрації є різноманітні механізми й машини.

Негативний вплив вібрацій полягає в зниженні коефіцієнта корисної дії, передчасному зношуванні деталей, необхідності частого ремонту й налаштування обладнання, а також підвищеному ризику аварій. За статистичними даними, приблизно 80% несправностей і аварійних ситуацій спричиняються надмірними коливаннями.

Окрім технічних наслідків, шум і вібрація мають суттєвий негативний вплив на здоров'я працівників. Шум порушує роботу слухового апарату, сприяє розвитку захворювань серцево-судинної та нервової систем, шлунково-кишкового тракту, а також гіпертонії. Він викликає швидке фізичне й психічне виснаження, запаморочення, що може призводити до виробничих травм. Тривалий вплив шуму часто стає причиною професійного захворювання – туговухості. Однак порушення стосуються не лише слуху – шум у першу чергу негативно впливає на нервову систему.

Систематичне шумове навантаження здатне спричинити виразкову хворобу шлунка, підвищення рівня холестерину, розвиток стресових станів та скорочення тривалості життя.

					19ХВД. 9685343.06.24ПЗ	Ар- куш
						52
Зм..	Ар- куш	№ докум.	Підп.	Дата		

Вібрація, що надходить від обладнання через підлогу та конструкції, викликає загальні коливання тіла працівника. Особливо небезпечні вібрації з частотою 6–9 Гц, яка близька до природної частоти коливань тіла людини. В таких умовах виникає резонанс, що посилює коливання внутрішніх органів, змінюючи їхній об'єм.

Тривалий вплив вібрації призводить до вібраційної хвороби, яка супроводжується зниженням працездатності. Симптомами є головний біль, підвищена дратівливість, порушення сну, біль у суглобах, судом пальців, спазми судин. Внаслідок цього в організмі розвиваються незворотні патологічні зміни, що можуть призвести до інвалідності.

Електротравматизм.

Основні причини виникнення електротравматизму:

- дотик людини до струмопровідних неізольованих частин, коли ті не перебувають під напругою, але є контакт із землею (однофазне ураження);
- одночасне торкання людиною двох струмопровідних неізольованих елементів, що перебувають під напругою;
- наближення людини на небезпечну відстань до струмоведучих частин, які не ізольовані і перебувають під напругою або не ізольовані від землі;
- контакт із металевими корпусами електрообладнання, які внаслідок несправності опинилися під напругою.

4.3 Планування заходів з охорони праці

Серед дієвих способів запобігання травматизму на виробництві важливе місце посідає якісне проведення вступного, первинного на робочому місці, позапланового та періодичного інструктажу з техніки безпеки для працівників.

Для працівників, діяльність яких пов'язана з підвищеною небезпекою, обов'язково організовується спеціальне навчання з питань охорони праці. Таке курсове навчання є обов'язковим і для бригадирів, які відповідають за організацію вантажно-розвантажувальних робіт.

					19ХВД. 9685343.06.24ПЗ	Ар- куш
						53
Зм..	Ар- куш	№ докум.	Підп.	Дата		

З метою профілактики нещасних випадків і професійних захворювань на підприємствах облаштовуються кабінети або куточки з охорони праці, де розміщуються навчальні плакати, схеми, інструктивні матеріали, засоби індивідуального захисту, а також прилади для вимірювання рівня шуму, освітлення, вібрації тощо.

Фінансування заходів з охорони праці здійснюється підприємствами або установами за рахунок таких джерел:

- витрат, включених до собівартості продукції або кошторису витрат, якщо заходи мають поточний (некапітальний) характер;
- фонду капітального ремонту – у разі проведення заходів одночасно з ремонтом основних фондів;
- фонду капітальних інвестицій, у складі якого знаходиться фонд розвитку виробництва, якщо заходи є капітальними;
- кредитних коштів або цільових відрахувань із прибутку.

Професійні захворювання.

В Україні щорічно реєструється до 12–13 тисяч випадків професійних захворювань. Професійним вважається таке захворювання працівника, що виникло внаслідок систематичного і тривалого впливу шкідливих чинників, пов'язаних із певною професією або специфічними умовами виробництва. Такі хвороби характеризуються типовими клінічними синдромами або формами, які частіше виникають саме при виконанні конкретних виробничих завдань.

Професійне захворювання визнається груповим, якщо воно одночасно виникає у двох або більше працівників.

У більшості випадків клінічна картина не має чітко виражених специфічних симптомів, і лише детальний аналіз умов праці дозволяє встановити зв'язок виявленої патології з виробничою діяльністю. Деякі хвороби мають характерний набір симптомів, які підтверджуються рентгенологічними, функціональними, гематологічними чи біохімічними змінами.

Професійні захворювання поділяються на:

- гострі – виникають раптово, після одноразового (протягом однієї робочої зміни) впливу надмірно сильного шкідливого чинника, який перевищує допустимі

					19ХВД. 9685343.06.24ПЗ	Ар- куш
						54
Зм..	Ар- куш	№ докум.	Підп.	Дата		

норми (ГДК, ПДУ). Прикладами можуть бути опіки очей від УФ-випромінювання, отруєння хлором, чадним газом тощо;

- хронічні – формуються внаслідок тривалого впливу небезпечних чинників, як-от вібрація, шум, токсичні речовини. До цієї категорії також відносять ближні й віддалені наслідки хронічних отруєнь або патологій.

