

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ САДІВНИЦТВА
Інженерно-технологічний факультет
Кафедра агроінженерії

Допущено до захисту
“ ” 2023 р.
Зав. кафедри к.т.н., доцент
(науковий ступінь, вчене звання)
А.В. Войтік
(підпис) (ініціали, прізвище)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до дипломної роботи
магістр
(освітній рівень)

**тема роботи: «Підвищення ефективності післязбирального обробітку ріпаку
шляхом удосконалення технологічного процесу сепарації насіння»**

Виконав: студент 2 курсу, групи 22м-ім
освітньої програми магістр
спеціальності 208
«Агроінженерія»
ШУЛЬГА Дмитро Анатолійович
(прізвище та ініціали)

Керівник: д.т.н., професор Дідур В.В.
(науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

м. Умань – 2023 р.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ САДІВНИЦТВА
Інженерно-технологічний факультет
Кафедра агроінженерії

Освітня програма _____ магістр _____
Спеціальність _____ 208 «Агроінженерія» _____
(код і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
_____ **А.В. Войтік**
“ ____ ” _____ **2023 р.**

З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ

студенту _____ **Шульзі Дмитру Анатолійовичу** _____
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: **«Підвищення ефективності післязбирального обробітку
ріпаку шляхом удосконалення технологічного процесу сепарації насіння»**
керівник роботи _____ **д.т.н., професор Дідур В.В.** _____
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від
“14” листопада 2023 р. № 01-06/261

2. Строк подання студентом роботи _____ **25.11.2023 р.** _____

3. Вихідні дані до роботи: основні технологічні вимоги до очищення зерна;
літературні джерела; конструкції і технічні характеристики зернових сепараторів.

4. Перелік питань, які потрібно розробити:

- провести аналіз конструкцій сепараторів, з точки зору відповідності умовам
проходження частинок через отвори решета, технологічних операцій і місця в
системі післязбиральної обробки та підготовки насіння, зберігання та переробки
зерна;

- розглянути класифікацію повітряно-ситових сепараторів в залежності від
використання, системи пневмосепарації, конструктивним особливостям,
ефективності очищення;

- провести модернізацію сепаратора шляхом використання інерційного
вібробуджувача та заміни решіт зі зміною форми отворів;

- провести інженерні розрахунки основних параметрів повітряно- ситового
сепаратора А1-БЛС-100;

- розроблено технологічний процес виготовлення деталі типу «вал»

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):
підготувати ілюстративний матеріал у вигляді презентації (до 20 слайдів) як
додаток до доповіді за темою дипломної роботи: мета і завдання дослідження;
технологічний процес виготовлення деталі типу «вал»; аналіз технологічних ліній
і обладнання для очищення і сепарації зерна; показники економічної
ефективності;

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	Прокопенко Е.В., доцент		
Техніко-економічне обґрунтування	Дідур В.В., доцент		

7. Дата видачі завдання 23 квітня 2023 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	При- мітка
1.	Підбір та вивчення літературних джерел, підготовка вступу	30.04.2023 р.	
2.	Розділ 1.	14.05.2023 р.	
3.	Розділ 2.	28.05.2023 р.	
4.	Розділ 3.	11.06.2023 р.	
5.	Розділ 4.	25.06.2023 р.	
6.	Розділ 5.	24.09.2023 р.	
7.	Виконання ілюстративної частини роботи	23.10.2023 р.	
8.	Представлення роботи керівнику на перевірку	25.11.2023 р.	

Студент

(підпис)

Шульга Д.А.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Дідур В.В

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Шульга Д.А. «Підвищення ефективності післязбирального обробітку ріпаку шляхом удосконалення технологічного процесу сепарації насіння» (Дипломна робота, Уманський національний університет садівництва, 2023: пояснювальна записка на 95 сторінках, у т.ч. 5 розділів, 25 рисунків, 8 таблиць, 19 джерел літератури).

Виробництво насіння ріпаку у світі з кожним роком збільшується. Підвищений інтерес до ріпаку обумовлений гарною пристосованістю цієї культури до помірного клімату, високою продуктивністю сучасних сортів, прогресивною технологією оброблення і використання на корм тваринам та птиці, збільшенням потреб у виробництві рослинної олії та високобілкових кормів.

Для реалізації поставленої мети в першому розділі проведено аналіз технологічних ліній і обладнання для очищення і сепарації зерна.

В другому розділі проведено обґрунтування вибору моделі конструкції машини повітряно-ситового сепаратора типів А1-БІС та А1-БЛС.

В третьому розділі описано технічні рішення з модернізації повітряно-ситового сепаратора А1-БЛС-100. Розраховано основні параметри повітряно-ситового сепаратора А1-БЛС-100. Розроблено технологічний процес виготовлення деталі типу «вал».

Розроблено питання з охорони праці при сепарації насіння ріпаку в аеродинамічних сепараторах.

Виконано економічне обґрунтування запропонованого удосконалення.

Ключові слова: РІПАК, ПОВІТРЯНА СЕПАРАЦІЯ, АЕРОДИНАМІЧНИЙ СЕПАРАТОР, ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС, ПАРАМЕТР, КОНСТРУКЦІЯ МАШИНИ.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
РОЗДІЛ 1	
СУЧАСНИЙ СТАН, ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ І ОЦІНКА КРИТЕРІЇВ КОНСТРУКЦІЙ ЗЕРНОВИХ СЕПАРАТОРІВ.....	8
1.1 Аналіз технологічних ліній і обладнання для очищення і сепарації зерна.....	9
1.2 Основні технологічні вимоги до очищення зерна.....	17
1.3 Оцінка критеріїв конструкцій і технічних характеристик зернових сепараторів.....	19
1.4 Аналіз конструкцій сепараторів.....	22
РОЗДІЛ 2 . КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ.....	31
2.1 Аналіз існуючих конструкцій повітряно-ситових для очищення зерна	31
2.2 Обґрунтування вибору моделі конструкції машини повітряно- ситового сепаратора типів А1-БІС та А1-БЛС.....	33
РОЗДІЛ 3	39
АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА.....	
3.1 Особливості конструкції і експлуатації сепараторів А1- БІС та А1-БЛС.....	39
3.2 Опис технічних рішень з модернізації повітряно- ситового сепаратора А1-БЛС-100.....	40
3.3 Розрахунки основних параметрів повітряно-ситового сепаратора А1-БЛС-100.....	42
3.4 Технологічний процес виготовлення деталі типу «вал».....	61
РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ..	70
4.1 Аналіз шкідливих і небезпечних факторів, які виникають в процесі експлуатації вібраційного сепаратора.....	70
4.2 Інженерні рішення і пропозиції із забезпечення безпеки експлуатації сепаратора.....	74
4.3 Інженерні розрахунки із забезпечення безпеки праці.....	74
РОЗДІЛ 5. РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЕКТУ.....	82
ВИСНОВКИ.....	95
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	96

ВСТУП

Актуальність теми. Виробництво насіння ріпаку у світі з кожним роком збільшується. Підвищений інтерес до ріпаку обумовлений гарною пристосованістю цієї культури до помірного клімату, високою продуктивністю сучасних сортів, прогресивною технологією оброблення і використання на корм тваринам та птиці, збільшенням потреб у виробництві рослинної олії та високобілкових кормів.

Насіння ріпаку є важливим джерелом одержання дешевої рослинної олії та високобілкових кормів. Воно містить до 40 – 49 % олії, 21–33 % білку, 6–7 % клітковини. Ріпакова олія належить до групи харчових, використовується в натуральному вигляді, при виробництві жирів та маргарину, а також у металургійній, лакофарбовій, миловарній, текстильній промисловості та інше. Недостатня вивченість питань очищення та сушіння насіння ріпаку стримують його розповсюдженість в Україні.

Однією з основних проблем підготовки насіннєвого матеріалу ріпаку є очищення його від важковідокремлюваного насіння бур'янистих рослин та домішок: пікульника, підмаренника чипкого, круглеця метельчатого, курячого проса, мишію, горця, склероцій білої гнилі. Не вирішеними є питання доочищення фракцій насіння ріпаку після очищення на пневмо- решітних сепараторах, в яких залишається до 20,1 % засмічувачів та відходів з засміченістю більше 50 %, які проблемно використовувати навіть для переробки на корм тваринам та птиці.

Одним з перспективних способів очищення насіння ріпаку від важковідокремлюваних бур'янистих рослин та домішок є сепарація за пружними властивостями. Вона здійснюється шляхом удару насіння по відбивній поверхні й поділу на фракції насіння, що рухаються після відбиття по різних траєкторіях. Недостатня вивченість закономірностей сепарації насіння за пружними властивостями стримує можливості удосконалення робочих органів пристрою, який дозволив би підвищити ефективність виконання процесу.

Таким чином, удосконалення способу та обладнання для очищення насіння ріпаку від важковідокремлюваного насіння бур'янистих рослин за пружними

властивостями, з метою підвищення його ефективності, є актуальним завданням.

Об'єкт дослідження: процес сепарації за пружними властивостями насіннєвої суміші ріпаку і важковідокремлюваних бур'янистих рослин та його зв'язок з конструктивними параметрами багатоярусного ударного сепаратора.

Предмет дослідження: встановлення закономірностей взаємодії насіння ріпаку і бур'янів з ударною поверхнею сепаратора і їх наступного руху.

Мета дослідження: підвищення ефективності технологічного процесу сепарації насіння ріпаку від важковідокремлюваних бур'янистих домішок за відмінностями у пружних властивостях шляхом обґрунтування та розробки конструкції багатоярусного ударного сепаратора.

РОЗДІЛ 1

СУЧАСНИЙ СТАН, ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ І ОЦІНКА КРИТЕРІЇВ КОНСТРУКЦІЙ ЗЕРНОВИХ СЕПАРАТОРІВ

Основним напрямком технічного прогресу в сфері зберігання зерна на даний момент часу являється впровадження прогресивних технологій, автоматизованих ліній та високопродуктивних видів обладнання, що дозволить покращити якість продукції, підвищити продуктивність праці на заводах, зменшити втрати сировини, покращити санітарно-гігієнічні умови роботи та підвищити загальну культуру виробництва в цілому [1, 2]. Одним із найбільш пріоритетним напрямків розвитку переробної промисловості є розробка та впровадження новітніх енергоощадних технологій, які б дозволили налагодити випуск досить широкого асортименту харчової продукції при порівняно невеликих енергетичних затратах. Особливого значення при цьому надається створенню надійних конструкцій, нового технологічного обладнання і підвищення надійності діючого [3, 4].

Створення нової, досконалішої техніки і удосконалення технологічних прийомів її експлуатації при зберіганні і переробці зерна зустрічає ряд труднощів, обумовлених багатьма причинами, найважливіші з яких наступні: різноманіття матеріалів, що сепаруються, і способів сепарації; складність і різноманітність механічних явищ взаємодії часток матеріалів, що сепаруються, один з одним і з робочим органом машини; недостатній розвиток теоретичних основ сепарації і інженерних методів розрахунку параметрів процесу і машини [5–7]. Опанування наукових уявлень про особливості різних процесів сепарації необхідне не лише для створення нових машин, але і для визначення оптимальних умов експлуатації наявних машин, скорочення термінів впровадження нової техніки, удосконалення технологічних процесів зберігання і переробки зерна в цілому, для узагальнення виробничого досвіду.

1.1 Аналіз технологічних ліній і обладнання для очищення і сепарації зерна

Основні вимоги до процесу очищення. Основними показниками, що визначають якість очищення та сортування, є чистота зерна (посівного матеріалу), питома маса, вирівняність зерна за розмірами, схожість тощо. Рациональні розміри та добротність зерна встановлюють відповідно до агротехнічних вимог, базисних кондицій, державних стандартів на продовольче зерно і насіннєвий матеріал.

Очищене і відсортоване зерно призначене для помелу на сортове борошно повинно відповідати встановленим стандартам: вміст сміттєвої домішки не повинен перевищувати 2%, шкідливої домішки – не більше 0,2%, в тому числі вміст головної і спори твердої сажки окремо або разом не повинен перевищувати 0,05%, а гірчака і в'язелю (окремо або разом) – 0,04% від загальної норми 0,05%; вміст зернової домішки – не більше 5% в пшениці і 4% в житі, в тому числі порослих зерен не більше 3%; зерно повинно бути не заражене шкідниками; натурна вага зерна пшениці не повинна бути меншою 650 г./л, жита 600 г./л [8].

Сортова чистота насіннєвого матеріалу зернових культур I й II класу має становити 98...99%, схожість – 90...95% (для твердої пшениці II класу – не менше 8%), кількість обрубеного насіння – 0,5... 1%.

Зерноочисні машини мають бути пристосованими для доведення зерна і насіннєвого матеріалу різних сільськогосподарських культур до потрібних кондицій, легко переналагоджувались, бути зручними в експлуатації, відповідати агротехнічним вимогам і санітарним нормам.

Повітроочисні машини. Основна технологічна функція повітряних сепараторів – виділення із зернової суміші домішок, відмінних від зерна за аеродинамічними ознаками.

Принцип роботи полягає в зміні характеру руху часточок зернової суміші у повітряному потоці залежно від їх аеродинамічних властивостей.

Повітроочисні машини застосовують для очищення зернової маси від полови, пилу й інших домішок на токах післязбиральної обробки, в лініях

вальцьових млинів, для відділення лузги з продуктів лущіння насіння соняшнику в олійному виробництві і плівчастих культур (проса, гречки, вівса ін.) на круп'яних заводах, а також для контролю крупи та відходів. Вони бувають конструктивним виконанням для роботи з механічним і пневматичним транспортом.

За способом використання повітря їх поділяють на сепаратори з одноразовим і багаторазовим послідовним в часі продуванням зерна, з розімкнутим і зімкнутим потоками повітря.

Для створення повітряного потоку застосовують в основному індивідуальні відцентрові вентилятори низького тиску до 1 кПа, середнього тиску 1...3 кПа і вентилятори пневмотранспорту [9].

У зернопереробних виробництвах застосовують зерноочисні колонки типу ОПС-2, сепаратори пневматичні СП-5, машини для попереднього очищення зернового матеріалу МПО-50, МПЮ-100, сепаратори А1-БВЗ, РЗ- БАБ, РЗ-БСД та ін.

Пневмоколонка (повітряний канал) – коробчастий канал з привареними в середині скатними полицями або без них. Полиці гальмують рух зерна в каналі за рахунок чого збільшується час його обробки повітряним потоком, застосовують канали зі всмоктувальним або напірним повітряними потоками, їх розташовують вертикально або похило. Повноцінне зерно має більшу критичну швидкість чим легкі домішки, потрапляючи в капали, рухається вертикально вниз до виходу

вертикального каналу або по балістичній траєкторії в похилому каналі і падає ближче в лоток повноцінного зерна, а легка домішка (легке щупле зерно) відноситься вгору у патрубок вертикального каналу або в лоток для легкої фракції похилого каналу.

Силу тиску на зерно і швидкість повітряного потоку, при якій часточки суміші будуть виноситись повітряним потоком, залежать від критичних їх швидкостей і кута нахилу каналу до горизонту. Із збільшенням кута нахилу від 0 до 90° зростають витрати енергії на поділ зерна, тому вертикальні канали при всіх інших рівних умовах є більш енергоємними і їх доцільно застосовувати тільки для

видалення легких домішок з невеликими критичними швидкостями. Аспараційні канали є складовою частиною багатьох пневматичних сепараторів, зерноочисних машин та пневмотранспорту.

Ситовий сепаратор фірми «Совокрим», складається із рами і ситового корпусу, які з'єднані пружинами. Коливальний рух ситовому корпусу задають два вібратори. У ситовому корпусі змонтовано два яруси сортувальних і підсівних сит. Сита від забивання очищаються гумовими кульками.

Для обмеження амплітуди коливань корпусу під час пуску і зупинки сепаратора служать амортизатори. Ситові рами встановлюються з торця машини і фіксуються гвинтами, кут нахилу сит – 7° [10].

Технологічний процес в сепараторі здійснюється таким чином. Зерно поступає в живильник, далі з похилих дощок поступає на сито верхнього ярусу, з якого сходом відділяється крупна домішка. Зерно проходив через сита поступає на підсівні сита другого ярусу. Очищене зерно виводиться сходом з підсівних сит і видаляється назовні через лоток з фартухом.

Очищення сит здійснюється гумовими кульками, які під час коливань грохота переміщуються по їх поверхні. Амплітуда коливань ситового корпусу регулюється в межах 3...6 мм за рахунок зміни розташування мас вібраторів відносно осі обертання. Частота коливань ситового корпусу – 75 рад/с.

У віброситових сепараторів типу БСХ принцип дії його аналогічний сепаратору «Совокрим».

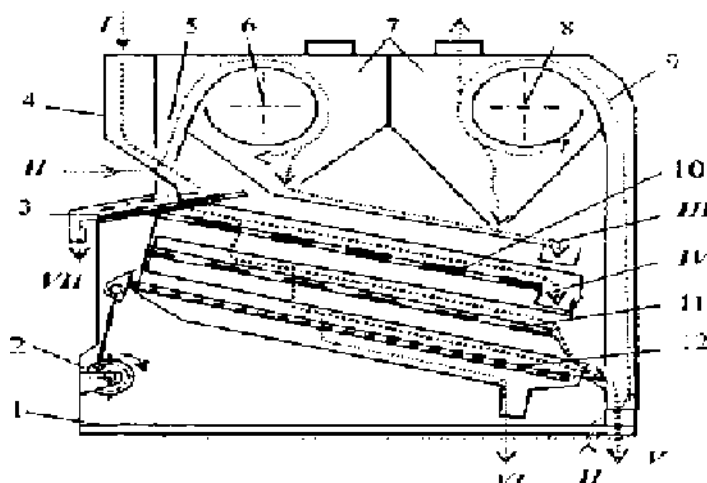
Для рівномірного завантаження сит по ширині зроблено два приймальні патрубки. Сепаратор може бути укомплектовано пневмосепаруючим каналом. Технічна характеристика сепараторів БСХ приведена в табл. 1.1.

Повітряноситові сепаратори. Це комбіновані сепаратори, які поділяють зернову суміш за двома ознаками – розмірами (шириною і товщиною) і швидкістю витання часточок. Робочими органами цих машин є сита і повітряні канали. Найпоширенішими сепараторами є сепаратори типу ЗСМ, А1-БІС і Р6-СВС.

Таблиця 1.1. Технічна характеристика сепараторів типу БСХ

Показники	Модель		
	БСХ-3	БСХ-6	БСХ-12
Продуктивність, т/год.			
– в елеваторному режимі	3	6	12
– в зерноочисному відділенні млина	12	25	40
Технологічна ефективність, %:			
– в елеваторному режимі	80	75	80
– в зерноочисному відділенні млина	20	20	20
Установлена потужність, кВт	0,75	0,75	1,10

Повітряноситові сепаратори типу ЗСМ застосовують на підприємствах з механічним транспортом. Функціональна схема сепаратора типу ЗСМ зображена на рис. 1.1. Сепаратор розділяє зернову суміш на ситах за товщиною і шириною компонентів та за їхніми аеродинамічними властивостями. Розділення виконується послідовно. Спочатку зерно очищається від легкої домішки (пилу, полови) повітрям в аспіраційному каналі 5 (рис. 1.1) на виході з бункера 4 сепаратора. Потім зерно просіюється на ситах 3, 10–12, де видаляються крупні і дрібні домішки. Сита коливаються плоско-паралельно у вертикальній площині. Відсортоване зерно провіюється висхідним повітряним потоком в аспіраційному каналі 9 на виході із сепаратора.



1 – корпус; 2 – привод; 3 – колосове сито; 4 – бункер; 5 – канал попереднього провіювання зерна; 6, 8 – вентилятори; 7 – осадові камери; 9 – канал повторного провіювання зерна; 10, 11 – сортувальні сита; 12 – підвісне сито

Рисунок 1.1 – Схема повітряноситового сепаратора ЗСМ

Сепаратори А1-БІС застосовуються на елеваторах і млинах з пневмотранспортом. Їх ситові корпуси роблять круговий поступальний рух у горизонтальній площині.

Сита встановлені в два яруси один над іншим і утворюють просту технологічну схему: схід верхнього сита – велика домішка, схід нижнього сита – зерно, а прохід – дрібна домішка.

Трієри призначені для очищення продовольчого зерна і насіннєвого матеріалу зернових, зернобобових, круп'яних та олійних культур від коротких і довгих домішок (куколю, вівсюга тощо) після обробки повітряноситовими сепараторами.

Поділ зернової суміші за довжиною часточок виконують за допомогою циліндричних і дискових трієрів. Схема дискового трієра показана на рис. 1.2. Основним робочим органом трієра є барабан або диск з комітками.

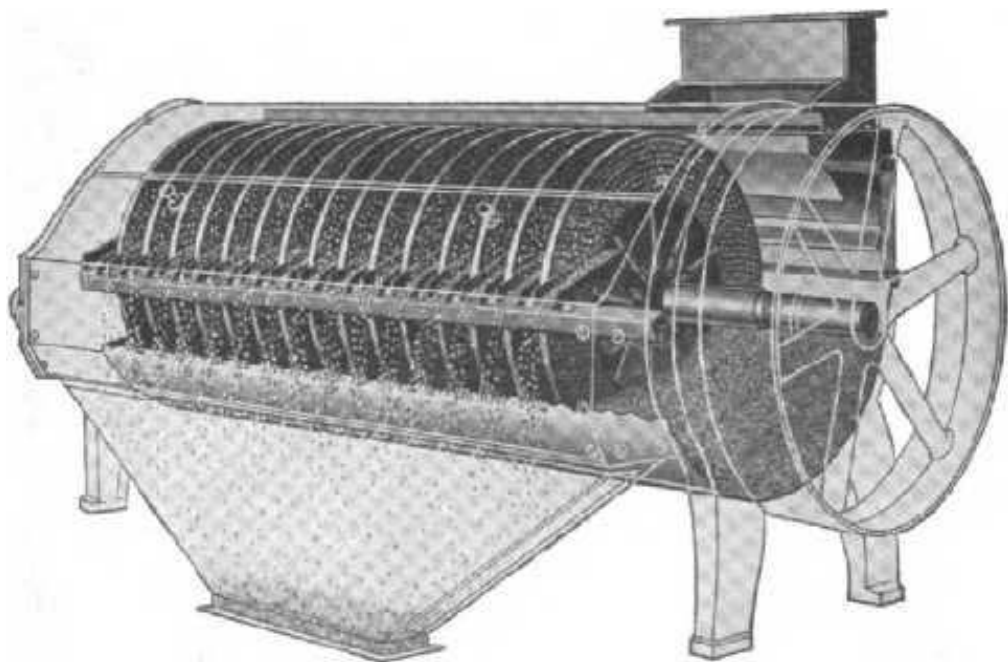


Рисунок 1.2 – Схема дискового трієра

На підприємствах з переробки зерна застосовуються дисковий трієр кукульовідбірник ТДК (А9-УТК-6) і трієр вівсюговідбірник ТДК (А9-УТО- 6). Розміри комірок трієрних циліндрів для очищення та сортування насіння різних культур представлені в табл. 1.2 [11].

Таблиця 1.2 – Розміри комірок трієрних циліндрів для очищення та
сортуння насіння різних культур

Культура	Діаметр комірок(мм)		Культура	Діаметр комірок (мм)	
	Кукільного	Вівсюжного		Кукільного	Вівсюжного
Пшениця жито	5,0	9,5	Льон	3,6	5,0
Ячмінь	6,3	11,2	Конюшина червона	1,6	2,8
Овес	6,3	8,5	Тимофіївка, конюшина люцерна	1,8	2,8
Вико- вівсяна суміш	5,0	8,5	Рис	6,3	8,5...11,2
Гречка	6,3	8,5	Житняк, вівсяниця, еспарцет	5,0	8,5

Найпоширенішими у переробних виробництвах є циліндричні трієри як більш прості за конструкцією, в ремонті і обслуговуванні, мають меншу металомісткість від дискових трієрів, хоча технологічна ефективність їх дещо нижча дискових.

Каменевідбірні машини. Зернова маса, як правило, засмічена грудочками ґрунту, щебенем, галькою та іншими грудкуватими домішками мінерального походження. Такі домішки не можна відокремити від зерна в сепараторах і аспіраторах, якщо вони мають приблизно однакові із зерном розміри, їх видаляють каменевідбірними машинами.

