

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: «Розрахунок конструктивних елементів та проектування повітряно-ситового сепаратора для технологічної лінії приймання зерна.»

КРБ.133ГМбд_41.04.00.00.000.ПЗ

Виконав: здобувач вищої освіти
за освітньо-професійною програмою
*«Машини та обладнання
сільськогосподарського виробництва»*
спеціальності 133 *«Галузеве
машинобудування»*
ступеня вищої освіти *бакалавр*
групи 133ГМбд_41
ГОРБАНЬОВ Ярослав

Керівник: канд. техн. наук, доцент
ЛЕВЧЕНКО Юлія

Полтава – 2025 року

ВСТУП

Очищення зерна — це ключовий процес в агропромисловому секторі, який забезпечує підготовку зернових культур до зберігання, транспортування та подальшої переробки. Від якісного очищення залежить збереження поживної цінності зерна, його придатність до використання в різних галузях та економічна доцільність обробки. У контексті сучасного аграрного виробництва України цей процес набуває особливого значення.

Під очищенням зерна розуміють комплекс технологічних операцій, спрямованих на видалення домішок, таких як рослинні залишки, пил, насіння бур'янів, пошкоджені зерна та інші сторонні включення. Цей процес має кілька важливих функцій:

- забезпечення якості продукції: чисте зерно відповідає високим стандартам, що дозволяє збільшити його ринкову вартість.
- підготовка до зберігання: видалення домішок запобігає розвитку мікроорганізмів, плісняви та шкідників під час зберігання.
- підвищення ефективності переробки: очищене зерно краще піддається обробці на підприємствах з виробництва борошна, круп, кормів і спирту.
- зменшення витрат: усунення зайвих домішок дозволяє знизити втрати під час транспортування та зберігання.

В українському агропромисловому комплексі питання очищення зерна залишається одним із ключових завдань. Основні виклики пов'язані з такими аспектами:

- необхідність модернізації обладнання: велика частина обладнання для очищення, що використовується в Україні, застаріла та потребує заміни на більш сучасні, енергоефективні та автоматизовані системи.
- розмаїття культур: обробка різних зернових культур вимагає використання спеціалізованих машин, що підвищує витрати.
- високі стандарти експорту: для забезпечення доступу до світових ринків зерно повинно відповідати міжнародним стандартам чистоти, вологості та безпечності.

Інвестиції у сучасне обладнання для очищення зерна не тільки підвищують якість продукції, але й сприяють економії енергоресурсів, зниженню виробничих витрат та екологічного навантаження. Сучасні технології дозволяють впроваджувати замкнуті цикли, мінімізуючи відходи та забруднення довкілля.

Очищення зерна є складовою частиною підвищення ефективності агропромислового комплексу України. Цей процес сприяє збереженню врожаю, зниженню втрат під час зберігання, покращенню якості готової продукції та зміцненню позицій країни як одного з провідних світових експортерів зернових культур.

Таким чином, вдосконалення процесів очищення зерна є не лише важливим виробничим завданням, а й стратегічним напрямком, який визначає конкурентоспроможність України на світовій арені.

Мета роботи – розрахувати параметри зерноочисної машини, обґрунтувати режими її роботи та розробити проект на основі проведених розрахунків.

Предмет дослідження – повітряно-ситовий сепаратор з магнітним вловлювачем.

Об'єкт дослідження – конструктивні особливості та режимні параметри зерноочисного обладнання.

У рамках кваліфікаційної роботи поставлено такі завдання.

1. Провести аналіз літературних джерел та інших матеріалів щодо сучасних конструкцій зерноочисних машин.
2. Вивчити особливості проектування зерноочисного обладнання та вимоги до його конструкції.
3. Провести технічні розрахунки параметрів роботи зерноочисної машини та обґрунтувати режими її функціонування.
4. Виконати аналіз потенційних небезпек у роботі зерноочисного обладнання та розробити заходи з охорони праці для забезпечення безпеки на елеваторах і зерноприймальних пунктах.

5. Здійснити економічний аналіз доцільності введення даного обладнання в експлуатацію.

Ця робота спрямована на підвищення ефективності очищення зерна, оптимізацію конструкцій зерноочисних машин і створення умов для їх безпечної експлуатації, що сприяє покращенню якості зернової продукції та підвищенню рентабельності підприємств агропромислового комплексу.

РОЗДІЛ 1

ЗАГАЛЬНИЙ

Післязбиральна обробка зерна є важливим етапом у збереженні його якості та підготовці до подальшого використання. До ключових технологічних операцій цього процесу належать очищення, сортування та калібрування, спрямовані на отримання високоякісного фуражного, продовольчого зерна та посівного матеріалу.

Одним із основних завдань очищення є видалення домішок, таких як бур'яни, мінеральні частки (пісок, грудки ґрунту, каміння) та інші сторонні включення. Видалення цих домішок значно підвищує якість зернової маси та забезпечує її довготривале зберігання. Для реалізації цього завдання використовують спеціалізовані зерноочисні машини, які дозволяють ефективно виконувати кожну операцію післязбиральної обробки.

Прив'язане з поля зерно часто містить домішки, навіть якщо їхній рівень не перевищує державних стандартів. Домішки зазвичай мають підвищену вологість (на 25-35% більше, ніж у самого зерна), і якщо їх не видалити протягом перших 12 годин, це може спричинити серйозні наслідки:

1. Збільшення вологості зернової маси. Через домішки вологість зерна може зрости на 5-10%, що робить його більш вразливим до псування.

