

ПОЛТАВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інженерно-технологічний

Кафедра механічної та електричної інженерії

Пояснювальна записка

*до кваліфікаційної роботи на здобуття ступеня вищої освіти
бакалавр*

на тему: «Конструкторсько-технологічні аспекти проектування машини для
сепарації зернопродуктів»

КРБ.133ГМбд_31[2].37.00.00.000.ПЗ

Виконав: здобувач вищої освіти
за освітньо-професійною програмою
*«Машини та обладнання
сільськогосподарського виробництва»*
спеціальності 133 «Галузеве
машинобудування»
ступеня вищої освіти *бакалавр*
групи 133ГМбд_31[2]
ЧАЛИЙ Владислав

Керівник: канд. техн. наук, доцент
ЛЕВЧЕНКО Юлія

Полтава – 2026 року

ПОЛТАВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет інженерно-технологічний
Кафедра механічної та електричної інженерії

Освітньо-професійна програма «*Машини та обладнання
сільськогосподарського виробництва*»

Спеціальність 133 «*Галузеве машинобудування*»
Ступінь вищої освіти *бакалавр*

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
механічної та електричної
інженерії,
канд. техн. наук, доцент,
_____ Станіслав ПОПОВ
03 грудня 2025 р.

З А В Д А Н Н Я

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА ВИЩОЇ ОСВІТИ

Владиславу ЧАЛОМУ

1 Тема роботи: «*Конструкторсько-технологічні аспекти проектування
машини для сепарації зернопродуктів*»

керівник роботи **канд. техн. наук, доцент ЛЕВЧЕНКО Юлія,**
затверджено засіданням кафедри, протокол №9 від 03 грудня 2025 р.

2 Строк подання здобувачем вищої освіти роботи – до 31 травня 2026 р.

3 Вихідні дані до роботи – *повітряно-ситовий сепаратор з магнітним
вловлювачем продуктивністю 250 т/год. коефіцієнт зовнішнього тертя по
сталевому решету – $f = 0,37$; швидкість витання зерна пшениці – $V_{\text{вит}} =$
 $8,5 \dots 11,5$ м/с; швидкість витання засмічених домішок – $V_{\text{вит}} = 4 \dots 6$ м/с.*

4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно
розробити):

Розділ 1. *Загальний*

Розділ 2. *Технологічний*

Розділ 3. *Конструкторський*

Розділ 4. *Економіка, охорона праці та навколишнього середовища*

5 Перелік графічного матеріалу: *Загальний вигляд повітряно-ситового
сепаратора. Розріз зерноочисного сепаратора. Схему дебалансного механізму
приводу ситового корпусу. Креслення вузла кріплення ситових рамок.*

6 Консультанти розділів *кваліфікаційної роботи*

Розділ	Власне ім'я, прізвище та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання отримав
Економіка, охорона праці та навколишнього середовища	Ірина ЗАГРЕБЕЛЬНА, доцент кафедри економіки та публічного управління		
	Володимир ДУДНИК, доцент кафедри механічної та електричної інженерії		
	Павло ПИСАРЕНКО, завідувач кафедри екології, збалансованого природокористування та захисту довкілля		

7 Дата видачі завдання 03 грудня 2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з.п.	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Вибір, затвердження теми роботи	До 03.12.2025 р.	
2	Складання, затвердження розгорнутого плану, завдання на кваліфікаційну роботу	15.12-28.12.2025 р.	
3	Опрацювання літературних джерел		
4	Збір, вивчення, обробка інформації, необхідної для виконання роботи		
5	Виконання розділів роботи, графічної частини	04.05-31.05.2026 р.	
6	Оформлення тексту роботи		
7	Попередній захист роботи на кафедрі	До 31.05.2026 р.	
8	Нормалізаційний контроль		
9	Доопрацювання роботи з урахуванням зауважень і пропозицій		
10	Захист кваліфікаційної роботи	3 01.06.2026 р.	

Здобувач вищої освіти _____ Владислав ЧАЛИЙ
(підпис)

Керівник роботи _____ Юлія ЛЕВЧЕНКО
(підпис)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 4 розділи, 1 додаток, 8 рисунків, 4 таблиці, 21 використане джерело, 73 сторінки.

Об'єкт розробки – конструктивні та режимні параметри обладнання для очищення зерна.

Предмет розробки – повітряно-ситовий сепаратор з магнітним вловлювачем продуктивністю 250 т/год.

Постановка актуальної технічної задачі – провести аналіз існуючих конструкцій обладнання для очищення та сепарації зернопродуктів, дослідити особливості технологічного процесу очищення зернової сировини, виконати розрахунок основних конструктивних, кінематичних, енергетичних і технологічних параметрів повітряно-ситового сепаратора, обґрунтувати раціональні режими його роботи та забезпечити відповідність обладнання вимогам продуктивності, надійності, ефективності очищення й безпечної експлуатації. Також необхідно проаналізувати питання охорони праці, екологічної безпеки та економічної ефективності впровадження запроєктованого обладнання.

Мета кваліфікаційної роботи бакалавра – виконати розрахунок параметрів пневмосепаруючої очисної машини, обґрунтувати режими її роботи та запроєктувати обладнання за результатами проведених розрахунків.

У загальному розділі наведено характеристику післязбиральної обробки зерна, розглянуто значення процесів очищення, сортування та сепарації зернової маси. Проведено аналіз сучасних конструкцій зерноочисного обладнання, зокрема пневматичних, повітряно-ситових, ситових і оптичних сепараторів. Обґрунтовано актуальність теми, визначено мету, завдання та практичне значення роботи.

У технологічному розділі розглянуто потокову лінію приймання, очищення, сушіння та зберігання зерна. Описано особливості роботи зерноочисного відділення, наведено характеристику існуючих конструкцій та запроєктованого обладнання, розглянуто правила експлуатації, монтажу, ремонту та технічного обслуговування повітряно-ситового сепаратора.

У конструкторському розділі виконано конструктивний, кінематичний, енергетичний і технологічний розрахунки машини для сепарації зернопродуктів. Визначено основні параметри ситового корпусу, приводу, пасової передачі,

дебалансного механізму та пневмосепаруючого каналу. Обґрунтовано режими роботи обладнання, які забезпечують ефективно відокремлення великих, дрібних і легких домішок із зернової маси.

У розділі економіки, охорони праці та навколишнього середовища розглянуто питання безпечної експлуатації обладнання зерноочисного відділення, визначено основні шкідливі й небезпечні виробничі чинники, запропоновано заходи щодо зниження ризику травматизму та забезпечення належних умов праці. Проаналізовано екологічні аспекти роботи сепаратора, зокрема утворення зернового пилу, необхідність аспірації та очищення повітря. Також виконано розрахунок економічної ефективності впровадження запроєктованого обладнання.

Рекомендації щодо використання результатів роботи – результати розрахунків і запропоновані конструктивно-технологічні рішення можуть бути використані під час проектування, модернізації та експлуатації обладнання для очищення і сепарації зернопродуктів на елеваторах, зерноприймальних пунктах і зернопереробних підприємствах.

Сфера застосування результатів роботи – підприємства елеваторної, зернопереробної, комбикормової та агропромислової галузей, а також виробництво машин і обладнання для післязбиральної обробки зерна.

Графічна частина проекту становить 4 аркуші формату А1.

Результат перевірки тексту пояснювальної записки на плагіат за допомогою сервісу Strike Plagiarism: унікальність тексту – ___ %.

АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота бакалавра присвячена розрахунку та проектуванню машини для сепарації зернопродуктів. У роботі проведено аналіз сучасних конструкцій зерноочисного обладнання, розглянуто особливості технологічного процесу очищення зернової сировини та виконано розрахунок основних параметрів повітряно-ситового сепаратора з магнітним вловлювачем продуктивністю 250 т/год.

У процесі проектування визначено конструктивні, кінематичні, енергетичні та технологічні параметри сепаратора, обґрунтовано роботу ситового корпусу, приводу, пасової передачі, дебалансного механізму та пневмосепаруючого каналу. Запропоновані рішення спрямовані на забезпечення ефективного очищення зерна

від великих, дрібних, легких і металомагнітних домішок, підвищення продуктивності обладнання та зменшення втрат повноцінного зерна.

Розглянуто питання монтажу, ремонту, технічного обслуговування та безпечної експлуатації зерноочисного обладнання. Особливу увагу приділено охороні праці, захисту навколишнього середовища, зменшенню запиленості виробничого приміщення та економічній ефективності використання запроєктованої машини в умовах зернопереробного підприємства.

МАШИНА ДЛЯ СЕПАРАЦІЇ ЗЕРНОПРОДУКТІВ, ПОВІТРЯНО-СИТОВИЙ СЕПАРАТОР, ЗЕРНООЧИСНЕ ОБЛАДНАННЯ, СИТОВИЙ КОРПУС, ПНЕВМОСЕПАРУЮЧИЙ КАНАЛ, МАГНІТНИЙ ВЛОВЛЮВАЧ, ПРИВІД, ПАСОВА ПЕРЕДАЧА, ДЕБАЛАНСНИЙ МЕХАНІЗМ, ОХОРОНА ПРАЦІ.

ANNOTATION

The bachelor's qualification work is devoted to the calculation and design of a machine for grain product separation. The paper analyzes modern designs of grain-cleaning equipment, considers the technological process of grain cleaning and determines the main parameters of an air-screen separator with a magnetic catcher with a capacity of 250 t/h.

During the design process, the structural, kinematic, energy and technological parameters of the separator were determined. The operation of the sieve body, drive system, belt transmission, unbalanced mechanism and pneumatic separation channel was substantiated. The proposed design solutions are aimed at ensuring efficient removal of large, small, light and metal-magnetic impurities from the grain mass, increasing equipment productivity and reducing losses of sound grain.

The work also considers the issues of installation, repair, maintenance and safe operation of grain-cleaning equipment. Particular attention is paid to occupational safety, environmental protection, reduction of dust content in the production area and the economic efficiency of using the designed machine at grain-processing enterprises.

GRAIN PRODUCT SEPARATION MACHINE, AIR-SCREEN SEPARATOR, GRAIN-CLEANING EQUIPMENT, SIEVE BODY, PNEUMATIC SEPARATION CHANNEL, MAGNETIC CATCHER, DRIVE, BELT TRANSMISSION, UNBALANCED MECHANISM, OCCUPATIONAL SAFETY.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
РОЗДІЛ 1.ЗАГАЛЬНИЙ.....	8
РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ.....	20
2.1 Опис існуючих конструкцій та запроєктованого обладнання. Правила експлуатації.....	21
2.2 Ремонт і монтаж обладнання.....	30
2.3 Технологічний розрахунок.....	34
РОЗДІЛ 3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ.....	36
3.1 Конструктивний розрахунок.....	36
3.2 Кінематичний розрахунок.....	43
3.3 Енергетичний розрахунок.....	46
3.4 Розрахунок пневмосепаруючого каналу.....	47
РОЗДІЛ 4 ЕКОНОМІКА, ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА.....	52
4.1. Заходи щодо безпечної експлуатації обладнання.....	52
4.2. Охорона навколишнього середовища.....	61
4.3. Розрахунок економічної ефективності від провадження діяльності.....	62
ВИСНОВКИ.....	67
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ.....	68

ВСТУП

Аграрний сектор є однією з ключових складових економіки України, оскільки забезпечує продовольчу безпеку держави, формує значну частину експортного потенціалу та відіграє важливу роль у розвитку суміжних галузей. Сприятливі ґрунтово-кліматичні умови, значні площі родючих земель та багаторічний досвід ведення сільськогосподарського виробництва створюють передумови для стабільного розвитку аграрної галузі. Саме тому Україна традиційно посідає вагоме місце серед виробників і постачальників сільськогосподарської продукції на міжнародному ринку.

Попри складні умови воєнного часу, агропромисловий комплекс зберігає свою стратегічну важливість і залишається одним із найбільш перспективних секторів національної економіки. Галузь має значний ресурсний, виробничий та інвестиційний потенціал, що робить її привабливою для подальшого розвитку, модернізації та залучення капіталу.

Рациональне використання досягнень науково-технічного прогресу дає можливість покращити економічні показники підприємства, утримати його місце на ринку та забезпечити перевагу над конкурентами. Найчастіше модернізація стосується саме матеріально-технічної бази. Під матеріально-технічною базою підприємства розуміють сукупність виробничих засобів, які забезпечують здійснення виробничого процесу, зокрема обладнання, прилади, транспортні засоби, допоміжні виробництва, під'їзні шляхи та інші необхідні об'єкти.

Останнім часом спостерігається розширення матеріально-технічної бази підприємств, що займаються переробкою зерна та виробництвом комбікормів, зокрема безпосередньо у виробників сільськогосподарської продукції. Розвиток галузей, пов'язаних із повною переробкою зерна, є одним із важливих завдань економіки держави.

У зв'язку з цим особливого значення набуває питання заготівлі сільськогосподарської продукції для забезпечення потреб державної торгівлі та різних галузей народного господарства.

Якісне зберігання зерна потребує розвиненої матеріально-технічної бази та наявності кваліфікованих спеціалістів. Це дає змогу зберігати зернову масу без втрат і погіршення якісних показників, підвищувати якість зернових продуктів, а також зменшувати витрати праці й коштів у розрахунку на одиницю маси зерна.

Мета роботи – дослідити конструкторсько-технологічні особливості проектування машини для сепарації зернопродуктів, виконати необхідні розрахунки її основних параметрів, обґрунтувати раціональні режими роботи та запропонувати технічні рішення, спрямовані на підвищення ефективності процесу очищення зернової маси.

Предметом дослідження є машина для сепарації зернопродуктів, її конструктивні елементи, технологічні параметри та режими роботи.

Об'єктом дослідження є процес сепарації зернопродуктів, що забезпечує відокремлення домішок від зернової маси за рахунок використання робочих органів зерноочисного обладнання.

У кваліфікаційній роботі передбачено виконання таких завдань:

Провести аналіз літературних та інформаційних джерел щодо сучасних конструкцій машин для сепарації та очищення зернопродуктів.

Розглянути конструкторсько-технологічні особливості проектування сепаруючих машин, їх класифікацію, принцип дії та вимоги до ефективної роботи.

Обґрунтувати вибір конструктивної схеми машини для сепарації зернопродуктів з урахуванням продуктивності, якості очищення та умов експлуатації.

Виконати розрахунок основних конструктивних і технологічних параметрів машини та визначити раціональні режими її роботи.

Проаналізувати можливі виробничі небезпеки під час експлуатації сепаруючого обладнання та запропонувати заходи з охорони праці для забезпечення безпечної роботи персоналу. Провести економічні розрахунки, пов'язані з введенням даного обладнання в експлуатацію.

РОЗДІЛ 1 ЗАГАЛЬНИЙ

Післязбиральна обробка зернової маси охоплює комплекс технологічних операцій, до яких належать очищення, сортування та калібрування. Їх виконують з метою отримання зерна продовольчого і фуражного призначення, а також якісного насінневого матеріалу. Кожна із зазначених операцій має своє призначення та спрямована на вирішення конкретних технологічних завдань.

Свіжозібране зерно майже завжди містить певну кількість сторонніх домішок. Їх видалення дає змогу підвищити клас якості зернової сировини та покращити її технологічні властивості. Домішки бур'янів, а також мінеральні включення, зокрема пісок, грудки землі, каміння та інші сторонні частки, негативно впливають на умови подальшого зберігання зерна. Саме тому очищення зернової маси від домішок є одним із найважливіших процесів у технології післязбиральної обробки матеріалу. Для виконання цієї операції застосовують спеціальні зерноочисні машини, які забезпечують якісне проведення окремих етапів обробки зерна після збирання.

Зерновий ворох, що надходить із поля, обов'язково повинен пройти обробку та очищення від сторонніх включень навіть у тому випадку, коли рівень засміченості не перевищує допустимих норм, установлених державними стандартами. Це пояснюється тим, що сміттєві домішки зазвичай мають значно вищу вологість, яка на 25–35 % перевищує вологість самого зерна. Якщо протягом перших 12 годин після збирання не видалити сторонні включення, вони починають передавати вологу зерновій масі. Унаслідок цього погіршуються якісні показники сировини. Через значну частку зволоженого насіння бур'янів загальна вологість вороху може підвищуватися на 5–10 %. Чим вищою є вологість зернової маси, тим більша ймовірність її пошкодження та розвитку процесів самозігрівання.

Крім погіршення якості, підвищена вологість призводить до зростання витрат на сушіння матеріалу. У середньому для видалення 1 % вологи з 1 т

продукції необхідно витратити 2–3 л палива. Відповідно, додаткове зниження вологості на 5–10 % значно збільшує виробничі витрати підприємства. Наявність у зерновій масі бур'янів різного розміру та виду також ускладнює процес сушіння, оскільки повітря нерівномірно розподіляється по шару продукції. Через це зерно висушується нерівномірно, що негативно позначається на його подальшому зберіганні.

Підвищена вологість зернової маси зменшує тривалість зберігання продукції, оскільки створює сприятливі умови для самозігрівання та гниття. У результаті фермер або підприємство можуть зазнати значних збитків, адже така сировина втрачає придатність до використання за призначенням. Також погіршується сипучість матеріалу. Насіння окремих бур'янів, наприклад лободи або хрону, може затримуватися у зовнішній оболонці зернівок, зокрема вівса, внаслідок чого зерна склеюються між собою і сировина втрачає здатність вільно переміщуватися. Попереднє очищення вороху протягом перших 12 годин після надходження з поля дає змогу запобігти виникненню цієї проблеми.

Ще одним негативним наслідком засміченості є підвищення фізіологічної активності зернової маси. У сміттєвих домішках можуть міститися різні бактерії та патогенні мікроорганізми, які активізують процеси гниття і спричиняють псування продукції. Після обробки вороху зерноочисними машинами матеріал поділяється на кілька фракцій: зерно для посіву, зерно для виробничих потреб і фуражну частину, призначену для годівлі тварин.

Очищенням називають процес відокремлення від зернового вороху сторонніх домішок, а також щуплих, битих і пошкоджених зерен основної культури. Очищенню підлягає все зібране зерно незалежно від його подальшого призначення.