Єдиної загальноприйнятої класифікації професійних хвороб не існує. Найпоширеніша система ґрунтується на етіологічному принципі, згідно з яким професійні хвороби поділяються за джерелом впливу:

- промисловий пил;
- хімічні чинники;
- фізичні чинники (шум, вібрація, радіація тощо);
- біологічні чинники.

Список професійних захворювань є головним нормативним документом, що застосовується для встановлення діагнозу, визначення зв'язку хвороби з професією, проведення експертизи працездатності, організації медичної й трудової реабілітації, а також під час вирішення питань компенсації шкоди, завданої здоров'ю працівника. У цьому переліку наведено ті захворювання, які виникають виключно або переважно під впливом шкідливих і небезпечних факторів виробничого середовища.

Шум і вібрація.

До ефективних методів боротьби з шумом і вібрацією на виробництві належать:

- зниження рівня шуму безпосередньо в джерелі його виникнення;
- застосування матеріалів та конструкцій зі звукопоглинальними та вібропоглинальними властивостями;
- забезпечення звуко- та віброізоляції обладнання й приміщень;
- проведення акустичної обробки виробничих приміщень;
- зменшення інтенсивності шуму на шляху його поширення;
- правильне просторове планування підприємств і цехів;
- встановлення шумоглушників;
- використання засобів індивідуального захисту працівників.

					19ХВД. 9685343.06.24ПЗ	Ар- куш
						55
Зм..	Ар- куш	№ докум.	Підп.	Дата		

Механізм утворення шуму пов'язаний із пружними коливаннями, що виникають як у самій машині, так і в окремих її компонентах. Джерелом таких коливань можуть бути:

- механічні процеси;
- аеродинамічні впливи;
- гідродинамічні явища;
- електромагнітні фактори.

Залежно від природи виникнення, шум поділяється на:

- механічний;
- аеродинамічний;
- гідродинамічний;
- шум електромагнітного походження.

Основними джерелами механічного шуму виступають:

- підшипники кочення;
- зубчасті передачі;
- обертові елементи машин, що мають дисбаланс.

Для зниження механічного шуму застосовують наступні технічні рішення:

- заміна ударних механізмів на менш шумні – наприклад, використання обладнання з гідроприводом замість кривошипного або ексцентрикового; перехід від штампування до пресування, від клепання до зварювання, від обрубкування до різання;
- заміна зворотно-поступального руху на обертальний;
- використання косозубих або шевронних шестерень замість прямозубих, підвищення точності обробки, перехід від зубчастих і ланцюгових передач до клиноремінних, що дозволяє зменшити рівень шуму на 10–14 дБ;
- встановлення підшипників ковзання замість кочення (зниження шуму на 10–15 дБ);
- заміна металевих елементів конструкції на пластикові (зменшення шуму на 10–12 дБ);
- застосування примусового змащування поверхонь тертя;
- балансування всіх оберткових вузлів машин.

					19ХВД. 9685343.06.24ПЗ	Ар- куш
						56
Зм..	Ар- куш	№ докум.	Підп.	Дата		

Електробезпека.

Система заходів електробезпеки – це сукупність організаційно-технічних рішень і засобів, що спрямовані на захист людей від шкідливого впливу електричного струму, електричної дуги, електромагнітного поля та статичної електрики. Недотримання вимог електробезпеки може призвести до уражень електричним струмом.

Електротравма – це пошкодження, спричинене дією електричного струму або електричної дуги. Сукупність таких випадків називають електротравматизмом.

Електроустановка – це комплекс обладнання (машини, апарати, лінії, допоміжні пристрої), призначених для виробництва, перетворення, трансформації, передавання та розподілу електроенергії.

Діюча електроустановка – це електротехнічна система, до якої на даний момент підключено електричну напругу.

Пожежна безпека.

Адміністрація підприємства зобов'язана:

- розробляти та впроваджувати комплексні заходи для забезпечення пожежної безпеки;
- створювати, затверджувати та оновлювати внутрішні нормативні документи (положення, інструкції тощо), що регламентують дії у випадку пожежі;
- організовувати навчання працівників з правил пожежної безпеки;
- забезпечувати належний технічний стан протипожежного обладнання;
- проводити службові розслідування причин та обставин виникнення пожеж.

Види пожежної охорони поділяються на такі категорії:

- державна пожежна охорона;
- відомча (галузева);
- пожежна охорона у сільській місцевості;
- добровільна пожежна охорона.