2. Підвищення витрат на сушіння: Для видалення зайвої вологи потрібно більше палива, що суттєво збільшує виробничі витрати.

3. Погіршення якості сушіння: Домішки ускладнюють рівномірний розподіл повітря, через що зерно висихає нерівномірно.

4. Скорочення терміну зберігання: Підвищена вологість сприяє самозігріванню та псуванню зерна.

5. Погіршення сипучості: Деякі види бур'янів ускладнюють рух зернової маси, що ускладнює її подальше транспортування та обробку.

6. Активізація гниття: Домішки можуть містити патогенні мікроорганізми, які сприяють гниттю та зниженню якості зерна.

Використання зерноочисних машин дозволяє не лише усунути ці проблеми, але й отримати кілька корисних фракцій:

- Посівний матеріал: високоякісне зерно для подальшого вирощування.
- Зерно для промислових цілей: сировина для виробництва борошна, круп та інших продуктів.
- Кормове зерно: матеріал для годування тварин.

Попередня обробка зерна у перші години після збирання дозволяє значно підвищити його збереженість і якість, мінімізуючи втрати та забезпечуючи ефективність подальших виробничих процесів. Зерноочисні машини є невід'ємною частиною сучасного агропромислового комплексу, забезпечуючи стабільну роботу підприємств та підвищення їхньої рентабельності.

Очищення зерна – це процес видалення з вороху сторонніх домішок, а також слабких, пошкоджених або битих зерен основної культури. Весь врожай, без винятку, підлягає очищенню, щоб відповідати стандартам якості.

Продовольче зерно поділяється на дві категорії кондицій – базове та неосновне. Для кожної культури встановлюються певні вимоги. Наприклад, для врої пшениці базове зерно повинно мати чистоту не менше 97%, вміст домішок не більше 1%, пошкоджених зерен (у тому числі подрібнених) – до 2%, а вологості зерна має становити 14-16%. Для неосновного зерна також обмежується кількість домішок: бур'янів – не більше 5%, злаків – до 10%. Зерно цієї категорії має нижчу собівартість.

Насіннєве зерно повинно відповідати певним класам якості:

1. I клас: 99% насіння основної культури з мінімальною схожістю 90% та не більше 10 шт./кг насіння інших культур, зокрема до 5 шт./кг насіння бур'янів.
2. II клас: 98,5% насіння основної культури зі схожістю 90-95% та не більше 100 шт./кг насіння інших культур, з яких до 75 шт./кг насіння бур'янів.
3. III клас: 98% насіння основної культури зі схожістю 85-90% та не більше 300 шт./кг насіння інших культур, з яких до 200 шт./кг бур'янів.

Зерноочисні машини повинні забезпечувати якісне розділення зернової маси на фракції відповідно до вимог щодо продовольчого та насінневого зерна за один прохід. Їх продуктивність має відповідати рівню засміченості вороху.

До основних вимог щодо зерноочисних машин належать:

- Універсальність і можливість очищення зерна та насіння різних сільськогосподарських культур.
- Легкість у регулюванні та простота експлуатації.
- Висока безпека та відповідність гігієнічним нормам.

Основна мета очищення зернового матеріалу – це повне видалення домішок та пошкодженого зерна з вороху. Якісне очищення сприяє підвищенню поживних і смакових властивостей як продовольчого, так і фуражного зерна. Насіннєве зерно після очищення підлягає сортуванню та калібруванню, щоб отримати однорідний посівний матеріал за розміром, вагою чи іншими параметрами.

Етапи очищення зерна

Процес очищення зерна включає кілька етапів: попереднє, первинне та вторинне очищення. Кожен із цих етапів спрямований на поступове підвищення чистоти зернового матеріалу шляхом видалення різних типів домішок.

1. Попереднє очищення

На цьому етапі ворох зерна розділяють на дві частини: насіння основної культури та відходи. Видаляється не менше половини домішок, включаючи органічні, мінеральні, насіння бур'янів та культурних рослин. Вміст залишкової соломи довжиною до 50 мм не повинен перевищувати 0,2%. У відходах допускається до 0,05% насіння основної культури від загальної маси вихідної сировини.

2. Первинне очищення

На цій стадії зерновий матеріал розподіляють на чотири групи:

- Очищене зерно
- Легкі домішки та великі відходи
- Матеріал другого сорту

- Посівний матеріал

Після первинного очищення зерно повинно мати чистоту не нижче 97%, вміст домішок не більше 1%, а зернових домішок (включаючи подрібнені зерна) — не більше 2%.

3. Вторинне очищення

Цей етап завершує процес очищення, забезпечуючи найвищу якість зернового матеріалу. Насіння розділяється на чотири основні фракції:

- Очищене насіння
- Зернові домішки
- Відходи
- Інші домішки

Після вторинного очищення у насіннєвому матеріалі кількість домішок не повинна перевищувати 1%.

Очищувальне обладнання

Для забезпечення якісного очищення зерна використовують різні типи сепараторів, серед яких:

- Пневматичні сепаратори
- Повітряно-ситові сепаратори
- Трієрні сепаратори
- Відцентрово-вібраційні сепаратори
- Барабанні сепаратори

Кожен вид обладнання має свої особливості та застосовується для ефективного видалення певного типу домішок, залежно від характеристик зернової маси та вимог до її якості.