За принципом роботи та конструктивними параметрами каменевідбірні машини поділяють на три групи: вібропневматичні, вібраційні дискові та гідравлічні [12].

У вібропневматичних машинах використовується дія на зернову суміш висхідного повітряного потоку та змінних за значенням і напрямком сил тертя при коливаннях ситової поверхні вібростолу. В сукупності ці чинники зумовлюють розшарування («самосортування») зернової суміші за насипною

щільністю. Зерно, яке має в два-три рази меншу насипну щільність, ніж мінеральні домішки, спливає вгору, набуває властивості «плинності», сходять самопливом із робочої поверхні вібростола навіть тоді, коли кут нахилу її буде меншим від кута тертя зерна по столу. Мінеральна домішка концентрується на поверхні вібростола, коливальними рухами проштовхується по його поверхні вгору до вихідного рукава.

У вібраційних дискових машинах аеродинамічний чинник не використовують, тому процес самосортування зернової суміші відбувається менш інтенсивно, габаритні розміри і матеріаломісткість їх більші порівняно з вібропневматичними машинами однакової продуктивності.

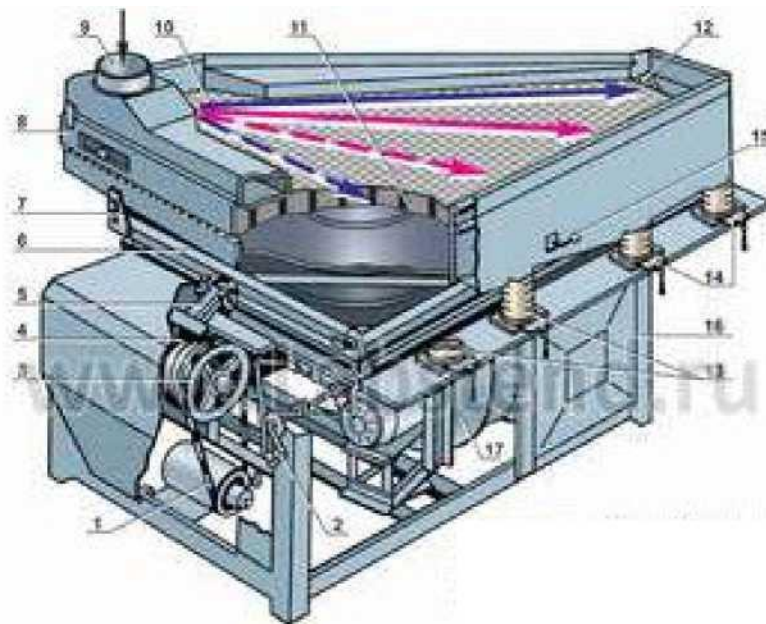
У гідравлічних машинах (зернові мийні машини) мінеральні домішки виділяються (осаджуються) у воді.

На сучасних млинах і крупорушках найпоширенішими є вібро- пневматичні каменевідбірні машини типу РЗ-БКТ, РЗ-БКТ-100 виробництва ВАТ «Могилів-Подільський машинобудівний завод», Н0.6057, НО.1007.15 виробництва ЗАТ «Укрстанкінпром».

Пневматичні сортувальні столи призначені для очищення зернового матеріалу від насіння бур'янів, сортування насіння зернових та зернобобових культур та очищення від лузги і сортування крупів. Поділ зернових продуктів на столах відбувається за густиною, формою, величиною і властивостями поверхні часточок. Попередньо матеріал очищають повітроситовими машинами і трієрами.

Пневматичний сортувальний стіл ПСС-2,5В (рис. 1.3.) призначений для очищення пшениці, риса, проса, гречки та інших культур, попередньо оброблених у повітряноситових і трієрних зерноочисних машинах.

На пневмо-сортувальному столі суміш зерна розділяють за густиною, розміром, формою і характером поверхні часточок. Можна також очищати насіння різних культур від насіння бур'янів тощо, мінеральної грудкуватої домішки. Сортувальний стіл ПСС-2,5В може використовуватись як самотійно, так і в складі поточкових ліній з переробки зерна.



1 – варіатор; 2 – регулятор; 3 – механізм привода; 4 – противага; 5 – шатун; 6 – рамка; 7 – кронштейн; 8 – дека; 9 – горловина; 10 – сітка; 11 – повітровирівнювальна решітка; 12 – клапан; 13, 15, 18 і 20 – приймачі фракцій; 14 – заслінка; 16 – важіль; 17 – рама

Рисунок 1.3 – Пневматичний сортувальний стіл ПСС-2,5В

Пневматичні сортувальні столи ВПС-800 і ВПС-800АП стаціонарні, вакуумного типу. Застосовують їх в потокових технологічних лініях крупорушок. Робочий процес столів аналогічний, як в ПСС-2,5В.

Комплекси для очищення і сушіння зерна. Машина КОС-0,5 призначена для очищення насіння зерна та інших дрібнонасінних культур різної засміченості і доведення його до вимог 1-го та 2-го класів використовують спеціальну насіннеочисну лінію КОС-0,5. Вона складається з двох частин: приймально-вентиляційної та очисно-сушильної. Перша частини використовується для приймання і тимчасового зберігання зерна із застосуванням активного вентиляювання. Частини для вентиляювання зерна бувають двох типів: з бункерами для активного та для підлогового вентиляювання. У частині з бункерами для активного вентиляювання є стрічковий завантажувальний конвеєр, бункери БВ-12,5 з вібраційною розвантажувальною системою, норії, комплект зернопроводів, металева арматура та пульт керування.

Сирий матеріал вивантажується на приймальний конвеєр, а з нього – на норію, яка подає зернову масу в один з вентильованих бункерів, де вона підсушується підігрітим повітрям. З бункерів зернова маса надходить в очисно-сушильну частину.

1.2 Основні технологічні вимоги до очищення зерна

Сепарування зерна – це різнопланова складна науково-технічна проблема, яка в залежності від постановки задачі має різноманітні рішення. Такій обробці піддається 100% врожаю України.

На етапі післязбиральної обробки об'єктом сепарування є свіжоприбране зерно, яке надходить безпосередньо з під комбайна. Завдання сепарування полягає в максимальному очищенні зерна від домішок, що відрізняються від зерен основної культури геометричними розмірами (ширина, товщина) і аеродинамічними властивостями (швидкість витання). Як фактори ускладнення розглядається велика засміченість вихідного зерна (до 15-20%), висока вологість до 20-25% і олійність. Враховуючи непостійну кон'юнктуру, сівозміну й високі темпи збирання в сільському господарстві, сепаратори на попередній підготовці повинні очищати зерно і насіння різних культур з великою продуктивністю і ефективністю [13].

Таким чином, сепаратор для післязбиральної обробки зерна повинен володіти [3, 14]:

- високою продуктивністю (не менше 100 т/год);
- працювати з будь сільськогосподарською культурою (пшениця, ячмінь, жито, овес, кукурудза, соняшник, ріпак, горох, соя і т.д.);
- з високим ступенем засміченості і вологості.

На етапі підготовки зерна до необхідних кондицій за умовами ринку перед сепараторами ставиться завдання не стільки виділення домішок, скільки сортування за розмірами зерен основної культури. Прикладом, можуть служити вимоги солодових компаній по крупності пивоварного ячменю, експортерів - до змісту дрібної фракції у фуражному зерні, калібрування соняшнику з отриманням

фракцій для кондитерських цілей.

Ця задача значно складніша, бо необхідно досягати високої ефективності процесу. Далеко не кожен сепаратор здатний вирішити цю задачу, а компромісом між якістю і кількістю є зниження продуктивності сепараторів в 2-3 рази [3, 5].

Підготовка насіння включає високий ступінь очищення і сортування насіннєвого матеріалу. До насінняочисних сепараторів пред'являються найвищі вимоги по ефективності процесу (до 85-90%). Незважаючи на невелику продуктивність (10–15 т/год), рівень складності конструкції і якість виготовлення таких машин найвище. Тому насінняочисні сепаратори сміливо можна назвати вершиною технічного прогресу у розвитку такого виду обладнання, як зернові сепаратори [15].

В еволюції сепараторів для зерна склалася цілком визначена послідовність технологічних операцій, яка гарантує надійну роботу і високу ефективність.

Першою технологічною операцією є виділення легких домішок за допомогою повітря. Це важливо, тому що легкі домішки становлять до 70% від маси всіх домішок, і їх відділення на першому етапі значно спрощує завдання на наступних етапах. Крім того, такі легкі домішки, як солома, стебла та листя рослин, можуть застрягати в отворах, і сучасні способи очищення решіт перед ними безсилі.

При наступній технологічній операції із зернової маси за допомогою решіт з великими отворами відокремлюються великі домішки. Дуже важливо, щоб все зерно основної культури пройшло через отвори решіт. В іншому випадку зерно разом з великими домішками буде втрачено. Цей фактор є основним обмежувачем у продуктивності зернових сепараторів.

На третій технологічній операції за допомогою решіт з малими отворами (підсівні решета) із зерна видаляються дрібні домішки. На підсівне решето сходової фракцією є основне зерно, а прохідне – дрібні домішки. Вміст дрібних домішок у зерні відносно невеликий (2–5%) і їх виділення відбувається через отвори малого розміру. Через малу ймовірність проходження частинок в щільному зерновому шарі через отвори решета ефективність виділення дрібних

домішок не може бути високою. За показником ефективності виділення дрібних домішок можна судити про технічний рівень машини в цілому.

Четверта і остання операція являє собою повітряну очищення зерна від легких домішок. На відміну від першого повітряного очищення, метою

якої є вилучення максимальної кількості легких домішок, кінцеве очищення дозволяє за рахунок різниці в аеродинамічних властивостях витягувати тяжкодоступні домішки, щуплі і дефектні зерна основної культури, які називаються низьконатурною фракцією зерна. Для цієї операції в зернових сепараторах є можливість тонкого налаштування повітряного потоку.

1.3 Оцінка критеріїв конструкцій і технічних характеристик зернових сепараторів

Для цього розглянемо умови проходження частинки через отвір решета довгастої форми (рис. 1.4) [5].

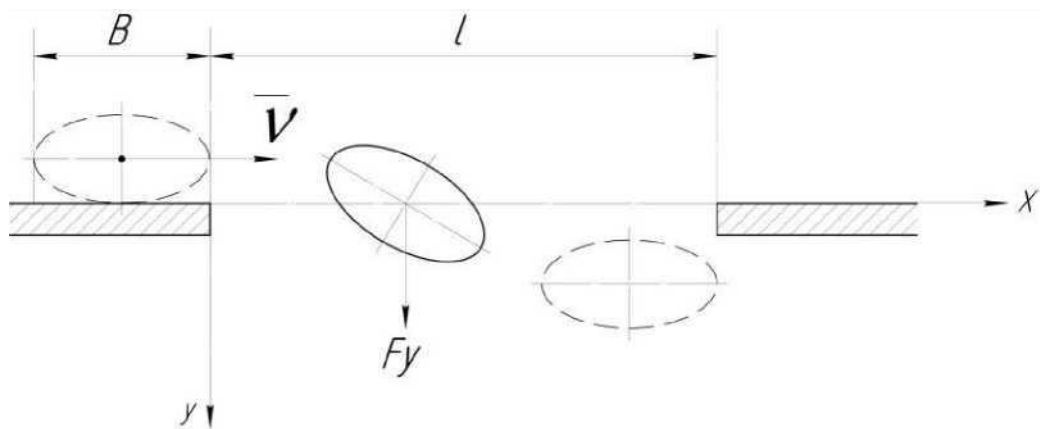


Рисунок 1.4 – Схема для визначення умов виділення прохідної частинки

1. Частка повинна мати розміри менше розмірів отвору. Менший з розмірів поперечного перерізу частинки (прийнято називати товщиною, а більший – довжиною). Через отвори прямокутної форми пройдуть частинки, які менші розмірів отвору по товщині, тому що довжина прямокутних отворів свідомо більше довжини будь-якої частинки (15–20 мм). Через круглий отвір проходять тільки частинки, товщина і ширина яких менше діаметра отвору. Дуже важливо

відмітити, що в круглий отвір частинка проходить, коли її довга вісь перпендикулярна площині отвору (рис. 1.5).

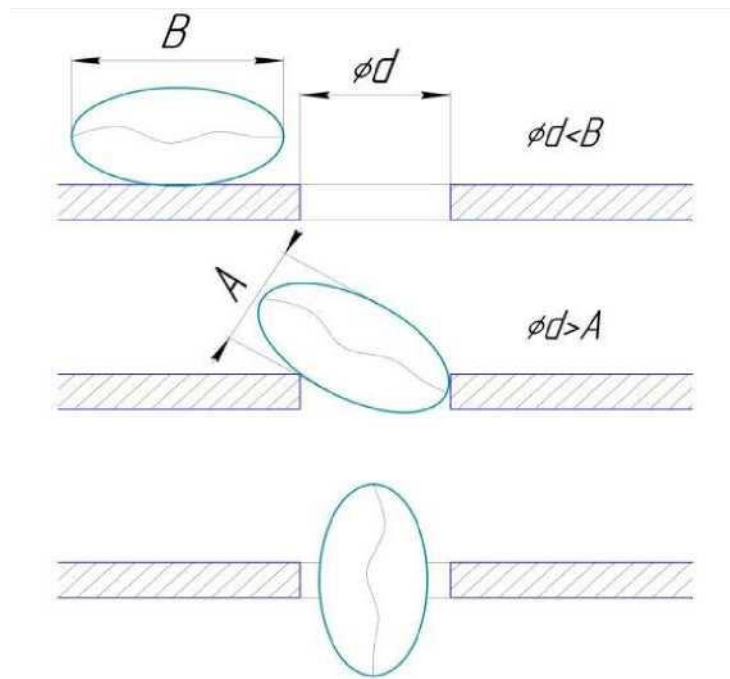


Рисунок 1.5 – Схема проходу частинки в круглий отвір

2. Частка повинна розташовуватися над отвором. Це умова, здавалося б, цілком очевидно, але вона вводить обмеження на величину зернового шару на решеті, який не повинен перевищувати розмір 1–2 часток. В іншому випадку частинки верхніх шарів не мають шансів пройти через отвори. Крім того, решето між отворами має перемички. Частка над перемичкою в отвір звичайно не потрапляє. Звідси бажання виготовлювачів решіт підвищувати сумарну площу отворів щодо загальної площі решета, що оцінюється коефіцієнтом «живого перерізу». Вагоме значення має орієнтація довгастих частинок над прямокутними отворами (рис. 1.6).

Цілком очевидно, що довгаста частинка (зерно пшениці, ячменю, жита, вівса) пройде через прямокутний отвір, якщо її довга вісь збігається з довгою віссю отвору. Оскільки рух довгастих частинок в зерновому и шарі відбувається довгою віссю в напрямку вектора швидкості, то в зернових сепараторах продукт повинен рухатися по решеті прямолінійно уздовж отворів.

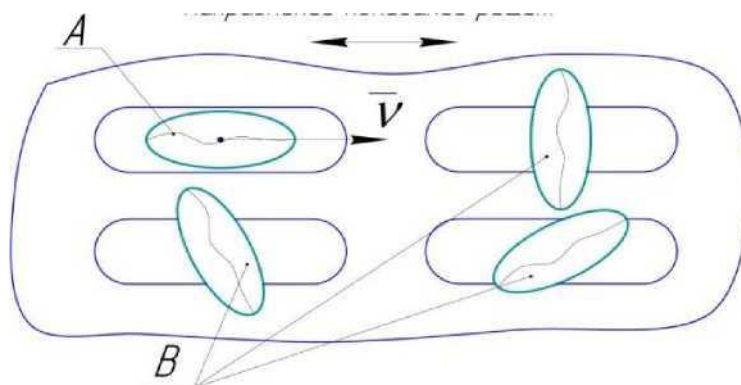


Рисунок 1.6 – Орієнтація довгих частинок над прямокутними отворами (а – орієнтоване зерно, б – неорієнтоване зерно)

Швидкість руху продукту з одного боку, визначає продуктивність сепаратора, а з іншого – ефективність його роботи. Зі збільшенням швидкості природно зростає продуктивність, а ефективність знижується. Це пояснюється тим, що зі збільшенням швидкості різко знижується ймовірність просівання окремої частки (рис. 1.7) [16].

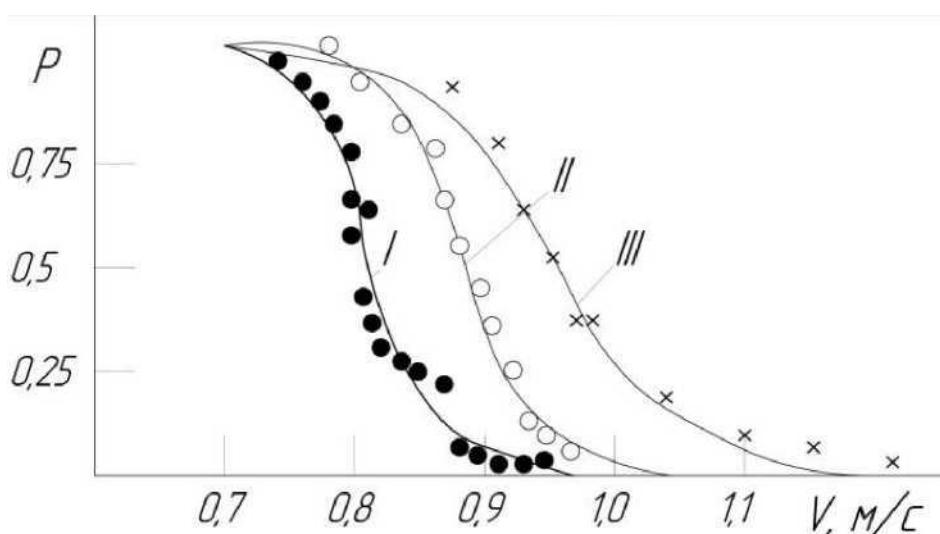


Рисунок 1.7 – Криві залежності вірогідності просіювання окремої частинки від її швидкості над горизонтальним отвором (1 – $R=0,43$, $R=0,59$, $R=0,66$)

З графіка видно, що при досягненні швидкості 1 м/с процес проходження частинок через решето припиняється.

Процес сепарування зерна за своєю природою є імовірнісним. Ймовірність збігу багатьох випадкових подій-умов (P_1, P_2, P_3, P_4) по теорії ймовірності $P = P_1 \times P_2 \times P_3 \times P_4$.

Враховуючи, що ймовірність кожної події-умови менше 100%, ймовірність проходження частинки через отвір решета вкрай мала. Для того щоб ця подія відбулася, необхідно якомога більше можливостей для її реалізації, а для зернових сепараторів – велика кількість отворів на шляху частинки.

З цього випливає важливий висновок: ефективність сепарування підвищується при збільшенні довжини решета або пропускної його здатності.

В умовах сучасного стану зернового ринку практично кожен виробник зерна повинен мати повний набір техніки не тільки для обробітку полів та збору врожаю, але і для обробки зерна, зокрема, зернові сепаратори. На перший погляд, здавалося б необхідно купити для кожної технологічної операції необхідне обладнання. Однак три види сепараторів не тільки зажадають значних грошових коштів на купівлю обладнання, але їх установка призведе до капітальні витратам, які можуть значно перевищувати вартість сепараторів [17]. Природно, що інвестори в прагненні оптимізувати витрати звертають перш за все увагу на універсальні сепаратори, що дозволяють вирішувати всі три завдання. У відповідь на запит ринку кожен виробник техніки для очищення зерна позиціонує свою продукцію як універсальну, але на практиці це далеко не так.

1.4 Аналіз конструкцій сепараторів

Проведемо аналіз конструкцій сепараторів, з точки зору відповідності умовам проходження частинок через отвори решета, технологічних операцій місця в системі післязбиральної обробки та підготовки насіння, зберігання та переробки зерна.

Машини попереднього очищення мають ідентичну технологічну схему (рис. 1.8), яка включає скальператори у вигляді нескінченної сітки рабиця і пневмосепаратор із замкнутим циклом повітря [15].

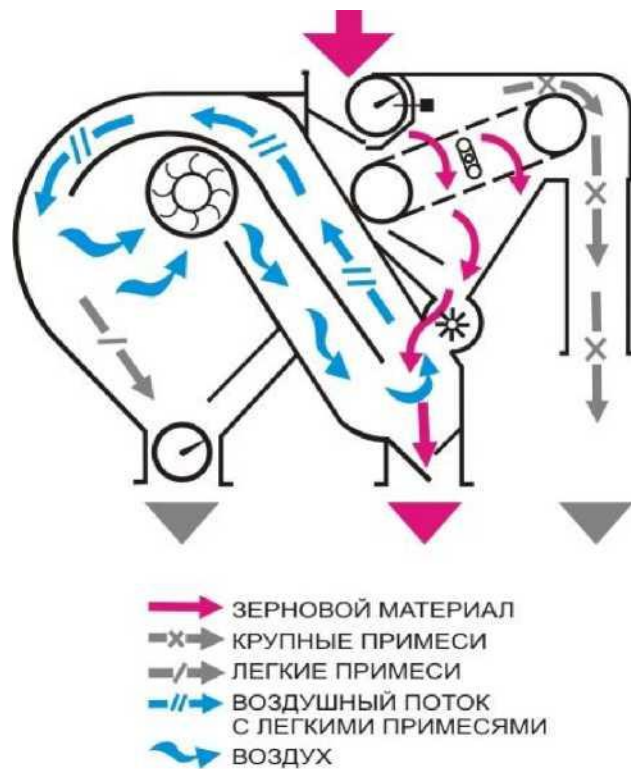


Рисунок 1.8 – Технологічна схема машин для попереднього очищення зерна

Скальператори має сітку рабиця з номінальним розміром чарунки в діапазоні 15–20 мм, тому про очищення від крупних домішок не йдеться. За допомогою скальператорів виділяються лише випадкові предмети, але це ще не всі великі домішки. Пневмосепаратор має відносно невисоку ефективність (50%). Схема замкнутого циклу повітря не вимагає додаткової аспіраційної мережі, що є безперечною перевагою даного сепаратора. Місце машини попереднього очищення в технології післязбиральної обробки зерна – це очищення зернової суміші перед тимчасовим нетривалим зберіганням або перед сушінням.

Невисока вартість, надійна робота й відсутність необхідності додаткових пристроїв зумовили достатню популярність в застосуванні машин попереднього очищення, як самостійної одиниці обладнання, так і в поєднанні з іншими сепараторами у складі зерноочисних ліній.

Сепаратори А1-БІС-100, А1-БІС-150 (Мельінвест), БСХ-100, СБП- 100–01 (Хорольський машзавод), РБ-СВС-100 (Могилів-Подільський машзавод), БМА-20 (Schmidt-Seeger AG Німеччина) мають практично однакову конструкцію і

призначені для елеваторного очищення зерна [18]. Відсутність у них першої технологічної операції виділення легких домішок не дозволяє їх використовувати для попередньої обробки зерна. Тому виробники цих машин рекомендують в технологічній схемі ставити перед сепараторами або машини для попереднього очищення, або скальператори. У цих сепараторах є ще одна особливість – ситової корпус здійснює обертальні зворотно-поступальні рухи, траєкторія руху зерна по решеті в цьому випадку представляє лінію, що нагадує собою спіраль (рис. 1.9).

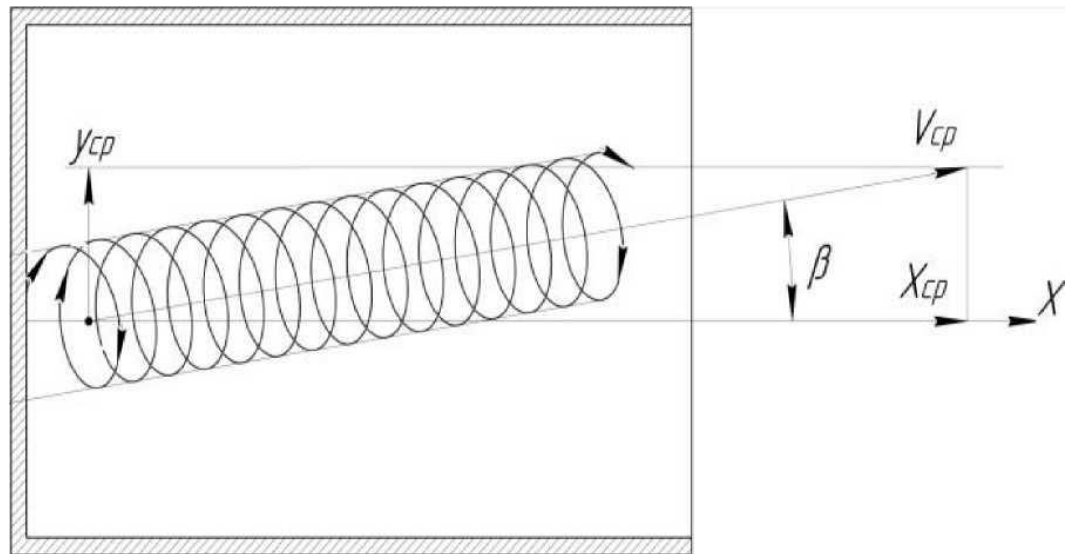


Рисунок 1.9 – Траєкторія частинки у відносно русі

Довгасті частки, рухаючись по спіралі, зорієнтовані довгою віссю по траєкторії, напрям якої постійно змінюється щодо довгастих отворів решета.