					19ХВД. 9685343.06.24ПЗ	Ар- куш
						57
Зм..	Ар- куш	№ докум.	Підп.	Дата		

4.4 Інженерні розрахунки з охорони праці

Виконаємо розрахунок потрібної холодопродуктивності кондиціонера за відповідною формулою:

$$Q_{\text{необх.}} = Q_{\text{явн.}} - Q_{\text{зб.}}, \quad (4.1)$$

де $Q_{\text{явн.}}$ – кількість явного тепла, що надходить у приміщення (ккал/год),

$Q_{\text{зб.}}$ – збитки тепла у приміщенні (ккал/год), обираємо $Q_{\text{зб.}} = 0$, тому що вікна щільно закриті.

$$Q_{\text{явн.}} = W_1 + W_2 + W_3 + W_4 \dots + W_n, \quad (4.2)$$

де W_1 – тепловиділення від людей, які перебувають у приміщенні, з урахуванням характеру виконуваної роботи (відповідно до категорії її важкості) та поправки на стать, згідно з якою жінки виділяють на 25% менше тепла, ніж чоловіки

$$W_1 = q \cdot N_{\text{ч.}} + 0,75 \cdot q \cdot N_{\text{ж.}} \quad (\text{ккал/год}), \quad (4.3)$$

$$W_1 = 170 \cdot 24 + 0,75 \cdot 170 \cdot 12 = 5610 \quad (\text{ккал/год}),$$

де $N_{\text{ч.}}$ – кількість чоловіків-працівників,

$N_{\text{ж.}}$ – кількість жінок-працівників,

q – кількість тепла, що виділяється однією особою (чоловіком), (ккал/год).

Залежно від категорії важкості виконуваної роботи та температури навколишнього середовища

Важкість роботи	q при певній температурі повітря, (ккал/год)				
	10 °C	15 °C	20 °C	25 °C	30 °C
Легка, Ia, Ib	155	135	130	125	125
Середня, Pa, Pb	185	180	175	170	170
Важка, III	250	250	250	250	250

W_2 – тепло, що виділяється обладнанням (ккал/год):

$$W_2 = 860 \cdot N_{\text{встатк.}} \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot \frac{1 - \eta_1}{\eta_1}, \quad (4.4)$$

де $N_{\text{встатк.}}$ – загальна потужність обладнання, яке знаходиться у приміщенні (КВт);

					19ХВД. 9685343.06.24ПЗ	Ар- куш
						58
Зм..	Ар- куш	№ докум.	Підп.	Дата		

k_1 – коефіцієнт попиту на електроенергію (0,7 – 0,9);

k_2 – коефіцієнт, який враховує одночасність роботи обладнання (0,5 – 1,0);

η_1 – коефіцієнт, який враховує ККД електроустаткування,

$$\eta_1 = k_3 \cdot \eta, \quad (4.5)$$

η – ККД електроустаткування при існуючому навантаженні, обираємо $\eta = 0,7$;

k_3 – коригувальний коефіцієнт, який визначається залежно від значення k_1 ;

k_1	0,8	0,7	0,5	0,4	0,3
k_3	1	0,99	0,97	0,95	0,91

$$W_2 = 860 \cdot 14.2 \cdot 0.7 \cdot 0.5 \cdot \frac{1 - 0.693}{0.693} = 1880,6$$

W_3 – кількість тепла, що надходить у приміщення від розігрітих поверхонь (ккал/год):

$$W_3 = \alpha \cdot S_o \cdot (t_{нов.} - t_{сер.}), \quad (4.6)$$

$$W_3 = 7.07 \cdot 20 \cdot (60 - 34) = 3676.4$$

де S_o – загальна площа нагрітих поверхонь (м²);

$t_{нов.}$ – температура нагрітої поверхні (°C);

$t_{сер.}$ – температура навколишнього середовища (°C.).

α - коефіцієнт теплопередачі, (ккал/год·м²·°C),

$$\alpha = 10 \cdot \sqrt{v},$$

$$\alpha = 10 \cdot \sqrt{0.5} = 7.07$$

де v – швидкість повітряного потоку біля зовнішньої поверхні, м/с, у межах зони комфорту, $v = 0,5$ м/с.

W_4 – кількість тепла, що проникає в приміщення через віконні прорізи внаслідок сонячного опромінення (ккал/год):

$$W_4 = 1,163 \cdot S_{вікон} \cdot q \cdot k_{відн.}, \quad (4.7)$$

					19ХВД. 9685343.06.24ПЗ	Ар- куш
						59
Зм..	Ар- куш	№ докум.	Підп.	Дата		

де $S_{\text{вікон}}$ – площа вікон (м^2);

q – проектна величина теплового надходження від сонячного випромінювання, ($\text{Вт}/\text{м}^2 \cdot \text{год}$) ($q = 128-209$);

$k_{\text{відп.}}$ - коефіцієнт відповідності з урахуванням типу затемнення (0,5).

$$W_4 = 1,163 \cdot 34 \cdot 128 \cdot 0.5 = 2530.68$$

$$Q_{\text{явн.}} = W_1 + W_2 + W_3 + W_4 \dots + W_n$$

$$Q_{\text{явн.}} = 5610 + 1880.6 + 3676.4 + 2530.68 = 13697.68$$

$$Q_{\text{необх.}} = Q_{\text{явн.}} - Q_{\text{зб.}}, \quad (4.8)$$

$$Q_{\text{необх.}} = 13697.68 - 0 = 13697.68$$

Вибір типу кондиціонера здійснюється з урахуванням запасу – до розрахованої потужності додається 20% для компенсації можливих нерахованих джерел тепла.