Зерноочисний комплекс створений для очищення та калібрування різних видів зерна в умовах току або складу, де передбачено завантаження зерна з бурту чи біг-бегу, а також виведення готового очищеного матеріалу та відходів. Самохідний комплекс є оптимальним рішенням для післязбиральної обробки та калібрування зернової продукції.

Для проведення первинного очищення зерна компанія Kongskilde пропонує барабанні сепаратори зернових культур моделей KDC4000 і KDC8000 (рис. 1).

Зерноочисні машини серії KDC оснащені обертливими барабанами, що усуває вібрації, характерні для систем із зворотно-поступальним рухом решіт. Перфоровані барабани виготовляються з листової сталі за допомогою обладнання з комп'ютерним керуванням, що забезпечує точність і рівномірність отворів. Використання спеціалізованих перфорованих решіт для різних видів зернових культур дозволяє ефективно очищати навіть вологе зерно без суттєвої втрати продуктивності сепаратора.

Під час роботи зерно через завантажувальну воронку спрямовується у внутрішній конусний барабан, який обертається. Внутрішні решітки затримують великі домішки, а очищене зерно проходить через перфоровані отвори на решітчасту поверхню зовнішнього барабана. На зовнішніх решітках затримується основне зерно, тоді як дрібні домішки просіюються і потрапляють у збірний контейнер, розташований у нижній частині сепаратора. На виході очищене зерно направляється в аспіраційну камеру, де за допомогою вакууму видаляються легкі домішки.

Віброгрохоти коливального типу (рис. 2 а) використовуються для контрольного просіювання, фракціонування та видалення пилу із зернових матеріалів.

Під час роботи зерновий ворох безперервно подається у центр верхнього сита, звідки рівномірно розподіляється по всій його поверхні — від центру до країв (рис. 2 б). Дрібні частинки проходять через сито ближче до центру, тоді як більші залишаються на периферії. Матеріал рухається по спіральній траєкторії з прискоренням, яке зростає в міру віддалення від центру сита, завдяки чому просіюються частки, розмір яких відповідає отворам сита. Насіння певної фракції виводиться через бокові отвори коливного грохоту. Просіювання повторюється на кожному наступному ситі.

За допомогою спеціального графічного реєстратора рух коливного грохоту фіксується у вигляді еліптичної траєкторії на папері, яка надалі може бути виміряна. Отримані дані в будь-який момент можна передати для контролю та регулювання роботи віброгрохота.

На світовому ринку також доступні сепаратори коливального типу серії XZS, виготовлені китайською компанією Непал (Китайський материк). В Україні

підприємство «Вібросепаратор» виробляє вібровідцентрові зернові сепаратори типу БЦСМ та їх модифікації з продуктивністю 25, 50 і 100 т/год (рис. 3).

Конструкція сепаратора БЦС-50 складається з уніфікованих циліндричних блоків, змонтованих на платформах. Це дозволяє при необхідності використовувати кожен блок окремо, наприклад, для одночасної роботи з різними культурами або в різних режимах. Продуктивність одного циліндричного блока становить 25 т/год.

Під час очищення зерновий матеріал подається в віялку, де відділяються та виводяться пил, легкі і дрібні домішки за допомогою циклону. Потім зерно проходить через ситовий барабан, який здійснює обертальні та вертикально-коливальні рухи. Завдяки відцентровій силі обертання зерно притискається до внутрішньої поверхні решета, а під дією ваги та сили інерції коливального руху переміщується зверху вниз. Проходячи через три сита, зерно розподіляється на фракції: дрібні домішки, подрібнене зерно, очищене зерно та великі домішки.

Для попереднього та точного очищення зерна всіх видів злакових, олійних культур, кукурудзи та стручкових культур компанія RIELA пропонує очищувач PROF-SEED (рис. 4 а), що включає пневматичний та механічні сепаратори —

барабанні сита. Технологічна схема роботи цього очищувача наведена на рисунку 4 б.

Зерновий верох 1 через роздільник 2 подається на барабанні сита, які складаються із внутрішнього та зовнішнього сит 3. Вони працюють за принципом планетарного руху — одночасно обертаються навколо власної осі та осі машини. Під дією відцентрової сили зерно відкидається на зовнішні сита, тоді як великі домішки затримуються на внутрішніх ситах 4. Далі зерно проходить сортування від дрібніших домішок на зовнішньому ситі 5. Очищений матеріал через канали 6 потрапляє до вивідних створів 7. Звідти він проходить через повітряний сепаратор AIR SEED 8, де вентилятор 9 відсмоктує легкі частинки та пил у циклон або спеціальну смість для відходів, а чистий матеріал виходить із сепаратора через вихід 10.

Для сортування зерна за довжиною та відокремлення довгих і коротких домішок пропонуються трієрні блоки, які складаються з трієрів із круглими комірками визначеного розміру, жолоба та механізму регулювання його

положення. Встановлення різних розмірів і потужностей можуть мати один, два, три (рис. 5 а) або чотири (рис. 5 б) трієри.

У трієрах, призначених для відбору коротких домішок, розміри отворів менші за розмір зерна. Під час обертання барабана короткі домішки потрапляють у ці отвори, де затримуються, піднімаються вгору, потім випадають у жолоб і видаляються з очищувальною пристроєю.