Таким чином, не виконуються 2 і 3 умови і вірогідність попадання частинок в отвори решета настільки мала, що ефективність по виділенню дрібної фракції не перевищує 30–50%. Іншими словами, за один прохід через сепаратор може виділитися лише половина домішок.

Для підвищення загальної ефективності в даному випадку є тільки один шлях – збільшення загальної площі ситової поверхні за рахунок більшої кількості сит і їх компонування за типом розсіву. Однак результат наперед відомий: у підсумку вийде сепаратор, подібний зерновому розсіву А1-БСФ-50. На підтвердження цього висновку пропонуємо звернути увагу на сепаратори БСХ-200, БСХ-300 (Хорольський машзавод) та ТАБ. У моделі ТА5–2104–01 (Schmidt-

Seeger AG Німеччина) загальна площа решіт доходить до 44 м², а довжина не більше 2 м. При цьому продуктивність на попередньому очищенні 120 т/год, а на сортуванні пивоварного ячменю 40– 50 т/год. Для такої оснащеності більш ніж скромні результати.

Однією з поширених конструкцій зернових сепараторів є циліндричні бурати типу КБС -1270 (Карловського машзаводу), БЦС (Житомирський завод Вібросепаратор), ОЗБ (Клевер Ростсельмаш). У циліндричних решіт є дуже суттєвий недолік – при дуже великій площі решіт продукт просіюється лише на невеликій ділянці в 15–20% від загальної площі (рис. 1.10).

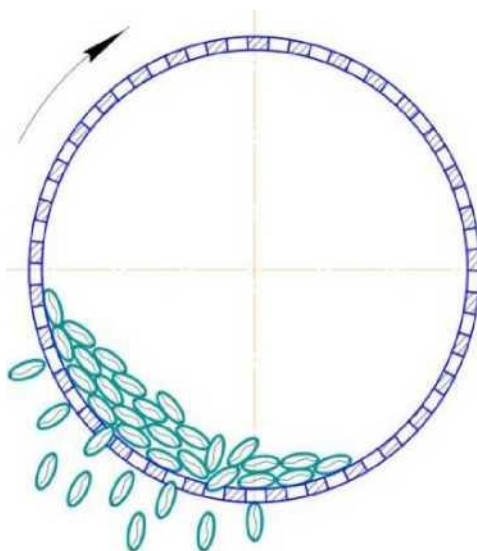


Рисунок 1.10 – Схема роботи циліндричного сепаратора

Крім того, для забезпечення руху зернової маси від місця завантаження до місця розвантаження доводиться нахилити вісь циліндра на 2–50 до горизонту або додати до обертання коливання. В одному випадку виходять дуже громіздкі конструкції при відносно невеликій ефективності.

Сепаратор КБС – 1270 має 20 м² ситової поверхні при габаритних розмірах 7750×2236×3600. Це найбільший сепаратор! В іншому випадку сепаратор БЦС має дуже складний і ненадійний привід і великий витрата запасних частин, таких як решета, очисні валики і т. п. Принципово до циліндричного сепаратора слід віднести і скальператори типу А1-БЗО, але скаль-імператора не мають функцію очищати або сортувати зерно. Вони витягають із зернової маси тільки випадкові

предмети і виконують функцію запобіжного пристрою. Тому залишимо в нашому аналізі скальператори без уваги.

Найбільш «дивним» напрямком нової техніки є пневмосепаратори типу Алмаз-С (Агротех, Агрохіммаш), СПС-10 (Воронежсельмаш), САТ (НПФ Аеромех) та інші подібні конструкції [19]. Принцип роботи пневмосепаратора простий і невігядливий. Зерно з приймального бункера по вібротлтку подається в нормалізований за напрямком швидкості горизонтальний повітряний потік. Повітряним потоком за рахунок відмінності в аеродинамічних властивостях частинки відносяться на різну відстань. Відмінність від великої кількості пневмосепараторів в тому, що вертикальний (висхідний) потік повітря замінений на горизонтальний (рис. 1.11).

З точки зору теорії і практики пневмосепарування нічого нового в даних сепараторах немає і результат цілком прогнозований. Досить згадати просіювання зернових матеріалів вручну на легкому вітерці, наприклад, насіння соняшнику в домашніх умовах.

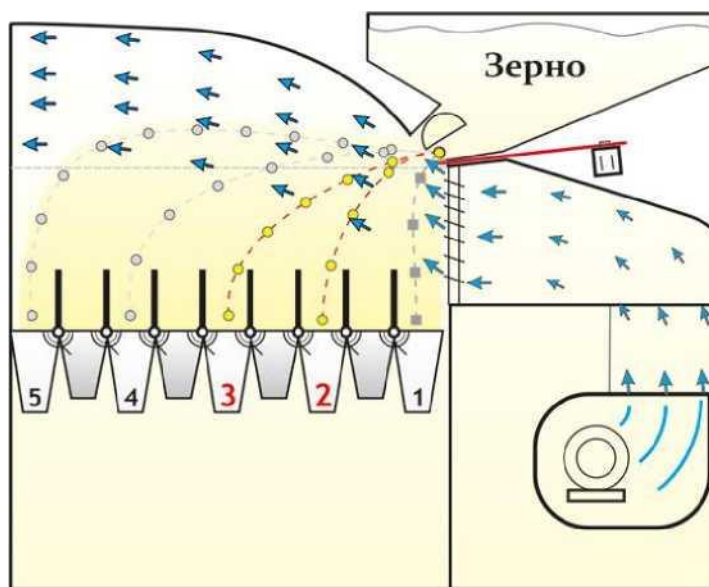


Рисунок 1.11 – Технологічна схема роботи сепаратора типу Алмаз-С

Таким способом можна відокремити легкі домішки і щуплі зерна і не більше. Обіцянки про сортування за щільністю (питомій вазі) слід сприймати не більше ніж вдалий маркетинговий хід. Дані у відкритому доступі з випробувань говорять тільки про те, що дві фракції зерна відрізняються щільністю в межах

похибки способу вимірювання, але розмови про розділення за щільністю зерна є підставою для обіцянок небачених врожаїв. Це некоректно хоча б з міркувань, що врожай залежить не тільки від щільності насіння, але і від безлічі інших чинників.

Основою величезного парку зерноочисних машин є повітряно-решітні сепаратори [7]. Вони довгий час виробляються і удосконалюються в нашій країні і за кордоном. Сьогодні можна з упевненістю назвати фірми, що представляють даний вид сепараторів на світовому ринку: Cimbria (Данія), Petkus (Німеччина), Denis (Франція), Damas (Данія). Для коректного порівняння візьмемо з усіх моделей сепаратори зернові, які призначені для попереднього очищення, сортування зерна та підготовки насіннєвого матеріалу. У широкій пропозиції продукції фірми Cimbria (Данія) звертаємо увагу на універсальний сепаратор DELTA 146 Combi (рис. 1.12).

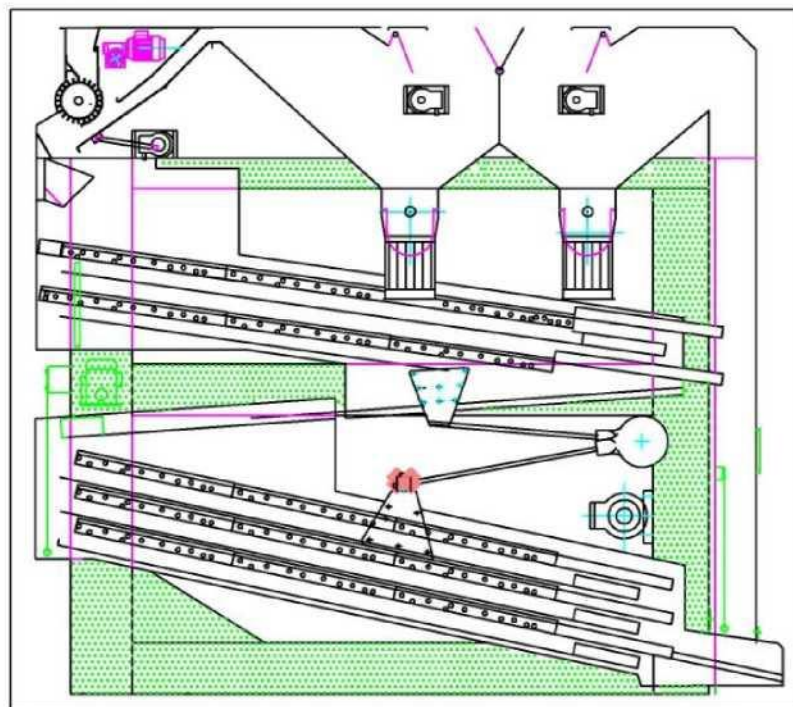


Рисунок 1.12 – Універсальний сепаратор DELTA 146 Combi

Відмінними рисами цієї моделі можна назвати повний набір технологічних операцій і повну відповідність умовам проходження частинок через отвори. Решета мають не тільки велику площу і кулькову очистку, але розміщення їх в двох корпусах дозволяє послідовно очищати від великих і дрібних домішок.

Причому для очищення від дрібних домішок кількість і площа решіт збільшується в, 1,5 рази, що в поєднанні з тонким налаштуванням повітряного очищення помітно збільшує технологічний ефект. У цій моделі є можливість регулювання кута нахилу решіт. Для досягнення великої продуктивності решета встановлюються з нахилом 12–150, а для підвищення ефективності сепарування в режимі сортування зерна та підготовки насіння рекомендуються кути нахилу решіт 5–70. Великі кути установки збільшують швидкість руху зерна по решето і забезпечують більшу продуктивність. Малі кути установки, природно, знижують швидкість і продуктивність, але підвищують ймовірність проходження частинок через отвори, і в результаті ефективність виділення домішок збільшується.

Найбільш відомих зарубіжних брендів Petkus пропонує мультичисник M12/15, по конструкції й технічних характеристиках дуже схожий на сепаратор DELTA 146 Combi, але з відсутністю можливості зміни кута нахилу решіт. Фірма Damas (Данія) виробляє сімейство сепараторів OMEGA, які розрізняються комплектацією решіт.

Більше оснащені моделі мають до 30 м² поверхні решіт і рекордну продуктивність – до 300 т/год на попередньому очищенні. Однак для сортування зерна та підготовки насіннєвого матеріалу рекомендуються інші моделі і питання універсальності, тому як у Cimbria і Petkus, не розглядається. Фірма Denis (Франція) на ринок поставляє модель зернового сепаратора NSD2 продуктивністю 50 т/год. При більш ніж скромній комплектації він володіє повним набором технологічних операцій і прийнятною ціною.

Розглянемо також універсальний сепаратор СВУ-60. Він оснащений всіма технологічними операціями з очищення зерна, і його конструкція максимально відповідає умовам проходження частинок через отвори решіт. Проте технологічна схема викликає багато питань (рис. 1.13).

У СВУ-60 встановлено чотири яруси решіт, що працюють паралельно. У кожному ярусі послідовно розміщені три решета з збільшенням розмірів отворів за напрямком руху зерна так, що на решеті виділяється смітна домішка, на другому – зернова домішка, на третьому етапі зерно проходить через решето і

великі домішки сходом видаляються з сепаратора [11].

Таку схему організації технологічних операцій не можна визнати вдалою. По-перше, на перше решето надходить вся зернова маса і виділення самих дрібних частинок дуже скрутно. У сепараторах Cimbria і Petkus спочатку виділяється крупна фракція, що значно спрощує виділення дрібних частинок на нижні решета.

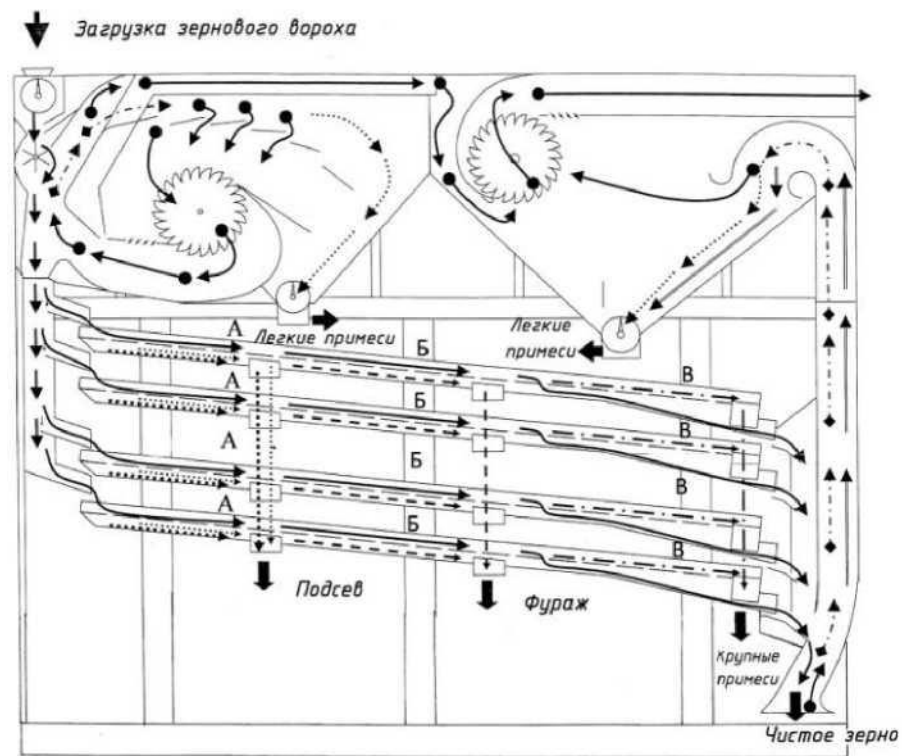


Рисунок 1.13 – Технологічна схема сепаратора СВУ-60

По-друге, довжина кожного решета за напрямом руху зернової маси не більше метра, у той час як у зарубіжних аналогів загальна довжина решіт з однаковим розміром отворів мінімум 3м. Природно в такому порівнянні очікувати від зарубіжних аналогів кращих технічних характеристик.

Фахівці, які рекомендують дану конструкцію виходять з міркувань, що для інвестора вигідніше купувати універсальну техніку з високими технічними характеристиками, яка вирішить всі завдання в рамках конкретного підприємства з максимальним коефіцієнтом використання. В капітальних витратах економія полягає у вартості додаткового технологічного обладнання (скальператори, пневмосепаратори і т. п.), транспортного обладнання і аспірації (норії,

транспортери, циклони, вентилятори, димарі), самопливних труб, електрообладнання.

Таким чином підводячи підсумок, доцільно зазначити, що найбільша економія виходить при будівництві будівель і споруд, де розміщується все перераховане вище обладнання. Якщо для універсального зернового сепаратора вимагається тільки одна подаюча норія і одна аспіраційна мережа, то при використанні комплексу машин: скальператори + сепаратор + пневмосепаратор буде потрібно як мінімум три норії, чотири транспортера, три аспіраційних мережі та велика кількість дрібних конструкцій, самопливних труб, електрообладнання. Крім того, все це обладнання в металоконструкції навряд чи розміститься. При будівництві сучасних елеваторів для розміщення скальператор + сепаратор + пневмосепаратор потрібно будівництво робочої вежі розміром мінімум 18х24х30 м. Вартість такої споруди в кілька разів перевищує вартість зернового сепаратора. З цього випливає дуже важливий висновок, що використання універсального зернового сепаратора з відносно високою вартістю за умови вирішення всіх технологічних задач дозволяє економити значні кошти в загальному кошторисі на будівництво або реконструкцію.

РОЗДІЛ 2

КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

2.1 Аналіз існуючих конструкцій повітряно-ситових для очищення зерна

Основною і найбільш поширеною зерноочисною машиною в елеваторній промисловості є сепаратор. Його встановлюють у всіх технологічних лініях для обробки зерна. Сепаратор – складна повітряно-ситова зерноочисна машина [3, 5, 9].

Повітряно-ситові сепаратори – це агрегати (комбінація повітряного і ситового сепараторів). Комбінування двох сепараторів в одному дозволяє не лише спростити технологічну схему і уникнути зайвих транспортних операцій, але і підвищити техніко-економічні показники (питомі енерговитрати, питому металоємність, займану площу приміщень, питому вартість та н..). При цьому вдасться зберегти якісні показники.

Повітряно-ситові сепаратори призначені для відділення від зерна домішок відрізняються шириною, товщиною і аеродинамічними властивостями. Основні ознаки класифікації ситових сепараторів представлені на рис. 2.1 [11, 13].

Ці сепаратори використовуються для:

- попередньому очищенню зерна на елеваторах;
- очищення зерна від засмічених домішок на елеваторах і крупозаводах;
- першого технологічного очищення зерна на борошномельних заводах; при виділенні дрібного зерна для фуражних цілей

У зерноочисних машинах застосовують різні способи пневмосепарації:

- у вертикальному, похилому або поперечному повітряному потоці;
- з використанням поля відцентрових сил;
- пневмоінерційне;
- пневмоситове та н..

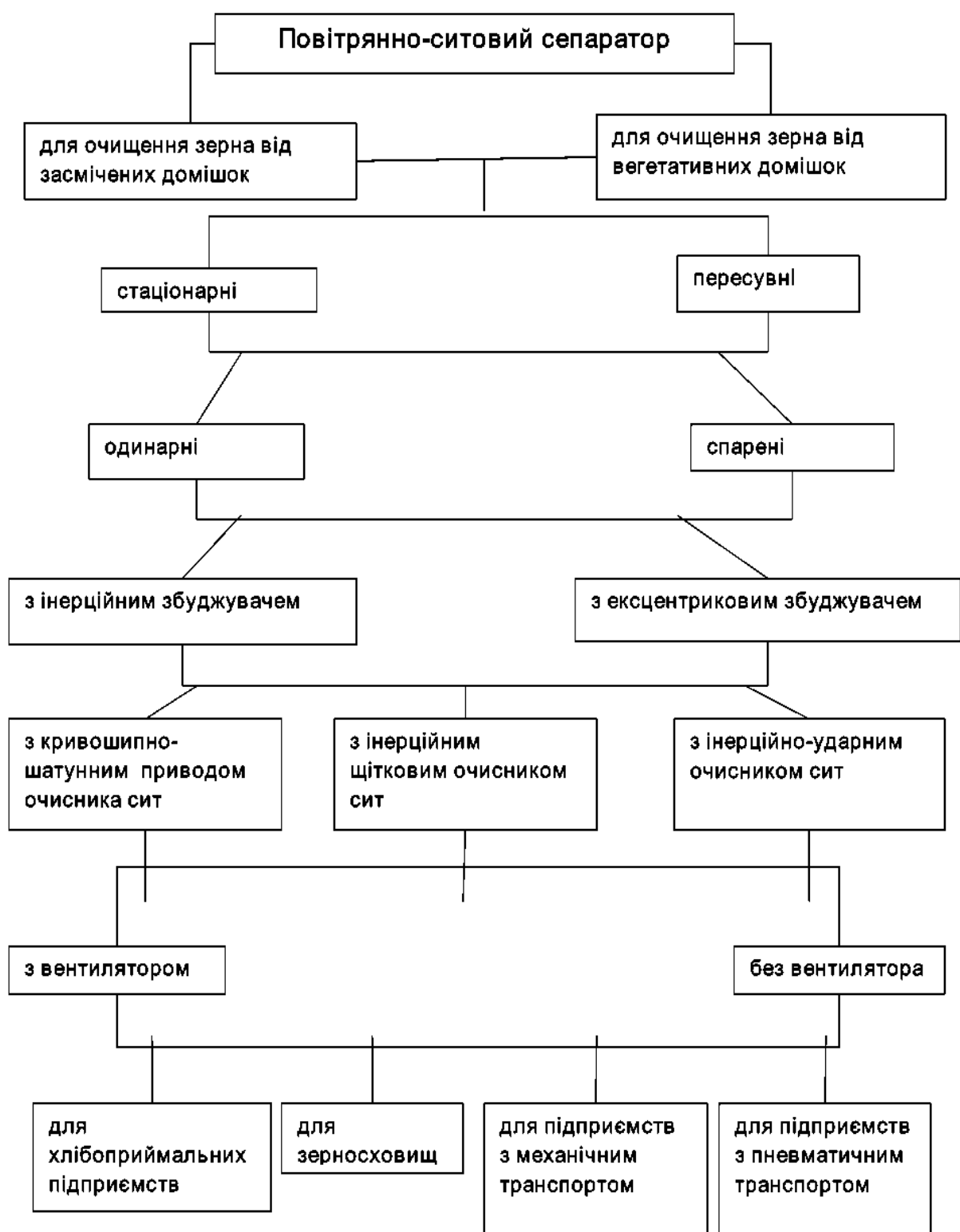


Рисунок 2.1 – Класифікація повітряно-ситових сепараторів

Найбільшого поширення, завдяки конструктивній простоті і компактності пристроїв, набув спосіб сепарації зернової суміші у вертикальному повітряному потоці.

Основними параметрами повітряного сепаратора, що забезпечують ефективність очищення зерна і чіткість сепарації, є питоме зернове навантаження, розміри пневмосепаруючого каналу, швидкість повітряного потоку і втрати тиску в сепараторові.

Сучасні підприємства в основному оснащені різними модифікаціями машин, в яких зернова суміш сепарується у вертикальному повітряному потоці. До таких машин відносять сепараторів типа А1-БІС і А1-БЛС, аспіратори і н. рацій ні колонки А1-БДЗ, А1-БВЗ, А1-БКА і А1-БДА, пневмосепаруючі пристрої зерноочисного агрегату А1-БЗА та н..

Та ранішні модифікації пневмосепараторів типа ЗСМ-10; ЗСП-10, А1- БСМ-6, А1-ЗСШ-20;

На борошномельних заводах, оснащених комплектним устаткуванням, використовують повітряних сепараторів РЗ-БАБ, а для пневмосепарації відділень транспортуючого повітря від зерна – циліндрові пневмосепаратори РЗ-БСД. Вони працюють в режимі розімкненого циклу повітря.

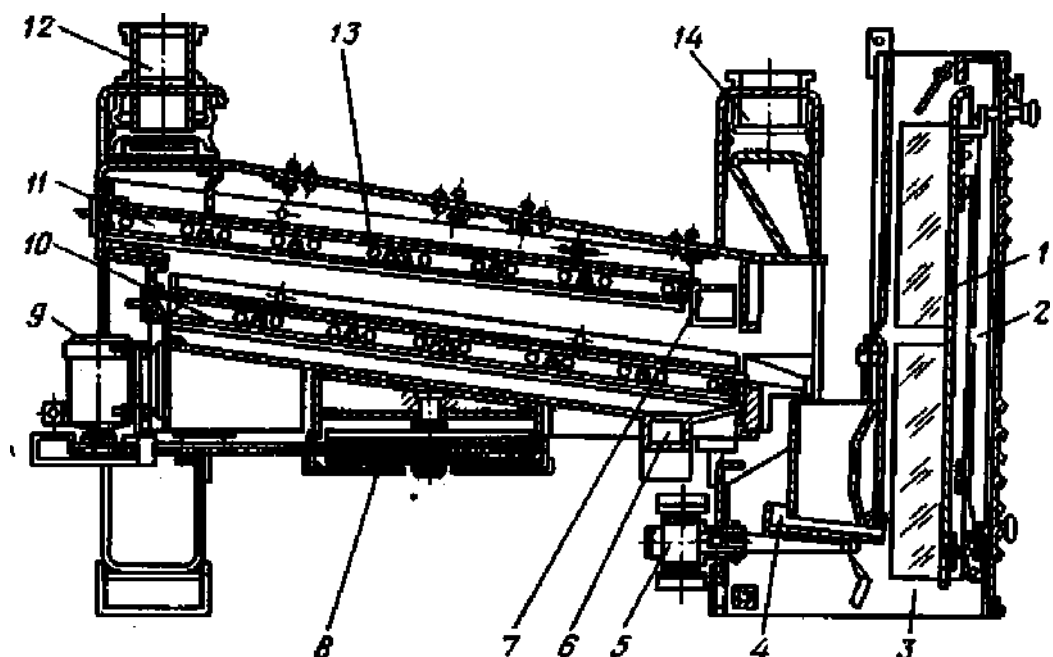
2.2 Обґрунтування вибору моделі конструкції машини повітряно-ситового сепаратора типів А1-БІС та А1-БЛС

Сепараторів типа А1-БІС та А1-БЛС відносять до повітряно-ситових сепараторів, на ситах яких зерно очищається від домішок, що відрізняються від нього шириною і товщиною, а в пневмосепаруючому каналі - швидкістю витання [20].