Тобто

$$Q_{\text{конд.}} = Q_{\text{необх.}} \cdot 1,2.$$

$$Q_{\text{конд.}} = 13697.68 \cdot 1,2 = 16437.2.$$

Тип кондиціонеру	-	КН-1,5
Кількість кондиціонерів	шт.	2
Продуктивність одного кондиціонера по холоду	ккал/год	10000

Висновки за розділом

У цьому розділі було визначено нормативно-правові акти, що регулюють охорону праці на підприємстві, проведено аналіз потенційних виробничих небезпек, а також розроблено відповідні заходи щодо їх попередження.

Окрім того, виконано розрахунок системи кондиціонування повітря. Для підтримання необхідних умов мікроклімату у виробничому приміщенні рекомендовано встановлення двох кондиціонерів моделі КН-1,5.

Один кондиціонер забезпечує холодопродуктивність у 10 000 ккал/год, тоді як загальна потреба в охолодженні становить 16 437,2 ккал/год.

					19ХВД. 9685343.06.24ПЗ	Ар- куш
						60
Зм..	Ар- куш	№ докум.	Підп.	Дата		

5 ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ПРОЕКТУ

5.1 Оцінка рівня технічного удосконалення машини

Основою для аналізу ефективності проєктованих технічних рішень є порівняння ключових показників створеної машини з найкращими вітчизняними та зарубіжними аналогами.

Оцінювання проводиться у два етапи – експертному та розрахунковому.

На експертному етапі здійснюється порівняння значень основних технічних параметрів нової або модернізованої машини з відповідними характеристиками аналогічного обладнання. Порівнюючи основні показники створеної (або модернізованої) машини з аналогами, визначають її технічний рівень.

Вважається, що якщо кожен із ключових показників перевищує аналогічні в аналога більш ніж на 5%, то розроблена машина має вищий технічний рівень. Якщо ж відхилення знаходяться в межах 0...3%, машина вважається такою, що відповідає кращим зразкам-аналогам.

Далі визначають ключові показники технічного рівня для зерноочисного сепаратора, які зводяться у таблицю 5.1.

Таблиця 5.1 Основні показники сепаратора.

ПОКАЗНИКИ	Значення показників	
	Розроблена машини	Сепаратор А1-БІС- 12
Продуктивність, т/год	12,5	12
Потужність на привід, кВт	1,1	1,3
Витрати повітря, м³/год	6000	6000
Габаритні розміри, м		
довжина	1,66	1,66
ширина	1,813	1,813
висота	0,92	0,92
Вага, кг	1440	1450

					19ХВД. 9685343.06.24ПЗ	Ар- куш
						61
Зм..	Ар- куш	№ докум.	Підп.	Дата		

Оцінювання технічного рівня модернізованого сепаратора здійснюється за шістьма ключовими критеріями порівняно з базовою моделлю – аналогом А1-БІС-12.

Аналіз показав, що за двома параметрами (№3 та №4) новий сепаратор має аналогічні характеристики, а за іншими трьома (№1, №2, №5) – перевищує показники прототипу.

Розрахунковий етап оцінювання технічного рівня модернізованої машини виконується із застосуванням відносних показників порівняльності.

$$K_i = \frac{P_{ip}}{P_{ia}} \quad (5.1)$$

де P_{ip} - абсолютне значення і-го показника розрахункової машини;

P_{ia} - абсолютне значення і-го показника аналога;

i – кількість порівнянних показників, $i=0,1, \dots, i,n\dots$

Зведений показник рівня відповідності модернізованої машини до кращих вітчизняних та зарубіжних аналогів обчислюється за формулою:

$$K_{ty} = \frac{\sum_{i=1}^n K_i}{n} \quad (5.2)$$

У процесі оцінювання технічного рівня модернізованої машини можливі три варіанти економічної інтерпретації отриманого результату:

$K_{ty} > 1$ – модернізована машина перевищує рівень найкращих існуючих аналогів і вважається перспективною;

$K_{ty} = 1$ – машина відповідає рівню аналога, однак не має інноваційного потенціалу;

$K_{ty} < 1$ – модернізована машина поступається кращим зразкам і не розглядається як перспективна.

Економічну ефективність технічного вдосконалення можна визначити за п'ятьма відносними показниками, що обчислюються за формулою (1):

а) Відносну продуктивність машини k_Q обчислюємо за наступною формулою:

$$k_Q = \frac{Q_p}{Q_a}, \quad (5.3)$$

					19ХВД. 9685343.06.24ПЗ	Ар- куш
						62
Зм..	Ар- куш	№ докум.	Підп.	Дата		

де Q_p і Q_a – відповідно показники продуктивності модернізованої машини та базового аналога.

$$k_Q = \frac{12500}{12000} = 1,04$$

Умова $k_Q \geq 1,25$ не дотримується.

б) Відносний коефіцієнт енергоспоживання k_N визначається за наступною формулою:

$$k_N = \frac{N_p}{N_a}, \quad (5.4)$$

де N_p і N_a – відповідно потужність приводу модернізованої машини та порівнюваного аналога.

$$k_N = \frac{1,1}{1,3} = 0,85$$

Умова $k_N \leq 0,85$ дотримана.

в) Відносний коефіцієнт матеріалоємності k_M обчислюється за такою формулою:

$$k_M = \frac{M_p}{M_a}, \quad (5.5)$$

де M_p і M_a – відповідно розрахункова маса модернізованої машини та базового аналога.

$$k_M = \frac{1440}{1450} = 0,99$$

Умова $k_M \leq 0,85$ не дотримується.