У трієрних блоках для відокремлення довгих домішок розміри отворів збігаються з розмірами зерна. Під час обертання циліндра зерно заходить у комірки, піднімається вгору, випадає у жолоб і збирається у тару, а довгі домішки залишаються всередині циліндра трієра.

Компанія FETKUS виробляє зернові сепаратори серії К, які обладнані як повітряно-решітними, так і трієрними робочими вузлами.

Використання різних типів механічних, пневматичних та комбінованих зерносортувальних машин дає змогу якісно розділити зерно за розміром, масою, парусністю та іншими характеристиками. Однак такі машини не можуть відокремити зерна, уражені грибковими захворюваннями та іншими хворобами. Пошкоджені зернини зазвичай мають відмінне від здорових забарвлення. Для їхнього відбору закордонні виробники пропонують фотосепаратори — також відомі як фотоелектронні сепаратори або оптичні сортувальники.

Ще одним важливим критерієм при виборі сепаратора є потужність встановлених електродвигунів.

Беручи до уваги наведені вище дані та порівнюючи технічні характеристики різних сепараторів відповідно до поставленого завдання, можна зробити такий висновок.

Для підвищення продуктивності лінії очищення зернової сировини до 70 т/год, підвищення ефективності видалення сміттєвих домішок до 80% та зниження енергоспоживання, у рамках цього дипломного проекту передбачається розробка сепаратора на основі існуючої моделі А1-БСХ-100.

РОЗДІЛ 2

ТЕХНОЛОГІЧНИЙ

Потокова лінія прийому, очищення, сушіння та зберігання зерна на ТОВ «Елеватор Агро т» складається з однієї ділянки, поділеної на кілька потоків. Через те, що зернова сировина надходить з різним рівнем вологості та ступенем засміченості, були організовані такі технологічні лінії:

1. прийом вологої сировини з подальшим первинним очищенням, сушінням, зберіганням і відпуском;
2. прийом вологої зернової сировини, первинне очищення, тимчасове зберігання, сушіння, тривале зберігання і відвантаження;
3. прийом сухої сировини, первинне очищення, зберігання та відвантаження.

Відповідно до існуючих вимог технологічного процесу використовується високопродуктивне обладнання з продуктивністю 130 тонн на годину.

Зерно доставляється на підприємство автомобільним транспортом: самоскидами та бортовими вантажівками. Для розвантаження бортових автомобілів застосовують автомобілерозвантажувачі моделей У1-ГУАР-30 або У1-УРВ (поз.1). Волога та неочищена сировина потрапляє у приймальний бункер (поз.2) об'ємом не менше 30 м³, що дозволяє одночасно приймати зерно від великовантажного автомобіля з причепом. З бункера зерно транспортується стрічковим конвеєром ТБ-30 (поз.1) і лотією НЦ-20 (поз.3) на стадію очищення.

Відділення очищення включає магнітний сепаратор КМ-100 (поз.5) та повітряно-ситовий сепаратор БСХ-100 (поз.6). Магнітний сепаратор відокремлює металеві домішки, пропускаючи зерно між полюсами магніту, а повітряно-ситовий сепаратор завдяки коливальному руху сит відокремлює великі і дрібні домішки. Очищені домішки збираються гвинтовим конвеєром (поз.7), норією НЦ-20 (поз.2) та стрічковим конвеєром ЛТ-500 (поз.3) і подаються в бункер відходів (поз.10) об'ємом 10 м³.

В сепараторі також здійснюється повітряне очищення: аспіраційні відходи подаються до гідроциклону (поз.8), де відбувається очистка, а чисте повітря викидається в атмосферу, а легкі домішки накопичуються в бункері відходів (поз.10) об'ємом 11 м³. Для герметизації гідроциклону та вивантаження домішок використовується шлюзовий затвор (поз.9). Витяжний канал аспірації працює за допомогою вентилятора всмоктуючої дії (поз.13), розташованого після циклону.

Після очищення вологе зерно транспортується норією НЦ-20 (поз.3) на сушіння в зерносушарку У13-ЗСП25 (поз.11), де вологість зерна знижується до 14%. У сушарці зерно проходить через три температурно-вологісні зони. Після сушіння сухе зерно переміщується скребковим конвеєром УТФ-320 (поз.15) та норією НЦ-20 (поз.3.3), а за допомогою розвантажувального механізму (поз.12) подається в наповнені склади (поз.13) для тривалого зберігання. Завантаження в склади здійснюється розвантажувальним віжком УІ-УТР-500 (поз.17).

За потреби сухе зерно зі складів відвантажується стрічковим конвеєром ТБ-30 (поз.3.3) і норією НЦ-20 (поз.3.4) на залізничний транспорт або на автомобілі за допомогою пересувного конвеєра ЛТ-500 (поз.3.3).

2.1 Опис існуючих конструкцій та запроєктованого обладнання. Правила експлуатації

Для виділення основної частини домішок із зернової сировини застосовують повітряні, повітряно-ситові та ситові сепаратори. Розглянемо класифікацію повітряно-ситових сепараторів, особливості їх конструкції, принцип роботи та основні правила ремонту й експлуатації.