Відмітні особливості конструкції сепараторів - відсутність осадових камер і поєднання функції дебалансу і приводного шківів, що значно зменшує висоту і забезпечує безпеку обслуговування; наявність регульованого пневмосепаруючого каналу дозволяє змінювати швидкість повітря. Колова поступальна хода забезпечує високу ефективність очищення зерна від крупних і дрібних домішок, а притиск ситових рам ексцентриковим механізмом - хорошу фіксацію, просту установку і виймання ситових рам. Завдяки освітленню пневмосепаруючого

каналу можна візуально контролювати процес виділення легких домішок.

Сепаратори типа А1-БІС. Складаються з двосекційного ситового корпусу, підвішеного до станини на гнучких підвісках, і вертикального пневмосепаруючого каналу. У корпусі сепаратора А1-БІС-12 (рис. 2.2) встановлені рами, що висуваються, з сортувальними 11 і підсівними 10 ситами, зафіксовані ексцентриковими механізмами. Ситові рами подовжніми і поперечними брусами розділені на вічка, в кожній з яких є по дві гумові кульки 13, призначених для очищення сит. До нижньої площини ситової рами прикріплені сітчасті піддони.



1 - рухома стінка; 2-пневмосепаруючий канал; 3- випускний канал; 4 - вібралоток;
5 - вібратор; 6, 7- лотки; 8 - шків; 9 - електродвигун; 10- підсівні сита; 11 -
сортувальні сита; 12- приймальний патрубок; 13 - гумова кулька; 14 - патрубок
для аспірації

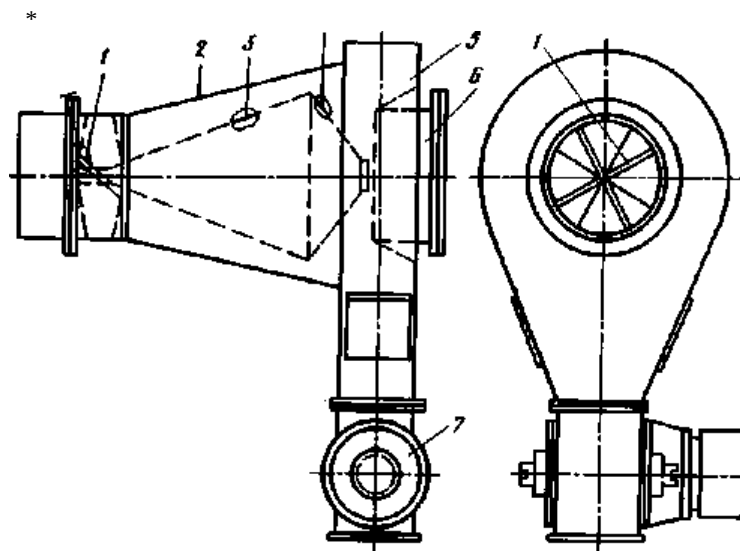
Рисунок 2.2 – Сепаратор А1-БІС-12

На передній стінці ситового корпусу встановлений електродвигун 9, який за допомогою клинопасової передачі приводить до обертання шківів 8 з дебалансним вантажем, що забезпечує колову поступальну ходу ситового корпусу. У верхній частині станини встановлені приймальний патрубок 12 для входу зерна і патрубок 14 для підключення до аспіраційної мережі. Очищене зерно виходить через

випускний канал 3. Для виведення крупних домішок служить лоток 7, для дрібних - лоток 6. З боку сходової частини корпусу встановлений пневмосепаруючий канал 2 з вібрототком 4, призначеним для подачі зерна в канал.

Для найбільш ефективного виділення легких домішок в пневмосепаруючому каналі регулюють амплітуду коливань вібрототка, величину вильоту його в канал, величину вихідної щілини і швидкість повітряного потоку (положенням рухомої стінки 1) у верхній і нижній частинах каналу, а також витрату повітря.

У комплект постачання сепаратора входить спеціальний горизонтальний циклон, призначений для осадження зависей і встановлюваний після сепаратора. Циклон є усіченим конусом 2 (рис. 2.3.), усередині якого на загальній горизонтальній осі розташовано два внутрішні конуси 3, 4 менших розмірів.



1- криволінійна лопать; 2 - усічений конус; 3, 4 - конуси; 5 - камера; 6 - вихідний патрубок; 7 - шлюзовий затвор

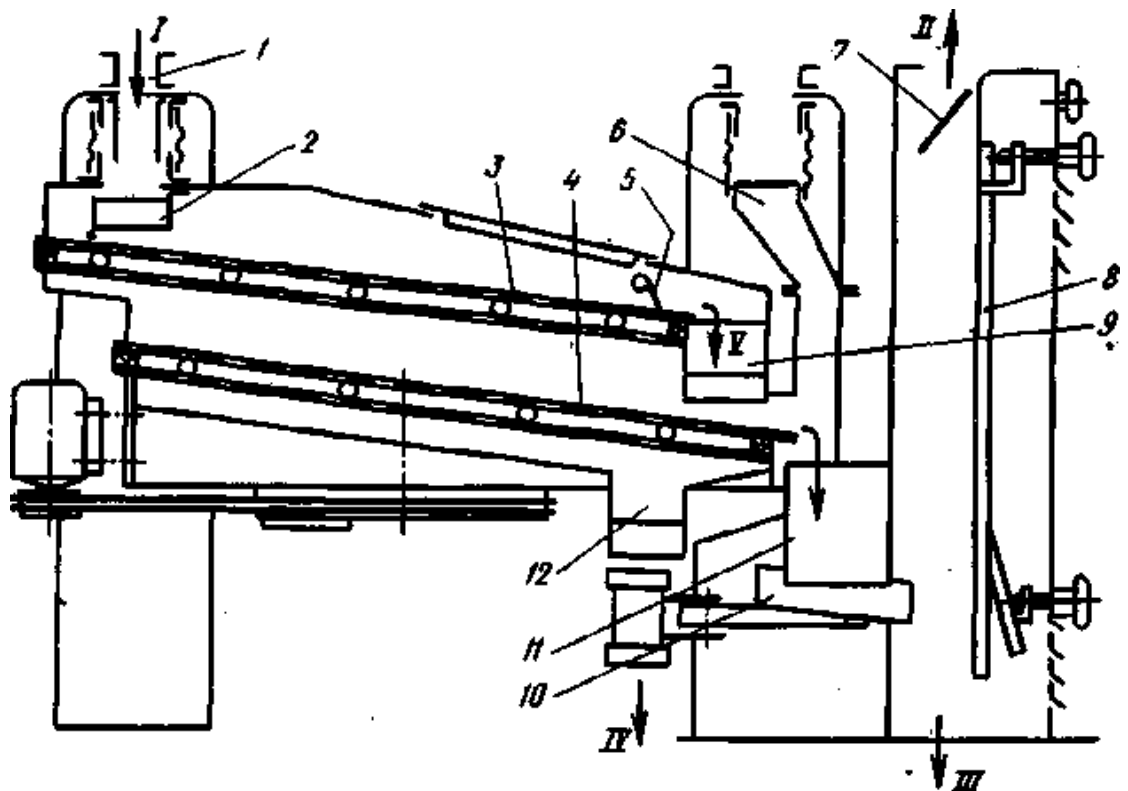
Рисунок 2.3 – Циклон сепаратора А1-БІС-12

Вони зварені між собою великими підставами так, що утворений між конусами кільцевий канал спочатку поступово звужується, а потім різко розширюється, переходячи в розширювальну камеру 5, приєднану до більшої підстави зовнішнього конуса 2.

У вхідній частині циклону приварено чотири криволінійні лопаті 1, що

забезпечують закручування повітряного потоку в кільцевому каналі. Знизу до розширювальної камери приєднують шлюзовий затвор 7 або протипідсосний клапан.

Принцип роботи сепараторів наступний (рис. 2.4): зерно, що очищається, самопливом поступає в ситовий корпус, крупні домішки (схід з сортувального сита 3) виводяться по лотку 9 з сепаратора, а суміш зерна з дрібними домішками проходом через сортувальне сито 3 прямує на підсівне сито 4.



2 - приймальний патрубков; 2 - розподільне днище; 3 - сортувальне сито; 4 - підсівне сито; 5 - фартух; 6 - аспіраційний патрубков; 7 - дросельний клапан; 8 - рухома стінка; 9 - лоток для крупних домішок; 10 - вібралоток; 11 - живляча коробка; 12-лоток для дрібних домішок; I- неочищене зерно; II - легкі домішки; III- очищене зерно; IV - дрібні домішки; V - крупні домішки

Рисунок 2.4 – Технологічна схема сепараторів А1-БІС

Дрібні домішки (прохід підсівного сита) поступають в лоток 12 і віддаляються з сепаратора. Очищене на ситах від крупних і дрібних домішок

зерно поступає на віброток 10 і далі в пневмосепаруючий канал; при проходженні повітря через потік зерна легені домішки виділяються із зернової суміші і виносяться повітрям через канал в горизонтальний циклон. Очищене зерно з пневмосепаруючого каналу через отвір в підлозі по трубах йде на подальшу обробку.

Сепаратори типу А1-БЛС. Відрізняються від сепараторів типа А1-БІС в основному конструкцією пневмосепаруючого каналу [21]. Регульована перегородка виконана з тришарового скла, вона ж служить зовнішньою стінкою каналу. Лампа встановлена зверху каналу горизонтально. Відбивач направляє світловий потік лампи на перегородку і просвічує її по всій довжині пневмосепаруючого каналу, що дозволяє спостерігати за процесом очищення зерна від легких домішок по всій довжині каналу.

Крім того, ситовий корпус сепаратора А1-БЛС-12 односекційний. Останні машини мають двосекційний кузов.

У сепараторах А1-БЛС-12 і А1-БЛС-16 з приймального патрубку зернова суміш поступає на спеціальне днище, на якому розподіляється рівномірним шаром по ширині сортувального сита.

У сепараторах А1-БЛС-100 і А1-БЛС-150 з приймального патрубку зернова суміш поступає на сортувальне сито, на якому за допомогою клапана розподіляється рівномірним шаром по всій його ширині. Фартух зменшує можливість попадання зерна у відходи. Технічні характеристики даних типів сепараторів наведені в табл. 3.1 [22].

Під час роботи сепаратора під навантаженням особливу увагу звертають на:

- рівномірність подачі зерна в ситовий корпус;
- рівномірність розподілу зерна по ширині сортувальних сит;
- плавність ходу ситового корпусу;
- відсутність підсміття зерна і надмірного пилення;
- наявність підпору зерна в живлячих коробках над вібротками;
- ефективність сепарації в пневмосепаруючому каналі;
- відсутність забивання сит зерном і домішками.

Таблиця 2.1 – Технічна характеристика сепараторів

Показники	A1-БІС-12	A1-БІС-100	A1-БЛС-12	A1-БЛС-16	A1-БЛС-100	A1-БЛС-150
Продуктивність т/год	12	100	12	16	100	150
Ефективність %	60.80	50.60	60.80	60.80	50.60	50.60
Число ситових рам всього	4	8	4	4	8	8
у кожному ярусі	1	2	2	1	2	2
Розмір ситових рам, мм	1000х1000	1000х750	1000х750	1000х1000	1000х750	1500х750
Потужність електро-двигуна, кВт приводу	1,1	1,1	1,1	1,1	1,5	1,5
вібраторів	0,24	0,24	0,12	0,24	0,24	0,24
Витрата повітря, м³/год	6000	8500	4000	8200	8500	12600
Габарити, мм:						
довжина	1950	2550	2590	2085	2590	2630
ширина	2525	2525	1360	2510	2510	3590
висота	1510	1510	2075	2075	2150	2260
Маса, кг	1450	1650	950	1470	1640	2130

При технічному обслуговуванні сепараторів під час декадних або інших планово-профілактичних зупинок перевіряють стан ситових рам і гумових кульок. Пошкоджені ситові рами і зношені кульки замінюють новими. Усувають неполадки, відмічені під час роботи, перевіряють натягнення приводних ременів, стан ущільнення ситових рам і оглядових люків. Особливу увагу звертають на надійність затягування різьбових з'єднань, на кріплення гнучких підвісок до станини і ситового корпусу, електродвигуна і вібратора.

РОЗДІЛ 3

АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

3.1 Особливості конструкції і експлуатації сепараторів А1- БІС та А1-БЛС

Відмітними особливостями сепараторів А1-БІС та А1-БЛС є:

- відсутність осадових камер, що дозволяє зменшити їх габарити і масу;
- використання регульованої перегородки 9, за допомогою якої можливо змінювати швидкість повітря в пневмосепаруючому каналі, а значить і якість пневмосепарування;
- закріплення сит до ситового кузова здійснене за допомогою ексцентрикових затискних пристроїв, що забезпечує простоту і зручність в обслуговуванні;
- використання гнутих тонкостінних профілів дозволяє знизити масу сепаратора;
- для обмеження амплітуди коливань в періоди пуску і зупинки передбачені гумові амортизатори;
- використання підсвічування в пневмоканалі і оглядовому вікні дозволяє тонше побудувати процес пневмосепарування;
- використання вібролотка дає можливість рівномірно направити зерновий потік по ширині пневмоканалу, а це підвищує ефективність пневмосепарування;
- для можливості очищення двох різних культур сепаратори розділені на дві секції з незалежними приймальними пристроями;
- на елеваторах встановлюють підсівні сита з трикутними отворами; на борошномельних заводах сортувальні сита мають прямокутні отвори, групи яких орієнтовані перпендикулярно один одному, що підвищує просіювання;
- повітряні потоки регулюють (з допомогою жалюзі 10) так, щоб основна частина повітря поступала під вібролоток.

3.2 Опис технічних рішень з модернізації повітряно-ситового сепаратора А1-БЛС-100

Привід повітряно-ситового сепаратора А1-БЛС-100 містить клинопасову передачу, яка складається з двох шківів. Шків з меншим діаметром закріплений на вал електродвигуна, а більший шків закріплений на ексцентриковому валу машини. Кріплення на вали за допомогою шпона. Шків охоплює і вводить в зачеплення клиновий ремінь.

Таке конструктивне виконання має певні недоліки, які, зокрема, пов'язані з використанням ексцентрикового вала для збудження низькочастотних коливань. Для таких технічних рішень притаманна складність конструкції та пов'язані з цим наслідки: складність експлуатації, ремонту та відновлення.

У зв'язку з цим в роботі нами запропоновано провести модернізацію сепаратора шляхом використання інерційного віброзбуджувача. Технічний результат модернізації полягає в наступному:

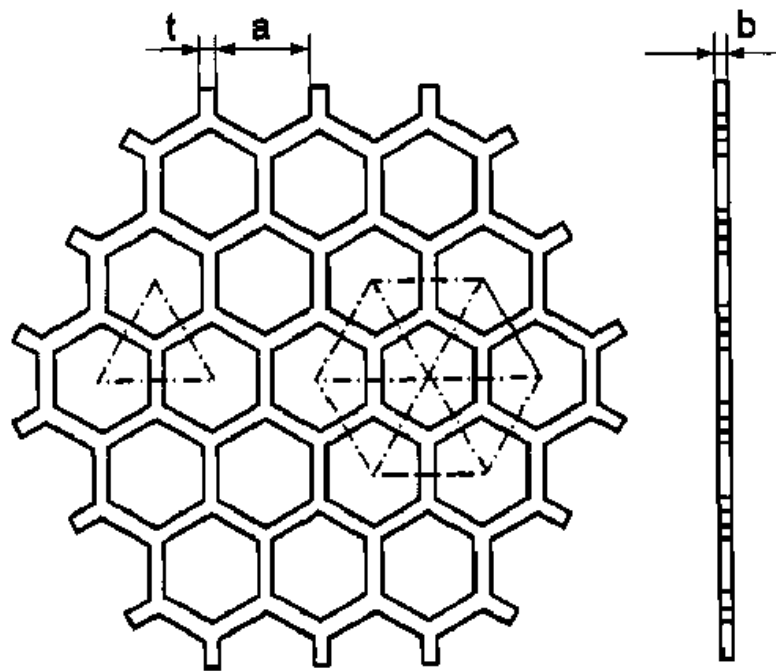
- простота конструкції, легкість використання, ремонту та ін.;
- регулювання технологічних параметрів робочого процесу сепарування, зокрема, амплітуди коливань за рахунок зміни статичного моменту маси дебалансів; простота конструкції;
- зниження енерговитрат.

Решета повітряно-ситового сепаратора А1-БЛС-100 мають прямокутні або округлі форми.

Як було доведено (див. розд. 2.2), в круглий отвір решіт частинка проходить, коли її довга вісь перпендикулярна площині отвору, а в прямокутних – сировина повинна рухатися прямолінійно уздовж отворів. Також при таких геометричних формах спостерігається заклинювання зерен в отворах, як наслідок підвищене засмічення сита зернами, що застрягли та зниження проникності сита та пропускної здатності, продуктивності. З цього випливає, що ефективність сепарування підвищується при збільшенні пропускної його здатності. Модернізацію пропонує провести шляхом заміни решіт зі зміною форми отворів.

Решето представлено перфорованою пластиною з отворами шестикутної форми. Периметр шестикутника завжди більше довжини вписаного в нього кола. Крім того, у решеті з шестикутними отворами перемички з рівнобічними сторонами, що поліпшує проникність і компактність сита, тому що ширину перемичок можливо довести до 1-1,5 товщини листа пластини. Під час очищення зерна через шестикутні отвори насіння торкаються його сторін максимум у шести точках, а то й менше. Тобто, зерно менш схильне до заклинювання в решеті при його вібруванні і легше проходить через шестикутні отвори (рис. 3.1).

Величина ширини "t" перемички між отворами складає від 1 до 1,5 величини товщини "b" листа пластини. Перфорована пластина сита виконана з металевого (сталевого або з кольорових металів) листа або пластмасового листа постійної товщини. Величина товщини "b" листа пластини складає від 0,6 мм до 1,5 мм. Ширина "a" отворів складає від 0,5 мм до 15 мм.



a - ширина шестикутного отвору; t - ширина перемички між суміжними сторонами шестикутників отворів; b - товщина листа перфорованої пластини

Рисунок 3.1 – Фрагмент решета з шестикутними отворами

Для шестикутних отворів із шириною "a" від 0,5 мм до 3 мм величина

товщини "b" пластини складає 0,6 мм, проникність сита збільшується від 97 % до 144 % щодо сита з круглими отворами.

Для шестикутних отворів із шириною "a" від 3 мм до 6 мм величина товщини "b" пластини складає 1 мм, проникність сита збільшується від 60% до 113 % щодо сита з круглими отворами.

Для шестикутних отворів із шириною "a" від 6 мм до 15 мм величина товщини "b" пластини складає 1,5 мм, проникність сита збільшується від 53% до 92 % щодо сита з круглими отворами.

Найменша величина розміру ширини перемички між отворами дорівнює товщині листа пластини. Ширина прямокутного розгорнення листа перфорованої пластини складає 790 мм. Довжина прямокутного розгорнення листа перфорованої пластини складає 990 мм.

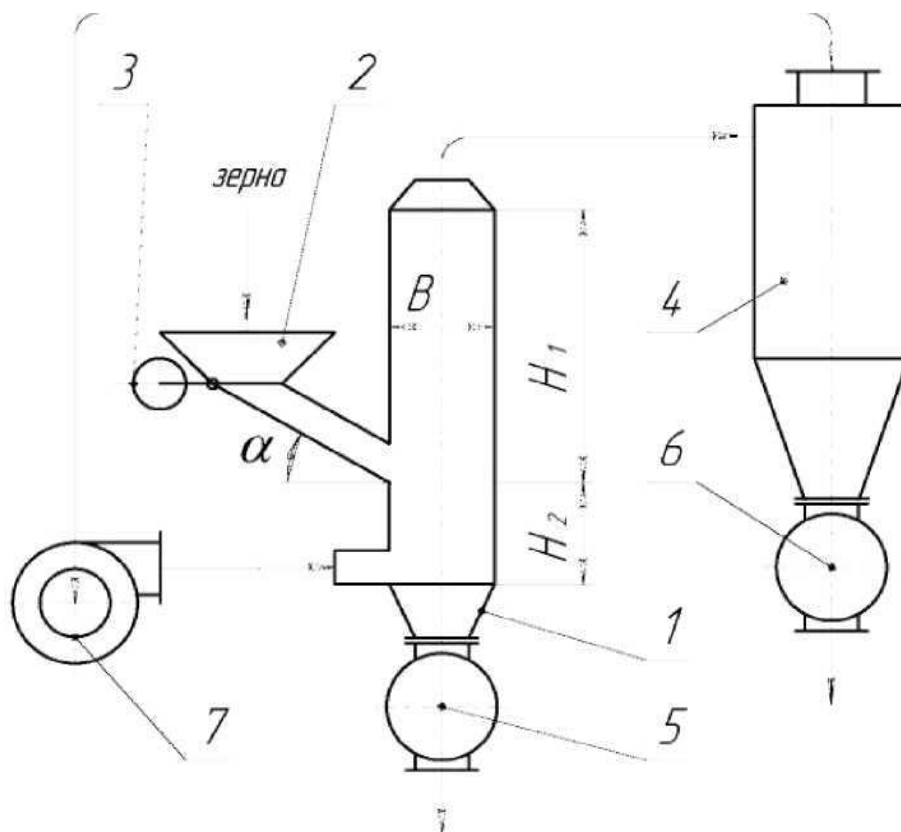
Застосування такої форми решіт доцільне як з точки зору підвищення ефективності розсіву (80%), так і зниження травмування зерна.

3.3 Розрахунки основних параметрів повітряно-ситового сепаратора А1-БЛС-100

Розрахунок проводимо для повітряно-ситового сепаратора Розрахувати і розробити ситового для повітря сепаратора для вторинного очищення пшениці від легких домішок. Продуктивність сепаратора $Q=100$ т/год. Ефективність очищення складає $z = 85\%$, вміст домішок в зерні – 2%, вміст нормального зерна у відходах – 2%.

Повітряний сепаратор працює по замкнутому циклу повітря, пневмосепаруючий канал має прямокутну форму.

Технологічний процес в повітряному сепараторові відбувається наступним чином (рис. 3.2)



1 - пневмосепаруючий канал; 2 - завантажувальна воронка; 3 - вантажний клапан;
4 - осадова камера (циклон); 5, 6 - шлюзовий затвор; 7 – вентилятор

Рисунок 3.2 – Технологічна схема повітряного сепаратора

Вихідне зерно поступає в завантажувальну воронку 2, потім через вантажний клапан 3, який створює підпір, що перешкоджає підсосу повітря, в пневмосепаруючий канал 1. Зерновий шар повинен рівномірно розподілятися по всій довжині пневмосепаруючого каналу 1 і перетинатися повітряним потоком практично під прямим кутом [23].

Повітряний потік, пронизуючи шар зерна, підхоплює легкі домішки і переміщує їх в осадову камеру 4, де вони відділяються від повітря і виводяться з камери через шлюзовий затвор 6, а очищене повітря вентилятором 7 прямує в пневмосепаруючий канал 1. Очищене зерно падає в низ пневмосепаруючого каналу і виводиться через шлюзовий затвор 5.

Фізико-механічні властивості пшениці:

- об'ємна щільність $\rho = 760 \text{ кг/м}^3$;
- коефіцієнт внутрішнього тертя $f_1 = 0,47$;

- кут тертя $\varphi = 20,3^\circ$;
- 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, згідно рекомендаціям, приймаємо $q = 190$ кг/(год*см).