Продовольче зерно поділяють на дві групи кондицій: базове та небазове. Для кожної сільськогосподарської культури встановлюють відповідні базові показники якості. Наприклад, для ярої пшениці базового стану передбачають такі вимоги: чистота зерна повинна бути не нижчою 97 %, вміст сміттєвих домішок — не більше 1 %, зернових домішок, у тому числі подрібненого зерна,

— не більше 2 %, а вологість зерна має становити 14–16 %. Для зерна небазового стану також обмежується кількість домішок: бур'янистих — не більше 5 %, зернових — не більше 10 %. Вартість такого зерна є нижчою порівняно із зерном базових кондицій.

Насіння зернових і зернобобових культур повинно відповідати вимогам трьох класів:

I клас — містить 99 % насіння основної культури зі схожістю 90 % і не більше 10 шт./кг насіння інших культур, у тому числі не більше 5 шт./кг насіння бур'янів;

II клас — містить 98,5 % насіння основної культури зі схожістю 90–95 % і не більше 100 шт./кг насіння інших культур, з яких до 75 шт./кг можуть становити насіння бур'янів;

III клас — передбачає 98 і 85–90 % відповідно, а кількість насіння інших культур може становити 300 і 200 шт./кг.

Зерноочисні машини повинні забезпечувати поділ зернового матеріалу відповідно до вимог, установлених для продовольчого зерна та насіннєвого матеріалу, за один прохід. При цьому необхідно враховувати задану продуктивність обладнання та початкову засміченість зерна.

До таких машин висувають низку вимог. Вони мають бути універсальними, тобто придатними для доведення зерна і насіння різних сільськогосподарських культур до необхідних кондицій, передбачених стандартами. Крім того, обладнання повинно легко регулюватися, бути простим в експлуатації, безпечним під час роботи та відповідати чинним санітарно-гігієнічним нормам.

Основне призначення очищення зернового матеріалу полягає у видаленні з потоку вороху всіх сторонніх домішок, а також слабкого, битого та пошкодженого зерна основної культури. Якісне очищення сприяє підвищенню поживних і смакових властивостей продовольчого та фуражного зерна. Очищене насіннєве зерно додатково сортують і калібрують, щоб отримати посівний

матеріал, однорідний за розміром, зокрема за товщиною і шириною, масою або іншими важливими характеристиками.

Етапи очищення зерна.

Технологічні схеми очищення зернового матеріалу зазвичай включають попередню, первинну та вторинну сепарацію.

Під час попереднього очищення зерновий ворох розділяють на дві основні фракції: насіння та відходи. На цьому етапі з вороху необхідно видалити не менше 50 % домішок, зокрема органічних, мінеральних, насіння бур'янів і культурних рослин. При цьому вміст соломистих часток довжиною до 50 мм не повинен перевищувати 0,2 %. Кількість насіння основної культури у відходах допускається не більше 0,05 % від його маси у вихідному матеріалі.

На етапі первинного очищення зерновий матеріал поділяють на чотири фракції: очищене зерно, легкі відходи та великі домішки, другий сорт і підпосів. Після проходження первинного очищення зерно повинно відповідати таким показникам якості: чистота — не нижче 97 %, вміст сміттєвих домішок — не більше 1 %, а зернових домішок, у тому числі подрібненого зерна, — близько 2 %.

У процесі вторинного очищення насінневий матеріал розділяють на очищене насіння, зернові домішки, відходи та інші домішки. Після такої обробки вміст домішок у насінні не повинен перевищувати 1 %.

Потокова лінія приймання, очищення, сушіння та зберігання зерна на ТОВ «Амарант» складається з однієї виробничої ділянки, яка розподілена на окремі технологічні потоки. Оскільки зернова сировина надходить на підприємство з різними показниками вологості та засміченості, у складі лінії передбачено такі напрями обробки:

1. приймання вологої сировини, первинне очищення, сушіння, зберігання та відпуск сировини;
2. приймання вологої зернової сировини, первинне очищення, тимчасове зберігання, сушіння, тривале зберігання та відпуск;

3. приймання сухої сировини, первинне очищення, зберігання та відпуск.

Відповідно до вимог технологічного процесу переробки на підприємстві застосовується високопродуктивне обладнання ліній продуктивністю 100 т/год.

Зерно доставляється на підприємство автомобільним транспортом, зокрема автомобілями-самоскидами та бортовими автомобілями. Для розвантаження бортових автомобілів використовують автомобілерозвантажувачі У1-ГУАР-30 або У1-УРВ, поз. 1. Вологе та неочищене зерно надходить у приймальний бункер, поз. 2, місткістю не менше 30 м³. Такий об'єм бункера дає можливість одночасно розвантажити великовантажний автомобіль із причепом.

Із приймального бункера зерно стрічковим конвеєром ТБ-30, поз. 3.1, та норією НЦ-20, поз. 3.1, подається на очищення. Відділення очищення зерна включає магнітний сепаратор КМ-100, поз. 5, та повітряно-ситовий сепаратор марки БСХ-100, поз. 6. У магнітній колонці відбувається відокремлення металевих домішок завдяки проходженню зерна між полюсами магніту. На повітряно-ситовому сепараторі видаляються крупні та дрібні домішки, які відокремлюються внаслідок коливального руху сит і просіювання зернової маси.

Відокремлені домішки далі гвинтовим конвеєром, поз. 7, норією НЦ-20, поз. 3.2, та стрічковим конвеєром ЛТ-500, поз. 3.2, транспортуються до бункера відходів, поз. 10, об'ємом 10 м³. У сепараторі також здійснюється повітряне очищення. Аспіраційні відходи направляються до гідроциклона Цол-10, поз. 8, де відбувається їх очищення. Після цього очищене повітря виводиться в атмосферу, а легкі домішки надходять у бункер відходів, поз. 10, об'ємом 11 м³.

Гідроциклон обладнаний шлюзовим затвором Шу9, поз. 9, який забезпечує герметизацію гідроциклона та виведення з нього домішок без підсмоктування повітря. Робота аспіраційного каналу забезпечується вентилятором всмоктувальної дії, поз. 13, встановленим після циклона.

Після очищення вологе зерно норією НЦ-20, поз. 3.3, направляється на сушіння у зерносушарку У13-ЗСШ25, поз. 11. У ній зернова маса підсушується

до вологості 14 %. У зерносушарці зерно проходить три зони, у яких контролюються температура та вологість зернового матеріалу.

Висушене зерно скребковим конвеєром УТФ-320, поз. 15, та норією НЦ-20, поз. 3.3, за допомогою розвантажувального механізму, поз. 12, транспортується у напольні склади, поз. 13, для тривалого зберігання. Заповнення складів зерном здійснюється за допомогою розвантажувального візка УІ-УТР-500, поз. 17.

За потреби сухе зерно зі складів відвантажують стрічковим конвеєром ТБ-30, поз. 3.3, та норією НЦ-20, поз. 3.4, на залізничний транспорт або на автомобільний транспорт за допомогою пересувного конвеєра ЛТ-500, поз. 3.3.

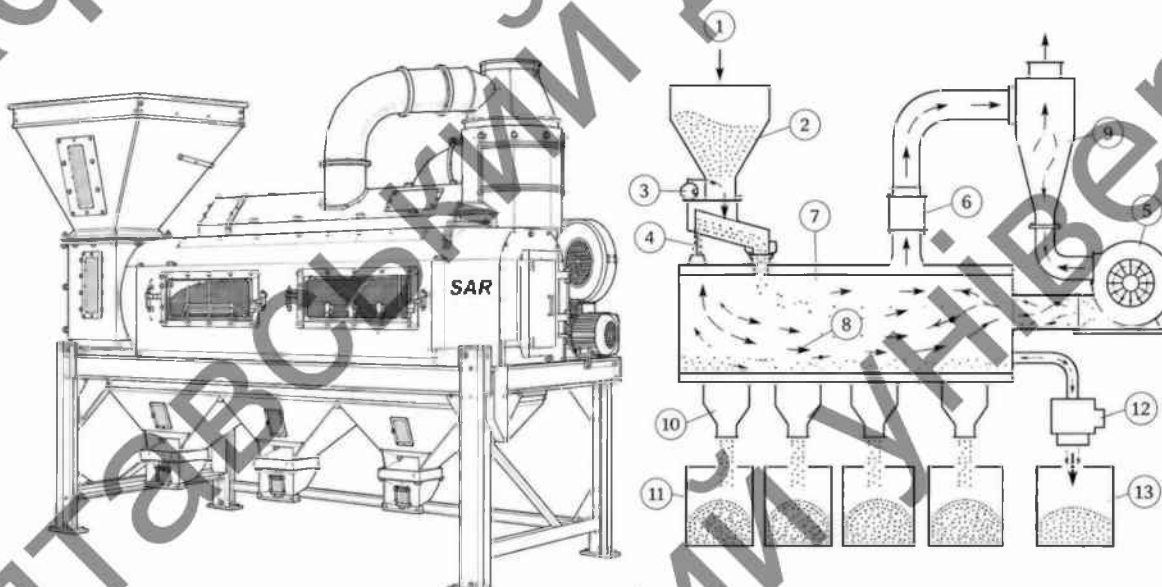
РОЗДІЛ 2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ

2.1 Опис існуючих конструкцій та запроєктованого обладнання. Правильна експлуатація

Пневматичні зернові сепаратори.

Для очищення зерна застосовують різні типи сепараторів: пневматичні, повітряно-ситові, трієрні, відцентрово-вібраційні та барабанні зерноочисні машини.

Українське підприємство ТОВ «Аеромех НВФ» випускає модельний ряд пневматичних сепараторів САД для очищення зерна (рис. 1 а) продуктивністю від 4 до 150 т/год. Такі машини можуть використовуватися для попереднього та первинного очищення, а також для калібрування зернового матеріалу.



а - загальний вигляд

б - схема роботи

1) зерно; 2) бункер-живильник; 3) регулятор подачі зерна; 4) віброжолоб; 5) вентилятор високого тиску; 6) струйний генератор; 7) камера сепарації; 8) повітряні потоки; 9) циклон; 10) жолоби різних фракцій насіння; 11) приймальні бункери; 12) пристрій зворотних фракцій; 13) бункер повернення

Рисунок 2.1. — Пневматичний сепаратор для очищення зерна САР

Пневматичні зернові сепаратори SAD мають у своєму складі живильний бункер, пристрій регулювання подачі зерна, віброжолоб, вентилятор високого тиску, струминний генератор, сепараційну камеру, циклон, жолоби та струменеві висівні трубки для відведення різних фракцій зернового матеріалу, зворотний бункер, електричну систему з електродвигунами для окремих робочих органів, а також блок керування.

Принцип дії такого сепаратора ґрунтується на взаємодії поперечного повітряного потоку із зерном, яке надходить у зону дії цього потоку (рис. 1 б). Зерно 1 спочатку подається до бункера 2, після чого за допомогою регулятора подачі 3 спрямовується на віброжолоб 4. У віброжолобі зерновий потік розпушується та рівномірно розподіляється за шириною сепараційної камери 7.

У сепараційній камері відбувається розділення зернового матеріалу за масою. Цей процес здійснюється під дією повітряних потоків 8, які створюються вентилятором високого тиску 5 і формуються струминним генератором 6.

Після проходження сепарації зерно розподіляється по жолобах відповідних фракцій насіння 10, а далі направляється у приймальні бункери 11 або фасується в мішки.

Під час високоточного калібрування частина зернового матеріалу із зворотного фракційного пристрою 12 надходить у зворотний бункер 13. Звідти зерно знову подається до бункера для повторного проходження процесу сепарації.

Циклон 9 призначений для вловлювання пилу, легких домішок і дрібних розсіяних частинок.

Суть роботи сепаратора полягає у розділенні зерна за масою з точністю $\pm 3\%$. Проте у випадку, коли частинки ґрунту, зерна або стеблові залишки мають масу, близьку до маси основного зерна, вони можуть потрапляти в один і той самий лоток із поправкою на дію повітряного потоку. Саме тому попереднє, а в окремих випадках і первинне очищення зернового матеріалу є обов'язковим.

Повітряно-ситові сепаратори.

Серед обладнання для очищення зерна значне поширення мають повітряно-ситові сепаратори. Їх принцип роботи полягає у поділі вихідної зернової суміші на окремі фракції шляхом послідовного просіювання через два шари сит, які здійснюють коливальні рухи. Одночасно з цим із зернової маси видаляються пил і легкі домішки завдяки пропусканню матеріалу через висхідний повітряний потік у каналі пневматичної сепарації. До комплекту постачання таких машин входять сита з різними типами отворів, що дає змогу використовувати їх для очищення насіння різних сільськогосподарських культур.

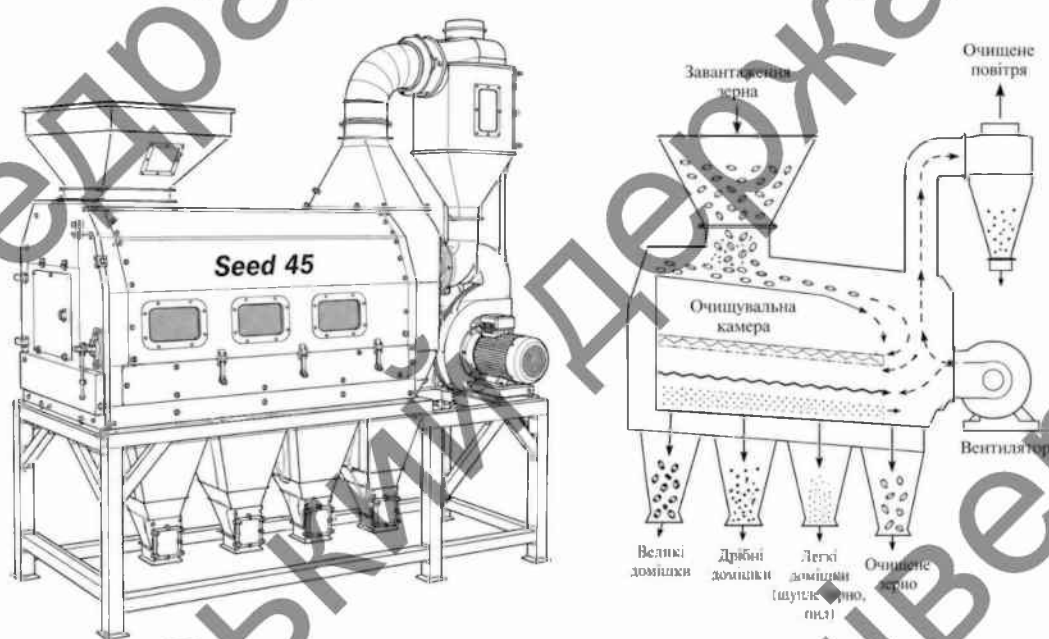


Рисунок 2. Загальний вигляд (а) та схема (б) зерноочисної машини Seed 45

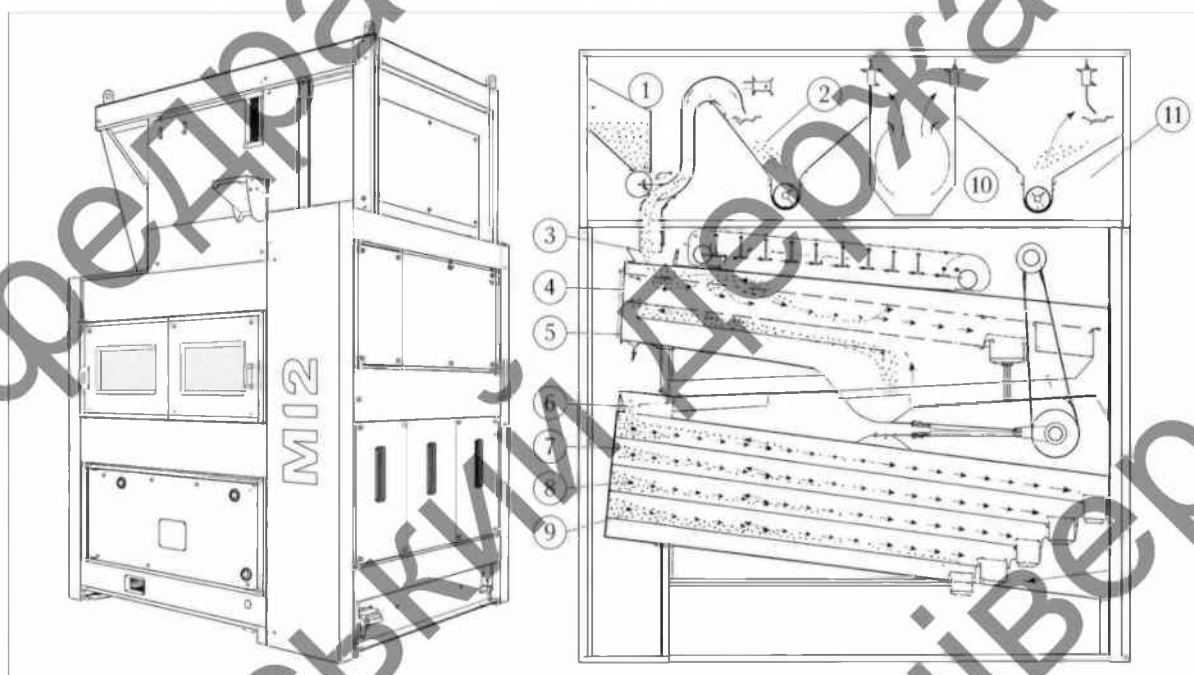
Компанія RIELA випускає повітряно-сортувальну машину Seed 45 (рис. 2.2), призначену для обробки зернового матеріалу. Виробник ТОВ «Оскольсельмаш» пропонує повітряно-грохотний фракційний зерноочисник ОЗФ-80, який застосовують для попереднього, первинного та вторинного очищення зерна.

Зерноочисник ОЗФ має систему подвійної аспірації, що забезпечує ефективне очищення зернового матеріалу повітряним потоком. Завдяки цій системі легкі домішки видаляються ще до надходження зерна на етап

просіювання. Після очищення на ситах із зернової маси додатково відбираються тонкі та біологічно неповноцінні зерна, які спрямовуються у кормову фракцію.

Аспіраційна система обладнана діаметральним вентилятором. Швидкість повітряного потоку в кожній системі всмоктування регулюється незалежно та плавно за допомогою перетворювача частоти. Також передбачене вимірювання ступеня відкриття регульовальних вікон, що дає змогу точніше налаштувати роботу зерноочисника відповідно до властивостей вихідного матеріалу.