Найпоширенішим зерноочисним обладнанням в елеваторній галузі є сепаратор, який встановлюють у всіх технологічних лініях для обробки зерна. Сепаратор — це складна повітряно-ситова машина для очищення зерна.

Повітряно-ситові сепаратори поєднують у собі два типи сепараторів — повітряний і ситовий. Об'єднання цих двох пристроїв в одному агрегаті дозволяє спростити технологічну схему, зменшити кількість транспортних операцій та

підвищити техніко-економічні показники, такі як енерговитрати, металоємність, площа, що займається, і вартість обладнання. При цьому якість очищення залишається на високому рівні.

Ці сепаратори призначені для видалення домішок, які відрізняються від зерна за шириною, товщиною та аеродинамічними властивостями.

Пневматичні та повітряні сепаратори (аспіратори) використовують для відділення легких домішок, що відрізняються від основної зернової культури своїми аеродинамічними властивостями. До таких домішок належать квіткові лусочки, частини стебел, полову, насіння бур'янів, щуплі зерна, пил тощо. Повітряні сепаратори широко застосовують на круп'яних заводах для сепарації продуктів лущення круп'яних культур. Крім того, пневматичні сепаратори виконують функції циклонів-розвантажувачів у системах пневмотранспорту, відділяючи зерно від повітря, що його транспортує.

У зерноочисному обладнанні використовують різні методи пневмосепарації: у вертикальному, похилому чи поперечному повітряному потоці, з застосуванням відцентрових сил, пневмоінерційний та пневмоситовий способи тощо. Найбільше поширення отримав спосіб сепарації зерна у вертикальному повітряному потоці завдяки простоті конструкції та компактності.

Пневматичні та повітряні сепаратори поділяють на дві основні групи: з відкритим (розімкненим) та закритим циклом повітря. До першої групи відносять аспіраційні колонки, які широко використовуються на круп'яних заводах, та пневмосепаратори для борошномельних підприємств з пневмотранспортом, які можуть мати або не мати відносідвідну камеру. Друга група — це переважно повітряні сепаратори типу аспіраторів, що найбільш поширені у виробництві круп.

Також повітряні сепаратори часто входять до складу інших технологічних машин, наприклад, у повітряно-ситові сепаратори, камневіддільні установки та інші агрегати.

Основними параметрами повітряного сепаратора, які впливають на якість очищення зерна та точність розділення, є питомий зерновий потік, розміри пневмосепаруючого каналу, швидкість повітряного потоку та рівень втрат тиску всередині сепаратора.

Сучасні підприємства зазвичай використовують різні модифікації машин, в яких зернова суміш обробляється у вертикальному повітряному потоці. До таких машин належать сепаратори типів А1-БІС, А1-БЛС, А1-БСХ, а також аспіратори та аспіраційні колонки моделей А1-БДЗ, А1-БВЗ, А1-БКА, А1-БДА, пневмосепаруючі пристрої зерноочисного агрегату А1-БЗА і пневмосепаратори типів ЗСМ-10, ЗСП-10, А1-БСМ-6, А1-ЗСП-20.

До сучасних повітряно-ситових сепараторів відносяться моделі А1-БІС, А1-БЛС та А1-БСХ. Ці сепаратори поєднують повітряне та ситове очищення: на ситах відокремлюються домішки, що відрізняються за шириною та товщиною, а в пневмосепаруючому каналі – за допомогою повітряного потоку.

Особливістю конструкції цих сепараторів є відсутність камер для осідання домішок, а також поєднання функцій дебалансу та шків приводу, що дозволяє значно знизити висоту апарата та підвищити безпеку під час обслуговування. Регульований пневмосепаруючий канал має змогу змінювати швидкість повітряного потоку. Завдяки круговому поступальному руху забезпечується висока ефективність видалення як великих, так і дрібних домішок. Ексцентриковий механізм притискає ситові рами, що сприяє їх надійній фіксації, легкому встановленню та зняттю. Завдяки підсвітці пневмосепаруючого каналу оператор має можливість візуально контролювати процес видалення легких домішок.

Промисловість удосконалила моделі сепараторів А1-БІС і А1-БЛС, випускаючи, зокрема, дві модифікації — А1-БЛС-12 і А1-БЛС-16 для зерноочисних відділень млинів, а також А1-БІС-100 для хлібоприймальних підприємств і елеваторів. Встановлення А1-БЛС-16 на елеваторах з відповідною заміною сит забезпечує продуктивність до 50 т/год. Всі ці моделі мають подібну конструкцію — двосекційний ситовий корпус, підвішений на гнучких

скловолоконних підвісках до станини, і вертикальний пневмосепаруючий канал. Відмінністю є те, що сепаратор А1-БЛС-12 односекційний і має лише один пневмосепаруючий канал.

Кожен ситовий корпус оснащений двома ярусами сит — сортувальними та підсівними. У кожному ярусі встановлено по дві ситові рами, окрім моделі А1-БЛС-16, де рама одна. Ситові рами фіксуються ексцентриковими зажимами. Вони поділені на відсіки за допомогою поздовжніх та поперечних брусків, у кожному відсіку знаходяться по дві гумові кульки, призначені для самоочищення сит. До нижньої частини ситових рам прикріплені сітчасті фордони.