3.3.1 Технологічні розрахунки. Максимальна кількість домішок, що виділяються із зерна, визначаємо, знаючи вміст нормального зерна у відходах $a = 2\%$ від їх маси; B - масу домішок у вихідній суміші, які могли бути виділені повітряним потоком:

$$B = Q \cdot 0,02 = 100000 \cdot 0,02 = 2000 \text{ кг.}$$

Площу решета знаходимо за формулою:

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

де a - довжина решета, мм;

b - ширина решета, мм.

$$F_p = 1000 \cdot 750 = 0,75 \text{ м}^2$$

Визначимо пропускну спроможність решета:

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

де K_p - коефіцієнт залежний від основної культури $K_p = 1$;

g_p - питоме навантаження рекомендується на решето, приймаємо $g_p = 1,9$;

$\tau_{\text{см}} = 0,8$ - коефіцієнт, що враховує використання машини в зміні.

F_p - площа решета.

$$Q_p = 1 \cdot 0,75 \cdot 1,9 \cdot 3,6 \cdot 0,8 = 4,104 \text{ т / год}$$

Максимальна кількість домішок A , що виділяються із зерна:

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

де A - маса відходів, кг;

a - вміст нормального зерна у відходах % від їх маси;

B - маса домішок у вихідній суміші, які могли бути виділені повітряним потоком, кг

Звідси:

$$A = \frac{\eta \cdot B}{100 \cdot (1 - \frac{a}{100})} = \frac{75 \cdot 2000}{100 \cdot (1 - \frac{2}{100})} = 1530$$

Геометричні розміри пневмосепаруючого каналу визначаємо виходячи з вибраного питомого зернового навантаження $q=190$ кг/(год*см) і заданій продуктивності $Q=100$ т/год.

Довжину каналу L (см) визначаємо за формулою:

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

де Q - Продуктивність повітряного сепаратора (кг/год);

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

$$L = \frac{Q}{q} = \frac{100}{190} = 53 \text{ см} = 0,53 \text{ м}$$

Приймаємо довжину пневмосепаруючого каналу $L = 0,55$ м.

Виходячи з вибраного зернового навантаження приймаємо ширину каналу $B = 200 \text{ мм} = 0,2$ м.

Висота верхньої частини пневмосепаруючого каналу від місця вступу зерна в канал до повороту в осадовий пристрій приймаємо, згідно рекомендаціям $H_1 = 1100 \text{ мм} = 1,1$ м.

Висоту від місця вступу повітря в канал до місця вступу зерна приймаємо $H_2 = 120$ мм, інакше повітряний потік, що не вирівнюється, відноситиме нормальні

зерна у відходи, а легені домішки можуть залишитися в зерні.

Кут введення зерна в даній конструкції має бути більше кута тертя і рівний:

$$\alpha > \varphi = \arctan f, \quad (3.5)$$

де α - кут введення зерна;

φ - кут тертя;

f - коефіцієнт зовнішнього тертя по сталевому решету;

Звідси:

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

Приймаємо $\alpha = 30^\circ$

Ефективність очищення зерна повітряним потоком залежить від початкової швидкості V_0 потрапляння часток в пневмосепаруючий канал і середньої швидкості V повітряного потоку. Початкову швидкість вступу часток, згідно рекомендаціям, приймаємо $V_0 = 0,3$ м/с [24].

Швидкість V повітряного потоку для очищення продовольчого зерна визначають по формулі (3.6), приймаючи по додатку 2 швидкість витання пшениці $V_{\text{вит}} = 9$;

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

де V - швидкість повітряного потоку для очищення продовольчого зерна;

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

Звідси:

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

Приймаємо швидкість повітряного потоку рівною $V = 6$ м/с.

Витрата повітря в повітряному сепараторі Q_B (м³ /с) визначають за формулою (3.7), знаючи основні параметри повітряного сепаратора: ширина каналу $B = 0,15$ м; довжина каналу $L = 0,55$ м:

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

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

B - ширина каналу, м; L - довжина каналу, м;

V - швидкість повітряного потоку, м/с.

Звідси:

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

Втрати тиску в пневмосепаруючому каналі ΔH (кгс/м) визначають за формулою (3.8), знаючи витрату повітря $Q = 29,7$ м³/хв. і задаємося коефіцієнтом опору $k = 0,08$ кгс·хв²/м⁸.

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

де ΔH - втрати тиску в повітряному сепараторові (кгс/м²);

k - коефіцієнт опору, кгс·хв²/м⁸;

Q - витрата повітря, м³/хв.

Звідси:

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

Втрати тиску у віддільнику ΔH_1 (Па) визначаємо за формулою (3.9), коефіцієнт аеродинамічного опору віддільника $\xi_{\text{отд}} = 3,7$, швидкість повітря на вхідному патрубку, $V_{\text{вх}} = 10$ м/с; щільність повітря за нормальних умов, $\rho_B = 1,2$ кг/м³:

$$\Delta H_1 = \xi_{\text{отд}} \cdot \frac{\rho_B \cdot V_{\text{вх}}^2}{2} \quad (3.9)$$

де ΔH_1 - втрати тиску у віддільнику;

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

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

ρ_B - щільність повітря за нормальних умов, $\rho_B = 1,2$ кг/м³.

Звідси:

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

Сумарні втрати тиску в повітряному сепараторові визначаємо за формулою (3.10)

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

де ΔH - втрати тиску в повітрі сепаратора (кгс/м²);

ΔH_1 -втрати тиску у віддільнику;

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

Звідси:

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

Необхідну потужність приводу вентилятора N (кВт) визначаємо за формулою (3.11), знаючи витрату повітря і вибираємо ККД вентилятора (визначають по характеристиці вентилятора) $\eta_v=0,5$; ККД приводу клинопасової й передачі $\eta_n = 0,95$.

$$N = \frac{Q_B \cdot H}{1000 \cdot \eta_v \cdot \eta_n}; \quad (3.11)$$

де N - потужність приводу вентилятора (кВт);

H - сумарні втрати тиску в повітряному сепараторові, Па;

η_v – ККД вентилятора визначають;

η_n - ККД приводу при посадці колеса на вал електродвигуна ;

$\eta_n = 1$; при з'єднанні валів муфтою $\eta_n = 0,98$).

Звідси:

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

Вибираємо за довідником вентилятор типу ВЦП-3, його паспортні дані: продуктивність $Q = 0,55$ м³/с, частота обертання $n = 2500$ хв⁻¹, максимальний тиск $H = 1020$ Па; потужність електродвигуна $N = 2,2$ кВт [25].

Для подачі зерна застосовуємо вантажний клапан, який одночасно герметизує пневмосепаруючий канал від підсосу повітря.

Для виведення зерна і легких домішок з пневмосепаруючого каналу і осадової камери з одночасною їх герметизацією служать шлюзові затвори.

Необхідну ємкість $V_{ш}$ (дм³) визначаємо за формулою (3.12), знаючи

розрахункову продуктивність затвора $Q_{ш} = 83,3$ кг/хв; об'ємну масу пшениці $\rho = 0,76$ кг/дм³, і вибираємо, згідно рекомендаціям, частоту обертання ротора $n = 30$ хв⁻¹ і коефіцієнт заповнення вічок $\varphi = 0,7$. Потім вибираємо типорозмер шлюзового затвора.

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

де $V_{ш}$ - необхідна ємність (дм³);

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

ρ - об'ємна маса продукту, кг/дм ;

n - частота обертання ротора, хв⁻¹, $n = 20 \dots 40$ хв⁻¹;

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

Звідси:

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

Вибираємо шлюзовий затвор ШУ-6.

Потужність, що витрачається для приводу шлюзового затвора $N_{шл}$ (кВт), визначаємо за формулою (3.13). Вертикальний тиск вантажу на площину зрізу завантажувального отвору $\rho = 500$ Н/м ; коефіцієнт, що враховує витрату енергії на дроблення часток, для зернових матеріалів $K_1 = 2,2$; ККД приводу шлюзового затвора $\eta = 0,7$; коефіцієнт, що враховує втрати енергії в підшипниках валу ротора шлюзового затвора, для підшипників ковзання $\eta_{шл} = 0,90$, частота обертання ротора $n = 0,5$ с⁻¹. Радіус ротора і радіус завантажувального отвору визначуваний по довіднику, відповідно для шлюзового затвора ШУ-6 , $R_p = 0,117$ м; $r_3 = 0,075$ м.

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

де $N_{шл}$ - потужність, що витрачається для 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 $K_1=1,0$;

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

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

Звідси:

$$N_{шл} = \frac{\pi}{159} \cdot 500 \cdot 0,117 \cdot 0,075^2 \cdot 0,5 \cdot tq_{20,3} \frac{2,2}{0,7 \cdot 0,9} = 0,004 \text{ кВт}$$

За розрахунковими даними складаємо кінематичну схему приводу шлюзового затвора і вибираємо електродвигун.

3.3.2 Визначення маси коливних частин разом з матеріалом і встановлення сумарного статичного моменту дебалансів [26]. Для визначення маси коливних частин разом з матеріалом M , кг,

використовуємо формулу:

$$M = M_p + 0,15 \cdot M_m, \quad (3.14)$$

де M_p – маса коливних частин сепаратору, кг, $M_p=300$;

M_m – маса матеріалу на верхньому ситі, кг.

$$M_m = B \cdot L \cdot d_{\max} \cdot K_p \cdot \rho, \quad (3.15)$$

де B – ширина просіваючої поверхні, м, $B=0,75$;

L – довжина просіваючої поверхні, м, $L=1$;

$d_{\max}$ – розмір завантажуваного матеріалу, м, $d_{\max}=0,08$;

K_p – коефіцієнт розрихлення матеріалу, $K_p=0,5$;

ρ – щільність, кг/м³, $\rho=760$.

$$M_m = 0,75 \cdot 1 \cdot 0,08 \cdot 0,5 \cdot 760 = 63;$$

$$M = 300 + 0,15 \cdot 63 = 309,5.$$

Знаходимо сумарний статичний момент дебалансів me , кг • м, використовуючи формулу:

$$me = M \cdot a, \quad (3.16)$$

де M – маса коливних частин разом з матеріалом, кг;

a – амплітуда коливань під навантаженням, м, $a = 0,004$.

$$me = 309,5 \cdot 0,004 = 1,24.$$

Визначаємо змушуючу силу віброзбудника F , кН, за формулою:

$$F = me \cdot \omega^2, \quad (3.17)$$

де me – сумарний статичний момент дебалансів, кг • м;

ω – кутова швидкість, рад/с.

$$\omega = 2\pi \cdot f, \quad (3.18)$$

де f – частота коливань, Гц, $f = 12,5$.

$$\omega = 2 \cdot 3,14 \cdot 12,5 = 78,5;$$

$$F = 1,24 \cdot 78,5^2 = 7,6.$$

3.3.3 Визначення розмірів одного дебалансу. Статичний момент одного з 4-х дебалансів (2 рухомих), з однаковими розмірами (me), кгм, визначаємо за формулою [27]:

$$(me)' = \frac{me}{4} \cdot 1,2, \quad (3.19)$$

де me – сумарний статичний момент дебалансів, крм, $me = 1,24$;

1,2 – коефіцієнт, який дозволяє регулювати амплітуду коливань.

$$(me)' = \frac{1,24}{4} \cdot 1,2 = 0,372.$$

Приймаємо матеріал дебалансів – сталь вуглецева звичайної якості Ст3, яка має $\delta_s=400$ МПа, $\delta_T=200$ МПа, $\rho=7850$ кг/м³.

Конструктивно приймаємо необхідні розміри дебалансу:

R – найбільший радіус дебалансу, м, $R = 0,25$;

r – радіус верхньої частини дебалансу, м,

$$r = r_B + (0,01...0,015) = 0,06 + 0,01 = 0,07; \quad (3.20)$$

де r_B – радіус дебалансного валу, м, $r_B = 0,06$.

Товщина одного дебалансу δ , м, визначається за формулою:

$$\delta = \frac{3}{2} \cdot \frac{(me)'}{(R^3 - r^3) \cdot \rho \cdot \sin \varphi / 2}, \quad (3.21)$$

де φ – кут нижньої частини дебалансу, град., $\varphi = 96$.

$$\delta = \frac{3}{2} \cdot \frac{0,372}{(0,25^3 - 0,07^3) \cdot 7850 \cdot \sin 96 / 2} = 0,032.$$

Визначаємо розміри накладок для дебалансів.

Конструктивно приймаємо 4 накладки, по одній на кожний дебаланс.

Визначаємо величину статичного моменту для накладок $(me)_H$, кгм, за формулою:

$$(me)_H = \frac{0,4 \cdot me}{4}, \quad (3.22)$$

$$(me)_H = \frac{0,4 \cdot 1,24}{4} = 0,124.$$

Знаходимо товщину накладок δ_H , м, за формулою:

$$\delta_H = \frac{3}{2} \cdot \frac{(me)_H}{(R^3 - r_H^3) \cdot \rho \cdot \sin \varphi / 2}, \quad (3.23)$$

де r_H – менший радіус накладки, м, $r_H = 0,1$.

$$\delta_H = \frac{3}{2} \cdot \frac{0,124}{(0,25^3 - 0,1^3) \cdot 7850 \cdot \sin 96 / 2} = 0,02.$$

Перевірка дебалансу δ ст, МПа, на стиск:

$$\delta_{cm} = \frac{S}{2 \cdot d \cdot h \cdot z} \leq [\delta_{cm}], \quad (3.24)$$

де δ_{cm} – напруга стиску, МПа; S – зсуваюча сила, Н;

d – діаметр валу дебалансів, м, $d = 0,04$;

h – товщина дебалансу, м, $h = 0,032$;

z – число дебалансів, $z = 1$; $[\delta_{cm}]$ – допустиме напруження на стиск.

$$S = \frac{F}{2}, \quad (3.25)$$

де F – вимушуюча сила, Н, $F = 7641,2$.

$$S = \frac{7641,2}{2} = 3820,6;$$

$$\delta_{cm} = (0,8...1) \cdot \delta_T = 0,8 \cdot 200 = 160;$$

$$\delta_{cm} = \frac{3820,6}{2 \cdot 0,4 \cdot 0,032 \cdot 1} = 1,49 < 160.$$

Отже, можна зробити висновок, що сконструйований дебаланс відповідає вимогам.

На рис. 3.3 – 3.4 зображаємо ескізи дебалансу та накладки.

Перевірка дебалансу δ_{cm} , МПа, на стиск:

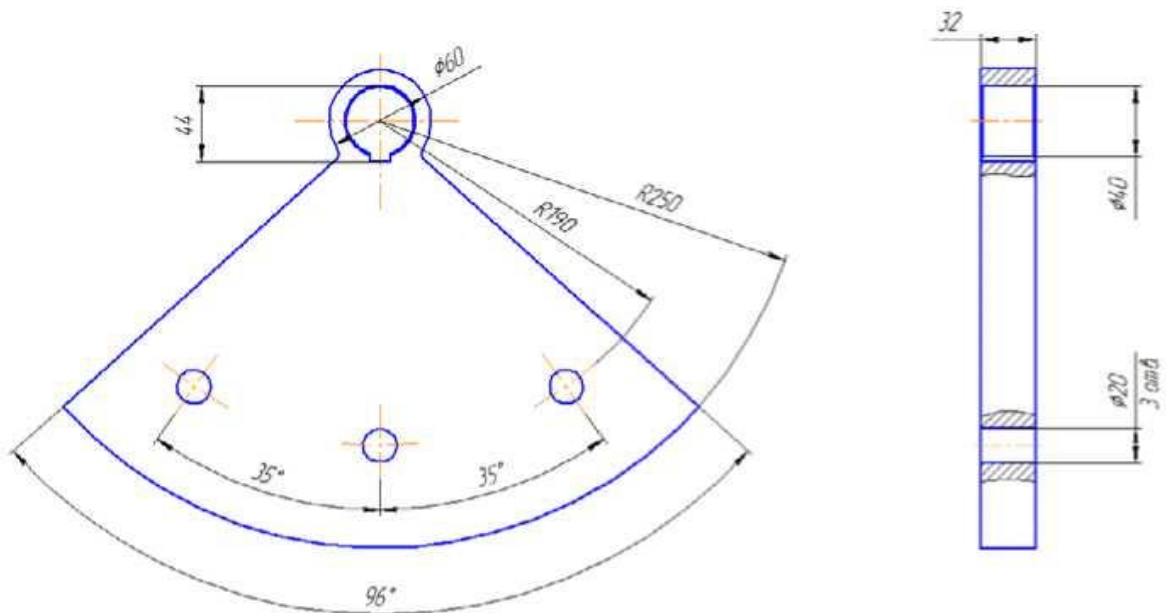


Рисунок 3.3 – Дебаланс вібробудника

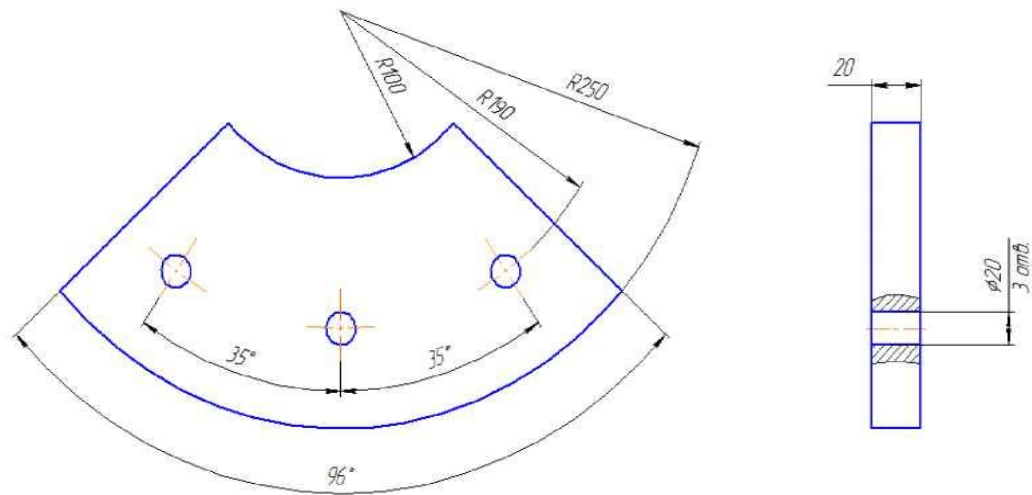


Рисунок 3.4 – Накладка для дебалансів віброзбудника

3.3.4 Визначення навантаження на підшипники і підбір підшипників (зі строком служби не менше 4000...5000 годин). Конструктивно приймаємо дебалансний вал, який кріпиться в опорах на двох підшипниках кочення [28]. Радіальне навантаження, яке діє на один підшипник буде дорівнювати:

$$F_{r_1} = F_{r_2} = \frac{F}{2} = \frac{7,6}{2} = 3,8 \text{ кН}.$$

3.3.5 Осьове навантаження на підшипник: $F_a = 0$.

Знаходимо частоту обертання дебалансів n , об/хв., за формулою:

$$n = \frac{30 \cdot \omega}{\pi}; \quad (3.26)$$

$$n = \frac{30 \cdot 78,5}{3,14} = 750.$$

Визначаємо еквівалентне динамічне радіальне навантаження P , кН, за формулою:

$$P = (VXF_r + (YF_a) \cdot K_\delta \cdot K_T), \quad (3.27)$$

де X , Y – коефіцієнти радіального та осьового навантаження, так як $F_a = 0$ $X = 1$;

V – коефіцієнт обертання, $V = 1$;

K_δ – коефіцієнт безпеки, $K_\delta = 1,8$;

K_T – температурний коефіцієнт, $K_T = 1$.

$$P = (1 \cdot 1 \cdot 3,8 + 0) \cdot 1,8 \cdot 1 = 6,84.$$

Розраховуємо необхідну динамічну вантажопідйомність $C_{дин}$, кН, за формулою:

$$C_{дин} = P^p \sqrt{\frac{60 \cdot n \cdot L_n}{a_1 \cdot a_{23} \cdot 10^6}}, \quad (3.28)$$

де p – показник степені, $p=10/3$;

L_n – строк служби підшипника, год., $L_n=4500$;

a_1 – коефіцієнт надійності, $a_1=1$; a_{23} – коефіцієнт матеріалу, $a_{23}=0,75$.

$$C_{дин} = 6840 \cdot 10^{10/3} \sqrt{\frac{60 \cdot 750 \cdot 4500}{1 \cdot 0,75 \cdot 10^6}} = 36,7.$$

За каталогом обираємо підшипник роликовий двохрядний, сферичний, за ГОСТ 5721–75, №3509, який має наступні параметри: $d=45$ мм, $D=85$ мм, $B=23$ мм, $C = 64$ кН, $C_0=35$ кН, $m = 0,6$ кг.

Проводимо перевірочний розрахунок підшипника за базовою довговічністю L_n , год., використовуючи формулу:

$$L_n = \left(\frac{C}{P} \right)^{10/3} \cdot \frac{10^6}{60 \cdot n}; \quad (3.29)$$

$$L_n = \left(\frac{64}{6,84} \right)^{10/3} \cdot \frac{10^6}{60 \cdot 750} = 38074.$$

В результаті проведених розрахунків ми отримали, що базова довговічність більше необхідної ($38074 > 5000 \dots 4000$), отже підшипник обраний вірно.

3.3.6 Складання кінематичної схеми сепаратору і визначення його ККД. Відповідно складеній кінематичній схемі, визначаємо загальний ККД $\eta_{заг}$, за формулою:

$$L_n = \left(\frac{64}{6,84} \right)^{10/3} \cdot \frac{10^6}{60 \cdot 750} = 38074 \cdot \eta_n, \quad (3.30)$$

де $\eta_{\text{кп}}$ – ККД клинопасової передачі, $\eta_{\text{кп}} = 0,95$;

η_n – ККД підшипників кочення, $\eta_n = 0,99^2$.

$$\eta_{\text{заг}} = 0,95 \cdot 0,99^2 = 0,931.$$

3.3.7 Розрахунок привідного електродвигуна. Визначаємо необхідну потужність привідного електродвигуна $N_{\text{дв}}$, кВт, яка витрачається на коливання короба вібросепаратора з матеріалом і на подолання сил тертя в підшипниках та розраховується за формулою:

$$N_{\text{дв}} = \frac{F^2}{\pi \cdot \omega \cdot M} + F \cdot f \cdot \frac{d}{2} \cdot \omega, \quad (3.31)$$

де F – вимушуюча сила вібробудника, кН, $F = 7,6$;

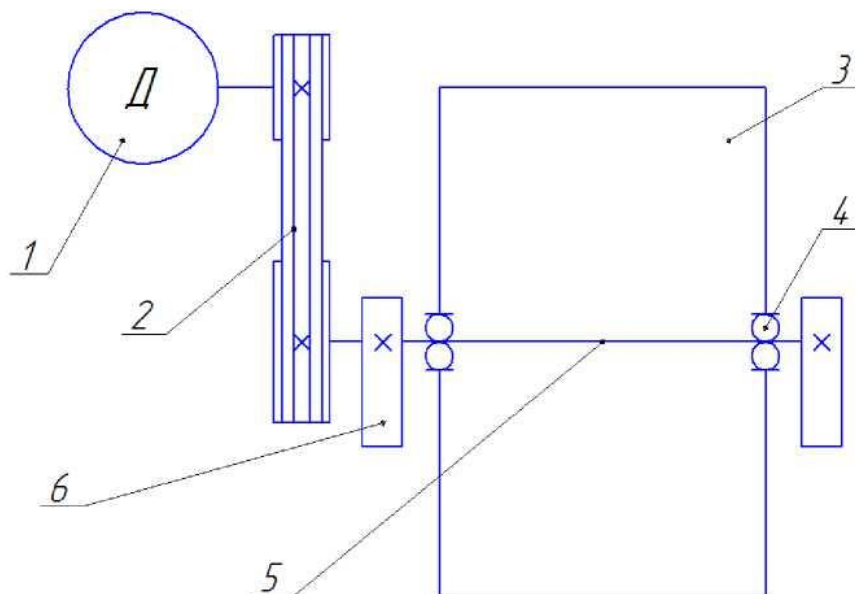
ω – кутова швидкість, рад/с, $\omega = 78,5$;

M – маса коливних частин, разом з матеріалом, кг, $M = 309,5$;

f – приведений коефіцієнт тертя для підшипників кочення, $f = 0,004$;

d – внутрішній діаметр прийнятого підшипника, м, $d = 0,045$.

$$N_{\text{дв}} = \frac{7,6^2 \cdot 10^6}{3,14 \cdot 78,5 \cdot 309,5} + 7,6 \cdot 0,004 \cdot \frac{0,045}{2} \cdot 78,5 = 0,75.$$



1 – привідний двигун; 2 – клинопасова передача; 3 – короб; 4 – підшипники; 5 – вал дебалансний; 6 – дебаланси

Рисунок 3.5 – Кінематична схема

Знаходимо встановлену потужність електродвигуна N_B , кВт, з урахуванням ККД вібросепаратору:

$$N_B = \frac{N_{\partial\theta}}{\eta_{\text{заг}}}, \quad (3.32)$$

де $\eta_{\text{заг}}$ – загальний ККД вібросепаратору, $\eta_{\text{заг}} = 0,931$.

$$N_B = \frac{757,1}{0,931} = 0,8.$$

Обираємо за каталогом асинхронний двигун серії 4А за ГОСТ 19523– 81, закритого типу що обдувається, типу 4А71В4У3, який має $N=0,75$ кВт, $n=1460$ об/хв., $\eta=0,72$, $\varphi=0,73$.

$$\frac{0,8 - 0,75}{0,8} \cdot 100\% = 6,3\%,$$

перевантаження двигуна дозволяється короткочасно в межах 10%, в нашому випадку ця умова дотримується.