Компанія ПЕТКУС виготовляє мультиочищувачі повітряно-ситового типу моделей М12 і М15 (рис. 3).



*а - загальний вигляд; б - конструкційно-технологічна схема
1) живильний пристрій; 2) попередній пневмосепаратор; 5) механізм очистки решіт;
4 і 5) решета верхнього решітного стану; 6,7,8 та 9) решета нижнього решітного стану; 10) посадка камера попереднього і головного пневмосепаратора; 11) головний пневмосепаратор.*

Рисунок 2.3 – Мультиочисник моделі М12

Подача зернового матеріалу в машину здійснюється через прогумований профільований валик і ступку з вантажами. Саморегульовальні клапани підбирача змінюють інтенсивність надходження зерна залежно від пропускну здатності машини, що забезпечує більш рівномірне завантаження робочих органів.

Попередній пневматичний сепаратор призначений для видалення пилу та легких частинок із зернового потоку. У головному пневматичному сепараторі відбувається подальше очищення: чисте зерно відокремлюється від пилових часток, дрібного зерна та легких компонентів. Обидва пневматичні вузли обладнані регульованими заслінками, за допомогою яких контролюють швидкість повітряного потоку.

Головний пневматичний сепаратор має двоканальну систему з регульованим впускним клапаном, що дає змогу виконувати інтенсивне очищення зернового матеріалу. Цей вузол працює як допоміжний елемент під час очищення на ситових ярусах. Клапани подачі зовнішнього повітря, розміщені у верхній частині, також дають можливість змінювати кількість повітря, яке надходить у систему. Відокремлені домішки осідають у двох седиментаційних камерах, після чого виводяться з машини за допомогою розвантажувальних шнеків.

Решітна система складається з двох решітних станів, які здійснюють коливальні рухи один відносно одного. Напрямні елементи, встановлені перед ситовими ступенями та після них, а також поділ потоку продукту дають змогу налаштувати роботу сит відповідно до різних способів розділення зернового матеріалу. Два верхні сита призначені для відокремлення від зерна грубих відходів.

Верхній решітний рівень обладнаний двома решетами. На верхніх решетах відбувається відділення крупних домішок від основного зернового матеріалу. Для очищення отворів сит у машині застосовується система з гумовими кульками. З метою підвищення ефективності очищення верхнє решето може додатково оснащуватися скребковим стрічковим очисником. На поверхні решета потік зернового матеріалу можна сповільнити, що сприяє кращому розподілу зерна по всій робочій площі сита.

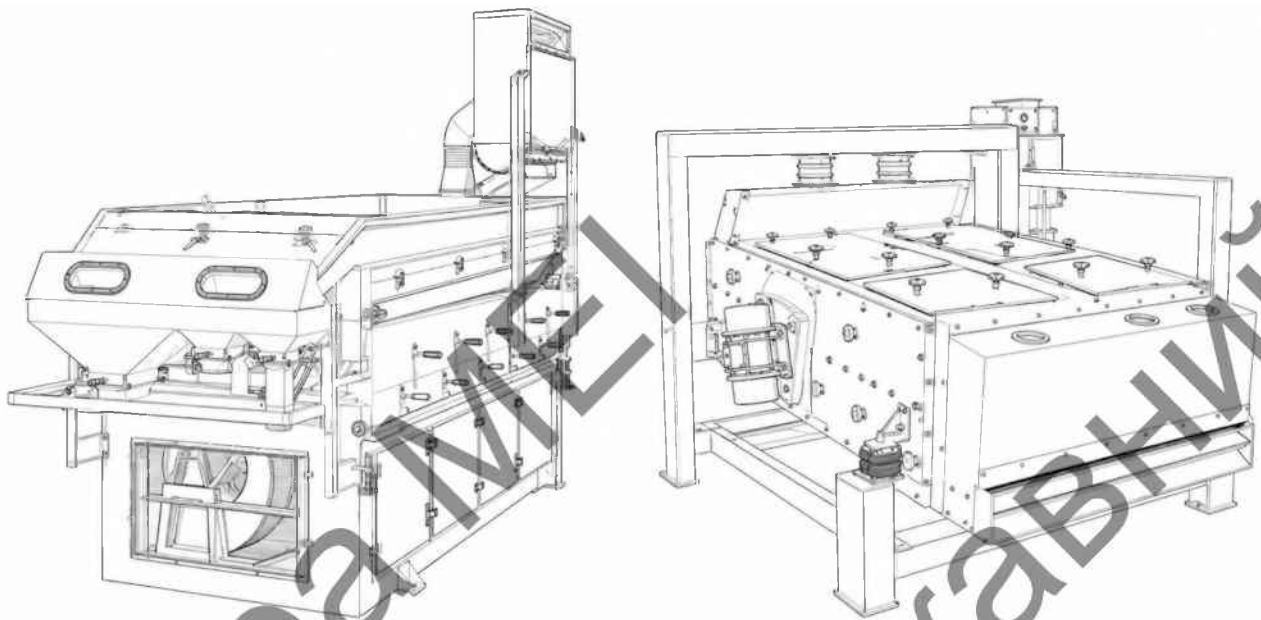


Рисунок 2.4 – Повітряно-ситові сепаратори зерна

Нижній решітний рівень складається з чотирьох сит. Така конструкція дає змогу відокремлювати як дрібні, так і великі домішки або виконувати калібрування зернового матеріалу на всіх ситових рамках.

Повітряно-ситові зернові сепаратори виготовляють різні підприємства та компанії, серед яких ПАТ «Харківпродмаш», Jubus (Іспанія), Spomasz S.A. Topuń (Польща), Spectrum Industries (Індія), CTGRAIN (Китай) та інші (рис. 4). Загальний принцип роботи таких машин є подібним, однак вони відрізняються між собою конструктивним виконанням, компонуванням робочих органів і технічними можливостями.

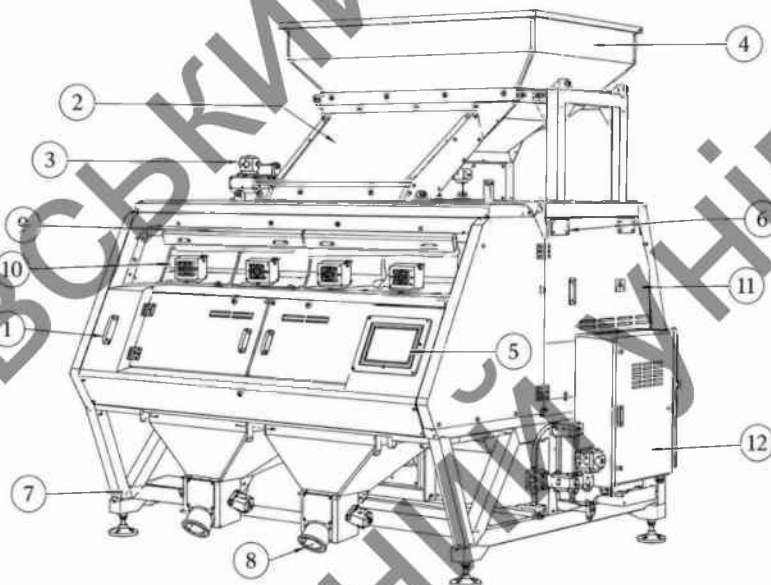
Використання традиційних механічних, пневматичних і комбінованих зерносортувальних машин забезпечує якісне розділення зернового матеріалу за розмірами, масою та іншими фізико-механічними ознаками. Проте такі машини не завжди здатні повністю відокремити зерно, уражене хворобами, грибками або пошкоджене комахами. У багатьох випадках пошкоджені чи хворі зернівки відрізняються від здорових насамперед кольором. Саме тому в сучасних технологіях очищення та сортування зерна дедалі більшого значення набувають фотоелектронні сепаратори й оптичні сортувальники.

Фотоелектронні сепаратори використовують для розділення зернового матеріалу за кольором, текстурою, формою та розмірними ознаками. На сьогодні

такі машини представлені значною кількістю моделей під торговими марками різних світових виробників. Незважаючи на те, що в конструкції фотоелектронних сепараторів поєднуються елементи пневмомеханіки, оптики, електроніки та систем автоматичного керування, вони дають змогу сортувати широкий спектр зернових і насінневих культур.

Залежно від принципу розпізнавання матеріалу розрізняють кілька типів фотосепараторів. Монохроматичні оптичні сепаратори здійснюють сортування за однією колірною ознакою. Біхромні оптичні сортувальники дають можливість розділяти сільськогосподарські культури за кольором і формою. Лазерні сортувальники, крім аналізу кольору та форми зерна, можуть враховувати особливості його внутрішньої структури, що дозволяє точніше відокремлювати небажані компоненти із загальної маси матеріалу.

Фотосепаратори, як правило, складаються з живильного пристрою для подачі вихідного матеріалу 2, переднього 1 і заднього 6 оптоелектронних блоків, освітлювальних елементів 7, сенсорного екрана керування 5 та пневматичної системи, роботою якої керує процесор 11 (рис. 5).



1) передній оптико-електронний відсік сортувальної камери; 2) жолоб подачі зернового матеріалу; 5) вібратор; 4) приймальний бункер; 5) сенсорний екран; 6) задній оптико-електронний відсік сортувальної камери; 7) патрубок виведення чистого зерна; 8) патрубок виведення відходів; 9) освітлювальна лампа; 10) сенсорна відеокамера; 11) процесор; 12) ежектор

Рисунок 5. Фотосепаратор зернового матеріалу

У відсіках сортувальної камери розміщені освітлювальні лампи 9, відеокамери 10 та пневматичний ежектор 12.

Під час виконання технологічного процесу зерновий матеріал спочатку надходить у приймальний бункер 3. Далі насіння за допомогою вібраторів 1 подається тонким і рівномірним потоком у жолоби машини 2. Жолоб являє собою невеликий канал, по якому переміщується зернівка. Після цього матеріал потрапляє в зону активного освітлення лампами 9, кількість яких становить приблизно 4 шт. на один канал. У цій зоні здійснюється візуальний контроль, завдяки якому на сенсорній відеокамері 10 формується реальне зображення зерна.

Відеокамери, що сканують насіння, сприймають відбите світло та реагують на нестандартний колірний відтінок зернівки. У разі виявлення відхилення формується електричний сигнал, який передається на процесор 11. Після отримання сигналу від відеокамери процесор подає команду на спрацювання ежектора. У результаті відкривається його клапан, і потік стисненого повітря видуває виявлену нестандартну частину зернового потоку у відходи через патрубок 8. Відокремлене чисте зерно через патрубок 7 спрямовується у сховище або відповідну приймальну ємність.

Оптичні сортувальні машини обладнуються ПЗЗ-камерою на 2048 пікселів, що забезпечує високу якість та деталізацію зображення продукту. Завдяки цьому підвищується точність аналізу зернового матеріалу і покращується якість сортування. В окремих моделях оптичних сортувальників використовують лінійні відеокамери з інтегрованим модулем високошвидкісної обробки зображення на основі двоядерного процесора. Такі камери дають змогу формувати цифрове зображення з високою роздільною здатністю за рівнем яскравості, що дозволяє розпізнавати навіть незначні відхилення дефектної зернівки від стандарту. Розмір дефекту, який може бути виявлений високошвидкісною лінійною камерою, становить $0,5 \times 0,2$ мм. Кожна зернівка в потоці сканується до 15 разів.

Компанія ПЕТКУС розробила оптичний сортувальник моделі OptoSelector OS900, який оснащений системою видалення забруднюючих домішок із подвійним соплом на кожному жолобі.

Японська компанія Satake пропонує декілька моделей оптичних сортувальників зерна, серед яких Pikasen Alpha, AlphaScan II, ScanMaster II, Evolution RGB + Shape, RGBS.

Pikasen Alpha є повнокольорою оптичною сортувальною машиною, призначеною для сортування невеликих і середніх партій сої, гороху, зерна та кукурудзи. Її продуктивність становить до 2 т/год.

Фотосепаратор AlphaScan II здатний одночасно визначати світлі й темні плями та характеризується високою продуктивністю — до 32 т/год. Він призначений для сортування пшениці, ячменю, жита, гірчиці, вівса та інших культур.

Фотосепаратор Evolution RGB + Shape застосовують для сортування насіння бобових культур. Повнокольоровий фотосепаратор RGBS має високу продуктивність і може використовуватися для сортування зернових, насіння та інших культур. Він здатний виявляти такі дефекти, як незначні відмінності кольору, сторонні предмети, насіння бур'янів тощо.

На світовому ринку також представлені оптичні сепаратори SORTEX S UltraVision™ виробництва Bühler AG, NANTA ACE і PUBU KING від Daewon, UNIQUE6SXG від UNIQUE, а також широкий ряд машин китайських та інших виробників.

За конструктивним виконанням основних робочих органів ситові сепаратори поділяють на дві групи: машини з плоскими ситами та машини з циліндричними ситами. Найбільшого поширення набули сепаратори з плоскими ситами, оскільки вони мають вищий коефіцієнт використання робочої поверхні сит. Застосовують два основні типи таких машин: із зворотно-поступальним рухом сит та з круговим поступальним рухом сит у горизонтальній площині. До другої групи також належать вібровідцентрові сепаратори, у яких робочі

циліндри встановлені вертикально, а також барабанні скальператори з горизонтальним розміщенням барабана.

Повітряно-ситові сепаратори також поділяють на дві групи: машини для первинного очищення, переважно від вегетативних домішок, тобто ворохоочисники, та повітряно-ситові сепаратори, які встановлюють на елеваторах і борошномельних заводах. За виконанням сепаратори бувають стаціонарними та пересувними, одинарними та поєднаними. За типом приводу їх класифікують на машини з інерційним коливачем, ексцентриковим коливачем, віброприводом та кривошипно-шарнірним приводом. За способом очищення сит розрізняють сепаратори з привідними, інерційними та ударними механізмами.

До інших ознак, які враховують під час вибору доцільного типу сепаратора, належать його основні параметри: довжина і ширина підсівних сит, кут їх нахилу до горизонту, кут напряду коливань, кінематичні характеристики, а також ефективність очищення зернового матеріалу.

Ефективність очищення зерна визначається кількістю домішок усіх класів, їх крупністю та співвідношенням у вихідній масі. Оскільки в сепараторах застосовують сита стандартних розмірів, то з урахуванням питомого навантаження можна оцінити ефективність очищення зерна та підібрати сита з отворами необхідної форми й розміру.

Для сучасних сепараторів типу БСХ із похилими ситами та горизонтальними коливаннями питома навантаження становить 200 кг/(год·см).

Ще однією важливою умовою вибору сепаратора є значення встановленої потужності електродвигунів.

З урахуванням наведеного матеріалу та порівняння технічних характеристик сепараторів відповідно до завдання можна зробити такий висновок.

З метою підвищення продуктивності лінії очищення зернової сировини до 70 т/год, збільшення ефективності очищення від сміттєвих домішок до 80 % та зменшення енергетичних витрат у даному дипломному проєкті передбачається розробка сепаратора на базі існуючої марки А1-БСХ-100.

Для очищення зернової сировини від основної маси домішок застосовують повітряні, повітряно-ситові та ситові сепаратори. Далі розглянуто класифікацію повітряно-ситових сепараторів, особливості їх будови, спосіб очищення зернової сировини, а також основні правила експлуатації та ремонту.

У елеваторній промисловості основною та найбільш поширеною зерноочисною машиною є сепаратор. Його встановлюють у всіх технологічних лініях, пов'язаних з обробкою зерна. За своєю будовою сепаратор є складною повітряно-ситовою зерноочисною машиною.

Повітряно-ситові сепаратори являють собою агрегати, у яких поєднано роботу повітряного та ситового сепараторів. Об'єднання двох сепараційних процесів в одній машині дає можливість спростити технологічну схему, зменшити кількість зайвих транспортних операцій і водночас покращити техніко-економічні показники. До таких показників належать питомі енерговитрати, питома металоємність, займана площа виробничих приміщень, питома вартість обладнання тощо. При цьому зберігаються необхідні якісні показники очищення зерна.

Повітряно-ситові сепаратори призначені для відокремлення від зернової маси домішок, які відрізняються від зерна основної культури за шириною, товщиною та аеродинамічними властивостями.

Пневматичні та повітряні сепаратори, або аспіратори, використовують для виділення повітряним потоком домішок, що мають інші аеродинамічні властивості порівняно із зерном основної культури. Такі домішки називають легкими. До них належать квіткові оболонки, частини стебел і колосків, полова, насіння засмічувальних рослин, щуплі зерна основної культури, пил та інші подібні включення. Повітряні сепаратори застосовують на круп'яних заводах під час сепарації продуктів лущення круп'яних культур. Пневматичні сепаратори, крім очищення, також виконують функції циклонів-розвантажувачів у мережі пневмотранспорту, тобто відокремлюють зерно від транспортуючого повітря.

У зерноочисних машинах використовують різні способи пневмосепарації: у вертикальному, похилому або поперечному повітряному потоці; із

застосуванням поля відцентрових сил; пневмоінерційний; пневмоситовий та інші. Найбільшого поширення набув спосіб сепарації зернової суміші у вертикальному повітряному потоці. Це пояснюється конструктивною простотою, компактністю пристроїв і достатньою ефективністю їх роботи.

Пневматичні та повітряні сепаратори поділяють на дві основні групи: з розімкненим і замкнутим циклом повітря. До першої групи належать аспіраційні колонки, які широко використовують на круп'яних заводах, а також пневмосепаратори для борошномельних заводів із пневмотранспортом, що випускаються з відносівіддільною камерою або без неї. До другої групи входять переважно повітряні сепаратори типу аспіраторів, які найбільш поширені у круп'яному виробництві. Крім того, повітряні сепаратори часто використовуються як складові елементи інших технологічних машин, наприклад повітряно-ситових сепараторів, каменевіддільних машин тощо.

До основних параметрів повітряного сепаратора, від яких залежить ефективність очищення зерна та чіткість сепарації, належать питоме зернове навантаження, розміри пневмосепаруючого каналу, швидкість повітряного потоку і втрати тиску в сепараторі.