г) Відносний показник енергоємності k_E обчислюється за наступною формулою:

$$k_E = \frac{1}{k_N \cdot k_M}, \quad (5.6)$$

$$k_E = \frac{1}{0,85 \cdot 0,99} = 1,25$$

Умова $k_E \geq 1,25$ дотримана

					19ХВД. 9685343.06.24ПЗ	Ар- куш
						63
Зм..	Ар- куш	№ докум.	Підп.	Дата		

д) Розрахуємо інтегральний показник k_U , що відображає сумарні витрати енергії та матеріалу на одиницю продукції, за наступною формулою:

$$k_U = k_Q \cdot k_E, \quad (5.7)$$

$$k_U = 1,04 \cdot 1,25 = 1,3$$

Умова $k_U \geq 1,50$ не дотримується.

Далі обчислимо коефіцієнт технічного вдосконалення за такою формулою:

$$k_{TY} = \frac{k_Q + k_N + k_M + k_E + k_U}{5}, \quad (5.8)$$

$$k_{TY} = \frac{1,04 + 0,85 + 0,99 + 1,25 + 1,3}{5} = 1,08$$

Результати виконаного розрахунку наведені у таблиці 5.2. З аналізу отриманих даних встановлено, що розроблена машина є перспективною та економічно доцільною, оскільки її коефіцієнт технічного вдосконалення відповідає рівню найкращих аналогів ($k_{ty} \geq 1$).

Таблиця 5.2 – Показники технічного рівня розробленої машини

Показник	Значення	Умова	Результат
1. $k_Q = \frac{Q_p}{Q_a}$	1,04	$k_Q \geq 1,25$	не дотримується
2. $k_N = \frac{N_p}{N_a}$	0,85	$k_N \leq 0,85$	дотримується
3. $k_M = \frac{M_p}{M_a}$	0,99	$k_M \leq 0,85$	не дотримується
4. $k_E = \frac{I}{k_N \cdot k_M}$	1,25	$k_E \geq 1,25$	дотримується
5. $k_U = k_Q \cdot k_E$	1,3	$k_U \geq 1,50$	не дотримується
6. $k_{TY} = \frac{k_Q + k_N + k_M + k_E + k_U}{5}$	1,08	$k_{TY} \geq 1,0$	дотримується

					19ХВД. 9685343.06.24ПЗ	Ар- куш
Зм..	Ар- куш	№ докум.	Підп.	Дата		64

5.2 Економічна ефективність використання удосконаленого обладнання

1. Розрахуємо економію електроенергії за відповідною формулою:

$$E_e = (N_n - N_b) \cdot T \cdot n \cdot D \cdot B \text{ кВт}, \quad (5.9)$$

де N_n, N_b – відповідно потужність приводу базового аналога та модернізованої машини;

T – час роботи устаткування за зміну, $T=8,0$ год;

n – кількість робочих змін за добу, дві;

D – кількість робочих змін в рік, $D=280$;

B – вартість одного кВт енергії, $B=10$ грн.

$$E_e = 0,2 \cdot 8 \cdot 1 \cdot 280 \cdot 10,0 = 4480 \text{ грн.}$$

2. Показник енергоємності E_{yd} , кВт·год/кг, розраховується за наступним виразом:

$$A_{\text{дй}} = \frac{\sum_{i=1}^n E}{G}, \quad (5.10)$$

де $\sum_{i=1}^n E$ – кількість електроенергії, що споживається, кВт/год.

Кількість електроенергії, що споживається $\sum_{i=1}^n E$, кВт/год, визначається виходячи з виразу:

$$\sum_{i=1}^n E = E_{cm} \cdot D, \quad (5.11)$$

де E_{cm} – кількість електроенергії, що споживається протягом одного робочого дня при виготовленні продукції, кВт·год;

G – кількість продукції, обробленої за певний період, $G=560000$ кг.

Таким чином, для базового аналога $\sum_{i=1}^n E = 1,3 \cdot 280 = 2912$;

Для модернізованої машини $\sum_{i=1}^n E = 1,1 \cdot 280 = 2464$;

					19ХВД. 9685343.06.24ПЗ	Ар- куш
						65
Зм..	Ар- куш	№ докум.	Підп.	Дата		

Таким чином, показник енергоємності процесу для базової машини буде становити:

$$E_{уд.ан} = \frac{2912}{560000} = 0,0052 \text{ кВт год/кг};$$

а для модернізованої:

$$E_{уд.мод} = \frac{2464}{560000} = 0,0044 \text{ кВт год/кг}.$$

3. Показник трудомісткості обробки продукції $T_{уд}$, люд·год/кг, обчислюється за наступною формулою:

$$T_{уд} = \frac{\sum_{i=1}^n T_n}{G}, \quad (5.12)$$

де $\sum_{i=1}^n T_n$ - загальні трудові витрати, люд·год.

Загальні витрати праці $\sum_{i=1}^n T_n$, люд·год, знаходяться за формулою:

$$\sum_{i=1}^n T_n = n \cdot T \cdot Д \quad (5.13)$$

де n - кількість працівників, люд.