На передній частині ситового корпусу встановлено електродвигун, який через клинонасову передачу обертає шків із дисбалансом, що забезпечує круговий поступальний рух корпусу. У верхній зоні станини розміщені приймальний патрубок для подачі зерна та патрубок для підключення до аспіраційної системи. Очищене зерно виходить через спеціальний випускний канал. Для відведення великих і дрібних домішок передбачені відповідні лотки. З боку сходової частини корпусу знаходиться пневмосепаруючий канал з вібрототком, який подає зерно в канал.

Для покращення видалення легких домішок у пневмосепаруючому каналі регулюють амплітуду коливань вібрототка, глибину його занурення в канал, величину вихідного зазору, швидкість повітряного потоку (за допомогою рухомої стінки у верхній та нижній частинах каналу), а також витрату повітря.

До комплексу сепаратора входить спеціальний горизонтальний циклон, призначений для осадження відносів, який розташований після сепаратора.

Циклон має форму усіченого конуса, всередині якого на одній горизонтальній осі розміщено два внутрішні конуси різних розмірів. Вони з'єднані основами більшого діаметра, утворюючи між собою кільцевий канал, що спочатку поступово звужується, а потім різко розширюється, переходячи у розширювальну камеру, приєднану до зовнішнього корпусу.

До вхідної частини циклону прикріплені чотири вигнуті лопаті, які створюють закручування повітряного потоку у кільцевому каналі. До нижньої частини розширювальної камери приєднаний шлюзовий затвор.

Принцип роботи сепараторів моделей А1-БЛС-12, А1-БЛС-16 та А1-БІС-100 полягає в наступному. Неочищене зерно надходить самопливом у ситовий корпус. Великі домішки (які залишаються на сортувальному ситі) виводяться через спеціальний лоток сепаратора, а суміш зерна з дрібними домішками, що проходить через сортувальне сито, спрямовується на підсівне сито. Дрібні домішки, які проходять крізь підсівне сито, потрапляють у лоток і виводяться з сепаратора. Зерно, очищене від великих і дрібних домішок на ситах, потрапляє на вібралоток, звідти — у пневмосепаруючий канал. Під час руху повітряного потоку через зернову суміш легкі домішки відділяються і виносяться повітрям у горизонтальний циклон. Очищене зерно через отвір у нижній частині каналу по самопливних трубах подається далі для переробки.

Регулююча перегородка пневмосепаруючого каналу виконана зі скла трьох шарів і водночас є зовнішньою стінкою каналу. Лампа розташована горизонтально у верхній частині каналу.

У сепараторах А1-БЛС-12 та А1-БЛС-16 зернова суміш із приймального потоку надходить на спеціальне дно, де розподіляється рівномірним шаром. Патрубок обладнаний фартухом, який запобігає потраплянню зерна у виходи.

Під час роботи сепаратора під навантаженням особливу увагу приділяють рівномірній подачі зерна в ситовий корпус, рівномірному розподілу зерна по ширині сортувальних сит, плавності руху ситового корпусу, відсутності змішування очищеного зерна з відходами, мінімальному запиленню, правильній подачі зерна у живильних коробках над вібралотками, ефективності сепарування в пневмосепаруючих каналах та відсутності засмічення отворів сит зерном і домішками.

У таблиці 3.1 наведені технічні характеристики сепараторів моделей А1-БЛС-12, А1-БЛС-16 та А1-БІС-100.

Зерноочисний сепаратор БСХ-100

У деяких випадках зерноочисний сепаратор БСХ-100 додатково оснащується аспіраційним обладнанням, що забезпечує безпечні екологічні та санітарні умови роботи. Така комплектація має позначення БСХ-100-20. Вона включає сам сепаратор БСХ-100, пристрій для розподілу зернового потоку, пневмосепаруючий канал та збірник очищеного зерна.

До додаткового оснащення входить система повітроводів, яка з'єднує повітряно-ситовий сепаратор з апаратурою для виділення легких домішок з повітряного потоку та його очищення. Система повітроводів складається з перехідників, трубопроводів і відводів. Відділення легких домішок здійснюється

в установці УОБ-1-01, яка оснащена клапаном для запобігання підсосу повітря і підтримання герметичності системи очищення.

Створення надлишкового тиску та розрідження в системі забезпечує вентилятор середнього тиску. Пил у повітрі видаляється за допомогою спеціального горизонтального циклона. Герметичність системи підтримується шлюзовим затвором із приводом.

Забруднене повітря під надлишковим тиском входить у циклон, де завдяки гвинтовим лопаткам набуває спірального руху. Потік повітря проходить через звужений кільцевий простір між корпусом циклона у формі конуса та нерухомим внутрішнім конусом. Через тертя об ці поверхні пилові частинки втрачають швидкість і сповзають по похилій стінці корпусу до патрубка для виведення пилу.

Відведення пилу здійснюється через шлюзовий затвор, а очищене повітря виходить у атмосферу. Така конструкція аспіраційного обладнання забезпечує високу ефективність очищення повітря — до 98%.

Конструкція та принцип роботи повітряно-ситового сепаратора. Сепаратор призначений для очищення зерна від домішок, які відрізняються від нього за розміром та аеродинамічними властивостями. Цей сепаратор використовується в технологічних процесах млинів, елеваторів, хлібопекарських підприємств і крупозаводів. Він складається з ситового сепаратора та пневмосепаруючого каналу, до якого підключене допоміжне обладнання: розподільник, перехідник і збірник зерна.