Сучасні підприємства здебільшого оснащені різними модифікаціями машин, у яких зернова суміш розділяється у вертикальному повітряному потоці. До таких машин належать сепаратори типу А1-БІС, А1-БЛС, А1-БСХ, аспіратори й аспіраційні колонки А1-БДЗ, А1-БВЗ, А1-БКА та А1-БДА, пневмосепаруючі пристрої зерноочисного агрегату А1-БЗА, а також модифікації пневмосепараторів типу ЗСМ-10, ЗСП-10, А1-БСМ-6, А1-ЗСП-20.

Сучасні повітряно-ситові сепаратори.

До цієї групи обладнання належать сепаратори типів А1-БІС, А1-БЛС та А1-БСХ. Це повітряно-ситові машини, у яких на ситах зерно очищається від домішок, що відрізняються від нього за шириною і товщиною, а у пневмосепаруючому каналі — за швидкістю витання в повітряному потоці.

Особливістю конструкції таких сепараторів є відсутність камер осадження домішок, а також поєднання функцій дебалансу і шків приводу. Таке рішення

дозволяє суттєво зменшити висоту сепаратора та підвищити безпеку його обслуговування. Наявність регульованого пневмосепаруючого каналу забезпечує можливість змінювати швидкість руху повітря. Круговий поступальний рух ситового корпусу сприяє ефективному очищенню зерна від крупних і дрібних домішок. Притискання ситових рам ексцентриковим механізмом забезпечує надійну фіксацію, а також спрощує встановлення і виймання ситових рам. Завдяки освітленню пневмосепаруючого каналу оператор може візуально контролювати процес видалення легких домішок.

Промисловістю проведено модифікацію сепараторів А1-БІС і А1-БЛС. Нині випускаються дві моделі А1-БЛС-12 і А1-БЛС-16 для зерноочисних відділень млинів, а також А1-БІС-100 для хлібоприймальних підприємств та елеваторів. Установлення сепаратора А1-БЛС-16 на елеваторах із відповідною заміною сит забезпечує його продуктивність на рівні 50 т/год. Усі моделі сепараторів цього типу мають подібну конструкцію. Вони складаються з двосекційного ситового корпусу, підвішеного до станини на гнучких підвісках зі скловолокна, та вертикального пневмосепаруючого каналу.

Сепаратор А1-БЛС-12 виконаний односекційним, тому має один пневмосепаруючий канал. У кожному ситовому корпусі встановлено два яруси сит: сортувальні та підсівні. У кожному ярусі розміщено по дві ситові рами, крім сепаратора А1-БІС-16, у якому встановлена одна рама. Ситові рами в корпусі закріплюються ексцентриковими затискачами. Поздовжніми та поперечними брусками ситові рами поділені на окремі відсіки, у кожному з яких знаходяться по дві гумові кульки. Вони призначені для очищення отворів сит під час роботи машини. До нижньої площини ситової рами прикріплені сітчасті фордони.

На передній стінці ситового корпусу встановлено електродвигун. За допомогою клинопасової передачі він приводить в обертальний рух шків із дисбалансом, що створює круговий поступальний рух ситового корпусу. У верхній частині станини розміщено приймальний патрубок для надходження зерна та патрубок для підключення до аспіраційної мережі. Очищене зерно

виводиться через випускний канал. Для відведення крупних і дрібних домішок передбачено спеціальні лотки.

З боку сходової частини корпусу розташований пневмосепаруючий канал із вібралотком, який призначений для подачі зерна в канал. Для більш ефективного виділення легких домішок у пневмосепаруючому каналі регулюють амплітуду коливань вібралотка, величину його виходу в канал, розмір вихідного зазору, швидкість повітряного потоку за рахунок положення рухомої стінки у верхній та нижній частинах каналу, а також загальну витрату повітря.

До комплекту сепаратора входить спеціальний горизонтальний циклон, призначений для осадження відносів. Його встановлюють після сепаратора.

Циклон має форму зрізаного конуса. Усередині нього на спільній горизонтальній осі розміщені два внутрішні конуси різних розмірів. Вони зварені між собою більшими основами таким чином, що між конусами утворюється кільцевий канал. Спочатку цей канал поступово звужується, а потім різко розширюється і переходить у розширювальну камеру, приєднану до більшої основи зовнішнього корпусу. До вхідної частини циклона приварено чотири криволінійні лопаті, які забезпечують закручування повітряного потоку в кільцевому каналі. До нижньої частини розширювальної камери приєднують шлюзовий затвор.

Принцип дії сепараторів А1-БЛС-12, А1-БЛС-16, А1-БІС-100.

Неочищене зерно самопливом надходить у ситовий корпус. Крупні домішки, які є східом із сортувального сита, виводяться через лоток сепаратора. Суміш зерна з дрібними домішками проходить через сортувальне сито надходить на підсівне сито. Дрібні домішки, тобто прохід підсівного сита, потрапляють у лоток і виводяться із сепаратора.

Зерно, очищене на ситах від крупних і дрібних домішок, надходить на вібралоток, а потім у пневмосепаруючий канал. Під час проходження повітря через потік зерна легкі домішки відокремлюються від зернової суміші та виносяться повітряним потоком через канал у горизонтальний циклон. Очищене

зерно з пневмосепаруючого каналу через отвір у нижній частині по самопливних трубах спрямовується на подальшу переробку.

Регулююча перегородка пневмосепаруючого каналу виготовлена з тришарового скла. Вона одночасно виконує функцію зовнішньої стінки каналу. Лампа встановлена горизонтально у верхній частині каналу. У сепараторах А1-БЛС-12 та А1-БЛС-16 зернова суміш із приймального потоку надходить на спеціальне дно, де рівномірно розподіляється суцільним шаром. Патрубок закритий фартухом, який запобігає потраплянню зерна у відходи.

Під час роботи сепараторів під навантаженням необхідно контролювати рівномірність подачі зерна в ситовий корпус, розподіл зернової маси по ширині сортувальних сит, плавність руху ситового корпусу, відсутність змішування очищеного зерна з відходами, рівень запиленості, наявність підпору зерна в живильних коробках над вібротками, ефективність сепарування у пневмосепаруючих каналах, а також відсутність засмічення отворів сит зерном і домішками.

У таблиці 3.1 наведена технічна характеристика сепараторів А1-БЛС-12, А1-БЛС-16, А1-БІС-100.

Таблиця 2.1 – Технічні характеристики зерноочисних машин

Показники	А1-БЛС-12	А1-БЛС-16	А1-БІС-100
1 Продуктивність, т/год	12	50	100
2 Ефективність очищення, %	60–80	60–80	40–50
3 Встановлена потужність, кВт	1,3	1,5	1,5
4 Радіус кругових коливань, мм	9×1	9×2	9×2
5 Частота коливань за хв.	325	325	350
6 Витрати повітря, м ³ /год	4500	8000	8500
7 Число ситових рам, шт., всього	4	4	8
Число ситових рам у кожному корпусі	2	1	2
8 Розміри ситових рам, мм	1000×750	1000×1000	1000×750
9 Площа сит, м ²	3	4	6
10 Розмір отворів сортувальних сит, мм	4,25×25	4,25×25,8	Ø8
Розмір отворів підсівних сит, мм	1,7×20	1,7×20	Δ3,5; 1,7×20

Показники	A1-БЛС-12	A1-БЛС-16	A1-БІС-100
11 Пневмоканал, шт.	1	2	2
12 Горизонтальний циклон, шт.	1	2	–
13 Габаритні розміри, мм: довжина	2600	2090	2600
Габаритні розміри, мм: ширина	1365	2520	2520
Габаритні розміри, мм: висота	1510	1510	1510
14 Маса, кг	1020	1450	1600

Зерноочисний сепаратор БСХ-100

Зерноочисний сепаратор БСХ-100 в окремих випадках комплектується додатковим аспіраційним обладнанням. Його застосовують для забезпечення належних санітарних, екологічних і безпечних умов праці під час очищення зернової сировини. У такому виконанні зерноочисна установка має марку БСХ-100-20. До її складу входять сепаратор БСХ-100, розподільник зернового потоку, пневмосепаруючий канал і збірник очищеного зерна.

До додаткового обладнання належить система повітроводів, яка з'єднує повітряно-ситовий сепаратор з обладнанням для відокремлення легких домішок від повітряного потоку та подальшого очищення повітря. Така система складається з перехідників, повітроводів і відводів. Виділення легких домішок здійснюється в установці УОВ-1-01. Вона обладнана протипідсосним клапаном, який підтримує герметичність очисної системи.

Створення надлишкового тиску та розрідження в мережі забезпечується вентилятором середнього тиску. Очищення повітря від пилу відбувається у спеціальному горизонтальному циклоні. Герметичність роботи системи забезпечує шлюзовий затвор із приводом.

Забруднене повітря під надлишковим тиском надходить у циклон. На вході в нього завдяки гвинтоподібним лопаткам повітряний потік набуває спірального напрямку руху. Далі він переміщується у звужений кільцеподібний простір, утворений конусоподібним корпусом циклона та нерухомим робочим конусом, розмішеним усередині. Через тертя об поверхні корпусу і конуса частинки пилу, що містяться у забрудненому повітрі, втрачають швидкість і по похилій поверхні корпусу переміщуються до відповідного патрубка. Розвантаження пилу виконується через шлюзовий затвор, а очищене повітря з циклона виводиться в

атмосферу. Така конструкція аспіраційного обладнання забезпечує ефективність очищення повітря до 98 %.

Будова та принцип роботи повітряно-ситового сепаратора

Сепаратор призначений для очищення зернової сировини від домішок, які відрізняються від зерна геометричними розмірами та аеродинамічними властивостями. Таке обладнання застосовують у технологічних схемах млинів, елеваторів, хлібоприймальних підприємств і крупозаводів. Конструктивно сепаратор складається із ситового сепаратора та пневмосепаруючого каналу, до якого приєднане допоміжне обладнання: розподільник, перехідник і збірник зерна.

Основними вузлами сепаратора є станина, поз. 8, решітний кузов, поз. 7, із рамками сит, поз. 16, привід, поз. 3, траверси, поз. 19, з балансирним механізмом та огороженням, поз. 21. У верхній передній частині кузова встановлено патрубок, поз. 14, через який зернова суміш подається в кузов. Розподільчий лоток забезпечує рівномірний розподіл зернової суміші по всій ширині сит.

Станина сепаратора, поз. 1, складається з передньої та задньої стійок, з'єднаних між собою боковинами. На передній стійці розміщені патрубки для подачі зернової суміші в сепаратор. Вони обладнані оглядовими вікнами, поз. 2. На задній стійці станини закріплено патрубок для приєднання до аспіраційної мережі, поз. 31.

Для попередження можливих ударів кузова об станину під час пуску та зупинки машини на нижній передній частині станини встановлено обмежувач, поз. 18, з гумовим амортизатором. З цією самою метою на задній стійці станини передбачено два гумові обмежувачі.

Пневмосепаруючий канал, поз. 5, призначений для видалення із зернової суміші легких домішок. Він складається з корпусу, всередині якого встановлена рухома стінка, поз. 27. Переміщення верхньої та нижньої частини рухомої стінки здійснюється поворотом маховиків, поз. 25, 29. Рухома стінка виготовлена зі спеціального скла, що дає змогу спостерігати за процесом сепарування.

Для рівномірного надходження продукту в пневмоканал передбачено приймальний канал, поз. 24, з вібрлотком, поз. 23. У верхній частині корпусу каналу встановлено перехідник для приєднання до повітропроводу. Під каналом розміщений патрубок, поз. 10, призначений для сходу очищеного зерна.

Розподільник служить для поділу зернового потоку на два однакові потоки. Завдяки цьому зернова суміш рівномірно розподіляється по ширині сит сепаратора. Поділ потоку здійснюється за допомогою рухомого каналу з вантажами. Рівномірність подачі регулюється переміщенням вантажу по шпильці.

Принцип роботи сепаратора

Зернова суміш через приймальний патрубок надходить у розподільник, поз. 1. Далі за допомогою перехідників, поз. 9, вона поділяється на два потоки та направляється у секції кузова. Кузов сепаратора виконує круговий рух, під дією якого зернова суміш переміщується по сити і розділяється на фракції.

У кузові встановлено фартух, який зменшує ймовірність потрапляння зерна у відходи. Крупні домішки відводяться через лоток, поз. 37. Суміш зерна з дрібними домішками проходить через сортувальне сито та надходить на нижню рамку сит. Дрібні домішки, просипаючись через підсівне сито, потрапляють на днище сепаратора, а потім через лоток, поз. 20, виводяться з машини.

Зерно, очищене на ситах від крупних і дрібних домішок, надходить у приймач пневмосепаруючого каналу. Звідти воно лотком рівномірно подається в пневмосепаруючий канал, де інтенсивно продувається повітряним потоком. Повністю очищене зерно через розвантажувальний патрубок, поз. 10, виводиться з машини. Повітря з кузова і пневмосепаруючого каналу по повітропроводах направляється у циклон, поз. 12, для очищення від аспіраційних домішок.

Правила експлуатації повітряно-ситового сепаратора

Правильна експлуатація повітряно-ситового сепаратора є важливою умовою забезпечення стабільної роботи зерноочисного обладнання, високої якості очищення зернової маси та безпеки обслуговуючого персоналу. Повітряно-ситові сепаратори застосовують для видалення із зерна великих,

дрібних, легких та пилоподібних домішок шляхом поєднання механічного просіювання і пневматичного розділення матеріалу повітряним потоком.

Перед початком роботи сепаратора необхідно провести зовнішній огляд машини, перевірити справність основних вузлів, надійність кріплень, стан решіт, приводних механізмів, аспіраційної системи, захисних кожухів та заземлення. Особливу увагу слід звертати на відсутність сторонніх предметів у приймальному бункері, сепарувальній камері, решітному стані та повітропроводах. Пуск обладнання дозволяється здійснювати лише після перевірки його технічного стану та переконання у відсутності людей у небезпечній зоні.

Під час запуску сепаратора спочатку вмикають аспіраційну систему та вентилятор, після чого приводять у дію решітний стан і механізми подачі зерна. Подачу зернової маси необхідно здійснювати рівномірно, без перевантаження живильного пристрою. Надмірна подача матеріалу може призвести до зниження якості очищення, забивання решіт, підвищення навантаження на привід і нестабільної роботи машини.

У процесі роботи сепаратора необхідно контролювати рівномірність надходження зерна, ефективність виділення домішок, стан решітних поверхонь, роботу вентилятора, герметичність аспіраційних каналів та відсутність сторонніх шумів або вібрацій. Регулювання повітряного потоку повинно забезпечувати видалення легких домішок без винесення повноцінного зерна. У разі погіршення якості очищення слід перевірити стан решіт, правильність їх підбору, частоту коливань решітного стану та параметри повітряного потоку.

Не допускається робота сепаратора з пошкодженими або неправильно встановленими решетами, відкритими оглядовими люками, знятими захисними кожухами, несправними приводами, ослабленими кріпленнями або порушеною роботою аспіраційної системи. Забороняється очищати решета, видаляти забивання, підтягувати кріплення, змащувати вузли або виконувати ремонтні роботи під час роботи обладнання.

У разі виникнення підвищеної вібрації, стороннього шуму, перегрівання підшипників, приводу або електродвигуна, зниження продуктивності, порушення подачі зерна чи появи пилу в робочій зоні сепаратор необхідно негайно зупинити. Повторний запуск дозволяється тільки після встановлення та усунення причини несправності.

Зупинку повітряно-ситового сепаратора виконують у встановленій послідовності. Спочатку припиняють подачу зерна, після проходження залишків матеріалу через робочі органи вимикають привід решітного стану, а потім аспіраційну систему та вентилятор. Після завершення роботи необхідно очистити приймальні та вивантажувальні патрубки, решета, сепарувальну камеру, повітропроводи та робочу зону від залишків зерна, пилу й домішок.

Під час технічного обслуговування необхідно регулярно перевіряти стан решіт, приводних пасів, підшипників, електродвигунів, механізму очищення решіт, ущільнень, аспіраційних каналів і нилловловлювальних пристроїв. Зношені або пошкоджені деталі слід своєчасно замінювати. Змащування вузлів тертя проводять відповідно до графіка технічного обслуговування та рекомендацій виробника обладнання.

Обслуговування сепаратора повинні виконувати працівники, які пройшли інструктаж з охорони праці, ознайомлені з будовою машини, правилами її експлуатації та діями у разі аварійної ситуації. Під час роботи необхідно використовувати засоби індивідуального захисту, зокрема спецодяг, захисні окуляри та засоби захисту органів дихання у разі підвищеної запиленості.

Дотримання правил експлуатації повітряно-ситового сепаратора забезпечує безперебійну роботу обладнання, підвищує ефективність очищення зернопродуктів, зменшує ризик аварійних ситуацій і сприяє створенню безпечних умов праці на зернопереробних підприємствах, елеваторах та зерноприймальних пунктах.

2.2 Ремонт і монтаж обладнання

Потокова лінія, призначена для приймання, очищення та зберігання зерна, включає значну кількість технологічного обладнання. До її складу входять стрічкові та скребкові конвеєри, норії, зерносушарка, сепаратори, циклони, а також бункери різного призначення. Монтаж такої лінії переважно полягає у встановленні транспортних засобів і великогабаритного обладнання, зокрема сушарки та проміжних бункерів. Інші машини, наприклад циклони та сепаратори, зазвичай надходять на підприємство вже у зібраному вигляді.

Кожна машина, що входить до складу даної потокової лінії, має свої особливості монтажу, технічного обслуговування та ремонту. Дотримання цих вимог забезпечує надійну роботу обладнання, зменшує ризик аварійних зупинок і підвищує ефективність усього технологічного процесу.

Монтаж і ремонт сепаратора

Перед початком монтажу сепаратора необхідно виконати комплекс підготовчих робіт.

Спочатку за допомогою рівня перевіряють горизонтальність і рівність площадки під опорні поверхні станини та пневмоканалу. Допустиме відхилення не повинно перевищувати 3 мм. Якщо поверхня має нерівності, її вирівнюють шляхом підливання бетонного розчину або встановлюють сепаратор із використанням підкладних пластин.

Далі готують отвори у міжповерховому перекритті для випускних матеріалопроводів, а також для закріплення сепаратора і пневмоканалу. Після цього сепаратор транспортують до місця монтажу з урахуванням схеми його встановлення та місць зачеплення гаків вантажопідйомних механізмів. Перед установленням виконують розконсервацію вузлів сепаратора та пневмоканалу.