Для базового обладнання:

$$\sum_{i=1}^n T_n = 2 \cdot 8,3 \cdot 280 = 4648 \text{ люд.год},$$

$$T_{уд.ан} = \frac{4648}{560000} = 0,0083 \text{ люд·год/кг}$$

Для модернізованого:

$$\sum_{i=1}^n T_n = 2 \cdot 8 \cdot 280 = 4480 \text{ люд.год},$$

$$T_{уд.мод} = \frac{4480}{560000} = 0,008 \text{ люд·год/кг}.$$

4. Економія на витратах заробітної плати становить

$$E_{зрп} = (T_{уд.ан} - T_{уд.мод}) \cdot G \cdot C_{год} \quad (5.14)$$

де $C_{год}$ - погодинна оплата праці робітників; $C_{год} = 50 \text{ грн}$.

$$E_{зрп} = 0,0003 \cdot 560000 \cdot 50 = 8400 \text{ грн}.$$

					19ХВД. 9685343.06.24ПЗ	Ар- куш
						66
Зм..	Ар- куш	№ докум.	Підп.	Дата		

5. Сумарна річна економія, отримана внаслідок впровадження розробки, становить

$$E_{PIK} = 4480 + 8400 = 12880 \text{ грн.}$$

6. Розрахунок витрат на виготовлення вузла виконується за наступною формулою:

$$C_M = C_K + C_{DM} + C_{PD} + C_{CB} + C_{CN} \quad (5.15)$$

де C_K – вартість виготовлення деталей корпусної групи, грн.;

C_{DM} – затрати на обробку деталей на металорізальному обладнанні, грн.;

C_{PD} – вартість закуплених деталей згідно з прейскурантом, грн.;

C_{CB} – оплата праці виробничого персоналу за виконання складальних робіт, грн.;

C_{CN} – цехові накладні витрати, пов'язані з виготовленням пристрою, грн.

Вартість виготовлення деталей корпусної групи обчислюється за наступною формулою:

$$C_K = Q_K \cdot C_{EO} \quad (5.16)$$

де Q_K – загальна маса заготовок, необхідних для виготовлення, кг;

C_{EO} – середня ціна 1 кг готових деталей, грн.;

Затрати на обробку деталей на металорізальних верстатах розраховуються за такою формулою:

$$C_{DM} = C_{PRI} + C_M \quad (5.17)$$

де C_{PRI} – оплата праці виробничого персоналу, задіяного в процесі виготовлення деталей, грн.;

C_M – вартість матеріалу, з якого виготовляються заготовки для деталей, грн.;

$$C_{PRI} = C_{OCH} + C_{DOП} + C_{COЦ} + C_{Ч} + C_{ПРЕМ} \quad (5.18)$$

де C_{OCH} – основна заробітна плата працівників, грн.;

$C_{DOП}$ – додаткова оплата праці, грн.;

$C_{COЦ}$ – внески на соціальне страхування, грн.;

$C_{Ч}$ – відрахування до фонду допомоги постраждалим внаслідок аварії на ЧАЕС, грн.;

					19ХВД. 9685343.06.24ПЗ	Ар- куш
						67
Зм..	Ар- куш	№ докум.	Підп.	Дата		

$C_{\text{прем}}$ – нарахування премій, грн.

$$C_{\text{осн}} = t_1 \cdot C_{\text{год}} \cdot K_t, \quad (5.19)$$

де t_1 – середня трудомісткість виготовлення деталей на металорізальному обладнанні; прийнято: $t_1 = 10$ люд·год;

K_t – коефіцієнт, що враховує надбавки до основної заробітної плати; $K_t = 1,5$;

$C_{\text{год}}$ – погодинна тарифна ставка робітників; $C_{\text{год}} = 50,0$ грн.

$$C_{\text{ос}} = 10,0 \cdot 50,0 \cdot 1,5 = 750 \text{ грн}$$

$$C_{\text{дон}} = \frac{15C_{\text{осн}}}{100}, \quad (5.20)$$

$$C_{\text{дон}} = \frac{15 \cdot 750}{100} = 112,5 \text{ грн}$$

$$C_{\text{соц}} = \frac{30C_{\text{осн}}}{100}, \quad (5.21)$$

$$C_{\text{соц}} = \frac{30 \cdot 750}{100} = 225 \text{ грн}$$

$$C_{\text{ч}} = \frac{12C_{\text{осн}}}{100}, \quad (5.22)$$

$$C_{\text{ч}} = \frac{12 \cdot 750}{100} = 90 \text{ грн}$$

$$C_{\text{прем}} = \frac{30C_{\text{осн}}}{100}, \quad (5.23)$$

$$C_{\text{прем}} = \frac{30 \cdot 750}{100} = 225 \text{ грн}$$

Таким чином, $C_{\text{при}} = 750 + 112,5 + 225 + 90 + 225 = 1403 \text{ грн.};$

$$C_{\text{м}} = Q_3 \cdot C_1, \quad (5.24)$$

де C_1 – вартість одного кілограма заготовки; прийнято: $C_1 = 300,0$ грн;

Q_3 – маса заготовки; прийнято: $Q_3 = 15$ кг.

$$C_{\text{м}} = 300 \cdot 15 = 4500 \text{ грн.};$$

Відповідно $C_{\text{дм}} = 1403 + 4500 = 5903 \text{ грн}$

					19ХВД. 9685343.06.24ПЗ	Ар- куш
						68
Зм..	Ар- куш	№ докум.	Підп.	Дата		

Вартість придбаних деталей становить орієнтовно 2000 грн.