Основними складовими сепаратора є: станина (поз. 8), корпус з сітами (поз. 7) та рамками для сит (поз. 16), привід (поз. 3), траверса (поз. 19) з балансирним механізмом та огороженням (поз. 21). У верхній передній частині корпусу розташований патрубок (поз. 14), через який подається зернова суміш. Розподільний лоток рівномірно розподіляє зерно по ширині сит.

Станина (поз. 1) складається з передньої і задньої опор, з'єднаних боковими рамами. На передній опорі розміщені патрубки для подачі зерна, обладнані оглядовими вікнами (поз. 2). На задній опорі закріплений патрубок для

підключення до аспіраційної системи (поз. 31). Для запобігання ударів корпусу об станину під час запуску та зупинки машини, на нижній передній частині станини встановлений обмежувач (поз. 18) з гумовим амортизатором, а на задній опорі — два гумових обмежувачі.

Пневмосепаруючий канал (поз. 5) призначений для відокремлення легких домішок із зернової суміші. Він складається з корпусу з рухомою стінкою (поз. 27), переміщення якої регулюється маховиками (поз. 25, 29). Рухома стінка зроблена зі спеціального скла для контролю процесу сепарації. Для рівномірного подавання зерна у пневмоканал передбачений приймальний канал (поз. 24) з вібротокотом (поз. 23).

На верхній частині корпусу каналу встановлено перехідник для приєднання до повітропроводу, а під каналом знаходиться патрубок (поз. 10) для вибедення очищеного зерна.

Розподільник служить для розділення потоку зернової суміші на два рівні потоки, що забезпечує рівномірний розподіл зерна по ширині сита. Потік розділяється за допомогою рухомого каналу з вантажами, а регулювання рівномірності здійснюється зміщенням вантажу по шпильці.

Принцип роботи сепаратора

Зернова суміш надходить через приймальний патрубок у розподільник (поз. 1), звідки за допомогою перехідників (поз. 9) розподіляється на два потоки і спрямовується у секції корпусу. Корпус сепаратора рухається по колу, завдяки чому зернова суміш пересувається по ситі і проходить сортування. Всередині корпусу розташований фартух, що знижує ймовірність попадання зерна у відходи. Великі домішки виводяться через лоток (поз. 37), а суміш зерна з дрібними домішками, проходячи через сортувальне сито, потрапляє на нижній ярус сит. Дрібні домішки, що просипаються крізь підовне сито, збираються на днищі сепаратора і виводяться через лоток (поз. 20). Зерно, очищене від великих і дрібних домішок, потрапляє у приймач пневмосепаруючого каналу, звідки за допомогою лотка подається у сам канал, де інтенсивно продувається повітряним потоком. Повністю очищене зерно виводиться з машини через

розвантажувальний патрубок (поз. 10). Повітря з корпусу і пневмосепаруючого каналу направляється по повітропроводах у циклон (поз. 12), де очищується від аспіраційних домішок.

Правила експлуатації

Запуск сепаратора проводиться за такою послідовністю:

- вмикають електродвигун сепаратора;
- відкривають заслінку на зернопроводі і клапан;
- регулюють розподільник для забезпечення рівномірної подачі зернової суміші в приймальні патрубки сепаратора;
- поступово збільшують подачу зерна до заданої продуктивності, перевіряючи при цьому наявність цілих зерен у сході сортувальних сит (допустима кількість — до 2%);
- налаштовують підвісні пружини пневмосепаруючого каналу так, щоб у приймальних коробках утворювався постійний шар зерна заввишки кілька сантиметрів, який створює підпір і запобігає проникненню стороннього повітря в канал.

Якщо при очищенні зернової суміші великої об'ємної маси не вдається підтримувати потрібний підпір у приймальних коробках пневмосепаруючих каналів, підвісні пружини замінюють на більш жорсткі.

Налаштування пневмосепаруючого каналу здійснюється у такій послідовності:

- за допомогою рукояток (поз. 22, 23) рухомих стінок встановлюють у вертикальне положення;
- при достатній потужності аспіраційної системи встановлюють максимальне розширення каналу у верхній частині, а внизу залишають зазор, який забезпечує горизонтальне положення шару зерна і його повне продування повітряним потоком;
- виконують точне регулювання повітряного потоку, змінюючи ширину каналу у верхній частині для досягнення максимально ефективного відділення легких домішок від зерна;

- якщо потужність аспіраційної мережі недостатня, ширину каналу у верхній частині зменшують.

У таблиці 2.2 наведено технічні характеристики сепаратора А1-БСХ-100.

Під час роботи сепаратора під навантаженням слід контролювати:

- рівномірність подачі зернової суміші та її рівномірний розподіл по ширині сита;
- відсутність підсосу повітря та зайвого запилення;
- якість видалення легких домішок;
- своєчасне очищення сит від забруднень;
- плавність і стабільність руху ситового корпусу.

2.2 Ремонт і монтаж обладнання

Потокова лінія для приймання, очищення та зберігання зерна включає різноманітне обладнання: стрічкові і скребкові конвеєри, норії, зерносушарки, сепаратори, циклони та бункери. Основна частина монтажу полягає у встановленні транспортних пристроїв і великогабаритного обладнання (наприклад, сушарки, проміжних бункерів), тоді як інші агрегати (циклон, сепаратори) надходять на підприємство вже у зібраному вигляді. Кожна машина цієї лінії має свої особливі вимоги щодо монтажу та ремонту.