Під час розміщення сепаратора на місці монтажу необхідно передбачити достатні відстані до стін приміщення, колон та іншого обладнання. Це потрібно для зручного проведення ремонту, технічного обслуговування і заміни ситових рам. Така відстань повинна становити 2000 мм.

Окремо на площадці готують самопливні трубопроводи для продукту та повітропроводи. При встановленні сепаратора слід забезпечити однакову відстань від кузова до станини з лівого і правого боків, якщо дивитися з боку завантаження.

Під час огляду сепаратора знизу необхідно переконатися, що положення осі обмежувача збігається з центром отвору кронштейна, закріпленого позаду кузова. Допустиме зміщення осі становить не більше 9 мм.

За висотою кузов сепаратора виставляють відповідно до розмірів від основи станини до виступів на кронштейнах, на яких закріплюються підвіски. Додатково горизонтальність кузова перевіряють рівнем, який кладуть на торцеву поверхню шківів траверси. Потім шків повертають на 90° і повторно перевіряють положення кузова. За потреби сепаратор вирівнюють за допомогою підкладних елементів.

Після цього монтують пневмоканал сепаратора. Його виставляють за допомогою спеціальних кріпильних планок, виготовлених заводом і поставлених у комплекті з пневмоканалом.

Наступним етапом є встановлення ситових рам у кузов і їх регулювання. Рами заводять у кузов по напрямних, закріплених на боковинах, і фіксують за допомогою притискачів. Регулювання притискного механізму виконують у повністю відкритому положенні так, щоб зазор між поверхнями ущільнювачів притискачів і площиною верхньої рамки становив $3 \times 0,5$ мм.

Переміщення притискачів здійснюється спеціальним ексцентриковим пристроєм-ключем, який входить до комплекту поставки. При цьому відбувається поворот ексцентрикових втулок, завдяки чому валики та притискачі переміщуються у вертикальному напрямку, забезпечуючи притискання або звільнення рам сит. Щоб верхні та нижні рами затискалися і звільнялися одночасно, валики з обох боків кузова з'єднані важелями.

Під час звільнення ситових рам притискачі відходять від сит на 3–4 мм, що дає можливість демонтувати рамки. Встановлення ситових рам уздовж кузова виконують у такій послідовності: спочатку відпускають гайки, після чого,

прокручуючи їх, переміщують ситові рами за допомогою болтів. Верхнє сито повинно лягати на лоток, а нижнє — на задню рамку для сходу очищеного зерна. Після встановлення потрібного положення сита фіксують гайками.

Після монтажу ситових рам під'єднують самопливні трубопроводи для зерна і відходів, а також аспіраційний повітропровід до фланця пневмосепаруючого каналу. Далі сепаратор підключають до контуру заземлення.

Наступним етапом виконують монтаж електрообладнання та електромережі. В електрошафі встановлюють автоматичні вимикачі й магнітні пускачі. Кнопкові пости розміщують поряд із сепаратором на висоті не більше 1500 мм від підлоги.

Після підключення електрообладнання перевіряють напрямок обертання вала електродвигуна. Якщо дивитися зверху, вал повинен обертатися за годинниковою стрілкою. Також перевіряють наявність мастила у підшипниках балансирного механізму та змащують інші вузли відповідно до карти змащування.

Окремо перевіряють натяг приводного паса. При дії сили 40–50 Н, прикладеної до середини паса, величина прогину повинна становити 1,5–2 мм. Також перевіряють надійність кріплення ситових рам.

Після цього демонтують чотири кутники і болти, пофарбовані у червоний колір, які з'єднують ситовий кузов зі станиною і виконують роль опор кузова під час транспортування сепаратора. Крім того, знімають пластину та дрiт, якими був закріплений шків балансирного механізму.

Перед запуском перевіряють систему живлення пневмосепаруючого каналу без навантаження. Особливу увагу звертають на надійність різьбових з'єднань, особливо в місцях кріплення підвісок ситового кузова.

Після завершення монтажних операцій сепаратор обкатують у холостому режимі протягом 2 годин. Після цього прибирають місце монтажу і запускають сепаратор у роботу.

Привід повітряно-ситового сепаратора складається з електродвигуна та клинопасової передачі. У процесі експлуатації ці елементи можуть виходити з ладу, тому вони потребують періодичного огляду, регулювання і ремонту.

Клинопасову передачу ремонтують у разі розтягнення або розриву паса, який зазвичай пошкоджується в місці з'єднання. Робочі поверхні обода шківів спрацьовуються рідко. Частіше в ободі з'являються тріщини, послаблюється посадка шківів на валах або відбувається їх зміщення вздовж осі вала.

Під час ремонту зношені ділянки паса вирізають і замінюють частинами нового паса. Якщо на ободі шківа виявлено тріщини, ремонт виконують шляхом заварювання. Перед цим тріщину обробляють, а після зварювання зачищають відремонтовані місця абразивним інструментом.

Під час установа шківів після ремонту особливу увагу приділяють надійності їх кріплення на валах і правильності взаємного розташування. Ведучий і ведений шків повинні бути встановлені точно один навпроти одного, інакше пас буде спадати під час роботи.

Для заміни рам сит або каркасів необхідно відкинути хомут розвантажувального модуля, після чого відкрити його або зняти. Насамперед виймають ситові рами, при цьому каркаси залишаються на місці. Каркаси замінюють дуже рідко, переважно тоді, коли очисні кульки повністю спрацювалися і потребують заміни.

Правку валів виконують у центрах токарного верстата за допомогою гвинтового пристрою або пресами в холодному стані, якщо діаметр валів становить до 60 мм. Якщо вали мають шпонкові пази або шліци, їх правлять наклепом. Для цього вал установають на опору згином догори і легкими ударами молотка по сталевій загартованій пластині, яку вставляють у паз, поступово вирівнюють його.

2.3 Технологічний розрахунок

Відповідно до заданої продуктивності підбираємо та розраховуємо повітряно-ситовий сепаратор АІ-БСХ-100-20, продуктивністю у режимі первинного очищення 100 т/год.

При визначеній продуктивності проводимо перевірку продуктивності сепаратора в кг/с, становить по [6 с.40]

$$Q = B \cdot g \quad (2.1)$$

де Q - продуктивність сепаратора, кг/год

B - ширина підсівного сита, см

g - питоме навантаження на одиницю ширини сита,
кг/(год. см)

$$g = Q/B \quad (2.2)$$

При стандартних розмірах сита, встановлених на сепараторі питоме навантаження в кг/(год*см) становить:

A - довжина сита - 200 см, B - ширина сита в одному корпусі - 100 см

$$g = 100000/200 = 500$$

Питоме навантаження для підсівних сит сепаратора по [6 с.40] становить 450-550 кг/(год*см) $500 < 550$

Умова продуктивності виконана.

Довжина сита в м. розраховується по формулі [6.с.40]

$$L = Q/g_F \cdot B \quad (2.3)$$

де Q - продуктивність сепаратора, кг/год

g_F - питома продуктивність, кг/(год.м²)

B - ширина сита, м.

Питома продуктивність в кг/(год.м²) розраховується по [6.с.41]

$$g_F = 6 \cdot 10^3 \cdot (a - 3,5) \quad (2.4)$$

де a - діаметр отвору сита, мм

Стандартний діаметр отворів підсівного сита становить 5 - 7 мм.

Приймаємо a = 6 мм.

$$g_F = 6 \cdot 103 \cdot (6 - 3,5) = 15000$$

Тоді $L = 100000/15000 \times 2 = 3,33$

Загальна довжина сит корпусу сепаратора становить $L = 4,0$ м; $3,33 < 4,0$

Умова продуктивності виконана.

Продуктивність сепаратора, в кг/с становить

$$Q_c = G_3 = Q/3600 = 100000/3600 = 27,8 \quad (2.5)$$

РОЗДІЛ 3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ

3.1 Конструктивний розрахунок

Після аналізу конструктивного виконання сепаратора визначають його кінематичну схему, тобто взаємозв'язок між розташуванням ситового корпусу та приводним механізмом. У розглянутій конструкції похиле сито виконує коливальні рухи в напрямку похилої площини. Завдяки такому характеру руху забезпечується поступове переміщення зернової маси поверхнею сита та ефективне її розділення на фракції.

Під час роботи ситового корпусу виникають інерційні навантаження, спрямовані вздовж лінії його руху. Для зменшення їх негативного впливу та стабілізації роботи сепаратора передбачено врівноваження цих сил за допомогою дебалансного вантажу. Він розміщується на веденому шківі пасової передачі та компенсує інерційні сили, що виникають у процесі коливального руху ситового корпусу.

Таким чином, схема врівноваження ситового корпусу дебалансним вантажем дозволяє забезпечити більш рівномірну роботу машини, зменшити вібраційні навантаження на конструктивні елементи та підвищити надійність експлуатації сепаратора.



Розраховуємо складові даної схеми

Для визначення сил, ваги дебалансного вантажу проведемо розрахунок діаметра шківів пасової передачі.

Розрахунок проводимо виходячи з встановленої потужності електродвигуна $N = 1,5$ кВт, частоти його обертання $n = 960 \text{ хв}^{-1} = 16 \text{ с}^{-1}$, та передаючого числа $i = 5$.

Розраховуємо кутову швидкість ведучого валу в рад/с [2 с.44]

$$\omega = 2 \pi n \quad (3.1)$$

де n - швидкість обертання ведучого валу, с^{-1}

$$\omega = 3,14 \times 2 \times 16 = 100,5 \text{ рад/с}$$

Номінальний крутний момент в Н·м становить

$$M = N/\omega \quad (3.2)$$

де N - встановлена потужність, кВт

ω - кутова швидкість, рад/с

$$M = 1,5 \times 10^3 / 100,5 = 16,3$$

При визначеному крутному моменті по [3 с.83] підбираємо пас серії Б з площею перерізу $S = 81 \text{ мм}^2 = 81 \times 10^{-6} \text{ м}^2$.

Підбираємо діаметр в залежності від обертового моменту по номограмі [3 с.84], $D_1 = 100 \text{ мм} = 0,1 \text{ м}$.

Приймаємо розрахунковий діаметр ведучого шківів по [3 с.426] $D_{1p} = 145 \text{ мм} = 0,145 \text{ м}$. Розрахунковий діаметр веденого шківів в м по [3 с.76]

$$D_2 = D_1 \times i (1 - \varepsilon) \quad (3.3)$$

де D_1 - діаметр ведучого шківів, м

i - передаюче число

ε - коефіцієнт ковзання = 0,015

$$D_2 = 0,145 \cdot 5 (1 - 0,015) = 0,555 \text{ по [3 с.77]}$$

Підбираємо найближчий стандартний діаметр веденого шківа в м [3 с.426]
 $D_2 = 560 = 0,56 \text{ м}$. Уточнюємо передавальне число [3.с.44]

$$i_\phi = D_2 / [D_1 (1 - \epsilon)] = 0,56 / [0,145 (1 - 0,015)] = 5,1 \quad (3.4)$$

Розбіжність з заданим передаючим числом у % визначаємо по [4 с.32]

$$\Delta i = \frac{i_\phi - i}{i} \cdot 100 \% \quad (3.5)$$

де i_ϕ – фактичне передавальне число;

i – вибране передавальне число

$$\Delta i = \frac{5,09 - 5,0}{5,0} \cdot 100 = 1,8$$

що знаходиться у межах допустимого.

Розраховуємо та підбираємо міжцентрову відстань в м
[3 с.85] в межах

$$l_{min} = 0,55 (D_1 + D_2) + h \quad (3.6)$$

$$l_{max} = 2 (D_1 + D_2) \quad (3.7)$$

де l_{min} – мінімальна міжцентрова відстань, м

l_{max} – максимальна міжцентрова відстань, м

h – висота перерізу пасу, м

D_1 – діаметр ведучого шківа, м

D_2 – діаметр веденого шківа, м

$$L_{min} = 0,55 (0,145 + 0,56) + 0,008 = 0,348$$

$$L_{max} = 2 (0,145 + 0,56) = 1,344$$

Приймаємо $l_p = 800 \text{ мм} = 0,8 \text{ м}$.

Розрахункова довжина пасу визначається по [3 с.88] в м, по формулі

$$L_p = 2l_p + \pi (D_1 + D_2) / 2 + (D_2 - D_1)^2 / 4l_p \quad (3.8)$$

де l_p – прийнята міжцентрова відстань, м

D_2 – діаметр веденого шківа, м

D_1 – діаметр ведучого шківа, м

$$L_p = 2 \cdot 0,8 + 3,14 \cdot (0,145 + 0,56) / 2 + (0,56 - 0,145)^2 / 4 \cdot 0,8 = 2,72$$

Найближча стандартна довжина пасу $L_p = 2800$ мм = 2,8 м

Розраховуємо дійсне значення міжцентрової відстані в м по [3 с.88]

$$l = 0,25 [L - \pi D_{cp}] + \sqrt{(L - \pi D_{cp})^2 - 2(D_2 - D_1)^2}; \quad (3.9)$$

$$D_{cp} = 0,5 (D_1 + D_2); \quad (3.10)$$

де L - вибрана стандартна довжина пасу, м

D_1 - діаметр ведучого шківа, м

D_2 - діаметр веденого шківа, м

D_{cp} - середній діаметр шківів, м

$$D_{cp} = 0,5 (0,145 + 0,56) = 0,336$$

$$l = 0,25 [2,8 - 3,14 \cdot 0,336] + \sqrt{(2,8 - 3,14 \cdot 0,336)^2 - 2(0,56 - 0,145)^2} = 0,850$$

Розраховуємо кут обхвату ведучого шківа в град, по [3 с.89]

$$\alpha_1 = 180^\circ - 60^\circ (D_2 - D_1) / l \quad (3.11)$$

де α_1 – кут охоплення шківа, град

D_1 – діаметр ведучого шківа, м

D_2 – діаметр веденого шківа м

L – міжцентрова відстань, м

$$\alpha_1 = 180^\circ - 60^\circ(0,56 - 0,145)/0,9 = 150$$

Розраховуємо швидкість пасу в м/с по [3 с.89]

$$V = 0,5 \cdot \omega \cdot D_1 \quad (3.12)$$

де ω - кутова швидкість ведучого шківa, рад/с

D_1 - діаметр ведучого шківa, м

$$V = 0,5 \cdot 100,5 \cdot 0,112 = 5,63$$

Колове зусилля на один пас в Н розраховується по формулі [3 с.78]

$$[p] = P_o C_\alpha C_l C_p \quad (3.13)$$

де P_o - величина коллового зусилля, яке передається одним пасом, Н

C_α - коефіцієнт, який залежить від кута охоплення на веденому шківу

$$C_\alpha = 1 - 0,03 (180^\circ - \alpha_1) \quad (3.14)$$

де α_1 - кут охоплення ведучого шківa, град

$$C_\alpha = 1 - 0,03 \cdot (180^\circ - 150^\circ) = 0,92$$

де C_l - коефіцієнт, який враховує довжину пасу

$$C_l = 0,3 L/L_o + 0,7 \quad (3.15)$$

де L - довжина стандартного пасу, м

L_o - розрахункова довжина пасу, м

$$C_l = 0,3 \cdot 2,8/2,72 + 0,7 = 1,0$$

C_p - коефіцієнт режиму роботи.

Для клинового пасу типу Б при передаючому числі $i = 5$, діаметрі ведучого шківa $D_1 = 0,145$ м, довжині пасу $L = 2,8$ м, та швидкості пасу $V = 5,63$ м/с знаходимо по [3 с.79] $C_p = 0,8$

$$\text{Тоді } [p] = 370 \times 0,92 \times 1,0 \times 0,8 = 272,3$$

Розраховуємо колове зусилля в Н [2.с.44]

$$P = N/V \quad (3.16)$$

де N - встановлена потужність електропривуна, кВт

V - швидкість пасу, м/с

$$P = 1,5 \times 10^3 / 5,63 = 267,9 \text{ Н}$$

Розраховуємо необхідну кількість пасів, шт

$$Z_p = P/P_0 \quad (3.17)$$

де P - колове зусилля, Н

P_0 - колове зусилля, яке передає один пас, Н

$$Z_p = 267,9 / 272,3 = 1$$

Розраховуємо зусилля в пасовій передачі, приймаючи напруження від попереднього натягу $\sigma_0 = 1,8 \times 10^6$ Па по [3 с.426].

Попереднє натягнення кожної гілки пасу, в Н

$$S_0 = \sigma_0 \cdot F \quad (3.18)$$

де F - площа перерізу пасу, м

$$S_0 = (1,8 \cdot 10^6) \cdot (81 \cdot 10^{-6}) = 145,8 \text{ м}$$

Робоче зусилля ведучої гілки пасу в Н становить [3 с.80]

$$S_1 = S_0 + P/2 Z_p \quad (3.19)$$

$$S_1 = 145,8 + 267,9 / (2 \cdot 1) = 279,8 \text{ Н}$$

Робоче зусилля веденої гілки пасу в Н, становить по [3 с.80]

$$S_2 = S_0 - P/2 Z_p \quad (3.20)$$

$$S_2 = 145,8 - 133 = 12,2$$

Розраховуємо зусилля на валах шківів в Н по [3 с.80]

$$Q = 2 S_0 Z_p \sin(\alpha_1 \div 2); \quad (3.21)$$

де S_0 – зусилля натягу гілки, Н

Z_p – розрахункова кількість пасів, шт

α_1 - кут охоплення ведучого шківів, град

$$Q = 2 \cdot 145,8 \cdot 1 \cdot 0,966 = 281,7$$

Перевіряємо пас на довговічність [3 с.81]

Число пробігів пасу

$$U = V/L \quad (3.22)$$

де V - швидкість руху пасу, м/с

L - довжина пасу, м

$$U = \frac{5,63}{2,8} = 2,001$$

При $U \leq \frac{1}{10} \text{ с}^{-1}$ умова довговічності виконана.