3.3.8 Розрахунок дебалансного валу [26]. При розрахунку дебалансного валу, вихідними даними є дані, отримані нами в результаті розрахунків та конструктивним міркуванням.

За розрахунками ми отримали, що на дебалансний вал діють сили від дебалансів і які дорівнюють

$$F_{D_1} = F_{D_2} = \frac{F}{2} = \frac{7641,2}{2} = 3820,6 \text{ Н.}$$

Також на вал діє сила, викликана натягом клинопасової передачі дорівнює $F_{np}=270$ Н.

Приймаємо відстань між підшипниками дебалансного валу $l=1$ м. Відстань між веденим шківом клинопасової передачі та серединою найближчого підшипника $a=0,2$ м. Відстань між серединою дебалансів і серединою найближчого підшипника $b = 0,1$ м

Приймаємо режим роботи валу – постійний.

Користуючись кінематичною схемою приводу, знаходимо крутний момент на дебалансному валу T_2 , Н, за формулою:

$$T_2 = \frac{N_2}{\omega}, \quad (3.33)$$

де N_1 – потужність на дебалансному валу, Вт.

$$N_2 = N_1 \cdot \eta_{\text{кп}},$$

де N_1 – передаюча потужність електродвигуном, Вт, $N_1 = 813,21$;

$\eta_{\text{кп}}$ – ККД клинопасової передачі,

$\eta_{\text{кп}} = 0,95$; ω – кутова швидкість дебалансного валу, рад/с, $\omega = 78,5$.

$$N_2 = 813,21 \cdot 0,95 = 772,55;$$

$$T_2 = \frac{772,55}{78,5} = 9,84.$$

В якості матеріалу дебалансного валу приймаємо сталь 40Х, для цієї сталі границя міцності при розтязі – $\delta_s = 1000$ МПа, межа текучості – $\delta_m = 800$ МПа.

Креслимо в масштабі схему дебалансного валу, визначаємо реакції опор R , H , та згинаючі моменти M , Нм, (рис. 3.6).

$$\Sigma M_A = 0, \quad F_{np} \cdot a + F_D \cdot b + R_B \cdot l - F_D \cdot (l + b) = 0; \quad (3.34)$$

$$R_B = \frac{F_D \cdot (l + b) - F_{np} \cdot a - F_D \cdot b}{l} = \frac{3820,6 \cdot (1 + 0,1) - 270 \cdot 0,2 - 3820,6 \cdot 0,1}{1} = 3766,6.$$

$$\Sigma M_B = 0, \quad R_A \cdot l + F_D \cdot b - F_D \cdot (b + l) - F_{np} \cdot (a + l) = 0; \quad (3.35)$$

$$R_A = \frac{F_D \cdot (l + b) + F_{np} \cdot (a + l) - F_D \cdot b}{l} = \frac{3820,6 \cdot (0,1 + 1) + 270 \cdot (0,2 + 1) - 3820,6 \cdot 0,1}{1} = 4144,6.$$

Проводимо перевірку виконаних розрахунків:

$$\Sigma Y = 0, \quad R_A + R_B - F_{np} - F_D - F_D = 0; \quad (3.36)$$

$$4144,6 + 3766,6 - 270 - 3820,6 - 3820,6 = 0.$$

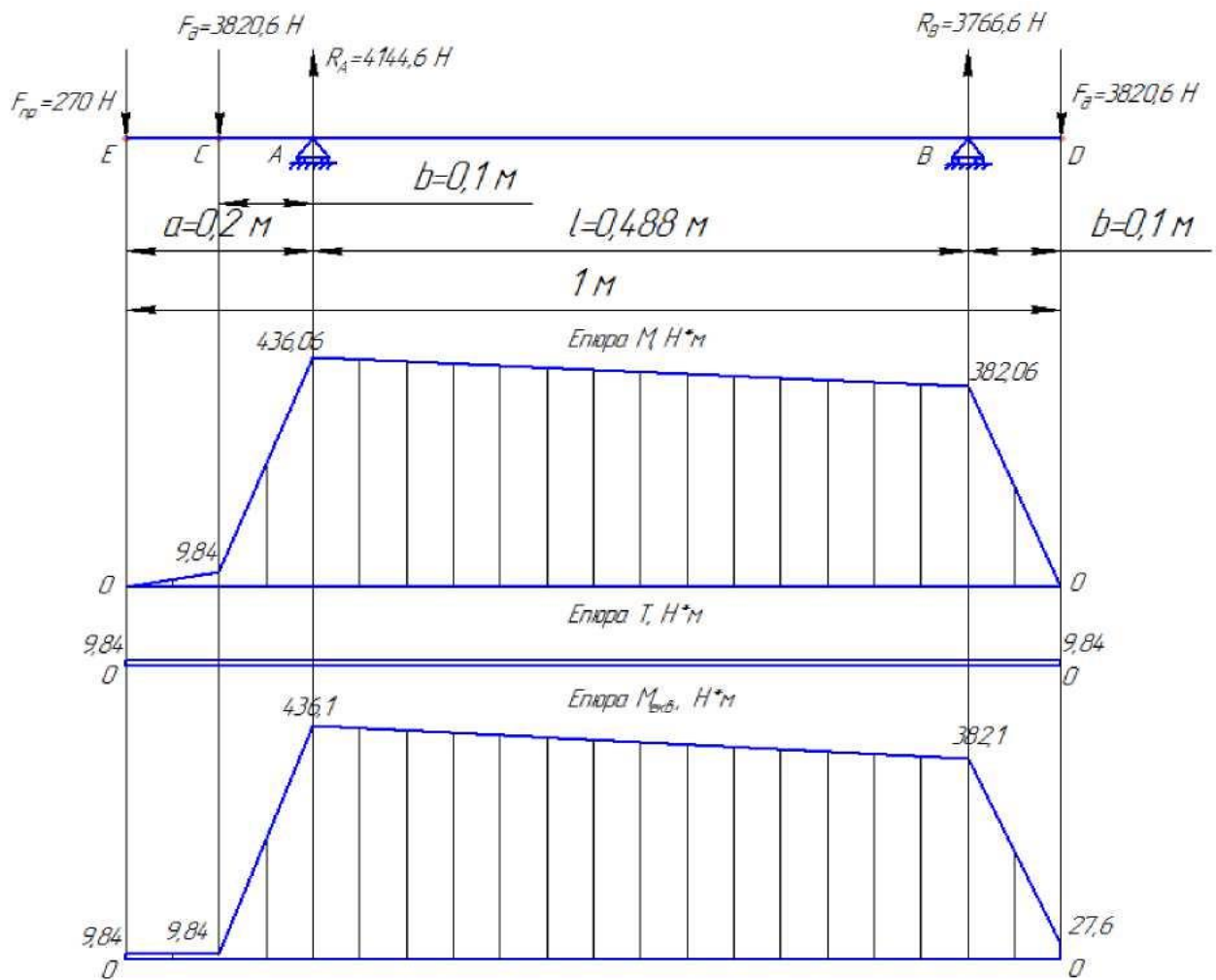


Рисунок 3.6 – Розрахункова схема дебалансного вала

Для побудови епюри згинаючих моментів знаходимо їх значення в перетинах точок А, В і С.

$$M_A = F_{np} \cdot a + F_D \cdot b = 270 \cdot 0,2 + 3820,6 \cdot 0,1 = 436,06;$$

$$M_B = F_D \cdot b = 3820,6 \cdot 0,1 = 382,06;$$

$$M_C = F_{np} \cdot (a - b) = 270 \cdot (0,2 - 0,1) = 27.$$

Знаходимо еквівалентне значення моментів $M_{екв}$, Н·м, в точках А, В і С за формулою:

$$M_{екв} = \sqrt{M^2 + (\alpha T)^2}, \quad (3.37)$$

де M - значення згинаючого моменту, Н·м;

α - коефіцієнт еквівалентності;

T - крутний момент на валу, Н·м, $T=9,84$.

$$\alpha = \frac{[\delta_{-1}]}{[\delta_B]}, \quad (3.38)$$

де $[\delta_{-1}]$ – допустиме значення напруження, МПа, $[\delta_{-1}]=90$;

$[\delta_B]$ – межа міцності, МПа, $[\delta_B]=150$.

$$\alpha = \frac{90}{150} = 0,6;$$

$$M_{екв}^A = \sqrt{436,06^2 + (0,6 \cdot 9,84)^2} = 436,1;$$

$$M_{екв}^B = \sqrt{382,06^2 + (0,6 \cdot 9,84)^2} = 382,1;$$

$$M_{екв}^C = \sqrt{27^2 + (0,6 \cdot 9,84)^2} = 27,6.$$

Проводимо розрахунок діаметрів валу d , мм, в перерізах точок А, В і С використовуючи формулу:

$$d = \sqrt[3]{\frac{M_{екв}}{0,1 \cdot [\delta_{-1}]}} \quad (3.39)$$

де $M_{екв}$ — еквівалентний момент, Н·мм;

$[\delta_{-1}]$ - допустиме напруження, МПа, $[\delta_{-1}] = 90$.

$$d_A = \sqrt[3]{\frac{436100}{0,1 \cdot 90}} = 36,5;$$

$$d_B = \sqrt[3]{\frac{382100}{0,1 \cdot 90}} = 34,9;$$

$$d_C = \sqrt[3]{\frac{276100}{0,1 \cdot 90}} = 14,5;$$

Так як в точках А і В стоять підшипники, то приймаємо посадочний діаметр під ці підшипники 45 мм.

3.4 Технологічний процес виготовлення деталі типу «вал»

Деталь – вал застосовується в якості привідного валу в сепараторі. Він служить для передачі крутного моменту від електродвигуна до дебалансів. Вал працює у важких умовах, так як на нього весь час діють великі навантаження, а саме при запуску і зупинці установки, вал сприймає значні крутні моменти. За конструкцією вал є жорсткий, відношення $L/D < 15$.

З даного аналізу можливо зробити висновок, що основними робочими поверхнями валу являються його шийка під підшипники та шийка, яка безпосередньо приймає участь в передачі крутного моменту. Цим поверхням необхідно приділити особливу увагу, так як вони взаємодіють в приводі з іншими деталями і повинні мати високу точність та шорсткість поверхні. Ці поверхні являються основними для даної деталі. Невисокі вимоги пред'явлені до інших поверхонь, так як вони є не досить відповідальними і не впливають на якість роботи установки [25].

Заготовку для деталі нашої конструкції вибираємо круглий прокат Ø85 сталі 45 ГОСТ 1050-88.

В основу розробки технологічного процесу виготовлення деталі покладено два принципи: технологічний і економічний. Відповідно до технологічного принципу, спроектований технологічний процес має повністю відповідати вимогам робочого креслення і технічних умов на виготовлення даного виробу. Відповідно до економічного принципу виготовлення виробу повинно вестися з мінімальними витратами праці і витратами виробництва. Технологічний процес виготовлення виробів повинен виконуватися з найбільш повним використанням технічних можливостей засобів виробництва при найменших витратах часу і собівартості виробів.

Згідно з ГОСТ 3.1404-88. МК технологічного процесу призначена для

описування технологічного процесу виготовлення або ремонту виробу (складових частин виробу) в технологічній послідовності всіх операцій.

Згідно з конструктивними особливостями вала, застосовуємо сталь 45 (ГОСТ 1050 88) гарячекатану круглу нормальної точності за ГОСТ 2590-88. Орієнтуючись на конструктивні розміри вала рис. 3.7, визначаємо розміри заготовки рис. 3.8.

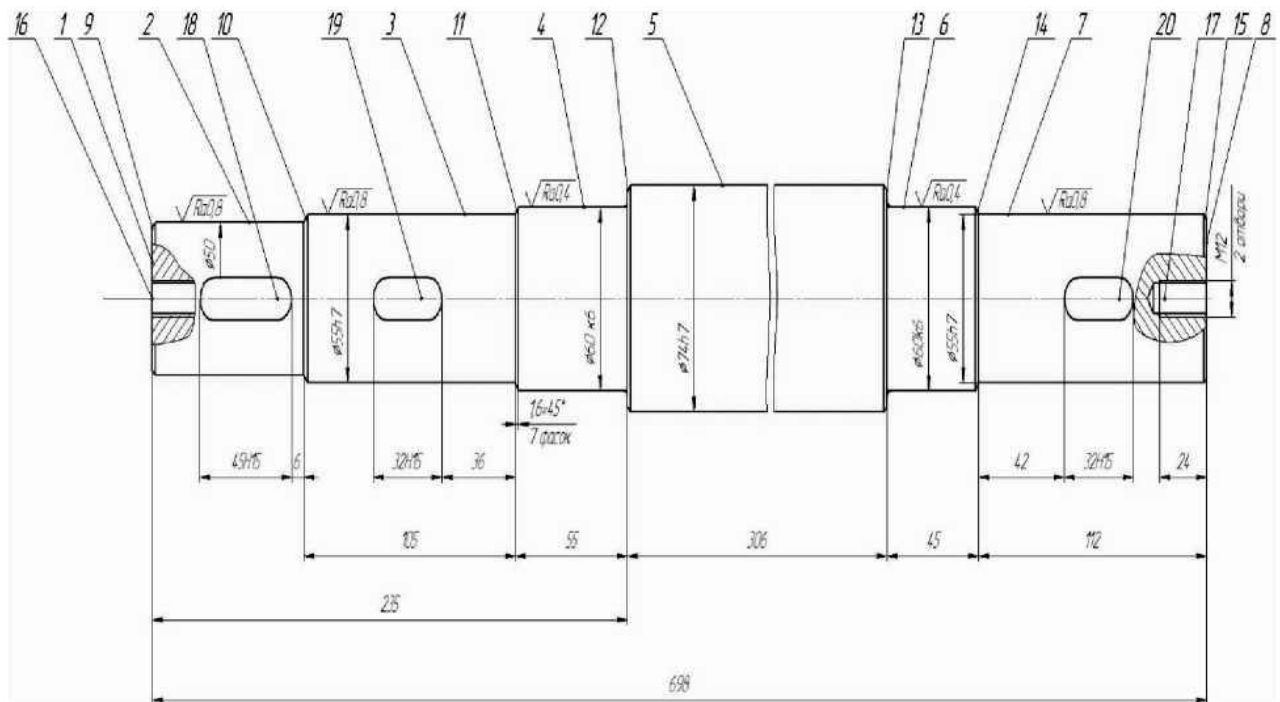


Рисунок 3.7 – Вал

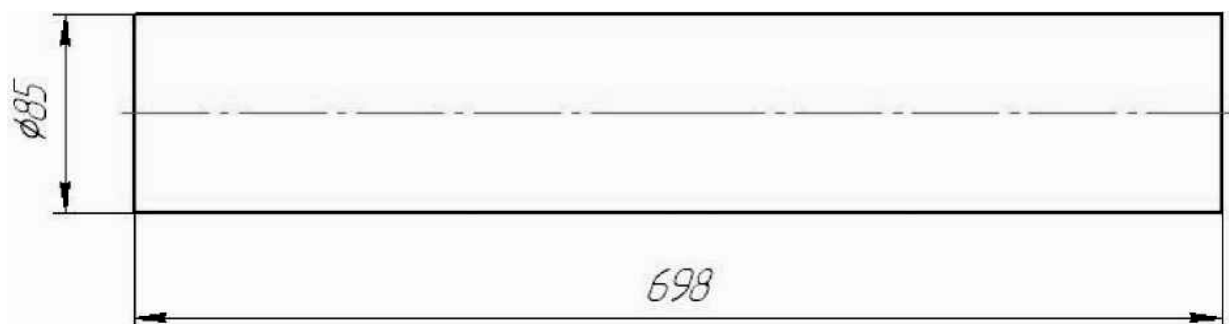


Рисунок 3.8 – Заготовка вала

Данні результатів вибору припусків наведено в табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Проміжних та загальних припуску і допусків

Маршрут обробки та розміри, що визначаються	Розмір, мм	Допуск, мм	Припуск, мм
Розмір вала за кресленням	74,0	- 0,071	-
Припуск на шліфування	-	-	-
Розмір після чистового обточування	76,5	- 0,140	-
Припуск на чистове обточування	-	-	2,5
Розмір після чорнового обточування	79,5	- 0,520	-
Припуск на чорнове обточування	-	-	5,5
Загальний припуск	-	-	10,1
Розмір заготовки	85,0	-	-

Приймаємо заготовку Ø85х702 рисунок 3.8.

Для виконання токарних операцій вибираємо верстат 16К20. Визначення режимів різання виконуємо у відповідності з "Общемашиностроительными нормативами режимов резания для технического формирования работ на металлорежущих станках».

До величин різання, які впливають на процес механічної обробки відносять величини:

t –глибина різання, мм; S –подача різання, мм/об.; v –швидкість різання, м/хв.; n –частота обертання шпинделя, об/хв.

Визначення величина режиму різання для чорнового точіння заготовки виконуємо за таблицями нормативів режимів різання.

Глибину різання t розраховуємо виходячи з припуску на чорнове точіння.
 $Z=7,0$

$$t = 7,0 / 2 = 3,5 . \quad (3.40)$$

Подачу S за таблицями «Норматив» встановлюємо 0,4...0,5. За даними технічного паспорту верстата $S=0,47$ мм/об.

Визначаємо швидкість різання v . За таблицею $v=104$ м/хв.

По встановленій швидкості різання визначаємо число обертів шпинделя стакана n , об/хв.

$$n = v \cdot 1000 / \pi \cdot D, \quad (3.41)$$

де D – діаметр вала, мм, $D = 85$.

Тоді

$$n = 104 \cdot 1000 / 3,14 \cdot 85 = 389,6.$$

Згідно з паспортними даними верстата призначаємо число обертів шпинделя $n = 660$ об/хв.

Тоді фактична швидкість різання, м/хв.

$$v = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000}, \quad (3.42)$$

$$v = \frac{3,14 \cdot 85 \cdot 600}{1000} = 160,1 \quad .$$

Перевіряємо підібрані режими різання за потужністю.

За нормативами по карті «Мощность требуемая на резание» при чорновому обточуванні поверхні заготовки із сталі 45Х з граничною межею міцності 720 МПа, з глибиною різання $t = 2$ мм, подачею $S = 0,61$ мм/об і швидкістю різання $V_f = 160$ м/хв. – потужність, яка необхідна на різання становить $N = 7$ кВт.

Визначено потужність, кВт. на шпинделі верстат за формулою:

$$N_{\text{шп}} = \frac{N_e}{\eta}, \quad (3.43)$$

де η - ККД верстата, $\eta = 0,8$.

Підставивши дані отримано:

$$N_{\text{шп}} = \frac{7}{0,8} = 8,75$$

.

Значення $N_{\text{шп}}$ повинно бути меншим або рівним потужності електродвигуна верстата, тобто $N_{\text{шп}} < N_{\text{дв}}$.

Обробка деталі (вісь) можлива, оскільки:

$$N_{III} = 8,75 \leq N_{\partial e} = 11. \quad (3.44)$$

Визначаємо норму часу $T_{шт}$, хв., для чорнового проточування заготовки Ø85мм і довжиною $L = 702$ мм.

Розрахунок ведемо по формулі 3.43, лише міняємо швидкість різання та подачу: для чорнового точіння – $v = 139,5$ м/хв; $S = 0,47$ мм/об.

$$t_0 = \frac{\pi \cdot D \cdot L}{1000 \cdot v \cdot S}, \quad (3.45)$$

$$t_0 = \frac{3,14 \cdot 85 \cdot 702}{1000 \cdot 139,5 \cdot 0,47} = 2,85$$

Загальний час, хв.

$$T_{ш} = t_0 + t_{\partial on} + t_{\partial od}, \quad (3.46)$$

$$t_{\partial on} = 50\% \cdot t_0 = 1,23,$$

$$t_{on} = t_0 + t_{\partial on} = 2,85 + 1,23 = 4,08,$$

$$t_{\partial od} = 5\% \cdot t_{on} = 0,18,$$

$$T_{чорн} = t_0 + t_{\partial on} + t_{\partial od} = 2,85 + 1,23 + 0,18 = 4,26.$$

Визначення часу t_0 , хв., на виконання інших операцій проводимо за імперичними формулами:

На відрізання заготовки.

$$t_0 = 0,011 \cdot d = 0,011 \cdot 74 = 0,8.$$

На чистове проточування поверхні Ø74 і довжиною $L = 306$ мм.

$$t_0 = 0,000175 \cdot 74 \cdot 306 = 3,9.$$

На чистове проточування поверхонь Ø60мм і довжиною $L = 45 + 55 = 100$ мм.

$$t_0 = 0,000175 \cdot 60 \cdot 100 = 1,05.$$

На чистове проточування поверхонь Ø55 мм і довжиною $L=112+105=217$ мм.

$$t_0 = 0,000175 \cdot 55 \cdot 217 = 2,08.$$

На чистове проточування поверхонь Ø50 мм і довжиною $L=130$ мм.

$$t_0 = 0,000175 \cdot 50 \cdot 130 = 1,13.$$

Загальний основний час,хв,

$$t_0 = 0,8 + 3,9 + 1,05 + 2,08 + 1,13 = 8,96,$$

$$t_{\text{дон}} = 50\% \cdot t_0 = 4,48,$$

$$t_{\text{он}} = t_0 + t_{\text{дон}} = 8,96 + 4,48 = 13,44,$$

$$t_{\text{доо}} = 5\% \cdot t_{\text{он}} = 13,44 \cdot 0,05 = 0,67,$$

$$T_{\text{чист}} = t_0 + t_{\text{дон}} + t_{\text{доо}} = 8,96 + 0,67 + 4,48 = 14,11.$$

Час на підрізання торців, хв.,

$$t_0 = \frac{\pi \cdot D^2}{4000 \cdot v \cdot S}, \quad (3.47)$$

де D – діаметр обточуваної поверхні, мм;

S – подача, мм/об $S = 0,05$;

V – швидкість різання,м/хв; $v = 70$.

$$t_0 = \frac{3,14 \cdot 50^2}{4000 \cdot 70 \cdot 0,05} = 0,56$$

Час на центрувальну операцію, хв.,

$$t_0 = \frac{\pi \cdot D \cdot L}{1000 \cdot v \cdot S}, \quad (3.48)$$

де L – довжина проходу, мм;

D – діаметр отвору, мм; $D = 5$;

S – подача;

V – швидкість різання.

Тоді

$$t_0 = \frac{3,14 \cdot 5 \cdot 10}{1000 \cdot 100 \cdot 0,3} = 0,0052$$

Величину допоміжного часу приймаємо в розмір $t_{don} = 50\% \cdot t_0$ хвилин.

$$t_{in} = t_0 + t_{don} = 0,0052 + 0,26 = 0,265.$$

Оскільки ця операція виконується двічі то час на її виконання збільшується вдвічі. $t = 10,01$ хв.

Основний технологічний час на нарізання одного шпоночного паза t_{01} , хв, буде рівний:

$$t_{01} = L_1 / S_{xв}, \quad (3.49)$$

де, L_1 - довжина шпоночного паза;

$S_{xв}$ - подача шпоночної фрези, приймається $S_{xв} = 170$ мм/хв.