Оплата праці працівників, задіяних у складанні конструкції, розраховується за тією ж методикою, що й для робітників, які виготовляють деталі на металорізальних верстатах.

Відповідно, основна заробітна плата при трудомісткості складання конструкції $T_{сб} = 3,5$ люд·год становитиме:

$$C_{осн} = 3,5 \cdot 4,5 \cdot 1,5 = 23,6 \text{ грн}; C_{дон} = \frac{15 \cdot 24}{100} = 3,6 \text{ грн}$$

$$C_{соц} = \frac{30 \cdot 24}{100} = 7,2 \text{ грн}; C_{ч} = \frac{12 \cdot 24}{100} = 2,88 \text{ грн}$$

$$C_{прем} = \frac{30 \cdot 24}{100} = 7,2 \text{ грн}$$

$$\text{Тоді } C_{сб} = 262,5 + 39,4 + 78,8 + 31,5 + 78,8 = 491 \text{ грн.}$$

Цехові накладні витрати, пов'язані з виготовленням пристрою, розраховуються за наступною формулою:

$$C_{цн} = \frac{C_{пр} \cdot R_{цн}}{100} \quad (5.25)$$

де $C_{пр}$ – основна заробітна плата виробничих працівників, задіяних у виготовленні конструкції, грн;

$R_{цн}$ – відсоткове значення цехових накладних витрат, $R_{цн} = 250\%$.

$$\text{грн. } C_{пр} = 1403 + 491 = 1894 \text{ грн}$$

$$C_{цн} = \frac{1894 \cdot 250}{100} = 4735 \text{ грн}$$

Таким чином, загальна вартість розробленої машини становитиме:

$$C_{м} = 5903 + 491 + 4735 = 11129 \text{ грн.}$$

7. Період окупності інвестицій у створення гомогенізатора збурювального типу, $\Delta_{ог}$, рік, розраховується за наступною формулою:

$$T_{рік} = \frac{C_{м}}{E_{рік}} \quad (5.26)$$

$$T_{рік} = \frac{11129}{12880} = 0,86 \text{ років}$$

					19ХВД. 9685343.06.24ПЗ	Ар- куш
						69
Зм..	Ар- куш	№ докум.	Підп.	Дата		

Таблиця 5.3 – Економічна оцінка конструкторської розробки машини

Показники	Величина	
	Розроблена машина	Сепаратор А1-БІС- 12
Річний об'єм переробки, кг	560000	560000
Трудоємність переробки, люд.год/кг	0,008	0,0083
Енергоємність переробки, Вт·год/кг	0,0044	0,0052
Витрати на створення, грн	11129	
Прибуток від створення, грн/рік	12880	
Термін окупності вкладень на створення машини, років	0,86	

Висновки за розділом

Результати економічного аналізу підтверджують, що модернізований зерноочисний сепаратор відповідає провідним вітчизняним та зарубіжним аналогам, є перспективним і рентабельним. Загальні витрати на модернізацію становлять 1836,1 грн, очікуваний прибуток – 2081,5 грн. Таким чином, термін окупності вдосконалення складає 0,88 року.

					19ХВД. 9685343.06.24ПЗ	Ар- куш
						70
Зм..	Ар- куш	№ докум.	Підп.	Дата		

ВИСНОВОК

У межах даного дипломного проекту здійснено аналіз виробничої діяльності переробного підприємства ТОВ «Мелітопольський елеватор» (м. Мелітополь, Запорізька область). Визначено номенклатуру продукції, що випускається, а також досліджено його техніко-економічні показники. Проведено огляд діючих технологічних процесів та засобів механізації, що використовуються у виробництві борошна.

У конструкторській частині проекту запропоновано модернізацію зерноочисного сепаратора. Зокрема, до корпусу ситового розсіва інтегровано систему вібрації, яка включає вал із дисбалансом, маточину і шків. Також по периметру корпусу встановлено аспіраційні патрубки. Крім того, замість традиційних круглих сит передбачено використання гофрованих, форма яких відповідає формі зерна.

Завдяки модернізації вдалося підвищити ефективність очищення зерна, зменшити зони застою і, як наслідок, збільшити продуктивність обладнання та знизити питомі енергетичні витрати на операцію очищення.

У технологічному розділі виконано необхідні розрахунки параметрів модернізованого сепаратора, зокрема визначено його продуктивність і потужність. Проведено перевірку міцності шпонкового з'єднання, описано процес виготовлення основних деталей та представлено маршрутну карту.

У розділі охорони праці проаналізовано чинну нормативну базу, виявлено потенційні небезпеки, розроблено заходи щодо їх усунення. Окремо виконано розрахунок системи кондиціонування приміщення.

Проведене економічне обґрунтування показало, що запропоноване технічне рішення є конкурентоспроможним, відповідає кращим аналогам, має перспективу впровадження і забезпечує економічну доцільність.