Розраховуємо конструктивні розміри шківів по [3 с.82]

Розраховуємо зовнішні діаметри, в м

$$D_{\text{зов.}} = D + 2c \quad (3.23)$$

Розраховуємо внутрішні діаметри, в м

$$D_{\text{вн.}} = D_{\text{зов.}} - 2e \quad (3.24)$$

Розраховуємо ширину шківів, в м

$$B = (Z - 1) \cdot t + 2s \quad (3.25)$$

де D_1 – діаметр ведучого шківів, м

D_2 – діаметр веденого шківa, м

c, e, s, t – розміри перерізу паса, м

Z – число пасів

Для пасу Б-2800 [3 с.82]

$$c = 5 \text{ мм} = 0,005 \text{ м}$$

$$e = 17 \text{ мм} = 0,017 \text{ м}$$

$$s = 15 \text{ мм} = 0,020 \text{ м}$$

$$t = 21 \text{ мм} = 0,021 \text{ м}$$

Ведучий шків

$$D_{1 \text{ зов}} = 0,145 + 2 \times 0,005 = 0,113$$

$$D_{1 \text{ вн}} = 0,113 - 2 \times 0,017 = 0,079$$

$$B = (1 - 1) \times 0,021 + 2 \times 0,020 = 0,04$$

Ведений шків

$$D_{2 \text{ зов}} = 0,56 + 2 \times 0,005 = 0,57$$

$$D_{2 \text{ вн}} = 0,57 - 2 \times 0,017 = 0,536$$

$$B = (1 - 1) \times 0,021 + 2 \times 0,02 = 0,04 \text{ м}$$

3.3 Кінематичний розрахунок

1. Електродвигун
 $N = 1,5 \text{ кВт}$,
 $n = 1000 \text{ об/хв}$
2. Ведучий шків
 $D_1 = 0,112 \text{ м}$
3. Пас Б – 2800 мм
4. Ведений шків
 $D_2 = 0,56 \text{ м}$

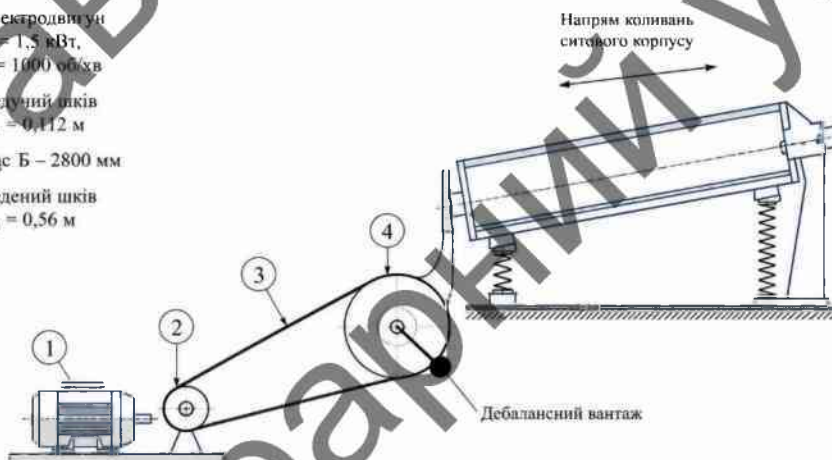


Рисунок 3.1. Кінематична схема

1. Електродвигун $N = 1,5$ кВт, $n = 1000$ об/хв

2. Ведучий шків $D_1 = 0,112$ м

3. Пас Б – 2800 мм

3. Ведений шків $D_2 = 0,56$ м

Передаточне число розраховуємо по формулі [4 с.30]

$$i = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{n_1}{n_2} = \frac{M_{к1}}{M_{к2}\eta} = \frac{D_2}{D_1} \quad (3.26)$$

де ω_1 - кутова швидкість ведучого валу, рад/с

ω_2 - кутова швидкість веденого валу, рад/с

n_1 – частота обертів ведучого валу, с⁻¹

n_2 – частота обертів веденого валу, с⁻¹

$M_{к1}$ – обертовий момент ведучого валу, Нм

$M_{к2}$ – обертовий момент веденого валу, Нм

η – к.к.д. передачі

D_1 та D_2 – діаметри шківів, м

Знаючи діаметри шківів знаходимо передаточне число

$$i = \frac{D_2}{D_1} = \frac{0,63}{0,112} = 5$$

Приймаємо передаюче відношення 5, воно відповідає рекомендованому [4 с.31].

По визначеному передаючому відношенні розраховуємо швидкість обертання веденого шківа, об/хв

$$n_2 = n_1/i = 1000/5 = 200 \quad (3.27)$$

Швидкість обертання веденого валу і відповідно дебалансного механізму відповідає рекомендованим швидкостям (180 ÷ 250 об/хв).

З відповідністю до схеми врівноваження ситового корпусу дебалансним вантажем, див. розділ 2, отримуємо у Н

$$F_1 = m_k \cdot \omega_2^2 \cdot R \quad (3.28)$$

де m_k – маса ситового корпусу 40 кг [5]

ω^2 - кутова швидкість корпусу, рад/с

R - радіус веденого шківів

Кутова швидкість в рад/с розраховується по формулі [4 с.42]

$$\omega = 2\pi n/60 = (2 \cdot 3,14 \cdot 200)/60 = 31,7 \quad (3.29)$$

$$F_1 = 40 \cdot 1,72 \cdot 0,28 = 279,8$$

$$F_2 = m_b \cdot \omega_2^2 \cdot r \quad (3.30)$$

де m_b – маса дебалансного вантажу, кг

r – радіус обертання дебалансного вантажу, м

ω - кутова швидкість, рад/с

Виходячи з умови рівноваги сил маємо $F_1 = F_2$

$$m_k \omega^2 r = m_b \omega^2 R \quad (3.31)$$

Визначаємо масу дебалансного вантажу, в кг

$$m_b = m_k \cdot r/R = 40 \times 0,18/0,28 = 2,75 \quad (3.32)$$

тоді

$$F_2 = 2,75 \times 31,72^2 \times 0,18 = 497,4$$

Рух зернової маси по похилому ситі забезпечує сила прискорення F_3 , Н

$$F_3 = (m_k + m_3) \cdot V \cdot e \quad (3.33)$$

де m_k – маса корпусу, кг

m_3 – маса зернової маси на ситі, кг

V – швидкість руху зерна на ситі, м/с

e – ексцентриситент коливань, м.

Швидкість руху зернової маси на ситі розраховується в м/с по формулі

$$V = (d_o - z_o - z_o t g \alpha) \sqrt{\frac{g \cos \alpha}{[(d_o - z_o - z_o t g \alpha) \sin 2\alpha + 2z_o]}} \quad (3.34)$$

де d_o – діаметр отворів сита, м

z_o – діаметр зерна пшениці, м

α – кут нахилу сит, град

$$V = (0,006 - 0,003 - 0,003 \cdot 0,194) \times \sqrt{\frac{9,81 \cdot 0,98}{[(0,006 - 0,003 - 0,003 \cdot 0,194)0,19 + 2 \cdot 0,003]}} = 0,23 \text{ м/с}$$

Кутова швидкість зернової маси в рад/с становить по формулі (3.34)

$$\omega = 2 \cdot 3,14 \cdot 0,23/60 = 0,024$$

Розраховуємо амплітуду коливань в м, по [2 с.29]

$$e = \frac{m_B}{m_k m_B} \cdot R \quad (3.35)$$

де m_B – маса дебалансного вантажу, кг

m_k – маса кузова, кг

R – радіус обертання вантажу, м

$$e = \frac{2,75}{42,75 + 2,75} \cdot 0,28 = 0,03$$

$$F_z = 427,5 \cdot 0,230,03 = 2,3 \text{ Н}$$

3.4 Енергетичний розрахунок

Проводимо перевірку потужності електродвигуна, встановленого на сепараторі.

Потужність двигуна в кВт по [4 с.36] становить

$$N_{\text{дв}} = \frac{F \cdot V}{1000 \eta} \quad (3.36)$$

де V – швидкість руху пасу, м/с

η – к.к.д. пасової передачі

$$N_{\text{дв}} = \frac{497,4 \cdot 5,63}{1000 \cdot 0,95} = 1,43 = 1,5 \text{ кВт}$$

Потужність двигуна задовольняє вимоги. Електродвигун марки 4A112MA8Y3, потужністю $N=1,5$ кВт, частотою обертання $n=1020$ об/хв., ккд=79,0, cosφ=0,8, масою $m=25$ кг, трьохфазний, асинхронний.

3.5 Розрахунок пневмосепаруючого кашплу

Для виконання розрахунків приймаємо фізико-механічні властивості пшениці: об'ємна щільність зернової маси $\rho = 760$ кг/м³; коефіцієнт внутрішнього тертя $f_1 = 0,47$; кут тертя $\varphi = 20,30^\circ$; коефіцієнт зовнішнього тертя зерна по сталевому решету $f = 0,37$. Швидкість витання повноцінного зерна пшениці становить $V_{\text{вит}} = 8,5 \dots 11,5$ м/с, тоді як для засмічених домішок вона перебуває в межах $V_{\text{вит}} = 4 \dots 6$ м/с.

Подальший розрахунок передбачає визначення максимальної кількості домішок A , кг, що можуть бути видалені із зернової маси. При цьому враховується допустимий вміст нормального зерна у відходах, який приймається на рівні $a = 2$ % від їх маси. Крім того, визначається маса домішок B , кг, наявних у вихідній суміші та здатних до виділення повітряним потоком у процесі очищення.

$$B = Q \cdot 0,02 = 100000 \cdot 0,02 = 2000 \text{ кг} \quad (3.37)$$

Розрахунок проводимо виходячи з продуктивності сепаратора $\Pi = 100000$ кг/год.

Приймаємо по [6 с.15] оптимальне питоме навантаження пневмосепаруючого каналу $q = 150$ кг/(год.см).

Для досягнення максимальної ефективності очищення по вибраному питомому навантаженні згідно номограми залежності ефективності очищення від ширини каналу [6 с.15] вибираємо ширину пневмоканалу $B = 130$ мм.

Довжина каналу розраховується в мм по [6 с.16]

$$L = \Pi/q \quad (3.38)$$

де Π – продуктивність сепаратора, кг/год

q – питоме навантаження, кг/(год.см)

$$L = \frac{24000}{150} = 160 \text{ см} = 1600 \text{ мм}$$

Вибираємо з таблиці 1.1 [6 с.10] швидкість паріння зерна та легких домішок. Максимальна швидкість повітряного потоку для зерна пшениці становить 8,7 м/с. В залежності від питомого навантаження $q = 150$ кг/(год.см) швидкість руху повітря становить 6,5 м/с.

Визначаємо ступінь нерівномірності потоку повітря, %

$$\Phi = \frac{V}{V_k} \cdot 100 = \frac{8,7}{6,5} \cdot 100 = 134 \% \quad (3.39)$$

Перевищення складає 34%, що допустимо. Приймаємо кут вводу сортувальної суміші $\alpha = 0^\circ \div 40^\circ$ (кут нахилу поворотної плити) по [6 с. 12]

Розраховуємо необхідну кількість повітря м³/с, [6 с.13]

$$Q_{\text{п}} = B \cdot L \cdot V_k \quad (3.40)$$

де B – ширина каналу, м

L – довжина каналу, м

V_k – швидкість повітря, м/с

$$Q_{\Pi} = 0,13 \cdot 1,6 \cdot 6,5 = 13,5 \text{ м}^3/\text{с}$$

Розраховуємо витрати тиску у пневмосепаруючому каналі, в Па

$$H_{\text{пк}} = (0,85 V_{\text{к}} + 1,17) \cdot 0,1 \cdot \frac{q}{B} \cdot \frac{\rho V^2}{2} \quad (3.41)$$

де: q – питоме навантаження, кг/(год.см)

B – ширина пневмоканалу, см

$V_{\text{к}}$ – швидкість повітря у каналі, м/с

$\rho_{\text{п}}$ – густина повітря, кг/м³

$$H_{\text{пк}} = (0,85 \cdot 6,5 + 1,17) \cdot 0,1 \cdot \frac{150}{13} \cdot \frac{1,2 \cdot 6,5^2}{2} = 195,7 \text{ Па}$$

Розраховуємо втрати тиску в Па, та визначаємо діаметр повітропроводу в мм на ділянці до циклона розвантажувача.

$$H_{\text{д1}} = R \cdot L + \sum \xi \frac{\rho V^2}{2} \quad (3.42)$$

де $R = 1,68 \text{ Па м}$ – втрати тиску на 1 п.м.

$L = 8 \text{ м}$ – довжина ділянки

$\rho = 1,2 \text{ кг/м}^3$ – густина повітря

$V = 8,6 \text{ м/с}$ – швидкість повітря

$\sum \xi$ – сума коефіцієнтів місцевих опорів

$$H_{\text{д}} = 44,2 \text{ Па}$$

Згідно схеми встановлення сепаратора ділянка має два коліна під кутом 90°. Коефіцієнт місцевого опору коліна $\xi = 0,2$. Довжина ділянки з урахуванням вирівняної довжини фасонних частин $L = 8 \text{ м}$. Діаметр повітропроводу по [6 табл.16] $D_{\text{п1}} = 400 \text{ мм}$.

$$H_{\text{д1}} = 1,68 \cdot 8 + 0,4 \cdot 44,2 = 13,44 + 17,68 = 31,1 \text{ Па}$$

Розраховуємо пилеповлювач

Продуктивність пилевловлювача, м³/год

$$Q_{\text{ц}} = 1,05 \cdot Q_{\text{п}} = 1,05 \cdot 3740 = 3927 \quad (3.43)$$

Швидкість повітря на вході в циклон, м/с

$$V_{\text{вх}} = \frac{Q_{\text{п}}}{F_{\text{вх}} \cdot 3600} \quad (3.44)$$

Приймаємо до установки циклон горизонтальний циклон з площею вхідного отвору $F_{\text{вх}} = 0,0693 \text{ м}^2$

$$V_{\text{вх}} = \frac{3927}{0,0693 \cdot 3600} = 15,7 \text{ м/с}$$

Розраховуємо діаметр вихідної частини циклону, мм

$$D = 14,4 \sqrt{Q_{\text{ц}}} = 14,4 \cdot \sqrt{3927} = 962,4 \text{ мм} \quad (3.45)$$

Приймаємо стандартний діаметр $D_{\text{ц}} = 972 \text{ мм}$.

Розраховуємо опір циклона, Па

$$H_{\text{ц}} = \xi \frac{\rho_{\text{п}} \cdot V^2}{2} = 5 \cdot \frac{1,2 \cdot 15,7^2}{2} = 739,5 \text{ Па} \quad (3.46)$$

де: ξ – коефіцієнт опору циклона; $\xi = 5$

$\rho_{\text{п}}$ – густина повітря, кг/м³

$V_{\text{вх}}$ – швидкість повітря на вході в циклон, м/с

Розраховуємо втрати тиску на ділянці між циклоном та вентилятором в Па по формулі (3.46)

$R = 0,46$ – втрати тиску на 1 м², Па

$L = 10$ – довжина ділянки, м

$H_{\text{д}} = 15,3$ – втрати тиску від швидкості повітря, Па

$\rho = 1,2$ – густина повітря, кг/м³

$V = 5,0$ – швидкість повітря, м/с

$\sum \xi = 0,8$ – сума коефіцієнтів місцевих опорів

$D_{\text{п2}} = 560$ – діаметр повітропроводу, мм

$$H_{\text{діл.2}} = 0,46 \cdot 10 + 0,8 \cdot 15,3 = 16,8 \text{ Па}$$

Розраховуємо втрати тиску на вихідному повітропроводі вентилятора по формулі (3.44).

При кількості повітря $Q_{\text{п}} = 3927 \text{ м}^3/\text{год}$ та діаметрі повітропроводу $D_{\text{п3}} = 560$ мм. По таблиці [6 табл.16] знаходимо

$$R = 0,46 \text{ – втрати тиску на } 1 \text{ м}^2, \text{ Па}$$

$$L = 3 \text{ – довжина повітропроводу ділянки, м}$$

$$H_{\text{д}} = 15,3 \text{ – втрати тиску від швидкості повітря, Па}$$

$$V = 5,0 \text{ – швидкість повітря, м/с}$$

$$\sum \xi = 0,4 \text{ – сума коефіцієнтів місцевих опорів}$$

$$H_{\text{діл3}} = 0,46 \cdot 3 + 0,4 \cdot 15,3 = 7,5 \text{ Па}$$

Знаходимо сумарні втрати тиску, в Па

$$H_3 = H_{\text{пк}} + H_{\text{д1}} + H_{\text{ц}} + H_{\text{д2}} + H_{\text{д3}} \quad (3.47)$$

$$H_3 = 195,7 + 31,1 + 739,5 + 16,8 + 7,5 = 990,6$$

По знайдених втратах тиску та необхідній кількості повітря підбираємо вентилятор ВСД-6,3 з $Q_{\text{max}}=12000 \text{ м}^3/\text{год}$, $H_{\text{max}} = 2100 \text{ Па}$, $\eta_{\text{в}} = 0,51$, $n_{\text{в}} = 1210$ об/хв. [6 табл.23]

Потужність на валу вентилятора розраховуємо за формулою, кВт

$$N_{\text{в}} = \frac{Q_{\text{в}} \cdot H_3}{36 \cdot 10^5 \cdot \eta_{\text{в}} \cdot \eta_{\text{пер}} \cdot \eta_{\text{під}}} \quad (3.48)$$

де $Q_{\text{в}}$ – витрати повітря в мережі, $\text{м}^3/\text{год}$

H_3 – тиск який розвиває вентилятор, Па

$\eta_{\text{в}}$ – к.к.д. вентилятора

$\eta_{\text{пер}}$ – к.к.д. передачі

$\eta_{\text{під}}$ – к.к.д. підшипника

$$N_B = \frac{3927 \times 990,6}{36 \times 10^5 \times 0,51 \times 0,95 \times 0,98} = 3,87$$

Установча потужність N_y визначається в кВт за формулою

$$N_y = K \times N_B = 3,87 \times 1,15 = 4,45 \quad (3.49)$$

де K – коефіцієнт запасу

$$K = 1,5 \text{ бо } N_B < 5,0 \text{ кВт}$$

Підбираємо електродвигун 4А112М4УПУЗ. Потужністю $N_y = 5,5$ кВт, $n = 1455$ об/хв. Шків на вентиляторі 4Б160. Шків на електродвигуну 4Б140. Частота обертання колеса вентилятора $n_k = 1210$ об/хв.