Нарізання шпоночного паза

$$t_{01} = 32 / 170 = 0,188.$$

Величину допоміжного часу приймаємо в розмір $t_{don} = 50\% \cdot t_0$ хвилин.

$$t_{01} = t_0 + t_{B.C.} = 0,188 + 0,094 = 0,285.$$

Загальний час на проточку паза збільшуємо на два бо два паза, хв.,

$$t_{01,02} = t_{01} \cdot 2 = 0,285 \cdot 2 = 0,56.$$

Нарізання шпоночного паза

$$t_{03} = L_3 / S_{xe} = 49/170 = 0,28. \quad (3.50)$$

Величину допоміжного часу приймаємо в розмір $t_{don} = 50\% \cdot t_0$ хвилин.

$$t_{01} = t_0 + t_{don} = 0,28 + 0,14 = 0,42.$$

Тоді основний технологічний час на нарізання шпоночних пазів буде рівний

$$t_0^{un} = t_{01,02} + t_{03} = 0,188 + 0,56 + 0,28 = 1,02.$$

Час на нарізання різьби різьбонарізним різцем, хв. Основний технологічний час при нарізанні різьби на необхідну поверхню сторони t_0^H , хв., визначається по формулі:

$$t_0^H = \pi \cdot D \cdot L \cdot a / 1000 \cdot V \cdot S, \quad (3.51)$$

де D - діаметр отвору в якому необхідно нарізати різьбу, мм; $D = 10$;

L - довжина поверхні на яку необхідно нарізати різьбу, мм; $L = 24$;

a - коефіцієнт ; приймається $a = 1,85$;

V - швидкість подачі різця; приймається $V = 9,1$;

S - подача різця ; приймається $S = 2$.

$$t_0^H = 3,14 \cdot 10 \cdot 24 \cdot 1,85 / 1000 \cdot 9,1 \cdot 2 = 0,07.$$

Оперативний час на нарізання різьби $t_{шт}$, хв, буде розраховуватись за формулою:

$$t_{шт} = t_0 + t_{ec} = 0,07 + 0,035 = 0,64. \quad (3.52)$$

де t_{ec} - допоміжний час хв., встановлюється в процентному відношенні від основного часу від 30-50%, прийнято

$$t_{ec} = 0,5 \cdot 0,07 = 0,035.$$

Так як у нас дві різьби множимо на 2

$$t_{шт} = 0,64 \cdot 2 = 1,28.$$

Час на шліфувальну операцію, хв.;

$$t_0 = \frac{\pi \cdot D \cdot L \cdot h \cdot f}{1000 \cdot v \cdot S \cdot t}, \quad (3.53)$$

де S - повздовжня подача ,мм/об; $S = 10$;

v - швидкість різання ,м/хв, $v = 30$;

h - товщина металу , що знімається ($h = 0,1$);

t - поперечна передача ($t = 0,008$ мм/позд.хід);

f - коефіцієнт, що враховує зернистість круга , $f = 1,4$.

Шліфувати поверхні 2,5. $D = 55$ мм, $L = 45 + 55 = 100$ мм

$$t_0 = \frac{3,14 \cdot 55 \cdot 100 \cdot 0,6 \cdot 1,4}{1000 \cdot 30 \cdot 10 \cdot 0,008} = 6,04$$

Величину допоміжного часу приймаємо в розмір $t_{don} = 50\% \cdot t_0$ хвилин.

Загальний час, хв.

$$t_{ui} = t_0 + t_{don} = 6,04 + 3,02 = 9,06.$$

Сумарний час на обробку вала, хв., складає

$$t = 4,26 + 14,11 + 0,56 + 0,26 + 1,02 + 1,28 + 9,06 = 30,55.$$

Загальний час на виготовлення деталі складає 30,55 хв. Оформлення технологічного процесу вала оформляємо маршрутно–операційною картою ГОСТ 3.1118–88.

РОЗДІЛ 4

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Повітряно-ситовий сепаратор з вертикальним кінематичним віброзбуджувачем – машина або пристрій, що призначена для розділення (сортування) сипких матеріалів, у якому збудження коливань здійснюється дебалансним віброзбудником. Переважна більшість таких сепараторів, які випускаються у світі, є одномасовими зарезонансними машинами [29]. При застосуванні одновального віброзбудника одержують кругові і близькі до них траєкторії коливань.

Для зменшення або усунення негативного впливу шкідливих факторів, які виникають процесі експлуатації сепаратора, необхідно ознайомитися з причинами їх виникнення. Під час проектування необхідно передбачити захисні пристрої, за допомогою яких можна було б безпечно експлуатувати даний сепаратор.

4.1 Аналіз шкідливих і небезпечних факторів, які виникають в процесі експлуатації вібраційного сепаратора

Під час роботи вібраційного сепаратора можуть виникати різні шкідливі та небезпечні фактори. Все це через недотримання техніки безпеки та експлуатації сепаратора, що в подальшому впливає на здоров'я працівників та їх працездатність. До таких факторів можна віднести:

- можливість ураження працівника електричним струмом;
- вплив шуму та вібрації, що виникає під час роботи вібраційного сепаратора;
- можливість травмування працівника у разі контакту з рухомими частинами сепаратора;
- потрапляння надмірної кількості пилу до органів зору та дихання.

Під час роботи вібраційного сепаратора найбільш імовірними можуть бути механічні пошкодження з рухомими частинами.

Причини ураження електричним струмом та їх аналіз:

- безпосередній дотик до струмопровідних частин електроустановок, які діють під напругою. Це може статися через несправність огорожувальних пристроїв електроустановок, помилкові дії персоналу, коли роботи виконуються поблизу чи безпосередньо на струмопровідних елементах, що знаходяться під напругою, а також з появою напруги (в результаті помилкової подачі) на раніше вимкнених електроустановках;

- дотик до металевих конструктивних частин електроустановок, які не повинні знаходитися під напругою, але на корпусах, кожухах може з'явитися напруга в результаті електричного пробоя чи природного старіння ізоляції електроустановок, а також при замиканні оголених проводів через обрив і падіння на конструктивні частини електроустановок і при відсутності захисного заземлення, ці причини складають близько 22% усіх травм;

- дотик інструментом і предметами, що мають малий опір до ізоляції, до струмопровідних частин, а також до неметалевих частин електроустановок, які виявилися під напругою через заводські дефекти в конструкції, під час монтажу і виготовлення. На ці причини припадає 14% електротравм;

- дія дуги при операціях із відмикальними пристроями. Вони складають близько 6%;

- дотик до стін, підлог, які опинилися під кроковою напругою.

Електричний струм не виявляється органами чуття людини. Ураження людини електричним струмом небезпечне тому, що електричний струм може виникнути зненацька на металевих не струмопровідних частинах електроустановок, механізмів, а також на поверхні землі, коли людина не застосовує засобів захисту [30].

Ступінь небезпеки електричного струму залежить від:

- сили електричного струму, що протікає через людину;
- шляху протікання електричного струму через тіло людини;
- тривалості впливу струму на людину;
- роду і частоти електричного струму;

- індивідуальних особливостей людини;
- умов зовнішнього середовища, в якому працює людина.

Наслідки ураження електричним струмом можуть бути наступними: електричний опік, електричний удар, параліч серцевої діяльності, металізація шкіри, параліч дихання.

Робота сепаратора супроводжується значним шумом та вібрацією. Підвищення їх рівня на робочих місцях надає шкідливий вплив на організм людини. У результаті тривалого впливу шуму порушується нормальна діяльність серцево-судинної і нервової системи, травних і кровотворних органів, розвивається професійна глухуватість, прогресування якої може привести до повної втрати слуху.

Для гігієнічної оцінки шум підрозділяють:

- за характером діапазону – на широкосмуговий з безперервним діапазоном шириною найбільш однієї октави і тональний, у діапазоні якого є дискретні тони;
- за спектральним складом - на низькочастотний (максимум звукової енергії припадає на частоти нижче 400 Гц), середньо частотний (максимум звукової енергії на частотах від 400 до 1000 Гц) і частотний (максимум звукової енергії на частотах вище 1000 Гц);
- за тимчасовими рисами – на незмінний (рівень звуку змінюється в часі, але більш ніж на 5 Дб - за шкалою А) і непостійний.

Заходи боротьби із шумом та вібрацією:

- заміна гучних процесів безшумними або менш гучними;
- поліпшення якості виготовлення і монтажу обладнання;
- застосування індивідуальних захисних засобів;
- укриття джерел шуму.

Розрізняють загальну і локальну вібрацію.

Під загальною вібрацією розуміють механічні коливання опорних поверхонь або об'єктів, які зміщують тіло і органи працівника в різних площинах.

Локальна вібрація являє собою механічні коливання, які діють на обмежені ділянки тіла (наприклад, руки). Показниками вібрації є: частота коливань за

одиницю часу — герц (Гц) (Герц — одне коливання за 1 с); період коливання - час, протягом якого здійснюється повний цикл коливання; амплітуда — найбільше зміщення точки від нейтрального положення (см, мм).

На виробництві, як правило, найпоширеніша складна вібрація — поєднання загальної і локальної, яка характеризується сумою коливань різних частот, амплітуди і початкових фаз. Найбільш небезпечні для здоров'я людини вібрації з частотами 16...250 Гц.

Так, низькочастотна вібрація призводить до ушкодження опорно- рухового апарату, а високочастотна викликає функціональні розлади периферійного кровообігу у вигляді локальних судинних спазмів.

Тривалий вплив загальної вібрації призводить до змін у центральній нервовій системі, які виявляються у запамороченнях, сонливості, шумі у вухах, болях в ікроножних м'язах, порушенні координації рухів, розладах зору.

Вплив вібрації на організм працівника виявляється у збільшенні затрат нервової енергії, швидкому розвитку втоми і може призводити до тимчасової втрати працездатності через вібраційну хворобу.

У хворого на вібраційну хворобу порушується кровообіг, виникає біль у руках, інколи спостерігаються судоми рук, знижується чутливість шкіри.

Методи захисту від вібрацій:

- за можливості зниження віброактивності машин;
- побудова від резонансних частот;
- віброізоляція;
- підвищення жорсткості системи.

Нормативні показники деяких факторів не повинні перевищувати:

- запиленість — для кварцового пилу до 2 мг/м³ при вмісті кварцу більше 10%; до 6 мг/м³ при вмісті кварцу 10% і менше;
- вібрація до 92 дБ;
- шум — 80 — 85 дБА (робоча зона).

4.2 Інженерні рішення і пропозиції із забезпечення безпеки експлуатації сепаратора

Для безпечної експлуатації вібраційного сепаратора, передбачені такі запобіжні заходи:

- для того, щоб уникнути випадкового контакту з клинопасовою передачею, повинен бути передбачений захисний кожух;
- для забезпечення електробезпеки – автоматичні вимикачі та заземлення;
- для негативного впливу вібрації на працівників в процесі сепарування – гумові підстилки, а також обов'язкове встановлення сепаратора на пружини;
- повинні бути в наявності таблички: “Не вмикати працюють люди”, яка вивішується під час ремонту, технічного огляду, регулювання чи налагодження обладнання та «Не вмикати», яка вивішується по закінченню роботи;
- пуск вібраційного сепаратора після аварійної зупинки проводити тільки з дозволу та в присутності майстра або механіка.

4.3 Інженерні розрахунки із забезпечення безпеки праці

Розраховано заземлення електропривода [31]. Вихідні дані: питомий опір ґрунту $\rho = 90 \text{ Ом} \cdot \text{м}$; довжина стрижня $l_e = 2 \text{ м}$; зовнішній діаметр $d_B = 0,03 \text{ м}$; відношення відстані між вертикальними заземлювачами та довжиною вертикального заземлювача $\frac{a}{l_B} = 1$; кліматична зона І; ґрунт малої вологості.

Розрахунковий питомий опір ґрунту:

$$\rho_p = \rho \cdot \psi, \text{ Ом} \cdot \text{м}, \quad (4.1)$$

де ψ - коефіцієнт сезонності, залежить від вологості ґрунту під час вимірювання питомого опору $\psi = 1,4$ для ґрунту малої вологості;

$$\rho_p = 90 \cdot 1,4 = 123.$$

Глибина залягання середини вертикального електрода:

$$t_B = G - S + \frac{L_B}{2}, \text{ м}, \quad (4.2)$$

$$t_B = 0,8 - 0,2 + \frac{2}{2} = 1,3.$$

Опір розтіканню струму одиночного вертикального електрода:

$$R_B = \frac{\rho_p}{2 \cdot \pi \cdot L_B} \left(L_n \frac{2 \cdot L_B}{d_B} + 0,5 \cdot L_n \frac{4 \cdot t_B + L_B}{4 \cdot t_B - L_B} \right), \text{ Ом}, \quad (4.3)$$

$$R_B = \frac{126}{2 \cdot 3,14 \cdot 2} \left(L_n \frac{2 \cdot 2}{0,03} + 0,5 \cdot L_n \frac{4 \cdot 1,6 + 2}{4 \cdot 1,6 - 2} \right) = 52,23$$

Необхідна кількість вертикальних електродів:

$$n = \frac{R_B}{R_3 \cdot \eta_B}, \text{ шт}, \quad (4.4)$$

де η_B — коефіцієнт використання вертикального електрода ($\eta_B = 1,0$);

$$n = \frac{52,26}{10 \cdot 1} = 5,2 \approx 5.$$

Довжина горизонтального електрода при контурному заземленні:

$$L = a \cdot n, \text{ м}, \quad (4.5)$$

$$L = 2 \cdot 5 = 10.$$

Глибина залягання середини горизонтального електрода:

$$t_\Gamma = G - S, \text{ м}, \quad (4.6)$$

$$t_\Gamma = 0,8 - 0,2 = 0,6.$$

Опір розтіканню струму всіх горизонтальних електродів:

$$R_\Gamma = \frac{\rho_p}{2 \cdot \pi \cdot L_\Gamma} L_n \frac{L_\Gamma^2}{b \cdot t_\Gamma}, \text{ Ом}, \quad (4.7)$$

$$R_\Gamma = \frac{126}{2 \cdot 3,14 \cdot 10} L_n \frac{10^2}{0,02 \cdot 0,6} = 18,12.$$

Коефіцієнт використання вертикального електрода: $\eta_B = 0,64$. Коефіцієнт використання горизонтального електрода: $\eta_\Gamma = 0,42$.

Уточнений опір заземлюючого пристрою:

$$R_0 = \frac{R_B \cdot R_\Gamma}{R_B \cdot \eta_\Gamma + R_\Gamma \cdot \eta_B \cdot n}, \text{ Ом}, \quad (4.8)$$

$$R_0 = \frac{52,26 \cdot 18,12}{52,26 \cdot 0,42 + 18,12 \cdot 0,64 \cdot 5} = 11,8 \geq R_3 = 10.$$

Так як умова не виконується, збільшуємо кількість електродів до 20 та проведемо повторний розрахунок.

Довжина горизонтального електрода при контурному заземленні:

$$L = 2 \cdot 20 = 40.$$

Глибина залягання середини горизонтального електрода:

$$t_\Gamma = G - S, \text{ м},$$

$$t_\Gamma = 0,8 - 0,2 = 0,6.$$

Опір розтіканню струму всіх горизонтальних електродів:

$$R_\Gamma = \frac{\rho_p}{2 \cdot \pi \cdot L_z} \ln \frac{L_z^2}{b \cdot t_\Gamma}, \text{ Ом},$$

$$R_\Gamma = \frac{126}{2 \cdot 3,14 \cdot 40} \ln \frac{40^2}{0,02 \cdot 0,6} = 5,92.$$

Коефіцієнт використання вертикального електрода: $\eta_B = 0,53$. Коефіцієнт використання горизонтального електрода: $\eta_\Gamma = 0,34$.

Уточнений опір заземлюючого пристрою:

$$R_0 = \frac{R_B \cdot R_\Gamma}{R_B \cdot \eta_\Gamma + R_\Gamma \cdot \eta_B \cdot n}, \text{ Ом}, \quad (4.9)$$

$$R_0 = \frac{52,26 \cdot 5,92}{52,26 \cdot 0,34 + 5,92 \cdot 0,56 \cdot 15} = 3,68 \leq R_3 = 10.$$

Таким чином, залежність виконується, приймаємо обрані параметри.

Розраховано амортизатори. Вихідні дані: маса коливних частин разом з матеріалом $M=309,5$ кг; кутова швидкість $\omega=78,5$ рад/с.

Сумарну жорсткість пружин можна визначити за формулою:

$$C_{\text{сум}} = M \cdot \omega_0^2, \quad (4.10)$$

де M – маса коливних частин разом з матеріалом, $M=309,5$ кг;

ω_0 – частота власних коливань вібраційного сепаратора, рад/с.

$$\omega_0 = \frac{\omega}{8 \dots 12},$$

де ω – кутова швидкість, $\omega=78,5$ рад/с.

$$\omega_0 = \frac{78,5}{10} = 7,85;$$

$$C_{\text{сум}} = 309,5 \cdot 7,85^2 = 19072,16.$$

Так як у нашого вібраційного сепаратора 4 пружини, то жорсткість однієї пружини можна визначити за формулою:

$$C_1 = \frac{19072,16}{4} = 4768,04.$$

Знаходимо діаметр проволочки пружини використовуючи формулу:

$$C_1 = \frac{19072,16}{4} = 4768,04. \quad d = \sqrt[4]{\frac{8 \cdot C_1 \cdot D^3 \cdot i}{G}} \quad (4.11)$$

де D – середній діаметр пружини, $D = 80$ мм;

i – кількість робочих витків пружини, $i=8$;

G - модуль пружності при зсувові, $G = 8 \cdot 10^{10}$ Па.

$$d = \sqrt[4]{\frac{8 \cdot 4768,04 \cdot 0,08^3 \cdot 3}{8 \cdot 10^{10}}} = 0,66 \cdot 10^{-2} = 7.$$

Значення діаметру проволочки округлюємо до найближчого цілого числа $d=7$ мм.

Для матеріалу пружин обираємо сталь 50, яка має $[\tau]=480$ МПа, $\delta_B=800$ МПа, згідно ГОСТ 1050–74.

Проводимо перевірку пружини на міцність, використовуючи нерівність:

$$\tau_{\max} = F \cdot \frac{8 \cdot F \cdot D}{\pi \cdot d^3} \leq [\tau], \quad (4.12)$$

де K – поправочний коефіцієнт, що враховує вплив $K=1,09$;

F – осьова сила, що діє на одну пружину, Н.

$$F = c_1 \cdot a, \quad (4.13)$$

де a – амплітуда коливань, $a = 0,004$ м.

$$F = 4768,04 \cdot 0,004 = 19,07;$$

$$\tau_{\max} = 1,09 \cdot \frac{8 \cdot 19,07 \cdot 0,08}{3,14 \cdot 0,007^3} = 12,3 \cdot 10^6 = 12,3;$$

$$\tau_{\max} = 12,3 \text{ МПа} < [\tau] = 480 \text{ МПа}.$$

Умова виконується, міцність пружин забезпечена.

Проводимо перевірку пружин на втому за формулою:

$$\frac{1}{S_R} \geq \frac{\tau_{\max}}{2 \cdot \tau_B} \left[1 + R + \frac{2 \cdot \tau_B}{\tau_0} \cdot (1 - R) \right], \quad (4.14)$$

де $\tau_{\max}$ – діючі напруження від кручення, $\tau_{\max}=12,3$ МПа;

τ_B – межа міцності при здвигу, $\tau_B = 0,6 \cdot \delta_B = 0,6 \cdot 800 = 480 \text{ МПа}$;

τ_0 - межа міцності витривалості при крученні із симетричним циклом,

$\tau_0 = 0,22 \cdot \delta_B = 0,22 \cdot 800 = 176 \text{ МПа}$;

R - коефіцієнт асиметрії циклу, $R=0$.

$$\frac{1}{S_R} \geq \frac{12,3}{2 \cdot 480} \left[1 + 0 + \frac{2 \cdot 480}{176} \cdot (1 -) \right] = 0,43.$$

Звідси маємо наступну нерівність:

$$S_R = \frac{1}{0,46} = 2,17 < [S_R] = 1,5 \dots 2,2. \quad (4.15)$$

Умова зберігається, втома пружин забезпечена.

Проводимо перевірку пружини на співударність за формулою:

$$H_0 - H_{CT} \geq A_p + X_{CT}, \quad (4.16)$$

де H_0 – висота пружини в не стислому стані, м;

$$H_0 = (i + 2) \cdot t, \quad (4.17)$$

де i - кількість витків пружини, $i = 8$;

t - крок пружини, $t = 1,5 \cdot d = 1,5 \cdot 0,007 = 0,012$ м;

$$H_0 = (8 + 2) \cdot 0,012 = 0,12;$$

H_{CT} – висота пружини в стислому стані, м;

$$H_{CT} = (i + 2) \cdot t', \quad (4.18)$$

де t - крок стислої пружини, $t = d = 0,007$ м;

$$H_{CT} = (8 + 2) \cdot 0,007 = 0,07;$$

A_p – резонансна амплітуда коливань, м;

$$A_p = 2 \cdot a,$$

де a – амплітуда коливань, $a = 0,004$ м;

$$A_p = 2 \cdot 0,004 = 0,008;$$

X_{cm} – амплітуда коливань пружини від статичного навантаження, м;

$$X_{CT} = \frac{M \cdot q}{c_1 \cdot 4}, \quad (4.19)$$

де M – маса коливних частин разом з матеріалом, $M = 309,5$ кг;

q – прискорення вільного падіння, $q=9,81$ м/с²;

C_1 – жорсткість однієї пружини, $C_1=4768,04$ Н/м;

$$X_{CT} = \frac{309,5 \cdot 9,81}{4768,04 \cdot 4} = 0,04.$$

Підставивши отримані значення, отримаємо нерівність:

$$0,12 - 0,07 > 0,008 + 0,04;$$

$$0,05 > 0,048.$$

Умова дотримується, таким чином обрана нами пружина відповідає всім вимогам.

РОЗДІЛ 5

РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЕКТУ

Розрахунок витрат на модернізацію.

Накладні витрати

Накладні витрати визначаються у відсотках від основної заробітної плати і складають 80-120 %.

Приймаємо накладні витрати 110% від основної заробітної плати.

$$B_n = 1,1 \cdot Z_{осн} = 1,1 \cdot 1394 = 1535 \text{ грн.}$$

Вартість машинного часу

Пояснювальна записка, розрахункова робота, технологічна підготовка та всі креслення на модернізовану машину виконуються з використанням обчислювальної техніки.

Вартість машинного часу визначається, як добуток часу використання комп'ютерів на годинну вартість їх використання.

Вартість роботи ЕОМ становить 0,70 грн./год.

Таким чином:

$$B_m = 64 \cdot 0,7 = 45 \text{ грн.}$$

Сумарні витрати

Сумарні витрати на проектні роботи визначаються як сума всіх часткових витрат:

$$\begin{aligned} Z_{ПР} &= Z_{осн} + Z_{доп} + B_{сз} + B_{мат} + B_{конс} + B_n + B_m = \\ &= 500 + 337 + 403 + 398 + 625 + 1535 + 45 = 3837 \text{ грн.} \end{aligned}$$

Витрати на виготовлення окремих деталей та виробів

Для розрахунку собівартості використовуємо формулу:

$$C_m \left\{ \left[M + Z_{осн} \left(1 + \frac{P}{100} \right) + Z_{осн} \frac{\alpha}{100} \right] \cdot \left(1 + \frac{\eta}{100} \right) \right\} + \frac{Z_{ПР}}{N}, \quad (5.1)$$

де M - витрати на матеріали, напівфабрикати та покупні вироби, грн.;

$Z_{осн}$ – основна заробітна плата виробничих робітників, грн.;

P – витрати на експлуатацію та обслуговування устаткування, цехові та загальнозаводські витрати у відсотках до основної заробітної плати виробничих робітників вони становлять 230 – 320% від основної заробітної плати виробничих робітників, приймаємо $P = 230\%$;

α – додаткова заробітна плата та нарахування становлять 105 – 130% від основної заробітної плати, приймаємо $\alpha = 105\%$;

η – позавиробничі витрати у відсотках до загальнозаводської собівартості складають 2,5 – 3,5%, приймаємо $\eta = 3\%$;

$Z_{пр}$ – загальні витрати на проектні роботи;

$N = 1$ – кількість модернізованого обладнання.

Витрати матеріалу на машину, що модернізується.