					19ХВД. 9685343.06.24ПЗ	Ар- куш
						71
Зм..	Ар- куш	№ докум.	Підп.	Дата		

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Дацишин О. В., Ткачук А. І., Гвоздев О. В. та ін. Технологічне обладнання зернопереробних та олійних виробництв. Навчальний посібник. Вінниця: Нова Книга, 2008. 488с.
2. Самойчук К. О., Бойко В. С., Олексієнко В. О. та ін. Основи розрахунку та конструювання обладнання переробних і харчових виробництв: підручник. Мелітополь: Видавничий будинок "ММД", 2020. 428с.
3. Ялпачик В.Ф., Буденко С.Ф., Ялпачик Ф.Ю., Гвоздєв О.В., Циб В.Г., Бойко В.С., Самойчук К.О., Олексієнко В.О., Клевцова Т.О., Паляничка Н.О. Розрахунок обладнання харчових виробництв: Навчальний посібник. Мелітополь.: Видавничий будинок Мелітопольської міської друкарні, 2014. 264 с.
4. Ялпачик В.Ф. Загорко Н.П., Паляничка Н.О., Буденко С.Ф., Самойчук К.О., Кюрчев С.В., Верхованцева В.О., Олексієнко В.О., Циб В.Г. Технологічне обладнання для переробки продукції рослинництва: Лабораторний практикум. Мелітополь: Видавничий будинок Мелітопольської міської друкарні, 2017. 277 с.
5. Бутко Д. А., Луценков В.Л. Організація навчання з питань охорони праці працівників АПК”. Сімферополь: „Бізнес-Інформ”, 2000р.
6. ДСТУ-Н Б А.3.2-1:2007 Система стандартів безпеки праці.
7. Кулик М.Ф., Бабич А.О., Засуха А. А., Калетнік Г. М. та ін. Вдосконалення технології зберігання і використання зерна. Монографія Вінниця: Інститут кормів УААН, 1996. 240 с.
8. Закон України “Про охорону праці”. - Введ. 14.10.2002 р.
9. Бутко Д.А., Луценков В.Л., Воїнов М.Т., Мазілін С.Д. Організація охорони праці в сільському господарстві. Навчальний посібник. Сімферополь: Бізнес–Інформ, 1998. 368 с.
10. Жидецький В. Ц., Джигерей В. С., Сторожук В. М. та ін. Практикум із охорони праці. Навчальний посібник. За ред. кан. техн. наук, доцента В. Ц. Житецького. Львів: Афіша, 2000. 352 с.
11. Закон України “Про охорону праці”. Введ. 14.10.92 р.
12. Володимир Кукоба “Організаційне проектування підприємств” КНЕУ 2009. 269 с.

					19ХВД. 9685343.06.24ПЗ	Ар- куш
						72
Зм..	Ар- куш	№ докум.	Підп.	Дата		

13. Гулий І.С., Пушанко М.М., Орлов Л.О., Мирончук В.Г. та ін. Обладнання підприємств переробної і харчової промисловості. Вінниця. Нова книга. 2001. 576с.
14. Бернік П.С., Стоцько З.А., Паламарчук І.П. та ін. Механічні процеси і обладнання переробного та харчового виробництва. Львів “Львівська політехніка”. 2004. 336с.
15. Закон України «Про забезпечення санітарного та епідеміологічного благополуччя населення».
16. Мирончук В.Г., Орлов Л.О., Пушанко Л.О. та ін Розрахунок обладнання підприємств переробної і харчової промисловості. Вінниця.: Нова книга. 2004. 288 с
17. Г. І. Подпряттов, Л. Ф. Скалецька, А. М. Сеньков, В. С. Хилевич. Зберігання і переробка продукції рослинництва К.: Мета, 2002. 495 с
18. Геврик Є.О. Охорона праці: навч. посіб. для студентів вищих навчальних закладів. К.: Ельга, Ніка-Центр, 2003. 280с.
19. Чубук В. В., Балюк О. Г., Губарев О. М., та ін. Безпека життєдіяльності людини : конспект лекцій. Х. : ВД "ІНЖЕК", 2008. 360 с.
20. Керб Л. П. Основи охорони праці : навч.-метод. посібн. для самост. вивч. дисц. К. : КНЕУ, 2001. 252 с
21. Заїка П.М. Теорія сільськогосподарських машин. Харків: Око, 2006. 407 с.
22. Гвоздєв О.В. Оцінка рівня якості машин та обладнання. Праці ТДАТУ, Мелітополь, Вип.1,Том 9,2010, с.72-75 с.
23. Подпряттов Г.І., Скалецька Л.Ф. Технологія виробництва борошна, крупи та олії. К.: НАУ, 2000.
24. Подпряттов Г.І. Технологія обробки, переробки зерна та виготовлення хлібопекарської продукції. К.: НАУ, 2000.
25. Скалецька Л.Ф., Духовська Т.М., Сеньков А.М. Технологія зберігання і переробки продукції рослинництва: Практикум: Напч.посібник. К.: Вища школа, 1994. 301с
26. Назаренко І.І., Берник І.М. Основи проектування і конструювання машин та обладнання переробних виробництв. К.: Аграр Медіа Груп, 2013. 544 с.

					19ХВД. 9685343.06.24ПЗ	Ар- куш
						73
Зм..	Ар- куш	№ докум.	Підп.	Дата		