4.1. Заходи щодо безпечної експлуатації обладнання

Безпечна експлуатація обладнання для сепарації зернопродуктів є важливою умовою стабільної роботи зерноочисного відділення, збереження працездатності машини та запобігання виробничому травматизму. Повітряно-ситові сепаратори, пневмосепаратори, фотосепаратори та інші зерноочисні машини мають рухомі робочі органи, електроприводи, пасові передачі, вентилятори, аспіраційні канали, решітні стани та інші вузли, які за неправильного використання можуть становити небезпеку для обслуговуючого персоналу.

До основних небезпечних і шкідливих виробничих чинників під час роботи сепарувального обладнання належать: обертові та рухомі частини приводу, пасові передачі, підвищений рівень шуму і вібрації, запиленість повітря робочої зони, можливість ураження електричним струмом, утворення вибухонебезпечного пилоповітряного середовища, падіння зернової маси або домішок із завантажувальних і вивантажувальних пристроїв, а також травмування під час очищення, налаштування або ремонту машини.

Перед початком роботи оператор повинен перевірити технічний стан сепаратора, справність електрообладнання, надійність кріплення захисних кожухів, огорожень, решіт, приводних пасів, підшипникових вузлів, завантажувальних і вивантажувальних патрубків. Особливу увагу необхідно звертати на цілісність заземлення, справність кнопок пуску та аварійної зупинки, відсутність сторонніх предметів у приймальному бункері, решітному стані, сепарувальній камері та повітропроводах.

Пуск обладнання дозволяється виконувати лише після попереднього огляду машини та переконання, що біля рухомих частин немає працівників, інструментів або сторонніх предметів. Перед увімкненням сепаратора необхідно

подати попереджувальний сигнал або візуально переконатися у безпечності запуску. Спочатку вмикають аспіраційну систему та вентилятор, після цього приводять у дію робочі органи машини, а вже потім подають зернову масу в приймальний пристрій.

Під час роботи сепаратора забороняється відкривати оглядові люки, знімати захисні кожухи, торкатися рухомих частин, регулювати приводні паси, очищати решета руками, видаляти забивання в робочих органах, підтягувати болтові з'єднання або виконувати ремонтні операції. Усі роботи з очищення, регулювання, змащування та технічного обслуговування допускається проводити тільки після повної зупинки машини, відключення її від електромережі та вивішування попереджувального напису про заборону вмикання.

Для зменшення ризику травмування всі обертові та рухомі частини машини повинні бути обладнані надійними огороженнями. Пасові передачі, шківни, муфти, вентилятори, вали, дебалансні механізми та інші рухомі елементи повинні бути закриті захисними кожухами. Огороження мають бути міцними, зручними для технічного обслуговування та встановленими таким чином, щоб унеможливити випадковий контакт працівника з небезпечними зонами.

Важливою умовою безпечної експлуатації зерноочисного обладнання є підтримання справної роботи аспіраційної системи. Пил, що утворюється під час очищення зерна, погіршує умови праці, може спричиняти захворювання органів дихання та створювати пожежо- і вибухонебезпечне середовище. Тому повітропроводи, циклони, пиловловлювачі, фільтри та вентилятори повинні регулярно очищатися, а герметичність аспіраційних каналів має постійно контролюватися.

Електрообладнання сепаратора повинно відповідати вимогам електробезпеки. Усі електродвигуни, пускова апаратура, шафи керування та металеві частини машини мають бути заземлені. Забороняється експлуатувати обладнання з пошкодженою ізоляцією проводів, несправними кнопками керування, відкритими електричними щитами або ознаками перегрівання

електродвигуна. Обслуговування електричної частини дозволяється виконувати лише працівникам, які мають відповідну кваліфікацію.

Під час роботи сепаратора необхідно стежити за рівномірністю подачі зернової маси, відсутністю перевантаження, сторонніх шумів, підвищеної вібрації, перегрівання підшипників, електродвигуна та інших вузлів. У разі появи несправностей, різкого збільшення шуму, запаху горілої ізоляції, підвищеної запиленості, забивання решіт або повітропроводів обладнання необхідно негайно зупинити та повідомити відповідальну особу.

Оператор зерноочисного обладнання повинен працювати у спецодязі, що щільно прилягає до тіла, без звисаючих елементів, які можуть потрапити в рухомі частини машини. За необхідності слід використовувати засоби індивідуального захисту: захисні окуляри, респіратор або протипилову маску, рукавиці, засоби захисту слуху. Робоче місце повинно бути добре освітленим, не зашарашеним сторонніми предметами, а підлога — чистою та неслизькою.

Після завершення роботи спочатку припиняють подачу зерна, дають можливість залишкам матеріалу пройти через робочі органи, після чого вимикають привід сепаратора, вентилятор та аспіраційну систему. Потім проводять очищення приймальних і вивантажувальних пристроїв, решіт, сепарувальної камери, повітропроводів і прилеглої робочої зони від пилу, зерна та домішок.

Таблиця 4.1 – Джерела виникнення шкідливих та небезпечних виробничих чинників

Джерела виникнення шкідливих та небезпечних виробничих чинників	Кількість, шт.	Шкідливі і небезпечні виробничі чинники
Автомобілерозвантажувач ГУАР-30М	1	Електричний струм, зерновий пил, рухомі вузли розвантажувача, можливість травмування під час розвантаження зерна
Стрічкові конвеєри ЛТ-500	5	Зерновий пил, електричний струм, рухомі та швидкообертові деталі, вібрація, шум, небезпека затягування одягу або кінцівок
Норії П-100, І-20	5	Зерновий пил, електричний струм, рухомі елементи приводу, вібрація,

		шум, небезпека падіння зернової маси та обриву стрічки
Скребковий конвеєр УТФ-320	1	Зерновий пил, електричний струм, рухомі скребки та ланцюги, вібрація, шум, небезпека травмування під час очищення або обслуговування
Повітряно-ситовий сепаратор БСХ-100	1	Зерновий пил, електричний струм, вібрація, шум, рухомі елементи решітного стану, небезпека забивання та викиду домішок
Пиловіддільник ЦОЛ-10	1	Зерновий пил, електричний струм, вібрація, шум, небезпека утворення пилоповітряної суміші
Магнітний сепаратор КМ-100	1	Електричний струм, магнітні поля, можливість травмування під час очищення магнітних елементів від металевих домішок
Сушарка У13-СП-50	1	Висока температура, тепловиділення, шум, електричний струм, вибухо- та пожежна небезпека, нагріті поверхні, продукти згоряння

Аналіз джерел виникнення шкідливих та небезпечних виробничих чинників показує, що основну небезпеку під час експлуатації обладнання зерноочисного відділення становлять електричний струм, зерновий пил, рухомі та швидкообертові деталі, шум і вібрація. Ці чинники характерні майже для всіх видів обладнання, що використовується у технологічній лінії приймання, транспортування, очищення та сушіння зерна.

Найбільша кількість небезпечних факторів спостерігається під час роботи транспортуючого обладнання, зокрема стрічкових конвеєрів, норій і скребкового конвеєра. Це пов'язано з наявністю рухомих стрічок, ланцюгів, барабанів, приводів і швидкообертючих елементів. За відсутності належного огороження або порушення правил експлуатації такі вузли можуть спричинити затягування одягу, травмування кінцівок, удари рухомими частинами або аварійні зупинки обладнання.

Зерновий пил є одним із найбільш поширених шкідливих чинників у зернопереробному виробництві. Він утворюється під час розвантаження, переміщення, очищення, сепарації та сушіння зерна. Накопичення пилу погіршує санітарно-гігієнічні умови праці, негативно впливає на органи дихання

працівників, а за певних умов може створювати вибухо- та пожежонебезпечне середовище. Тому особливе значення має справна робота аспіраційної системи, пиловіддільників, герметизація обладнання та регулярне очищення робочої зони.

Електричний струм також належить до основних небезпечних факторів, оскільки всі машини та механізми мають електроприводи або електрообладнання. Небезпека ураження електричним струмом може виникати при пошкодженні ізоляції, несправності пускової апаратури, відсутності або порушенні заземлення, а також під час виконання ремонтних робіт без відключення обладнання від електромережі. Для зниження ризику необхідно регулярно перевіряти стан електрообладнання, справність захисного заземлення та дотримуватися правил електробезпеки.

Окрему увагу слід приділяти сушарці У13-СШ-50, оскільки її експлуатація супроводжується дією високої температури, тепловиділенням, шумом, електричним струмом та підвищеною вибухо- і пожежонебезпекою. Нагріті поверхні, продукти згоряння та наявність зернового пилу в зоні роботи сушарки потребують суворого дотримання протипожежних заходів, контролю температурного режиму, справності вентиляції та систем аварійного відключення.

Повітряно-ситовий сепаратор БСХ-100, пиловіддільник ЦОЛ-10 і магнітний сепаратор КМ-100 також є важливими джерелами небезпечних чинників. Під час роботи сепаратора виникають шум, вібрація, запыленість і небезпека контакту з рухомими елементами решітного стану. Пиловіддільник пов'язаний із ризиком накопичення пилу та утворення пилоповітряної суміші. Магнітний сепаратор потребує обережності під час очищення магнітних елементів від металевих домішок.

Отже, аналіз таблиці свідчить, що для забезпечення безпечних умов праці необхідно передбачити комплекс організаційних, технічних і санітарно-гігієнічних заходів. До них належать: огороження рухомих частин обладнання, справне заземлення електроустановок, регулярне технічне обслуговування машин, контроль рівня шуму та вібрації, ефективна аспірація, своєчасне

прибирання пилю, застосування засобів індивідуального захисту та проведення інструктажів з охорони праці для обслуговуючого персоналу.

Загальні заходи з охорони праці у відділенні

Організація безпечних умов праці у зерноочисному відділенні є важливою складовою стабільної та ефективної роботи підприємства. Оскільки технологічний процес очищення, транспортування та підготовки зерна супроводжується утворенням пилю, шуму, вібрації, роботою електроприводів, рухомих механізмів і вантажопідіймальних елементів, у відділенні необхідно передбачити комплекс організаційних, технічних, санітарно-гігієнічних та протипожежних заходів.

До роботи у відділенні допускаються лише працівники, які пройшли вступний і первинний інструктаж з охорони праці, ознайомлені з правилами експлуатації обладнання, мають відповідну професійну підготовку та знають порядок дій у разі виникнення аварійної ситуації. Працівники повинні дотримуватися вимог технологічного регламенту, інструкцій з охорони праці, правил пожежної безпеки та внутрішнього трудового розпорядку.

Усі машини, механізми та транспортуєме обладнання відділення повинні бути справними, мати захисні огороження рухомих і обертових частин, надійне заземлення, справні пускові пристрої та кнопки аварійної зупинки. Пасові передачі, шківни, муфти, вали, барабани, ланцюгові передачі, вентилятори та інші небезпечні зони мають бути закриті кожухами або огороженнями, що унеможливають випадковий контакт працівника з рухомими елементами.

Перед початком роботи необхідно перевірити технічний стан обладнання, справність електрообладнання, наявність захисних кожухів, відсутність сторонніх предметів у приймальних бункерах, конвеєрах, норіях, сепараторах і повітропроводах. Пуск обладнання дозволяється виконувати лише після переконання у безпеці запуску та відсутності людей у небезпечній зоні. Під час роботи забороняється відкривати оглядові люки, очищати робочі органи, підтягувати кріплення, змащувати вузли або виконувати ремонт без повної зупинки і знеструмлення машини.

Для зниження запиленості повітря робочої зони у відділенні необхідно забезпечити ефективну роботу аспіраційної системи, пиловіддільників, циклонів, фільтрів і вентиляції. Обладнання, у якому утворюється значна кількість пилу, повинно бути герметизоване, а місця пересипання зерна — обладнані місцевими відсмоктувачами. Робочі приміщення, обладнання, підлогу, майданчики та проходи слід регулярно очищати від пилу, зернових залишків і домішок, не допускаючи їх накопичення.

Особливу увагу необхідно приділяти електробезпеці. Усі електродвигуни, шафи керування, пускова апаратура та металеві частини обладнання повинні мати справне захисне заземлення. Забороняється експлуатувати машини з пошкодженою ізоляцією проводів, відкритими електричними щитами, несправними вимикачами або ознаками перегрівання електродвигунів. Ремонт і обслуговування електрообладнання повинні виконувати лише працівники, які мають відповідну групу допуску з електробезпеки.

Для зменшення впливу шуму та вібрації необхідно своєчасно проводити технічне обслуговування обладнання, контролювати стан підшипників, приводів, кріплень, балансування обертових частин і справність амортизуючих елементів. У разі появи підвищеного шуму, вібрації, сторонніх ударів або перегрівання вузлів обладнання необхідно негайно зупинити та усунути причину несправності.

У відділенні повинні бути забезпечені безпечні проходи, достатнє освітлення, справні сходи, майданчики обслуговування та огороження на висоті. Проходи між обладнанням не допускається захарашувати інструментом, тарою, зерном або іншими предметами. Підлога повинна бути рівною, неслизькою та своєчасно очищатися від пилу і розсипаного зерна, щоб запобігти падінню працівників.

Працівники зерноочисного відділення повинні користуватися засобами індивідуального захисту: спецодягом, спецвзуттям, захисними окулярами, рукавицями, респіраторами або протипиловими масками, а за підвищеного рівня

шуму — засобами захисту органів слуху. Спецодяг має щільно прилягати до тіла та не мати звисаючих частин, які можуть потрапити в рухомі механізми.

Важливим напрямом охорони праці є забезпечення пожежної та вибухової безпеки. Зерновий пил у поєднанні з повітрям може утворювати вибухонебезпечну суміш, тому необхідно не допускати накопичення пилу, контролювати справність вентиляції, аспірації, електрообладнання та систем заземлення. У приміщенні повинні бути первинні засоби пожежогасіння, вільний доступ до евакуаційних виходів, а персонал має знати порядок дій у разі пожежі.

Отже, дотримання загальних заходів з охорони праці у зерноочисному відділенні забезпечує зниження ризику травматизму, покращення санітарно-гігієнічних умов праці, попередження аварійних ситуацій, пожеж і вибухів, а також сприяє надійній та безперебійній роботі технологічного обладнання.

На підприємстві, що проєктується, зберігання зерна передбачено у типовому зерносховищі розмірами 60×20 м. Площа такого приміщення становить $S = 1200$ м², а висота сховища дорівнює 12 м. Необхідно виконати розрахунок об'єму резервуару для води, призначеної для зовнішнього пожежогасіння. Ступінь вогнестійкості споруди — II, категорія приміщення за вибухопожежонебезпечністю — Б.

Розв'язок

Згідно табл. 1 "Розрахункові витрати води на зовнішнє пожежогасіння на одну пожежу для промислових підприємств" при об'ємі зерносховища, м³

$$V = S \cdot h = 1200 \cdot 12 = 14400 \text{ м}^3 \quad (4.1)$$

та категорії приміщення за вибухопожежонебезпечністю - Б приймається витрата води на зовнішнє пожежогасіння 40 л/с.

Запас води передбачається на три години пожежогасіння і визначається за формулою, м³

$$V_{\text{п}} = 11 \cdot Q = 11 \cdot 40 = 440 \quad (4.2)$$

Резервуар для збереження запасу води має прямокутну форму отже його розміри визначаються $a \times b \times h$, м.

Приймається $a=b=8$ м. Таким чином висота резервуару, м

$$h = V/a^2 = 440/8^2 = 6,875 \quad (4.3)$$

На підприємстві потрібно передбачити резервуар для запасу води на зовнішнє пожежогасіння розмірами $8 \times 8 \times 6,875$ м.

Інструкція з охорони праці при обслуговуванні зерноочисного сепаратора

Інструкція з охорони праці при обслуговуванні зерноочисного сепаратора встановлює основні вимоги безпеки для працівників, які виконують запуск, експлуатацію, регулювання, очищення та технічне обслуговування обладнання для сепарації зернопродуктів. Дотримання вимог цієї інструкції є обов'язковим для забезпечення безпечних умов праці, попередження виробничого травматизму, аварійних ситуацій, пожеж і вибухів.

До самостійного обслуговування зерноочисного сепаратора допускаються працівники, які досягли встановленого віку, пройшли медичний огляд, вступний і первинний інструктаж з охорони праці, навчання безпечним методам роботи, ознайомлені з будовою сепаратора, технологічним процесом очищення зерна та правилами дій у разі аварійної ситуації.

Під час роботи зерноочисного сепаратора на працівника можуть впливати такі небезпечні та шкідливі виробничі чинники: рухомі та обертові частини машини, пасові передачі, вали, шківни, решітний стан, підвищений рівень шуму і вібрації, зерновий пил, електричний струм, можливість утворення вибухонебезпечної пилоповітряної суміші, падіння або викид зернової маси, травмування під час очищення та обслуговування робочих органів.

Працівник повинен працювати у справному спецодязі та спецвзутті. Одяг має щільно прилягати до тіла, не мати звисаючих частин, які можуть потрапити в рухомі механізми. За необхідності слід використовувати засоби індивідуального захисту: захисні окуляри, рукавиці, респіратор або протипилову маску, а також засоби захисту органів слуху при підвищеному рівні шуму.

Перед початком роботи необхідно оглянути сепаратор і переконатися у справності його основних вузлів. Слід перевірити надійність кріплення решіт, захисних кожухів, огорожень, приводних пасів, підшипникових вузлів, завантажувальних і вивантажувальних патрубків. Також необхідно перевірити справність електрообладнання, заземлення, кнопок пуску, зупинки та аварійного відключення.

Перед запуском сепаратора потрібно переконатися у відсутності сторонніх предметів у приймальному бункері, сепарувальній камері, решітному стані, аспіраційних каналах і вивантажувальних пристроях. Робоча зона біля обладнання повинна бути чистою, добре освітленою, проходи — вільними, а підлога — неслизькою та очищеною від пилу, зерна й домішок.

Запуск зерноочисного сепаратора дозволяється виконувати лише після попередження працівників, які можуть перебувати поблизу обладнання. Під час пуску спочатку вмикають аспіраційну систему і вентилятор, потім приводять у дію робочі органи сепаратора, після чого поступово подають зернову масу в приймальний пристрій. Подача зерна повинна бути рівномірною, без перевантаження машини.

Під час роботи сепаратора працівник зобов'язаний стежити за рівномірністю подачі зерна, якістю очищення, справністю аспірації, відсутністю сторонніх шумів, підвищеної вібрації, перегрівання підшипників, електродвигуна та інших вузлів. Необхідно контролювати, щоб зернова маса вільно проходила через робочі органи, а домішки своєчасно видалялися через відповідні патрубки.