Таблиця 5.1 – Витрати матеріалу на машину, що модернізується

	Матеріал	Марка	Чорна маса, кг	Коефіцієнт використання	Чиста маса, кг	Ціна за 1 кг, грн	Сума, грн
1	Алюміній	АК 5	20	0,97	19,4	18	350
	Сталь	Ст 30Х	100	0,97	97	5,5	534
	Всього						884
2	Транспортно-заготівельні витрати (4-6% від загальної вартості матеріалів). Приймаємо 5%.	$T_{з.в.} = \frac{884 \cdot 5}{100} = 42,2$					42,2
3	Відходи (ціна складає 20% від вартості матеріалу)	$Ц(1) = (20 - 19,4) \cdot 18 \cdot 0,2 = 2,2$ $Ц(3) = (100 - 97) \cdot 5,5 \cdot 0,2 = 3,3$					5,5
4	Інші невраховані матеріали (2-4% від вартості врахованих матеріалів). Приймаємо 3%.	$Ц_{н.м.} = \frac{884 \cdot 3}{100} = 26,52$					26,52
5	Всього матеріалів (2+3-4+5)	$884 + 42,2 + 5,5 + 26,52 = 949,22$					949,22

Витрати на придбання покупних деталей та виробів для модернізації.

Розрахунок витрат на придбання покупних деталей та виробів зводимо в таблицю 5.2. Ціни на покупні вироби визначені за даними на момент виконання дипломного проекту.

Виходячи з даних таблиць визначаємо витрати на матеріали, як суму покупних виробів та витрат на матеріали:

$$M = M_{\text{ПОК}} + M_{\text{МАТ}} = 949,22 + 157 = 1106,2 \text{ грн}$$

Основну заробітну плату виробничих працівників визначаємо за формулою:

$$З_{\text{ОСН}} = T_H \cdot C_{\text{ТСР}}, \quad (5.2)$$

де T_H – нормативна трудомісткість виготовлення установки, що проектується, годин;

$C_{\text{ТСР}}$ – тарифна ставка середнього розряду, грн./год., приймаємо $C_{\text{ТСР}} = 18$ грн./год., для V розряду.

Таблиця 5.2 – Розрахунок витрат на придбання покупних деталей та виробів

	Витрати	Матеріал	Ціна за одиницю	Кількість	Сума грн.
1	Болт М16	Ст 45	5,35	8	43
	Гайка М16	Ст 45	6,8	8	55
	Ущільнювач	573 Р	0,9	100	90
	Всього				171
2	Транспортні витрати (2-6% від вартості). Приймаємо 4%.	$T_p = \frac{171 \cdot 4}{100} = 6,84$			6,84
3	Всього (2+3)	171+6,84=177,84			177,84

Нормативну трудомісткість виготовлення машини визначаємо укрупнено за

допомогою питомої трудомісткості виготовлення одиниці маси базового устаткування за формулою:

$$T_H = G_H \cdot K, \quad (5.3)$$

де G_H – маса модернізованого вузла, $G_H = 100$ кг;

K – питома трудомісткість на 1 кг чистої ваги, $K = 0,5$ год./кг.

Підставляємо значення в формулу (5.3):

$$T_H = G_H \cdot K = 100 \cdot 0,5 = 50 \text{ год}$$

Підставляючи числові дані до формули (5.2) отримуємо:

$$З_{ОСН} = T_H \cdot C_{ТСР} = 50 \cdot 18 = 900 \text{ грн.}$$

Підставляючи числові дані до формули (5.1) отримуємо *витрати на модернізацію*, грн.:

$$\begin{aligned} C_M \left\{ \left[M + 3_{осн} \left(1 + \frac{P}{100} \right) + 3_{осн} \frac{\alpha}{100} \right] \cdot \left(1 + \frac{\eta}{100} \right) \right\} + \frac{З_{ПП}}{N} = \\ = \left\{ \left[1106,2 + 900 \left(1 + \frac{230}{100} \right) + 900 \frac{105}{100} \right] \cdot \left(1 + \frac{3}{100} \right) \right\} + \frac{3837}{1} = 7364 \text{ грн} \end{aligned}$$

Розрахункову ціну модернізації машини розраховують за формулою, виходячи з собівартості модернізації (C_M), нормативного прибутку (Π_H) і податку на додану вартість (H):

$$\mathcal{C}_M = C_M + \Pi_H + H \quad (5.4)$$

Нормативний прибуток розраховуємо:

$$\Pi_H = C_M \cdot \frac{\eta}{100}, \quad (5.5)$$

де η – норматив рентабельності по собівартості, беруть укрупнено у розмірі,

$\eta = 20 - 30\%$, приймаємо 25% :

$$\Pi_H = 7364 \cdot \frac{25}{100} = 1841 \text{ грн.}$$

Податок на додану вартість розраховується за формулою:

$$H = (C_M + \Pi_H) \cdot \frac{\gamma}{100}, \quad (5.6)$$

де $\gamma = 20\%$ – ставка податку на додану вартість.

Підставляючи числові дані до формули (5.6) отримуємо:

$$H = (7364 + 1841) \cdot \frac{20}{100} = 1841 \text{ грн.}$$

Підставляючи числові дані до формули (5.4) отримуємо ціну модернізації:

$$C_M = 7364 + 1841 + 1841 = 11046 \text{ грн.}$$

C_B всієї установки = 240400 грн.

C_M всієї установки = 251446 грн.

Витрати на складально-монтажні роботи

Витрати на складально-монтажні роботи складають 10-14% від собівартості модернізації, приймаємо 10%.

$$Z_{\text{МОНТ.М}} = C_M \cdot \frac{10}{100} = 7364 \cdot \frac{10}{100} = 736,4 \text{ грн.}$$

Додаткові витрати обчислюємо за формулою:

$$\Delta K = C_M + Z_{\text{МОНТ.М}} = 7364 + 736,4 = 8100,4 \text{ грн.}$$

Розрахунок техніко-економічних показників до та після модернізації

Розрахунок повних капітальних витрат

Капітальні витрати на базову машину розраховуються за формулою:

$$K_B = C_B + C_{\text{СМ.Б}} + K_{\text{ДМ.Б}} + K_{\text{БУД.Б}} + K_{\text{СБ}}, \quad (5.7)$$

де C_B – вартість придбання зразка обладнання, що розглядається. За даними підприємства $C_B = 240400$ грн;

$C_{\text{СМ}}$ – вартість суміжного обладнання, що працює у комплексі з цим зразком,

$C_{\text{СМ}} = 0$, за відсутністю суміжного обладнання;

$K_{\text{ДМ}}$ – витрати на доставку та монтаж обладнання, що модернізується;

$K_{\text{БУД}}$ – витрати на виробничі споруди;

$K_{\text{С}}$ – спеціальні капітальні витрати (КВП і автоматика та ін.).

Витрати на доставку, монтаж машини та будівництво фундаменту розраховуємо у відсотках від ціни машини, вони складають 8-12%, приймаємо 10%:

$$K_{\text{ДМ.Б}} = C_{\text{Б}} \cdot \frac{10}{100} = 24000 \cdot 0,1 = 24040 \text{ грн.}$$

Спеціальні витрати на автоматику та КВП розраховуємо у відсотках від ціни машини, вони складають 10-15%, приймаємо 10%:

$$K_{\text{СБ}} = C_{\text{Б}} \cdot \frac{10}{100} = 24000 \cdot 0,1 = 24040 \text{ грн.}$$

Підставляючи числові дані до формули (5.7) отримуємо:

$$\begin{aligned} K_{\text{Б}} &= C_{\text{Б}} + C_{\text{СМ.Б}} + K_{\text{ДМ.Б}} + K_{\text{БУД.Б}} + K_{\text{СБ}} = \\ &= 240400,00 + 24040,00 + 33421 + 24040,00 = 321901 \text{ грн.} \end{aligned}$$

Капітальні витрати на модернізовану машину розраховуються за формулою:

$$K_{\text{М}} = K_{\text{Б}} + \Delta K - K_{\text{РЕАЛ}}, \quad (5.8)$$

де $K_{\text{РЕАЛ}}$ - кошти, отримані від продажу частини конструкції, яка підлягала модернізації. $K_{\text{РЕАЛ}} = 700$ грн. від продажу шайб.

$$K_{\text{М}} = K_{\text{Б}} + \Delta K - K_{\text{РЕАЛ}} = 321901 + 810 - 700 = 329301 \text{ грн.}$$

Річна продуктивність устаткування

Річна продуктивність устаткування розраховують за формулою:

$$Q_{\text{Р}} = Q_{\text{Г}} \cdot F_{\text{Д}}, \quad (5.9)$$

де $Q_{\text{Г}}$ – годинна продуктивність, $Q_{\text{Г}} = 100$ т/год;

$F_{\text{Д}}$ – дійсний річний фонд часу роботи одиниці устаткування, год.

Дійсний річний фонд часу роботи устаткування обчислюють за формулою:

$$F_{\text{Д}} = F_{\text{Н}} \cdot \left(1 - \frac{\delta}{100}\right), \quad (5.10)$$

де $F_{\text{Н}}$ – річний номінальний фонд часу роботи одиниці устаткування, год.

δ – відсоток часу простою устаткування у планово-попереджувальному ремонті до номінального фонду часу. Величина δ може бути прийнята у розмірі 4-10%. Приймаємо 5% для модернізованої і 10% для базової машини.

$F_{\text{Н}}$ – визначаємо за формулою:

$$F_{\text{Н}} = S \cdot h \cdot D_{\text{Р}}, \quad (5.11)$$

де S – кількість змін роботи; на момент дипломування $S = 3$;

h – тривалість робочої зміни, $h = 8$ годин.

D_p – кількість робочих днів у році, $D_p = 100$.

Підставляючи числові дані до формули отримуємо:

$$F_H = S \cdot h \cdot D_p = 3 \cdot 8 \cdot 100 = 2400 \text{ год.}$$

Підставляючи числові дані до формули (5.10), отримуємо дійсний річний фонд часу роботи устаткування до модернізації та після:

$$F_{дб} = F_H \cdot \left(1 - \frac{10}{100}\right) = 2400 \cdot \left(1 - \frac{10}{100}\right) = 2160 \text{ год.};$$

$$F_{дм} = F_H \cdot \left(1 - \frac{5}{100}\right) = 2400 \cdot \left(1 - \frac{5}{100}\right) = 2380 \text{ год.}$$

Підставляючи числові дані до формули (5.9), отримуємо річну продуктивність без врахування браку модернізованої та базової машини:

$$Q_{Pl} = Q_{Г} \cdot F_{дб} = 100 \cdot 2160 = 216 \text{ тис.т / рік.};$$

$$Q_{Pl} = Q_{Г} \cdot F_{дм} = 100 \cdot 2380 = 299,9 \text{ тис.т / рік.}$$

З урахуванням браку річну продуктивність машини розраховують за формулою:

$$Q_p = Q_{Pl} - f, \quad (5.12)$$

де f – коефіцієнт виходу бракованої продукції. Для базової конструкції брак складає $\delta = 10\%$ від всієї продукції на рік, а для проектного вакуум- фільтра припускається зменшення браку до $\delta = 5\%$.

$$f = Q_{Pl} \cdot \frac{\delta}{100}$$

Звідси:

$$f = Q_{Pl} \cdot \frac{\delta}{100} = 216 \cdot \frac{5}{100} = 21,6$$

$$f = Q_{Pl} \cdot \frac{\delta}{100} = 299,9 \cdot \frac{5}{100} = 15,1$$

Підставляючи числові дані до (5.12), отримуємо річну продуктивність

базової і проектованої машини з обліком виходу бракованої продукції:

$$Q_{PB} = Q_{PI} - f = 216 - 21,6 = 194,4 \text{ тис.м / рік}$$

$$Q_{PM} = Q_{PI} - f = 299,9 - 30 = 269,9 \text{ тис.м / рік}$$

$$Q_{PB} < Q_{PM}$$

Поточні витрати

Поточні витрати на утримання та експлуатацію базової та модернізованої машини складаються з:

- заробітної плати;
- відрахувань на заробітну плату;
- витрат на електроенергію;
- витрат на складально-монтажні роботи;
- витрат на утримання і ремонт;
- витрат на утримання будівель;
- амортизаційних відрахувань на устаткування;
- амортизаційних відрахувань на споруди.

Заробітна плата

Витрати на оплату праці основних робітників, що обслуговують устаткування, розраховують за формулою:

$$C_3 = \frac{1}{100} \cdot \sum_{i=1}^m t_{Ci} \cdot F_d \cdot \eta_d, \quad (5.13)$$

де m – кількість основних робітників, які обслуговують устаткування;

t_{Ci} – годинна тарифна ставка робітника $t_{Ci} = 18$ грн.;

F_d – дійсний річний фонд часу, год.;

$\eta_d = 1,5-1,7$ – коефіцієнт, що враховує доплати до основної заробітної плати, приймаємо $\eta_d = 1,7$.

Підставляючи числові дані до формули (5.13), отримуємо:

$$C_3 = t_{Ci} \cdot F_{дБ} \cdot \eta_d = 18 \cdot 2160 \cdot 1,7 = 66096 \text{ грн.}$$

$$C_3 = t_{Ci} \cdot F_{дМ} \cdot \eta_d = 18 \cdot 2380 \cdot 1,7 = 78828 \text{ грн.}$$

Нарахування на заробітну плату

Нарахування на заробітну плату становлять 22% заробітної плати.

Таким чином

$$H_{з.п.} = C_{зб} \cdot \frac{22}{100} = 66096 \cdot \frac{22}{100} = 14541 \text{ грн.}$$

$$H_{з.п.} = C_{зм} \cdot \frac{22}{100} = 72828 \cdot \frac{22}{100} = 16022 \text{ грн.}$$

Витрати на електроенергію

Витрати на електроенергію залежать від потужності встановлених на устаткуванні електродвигунів, ступеню їх використання і обчислюються за формулою:

$$C_E = N_Y \cdot F_D \cdot K_B \cdot K_M \cdot C_E, \quad (5.14)$$

де N_Y – сумарна встановлена потужність електродвигунів, кВт; $N_{Y.B.} = 1,5$ кВт;

$K_B = 0,7-0,8$ – коефіцієнт, що враховує використання електродвигунів протягом робочого дня; приймаємо $K_B = 0,8$;

$K_M = 0,7-0,9$ – коефіцієнт, що враховує використання встановленої потужності електродвигунів машини. Приймаємо $K_M = 0,9$;

C_E – середня відпускна ціна за один кВт/год електроенергії, грн.,

$C_E = 2,1$ грн/кВт.

$$C_{EB} = N_Y \cdot F_{ДБ} \cdot K_B \cdot K_M \cdot C_E = 1,5 \cdot 2160 \cdot 0,8 \cdot 0,9 \cdot 2,1 = 4899 \text{ грн.}$$

$$C_{EM} = N_Y \cdot F_{ДМ} \cdot K_B \cdot K_M \cdot C_E = 1,5 \cdot 2380 \cdot 0,8 \cdot 0,9 \cdot 1,5 = 5398 \text{ грн.}$$

Витрати на утримання і ремонт устаткування визначають у відсотка від його вартості. Відповідно вони складають:

- 8% від вартості обладнання;
- 10% від вартості інструментів та засобів автоматизації.

Для базового устаткування:

$$C_{Р.Б.ОБЛАДАННЯ} = 240400,00 \cdot \frac{8}{100} = 19232 \text{ грн.}$$

$$C_{Р.Б.ІНСТР.АВТОМАТ.} = 24040,00 \cdot \frac{10}{100} = 2404 \text{ грн.}$$

Для проектного устаткування:

$$C_{P.B.ОБЛАДАННЯ} = 251446 \cdot \frac{8}{100} = 20115 \text{ грн.}$$

$$C_{P.B.ІНСТР.АВТОМАТ.} = 25144 \cdot \frac{10}{100} = 2514 \text{ грн.}$$

Амортизаційні відрахування

Амортизаційні відрахування на повне відновлення будівель розраховують за формулою згідно :

$$A_{уст} = K \cdot \frac{\alpha}{100}, \quad (5.15)$$

де $\alpha = 15\%$;

$$A_{уст.Б} = (Ц_{см} + K_{дм}) \cdot \frac{\alpha}{100} + K_c \cdot \frac{\alpha_c}{100} = (24040) \cdot \frac{15}{100} + 24040 \cdot \frac{25}{100} = 8413 \text{ грн.}$$

$$A_{уст.М} = (Ц_{см} + K_{дм}) \cdot \frac{\alpha}{100} + K_c \cdot \frac{\alpha_c}{100} = 2514 \cdot \frac{15}{100} + 2514 \cdot \frac{25}{100} = 8801 \text{ грн.}$$

Амортизаційні відрахування на повне відновлення будівель розраховують за формулою згідно :

$$A_{Буд.Б.} = A_{Буд.М} = K_{Буд} \cdot \frac{\alpha_B}{100}, \quad (5.16)$$

$\alpha_B = 5\%$ – норма амортизації відрахувань з будівель.

Підставляючи числові дані до формули (5.16), отримуємо:

$$A_{Буд.Б.} = 49421 \cdot \frac{5}{100} = 2471 \text{ грн.,}$$

Поточні витрати на утримання та експлуатацію базового і проектного устаткування зводимо до таблиці 5.3.

Оцінка ефективності модернізації

Ефективність модернізації оцінюється за формулою:

$$\mathcal{E} = (Z_{п.б.} + E_H \cdot K_B) \cdot \frac{Q_M}{Q_B} - (Z_{п.м.} + E_H \cdot K_M), \quad (5.17)$$

де $Z_{п.б.}$ та $Z_{п.м.}$ – поточні витрати по базовому та модернізованому обладнанню відповідно;

Q_B та Q_H – базова і нова річна продуктивність відповідно;

E_H – нормативний коефіцієнт ефективності капітальних вкладень. Приймається

$E_H = 0,15$;

K_B та K_M – капітальні витрати по базовому та модернізованому обладнанню відповідно.

Таблиця 5.3 – Поточні витрати на утримання та експлуатацію

Стаття	Витрати на обладнання, грн.	
	Базова	Проектована
Заробітна плата	66096	72828
Відрахування на заробітну плату	14541	16022
Витрати на електроенергію	4899	5398
Витрати на складально-монтажні роботи	24040	25202
Витрати на утримання і ремонт обладнання	19232	24040
Витрати на утримання і ремонт інструментів та засобів автоматизації	2404	2514
Амортизаційні відрахування на обладнання	8413	8801
Амортизаційні відрахування на будівлі	2471	2471
Разом:	142096	157276

Підставляючи числові дані до формули (5.17), отримуємо:

$$\mathcal{E} = (142096 + 0,15 \cdot 321901) \cdot \frac{269,9}{194,4} - (157276 + 0,15 \cdot 329301) = 57648 \text{ грн.}$$

Таким чином річний економічний ефект становить 57648 грн., що доводить економічну доцільність проведення модернізації.

Економічну частину дипломного проекту закінчуємо системними підсумками і порівнянням техніко-економічних показників проектованої та

базової машин. Розрахунки зводимо в таблицю 5.4.

Таблиця 5.4 – Характеристики базової і модернізованої машини

Показник	Одиниці вимір.	Машина	
		базова	проектowana
Годинна продуктивність	т/год	100	125
Встановлена потужність	кВт	1,5	1,5
Собівартість машини	грн.	240400	252028
Капітальні вкладення	грн.	32190	32930
Чисельність обслуговуючого персоналу	чол.	2	2
Річний економічний ефект	грн.		57648
Термін окупності	років		0,6

ВИСНОВКИ

1. Проведено аналіз конструкцій сепараторів, з точки зору відповідності умовам проходження частинок через отвори решета, технологічних операцій і місця в системі післязбиральної обробки та підготовки насіння, зберігання та переробки зерна.

2. Розглянуто класифікацію повітряно-ситових сепараторів в залежності від використання, системи пневмосепарації, конструктивним особливостям, ефективності очищення.

3. Запропоновано провести модернізацію сепаратора шляхом використання інерційного віброзбуджувача та заміни решіт зі зміною форми отворів. Технічним результатом удосконалення є спрощення конструкції, підвищення ефективності розсіву, зниження травмування зерна та питомих енерговитрат.

4. Проведено інженерні розрахунки основних параметрів повітряно-ситового сепаратора А1-БЛС-100: підбір підшипників, привідного електродвигуна, розмірів дебалансів, розрахунок дебалансного валу та ін.

5. Розроблено технологічний процес виготовлення деталі типу «вал». Загальний час на виготовлення деталі складає 30,55 хв. Оформлення технологічного процесу вала оформлено маршрутно–операційною картою.

6. У роботі проведено аналіз шкідливих і небезпечних факторів, які діють на оператора при експлуатації повітряно-ситового сепаратора; інженерні рішення, що передбачаються зменшення або усунення дії шкідливих і небезпечних факторів на оператора.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Вдосконалення технології зберігання і використання зерна / М.Ф. Кулик, А.О. Бабич, А. А. Засуха, Г. М. Калетнік та ін. // Монографія – Вінниця: Інститут кормів УААН, 1996. - 240 с.

2. Берник І.М. Основні засади проектування машин і обладнання переробних виробництв / І.М. Берник. // Теорія і практика будівництва. Науково-технічний журнал. К.: 2011.-№8. – С. 6-9.

3. Заїка П.М. Теорія сільськогосподарських машин / П.М. Заїка. – Харків: Око, 2006. – 407 с.
4. Тищенко Л.Н. Інтенсифікація сепарування зерна / Л.Н. Тищенко. – Харків: Основа, 2004. – 224 с.
5. Швидя В.О. Теоретичне дослідження аеродинамічного процесу сепарації зерна / В.О. Швидя // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. — Мелітополь: ТДАТУ, 2010. – Вип. 10, Т.5. — С. 56 – 63.
6. Мерко І.Т. Наукові основи і технологія переробки зерна: підручник для студ. вищих навч. закладів. / І.Т. Мерко, В.О. Моргун. – Одеса: Друк, 2001. – 348 с.
7. Технологічне обладнання зернопереробних та олійних виробництв/ За редакцією О.В. Дацишина. Навчальний посібник. – Вінниця: Нова книга, 2008. – 488 с.
8. Тищенко Л.Н. Експериментальне дослідження впливу вібрації на ефективність процесу скальперування зернового вороху / Л.М.Тищенко, С.А.Богданович // Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. – вип. 43. – част. І. – 2013. – С. 160–164
9. Заїка П.М. Сепарація насіння льону на вібраційних сепараторах / П.М. Заїка, М.В. Бакум, А.Д. Михайлов, О.Б. Козій // Вібрації в техніці і технологіях. – №3 (67). – 2012. – С. 106–111.
10. Тищенко Л. М. Про рух по решету віброзбуджених зернових мас з внутрішнім в'язко-сухим тертям / Тищенко Л. М. Ольшанський В. П. Ольшанський С. В. // Вібрації в техніці і технологіях. – №1 (81). – 2016. – С. 145–148.
11. Сепаратор БСХМ [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.mehzavod.com.ua/bshhm/>.
12. Ситовой сепаратор ПСО-0,7 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.olis.com.ua/equipments/proizvodstvomuikiirup/sitovoj-separator-pso-07/>.
13. Обладнання підприємств харчової та переробної промисловості / І. С.

Гулий, М.М. Пушанко, Л.О. Орлов та ін. – Вінниця: Нова Книга, 2001. 576 с.

14. Богомолов О.В. Курсове та дипломне проектування обладнання переробних і харчових підприємств. Навчальний посібник. / О.В. Богомолов, П.В. Гурський, В.П. Богомолова – Х.: Еспада, 2005. – 432 с.

15. Назаренко І.І. Прикладні задачі теорії вібраційних систем: Навчальний посібник (2-е видання) / І.І. Назаренко. – К.: Видавничий Дім " Слово", 2010. – 440с.

16. Назаренко І.І. Основи проектування і конструювання машин та обладнання переробних виробництв // І.І. Назаренко, І.М. Берник – К.: Аграр Медіа Груп, 2013. – 544 с.

17. Писаренко В.С. Сопротивление материалов, – К.: Высш.шк., 1986. – 775 с.

18. Гарнець В.М. Методологія створення машин: Навчальний посібник / В.М. Гарнець, А.В. Безух. – К.: "Хай-Тек Прес", 2010. 376с.

19. Ярошевська В.М. Охорона праці в галузі: Навчальний посібник/ В.М. Ярошевська, В.Й. Чабан; М-во науки і освіти України, – Київ: ВД «Професіонал», 2004. – 286 с.