Під час експлуатації сепаратора забороняється відкривати оглядові люки, знімати захисні кожухи, торкатися рухомих частин, очищати решета руками, усувати забивання, підтягувати болтові з'єднання, змащувати вузли, регулювати пасові передачі або виконувати ремонтні роботи без повної зупинки обладнання. Усі роботи з очищення, налагодження та технічного обслуговування дозволяється проводити тільки після відключення сепаратора від електромережі.

У разі виникнення несправностей, підвищеної вібрації, різкого шуму, запаху горілої ізоляції, перегрівання електродвигуна, іскріння, забивання решіт або повітропроводів, появи значної кількості пилу в робочій зоні сепаратор необхідно негайно зупинити. Повторний запуск обладнання дозволяється лише після виявлення та повного усунення причин несправності.

При аварійній ситуації працівник повинен негайно натиснути кнопку аварійної зупинки, припинити подачу зерна, відключити обладнання від електромережі та повідомити керівника робіт або відповідальну особу. У разі пожежі необхідно діяти відповідно до інструкції з пожежної безпеки, використовуючи наявні первинні засоби пожежогасіння, не наражаючи себе на небезпеку.

Після завершення роботи необхідно спочатку припинити подачу зерна, дати можливість залишкам матеріалу пройти через робочі органи, після чого вимкнути привід сепаратора, вентилятор та аспіраційну систему. Після повної зупинки обладнання проводять очищення приймального бункера, решітного стану, сепарувальної камери, вивантажувальних патрубків, повітропроводів і робочої зони від пилу, зерна та домішок.

Після закінчення зміни працівник повинен оглянути сепаратор, перевірити стан робочих органів, прибрати інструмент, повідомити відповідальну особу про виявлені несправності та зробити відповідний запис у журналі технічного обслуговування, якщо це передбачено на підприємстві.

Дотримання вимог інструкції з охорони праці при обслуговуванні зерноочисного сепаратора забезпечує безпечну експлуатацію обладнання, зменшує ризик травмування персоналу, підвищує надійність роботи машини та сприяє ефективному виконанню технологічного процесу очищення зернопродуктів.

4.2. Охорона навколишнього середовища

Охорона навколишнього середовища під час експлуатації обладнання для сепарації зернопродуктів є важливою складовою безпечної та раціональної організації виробництва. Зерноочисні машини використовуються на елеваторах, зернопереробних підприємствах, зерноприймальних пунктах та у складі технологічних ліній післязбиральної обробки зерна. Їх робота супроводжується утворенням пилу, виділенням домішок, шумом, вібрацією та споживанням електроенергії, тому потребує впровадження природоохоронних заходів.

Основним джерелом забруднення повітря під час роботи сепаратора є зерновий пил, який утворюється під час завантаження зернової маси, її переміщення по решетах, пневмосепарації та вивантаження очищеного продукту і відходів. До складу пилу можуть входити частинки оболонки зерна, мінеральні домішки, органічні рештки, насіння бур'янів та дрібнодисперсні частинки. Потрапляння такого пилу в повітря робочої зони та навколишнє середовище погіршує санітарний стан виробництва, може негативно впливати на здоров'я працівників і створювати пожежо- та вибухонебезпечні умови.

Для зменшення викидів пилу зерноочисне обладнання повинно працювати разом із системою аспірації. Місця інтенсивного пилоутворення, зокрема приймальні буніери, зони пересипання зерна, сепарувальні камери, решітні стани та вивантажувальні патрубки, необхідно обладнати місцевими відсмоктувачами. Запилене повітря перед викидом в атмосферу має проходити очищення у пиловловлювальних пристроях: циклонах, фільтрах, пиловіддільниках або інших апаратах очищення повітря.

Важливим природоохоронним заходом є герметизація основних вузлів сепаратора та транспортуючого обладнання. Щільне з'єднання повітропроводів, кожухів, патрубків і приймальних пристроїв дозволяє зменшити надходження пилу в робоче приміщення та запобігти його поширенню за межі виробничої дільниці. Регулярне очищення обладнання, підлоги, майданчиків

обслуговування та аспіраційних каналів від пилу і зернових залишків також сприяє покращенню екологічного стану виробництва.

У процесі сепарації зернопродуктів утворюються відходи у вигляді легких, великих, дрібних, мінеральних і металомагнітних домішок. Вони повинні збиратися у спеціальні бункери, контейнери або мішки та не допускатися до розсипання на території підприємства. Придатні органічні відходи можуть використовуватися як кормова добавка або направлятися на подальшу переробку, а непридатні та мінеральні домішки підлягають утилізації відповідно до встановлених санітарних і екологічних вимог.

Металомагнітні домішки, що вилучаються магнітними уловлювачами або магнітними сепараторами, необхідно періодично видаляти та передавати на утилізацію або як металобрухт. Такі домішки не повинні потрапляти у готову продукцію, технологічне обладнання чи на територію підприємства, оскільки вони можуть спричинити пошкодження робочих органів машин і погіршити якість зернової сировини.

Шум і вібрація, що виникають під час роботи електродвигунів, вентиляторів, решітних станів, приводних механізмів і транспортуючого обладнання, також належать до факторів, які впливають на стан виробничого середовища. Для їх зменшення необхідно забезпечувати правильне встановлення обладнання на фундаменті, своєчасне балансування обертових частин, контроль стану підшипників, підтягування кріплень, використання амортизуючих опор і кожухів, а також проведення планового технічного обслуговування.

З метою раціонального використання енергоресурсів під час проєктування та експлуатації машини для сепарації зернопродуктів слід передбачати ефективні електродвигуни, оптимальні режими роботи вентилятора, раціональну подачу зернової маси та недопущення холостої роботи обладнання. Зменшення енергоспоживання сприяє зниженню виробничих витрат і зменшує непрямий вплив підприємства на довкілля.

Водні ресурси у процесі роботи повітряно-ситового сепаратора практично не використовуються, тому утворення забруднених стічних вод не є характерним

для даного обладнання. Основна увага при охороні навколишнього середовища повинна приділятися очищенню запиленого повітря, правильному збору та утилізації відходів сепарації, зниженню шуму і вібрації, а також підтриманню належного санітарного стану виробничого приміщення.

Отже, впровадження природоохоронних заходів під час експлуатації машини для сепарації зернопродуктів дозволяє зменшити викиди зернового пилу в атмосферу, забезпечити раціональне поводження з відходами очищення, покращити умови праці персоналу та знизити негативний вплив виробничого процесу на навколишнє середовище. Дотримання цих вимог сприяє екологічно безпечній і стабільній роботі зернопереробного підприємства.

4.3. Розрахунок економічної ефективності від провадження діяльності

Вихідні дані, зібрані на ТОВ «Амарант», наведено в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Вихідні дані

Показники	Кількість
Вартість придбання сепаратора А1-БСХ-100, грн	232400
Вартість придбання сепаратора А1-БСХ-16, грн	168600
Норма амортизаційних відрахувань, % від вартості обладнання	15
Річний фонд роботи обладнання, діб	2100
Потужність двигунів на обладнанні, кВт·год:	
базовий варіант	1,1
розрахунковий варіант	1,5
Тариф за 1 кВт·год, грн	1,03
Коефіцієнт використання обладнання	0,8
Кількість робочих змін	2
Амортизаційні відрахування, % до вартості обладнання	15,0
Витрати на поточний ремонт, % від суми амортизації	50,0
Транспортні витрати, % до вартості придбання обладнання	5,0
Заготівельно-складські витрати, % до вартості придбання обладнання	1,25
Проектні роботи, % до вартості придбання обладнання	5,0
Монтажні роботи, % до вартості придбання обладнання	20,0
Продуктивність обладнання, т/год:	
базовий варіант	12
розрахунковий варіант	50
Тривалість зміни, год	12

Розрахунок одноразових капітальних витрат

Вартість придбання обладнання

$$K = K_0 + K_T + K_C + K_{пр} + K_M \quad (4.1)$$

де K_0 - вартість придбання обладнання

базовий варіант: $K_1 = 168600$ грн.

розрахунковий варіант: $K_2 = 232400$ грн.

K_T - транспортні витрати (5% від вартості обладнання)

$$K_T = K_0 \cdot 0,05 \quad (4.2)$$

базовий варіант: $K_{T1} = 168600 \cdot 0,05 = 8430$ грн.

розрахунковий варіант: $K_{T2} = 232400 \cdot 0,05 = 11620$ грн.

K_C - заготівельна складність (1,25% від вартості обладнання)

$$K_C = K_0 \cdot 0,0125 \quad (4.3)$$

базовий варіант: $K_{C1} = 168600 \cdot 0,0125 = 2107,5$ грн.

розрахунковий варіант: $K_{C2} = 232400 \cdot 0,0125 = 2905$ грн.

$K_{пр}$ - проектні роботи (5% від вартості обладнання)

базовий варіант: $K_{пр1} = 168600 \cdot 0,05 = 8430$ грн.

розрахунковий варіант: $K_{пр2} = 232400 \cdot 0,05 = 11620$ грн.

K_M - монтажні роботи (20% від вартості обладнання)

$$K_M = K_0 \cdot 0,2 \quad (4.4)$$

базовий варіант: $K_{M1} = 168600 \cdot 0,2 = 33720$ грн.

розрахунковий варіант: $K_{M2} = 232400 \cdot 0,2 = 46480$ грн.

Підставляємо дані у формулу (4.1)

базовий варіант: $K_1 = 168600 + 8430 + 2107,5 + 8430 + 33720 = 221287,5$ грн.

розрахунковий варіант: $K_2 = 232400 + 11620 + 2905 + 11620 + 46480 =$
 $= 305025$ грн.

Розрахуємо потужність

$$Q = q \cdot t \cdot k_{в.п.} \quad (4.5)$$

де q – годинна продуктивність сепаратора, т

t – річний фонд роботи обладнання, год

$k_{в.п.}$ – коефіцієнт використання потужності

базовий варіант: $Q_1 = 50 \cdot 2100 \cdot 0,8 = 84000$ т

розрахунковий варіант: $Q_2 = 100 \cdot 2100 \cdot 0,8 = 168000$ т

Визначимо питомі капітальні вкладення на 1 т

$$K_{п} = K/Q \quad (4.6)$$

базовий варіант: $K_{п1} = 221287,5/84000 = 2,63$ грн.

розрахунковий варіант: $K_{п2} = 305025/168000 = 1,82$ грн.

Розрахунок зміни поточних витрат

Витрати електроенергії

$$E_{ел} = (N_{дв} \cdot T \cdot K_{ев} \cdot K_{инт} \cdot C_e) / \eta \quad (4.7)$$

де $N_{дв}$ - сумарна потужність встановлених або вилучених двигунів, кВт; $N_1 = 1,1$;

$N_2 = 1,5$.

T - час роботи двигуна, год

$$T = 12 \cdot 2 \cdot 180 = 4320 \quad (4.8)$$

$K_{ев} = 1,06$ - коефіцієнт, що враховує втрати електроенергії в мережі заводу

$K_{инт} = 0,8$ - коефіцієнт використання потужності устаткування

$\eta = 0,9$ - коефіцієнт корисної дії електродвигуна

Отже, витрати електроенергії становлять

базовий варіант: $E_{ел1} = (1,1 \cdot 4320 \cdot 1,06 \cdot 0,8 \cdot 1,03) / 0,9 = 4150$ грн.

на 1 тону: $4150 / 84000 = 0,05$ грн.

розрахунковий варіант: $E_{ел2} = (1,5 \cdot 4320 \cdot 1,06 \cdot 0,8 \cdot 1,03) / 0,9 = 6289$ грн.

на 1 тону: $6289/168000 = 0,04$ грн.

Витрати на амортизацію обладнання

$$A = \Phi \cdot N_A / 100 \quad (4.9)$$

де Φ - вартість обладнання, $\Phi = K$

$N_A = 15\%$ - річна норма амортизаційних відрахувань

базовий варіант: $A_1 = 221287,5 \cdot \frac{15}{100} = 33193$ грн.

на 1 тону $33193/84000 = 0,39$ грн.

розрахунковий варіант: $A_2 = 305025 \cdot \frac{15}{100} = 45754$ грн.

на 1 тону $45754/168000 = 0,27$ грн.

Витрати на поточний ремонт

$$V_{\text{п.р}} = A \cdot 0,5 \quad (4.10)$$

базовий варіант: $V_{\text{п.р.1}} = 33193 \cdot 0,5 = 16596,5$ грн.

на 1 тону $16596,5/84000 = 0,19$ грн.

розрахунковий варіант: $V_{\text{п.р.2}} = 45754 \cdot 0,5 = 22877$ грн.

на 1 тону $22877/168000 = 0,14$ грн.

Витрати по змінних статтях кулькування приведені в таблиці 4.2

Таблиця 4.2

Стаття витрат	Базовий варіант	Розрахунковий варіант	Зміни
Витрати електроенергії	0,13	0,04	-0,09
Амортизації обладнання	0,39	0,27	-0,12
Витрати на поточний ремонт	0,19	0,014	-0,05
Всього	0,71	0,45	-0,26

Визначення основних показників економічної ефективності

Визначимо річний економічний ефект за формулою

$$E_p = ((C_1 + E_n \cdot K_{п1}) - (C_2 + E_n \cdot K_{п2})) \cdot Q_2 \quad (4.11)$$

де C_1, C_2 – собівартість продукції відповідно базовий і розрахунковий варіант;

$K_{п1}$, $K_{п2}$ – питомі капітальні вкладення відповідно базовий і розрахунковий варіант;

$E_n = 0,15$ – нормативний коефіцієнт економічної ефективності;

Q_2 – розрахунковий обсяг виробництва продукції.

$$E_p = ((0,71 + 0,15 \cdot 2,63) - (0,45 + 0,15 \cdot 1,82)) \cdot 84000 = 32046 \text{ грн.} = \\ = 32,05 \text{ тис. грн.}$$

Сепаратор А1-БСХ-100 призначений для очищення та сортування різних зернових культур і забезпечує високу ефективність очищення (60-80%) зерна від великих та дрібних домішок. Використання сепаратора А1-БСХ-100, ніж сепаратора А1-БСХ-16 більш ефективно, так як продуктивність даного сепаратора більша у два рази, а, порівняно, витрати споживання електроенергії не значні. Новий сепаратор значно пришвидчить очищення зерна, цим самим збільшиться продуктивність лінії приймання та очищення зерна. Умовна річна економія при використанні сепаратора А1-БСХ-100 складе 32,05 тис. грн. Це доволі значна економія для сільськогосподарських підприємств.

ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі розглянуто питання конструкторсько-технологічного проектування машини для сепарації зернопродуктів. Актуальність теми обумовлена необхідністю підвищення ефективності післязбиральної обробки зерна, зменшення втрат сировини, покращення якості очищення зернової маси та забезпечення стабільної роботи зернопереробних підприємств. У роботі зазначено, що зберігання зерна потребує розвиненої матеріально-технічної бази, яка дозволяє зберігати зерно без втрат маси та зниження якості, а також зменшувати витрати праці й коштів на одиницю продукції.

У загальному розділі проаналізовано сучасні конструкції обладнання для очищення зерна, зокрема пневматичні, повітряно-ситові, ситові та оптичні сепаратори. Встановлено, що повітряно-ситові сепаратори є одними з найбільш поширених машин у технологічних лініях очищення зернової сировини, оскільки поєднують механічне розділення зернової суміші на решетах із видаленням легких домішок повітряним потоком. Такий принцип роботи забезпечує ефективне відокремлення великих, дрібних, легких і пилоподібних домішок.

У технологічному розділі розглянуто потокову лінію приймання, очищення, сушіння та зберігання зерна, а також визначено місце повітряно-ситового сепаратора у загальній технологічній схемі підприємства. Обґрунтовано доцільність використання сепаратора типу А1-БСХ-100-20 у режимі первинного очищення зернової сировини. Відповідно до заданої продуктивності було виконано технологічний розрахунок обладнання, перевірено продуктивність сепаратора, визначено питоме навантаження на ситову поверхню та прийнято основні параметри решіт.

У конструкторському розділі виконано розрахунок основних конструктивних, кінематичних та енергетичних параметрів сепаратора. Розглянуто кінематичну схему машини, характер руху ситового корпусу, роботу пасової передачі та принцип врівноваження інерційних сил за допомогою дебалансного вантажу. Запропоновані конструктивні рішення спрямовані на

забезпечення рівномірного переміщення зернової маси по ситовій поверхні, підвищення ефективності сепарації та зменшення динамічних навантажень на елементи машини.

Окрему увагу в роботі приділено розрахунку пневмосепаруючого каналу оскільки ефективність виділення легких домішок значною мірою залежить від правильно підбраної швидкості повітряного потоку. Враховано фізико-механічні властивості пшениці, зокрема об'ємну щільність, коефіцієнти тертя та швидкість витання зерна і домішок. Це дозволило обґрунтувати параметри повітряного потоку, необхідні для відокремлення легких домішок без втрат повноцінного зерна.

У розділі з охорони праці визначено основні шкідливі та небезпечні виробничі чинники, що виникають під час експлуатації зерноочисного обладнання. До них належать зерновий пил, електричний струм, рухомі та швидкообертові деталі, шум, вібрація, магнітні поля, висока температура та вибухонебезпека. Для зниження ризику травматизму запропоновано заходи безпечної експлуатації обладнання, зокрема перевірку технічного стану машин перед пуском, наявність заземлення, справність електрообладнання, огороження рухомих частин та проведення пробного запуску без навантаження.

У підрозділі з охорони навколишнього середовища розглянуто заходи щодо зменшення негативного впливу процесу очищення зерна на довкілля. Основним джерелом забруднення є зерновий пил, який утворюється під час транспортування, сепарації та пересипання зернової маси. Для його видалення передбачено систему повітропроводів, пиловіддільне обладнання, горизонтальний циклон і шлюзовий затвор. Така система забезпечує очищення повітря від пилу з ефективністю до 98 %, що сприяє покращенню санітарного стану виробництва та зменшенню викидів у навколишнє середовище.

Економічні розрахунки підтверджують доцільність впровадження запропонованих технічних рішень. У роботі порівняно базовий і розрахунковий варіанти та встановлено зменшення питомих витрат за основними статтями: електроенергія, амортизація обладнання та поточний ремонт. Загальні витрати