Монтаж та ремонт сепаратора

Перед початком монтажу сепаратора виконують такі підготовчі роботи:

- перевіряють горизонтальність і рівність майданчика під опорні поверхні станини і пневмосепаруючого каналу, допускаючи відхилення не більше 3 мм. Якщо потрібно, вирівнюють площадку за допомогою бетонного розчину або застосовують підкладні пластини для точного встановлення;
- готують отвори у міжповерховому перекритті для проходу випускних матеріалопроводів та кріплення сепаратора з пневмоканалом;
- транспортують сепаратор до місця монтажу з урахуванням схеми установки і точок підвішування для вантажопідйомних механізмів;
- розконсервують вузли сепаратора і пневмоканалу;
- під час монтажу передбачають відстань не менше 2000 мм між сепаратором та стінами, котельнями або іншим обладнанням для зручного ремонту і обслуговування (зокрема, заміни ситових рам);
- окремо на майданчику готують самопливні трубопроводи для продукту та повітропроводи;
- встановлюючи сепаратор, стежать, щоб відстань між кузовом і станиною з обох боків (дивлячись з боку завантаження) була однаковою;
- при огляді знизу перевіряють суміщення осі обмежувача з центром отвору кронштейна за кузовом, допускаючи зміщення не більше 9 мм;
- за висотою кузов виставляють за розмірами від основи станини до виступів на кронштейнах, де закріплюються підвіски;

- дослаговко контролюють горизонтальність кузова за допомогою рівня, розміщеного на торці шків траверси; шків поворотом на 90° перевіряють поперечно, при необхідності коригують положення сепаратора підкладними деталями;

- монтують пневмосепаруючий канал, встановлюючи його за допомогою спеціальних кріпильних планок, що входять у комплект;

- встановлюють і регулюють ситові рами у кузові по направляючих, які закріплені на боковинах, фіксуючи їх прижимами. Регулювання прижимного механізму виконується при повністю відкритому положенні так, щоб зазор між ущільнювачами прижимів і верхньою рамкою становив $3 \pm 0,5$ мм. Для цього використовують ексцентриковий ключ, що входить у комплект. Поворот ексцентрикових втулок забезпечує вертикальне переміщення валиків і прижимів для затискання і звільнення рам. Щоб одночасно затискати або звільняти верхню і нижню рами, валики по обидва боки кузова з'єднані рычагами.

При відпусканні прижимів рамки сит відходять на 3–4 мм від поверхні сита, що дозволяє зняти рами. Установка ситових рам уздовж кузова виконується так: послаблюють гайки і, обертаючи їх, переміщують рами за допомогою болтів. Верхнє сито має щільно прилягати до лотка, а нижнє — до задньої рамки для виведення очищеного зерна. Після цього положення рам фіксують гайками.

Далі під'єднують самоспливні трубопроводи для зерна і відходів, а також аспіраційний повітропровід до фланця пневмосепаруючого каналу.

Сепаратор підключають до системи заземлення.

Монтують електрообладнання і мережу, встановлюють автоматичні вимикачі та магнітні пускати в електрощиті. Кнопкові пости розташовують поруч із сепаратором на висоті не більше 1500 мм від підлоги.

Перевіряють напрямок обертання валу електродвигуна — він має обертатися за годинниковою стрілкою, дивлячись зверху.

Контролюють наявність мастила в підшипниках балансного механізму та здійснюють змащування інших вузлів згідно з графіком мастила.

Перевіряють натяг приводного паса — при натягу силою 40–50 Н прогин паса в центрі повинен становити 1,5–2 мм.

Переконаються у надійності кріплення ситових рам. Знімають пофарбовані в червоний колір чотири куточки та болти, що з'єднують ситовий кузов зі станиною — вони служать опорами кузова під час транспортування сепаратора. Також знімають кріплення шківів балансиру механізму — пластину і дріт. Перевіряють систему живлення пневмосепаруючого каналу без навантаження, звертають особливу увагу на надійність різьбових з'єднань, зокрема у кріпленні підвісок ситового кузова. Проводять обкатку сепаратора в холостому режимі протягом двох годин. Після цього прибирають робоче місце і запускають сепаратор в експлуатацію.

Привід повітряно-ситового сепаратора складається з електродвигуна і клинопасової передачі, які в процесі роботи можуть зношуватися або виходити з ладу.

Клинопасову передачу ремонтують при розтягненні або розриві паса, зазвичай у зоні з'єднання. Робочі поверхні ободів шківів зношуються рідше, але частіше виникають тріщини, або послаблюється посадка шківів на валах. Внаслідок чого вони можуть зміщуватися вздовж осі.

Під час ремонту зношені ділянки шківів вирізають і замінюють новими шматками паса. Якщо на ободі є тріщини, їх ремонтують заварюванням: спочатку обробляють тріщину, потім заварюють і після застигання зачищають абразивним інструментом.

При установці відремонтованих шківів звертають особливу увагу на надійність їх кріплення на валах і правильність монтажу. Ведучий і ведений шків повинні бути строго встановлені один напроти одного, щоб ремінь не зміщувався.

Для заміни рам сит або каркасів необхідно спочатку відкинути хомут розвантажувального модуля та відкрити його або зняти.

Рами сит знімають першочергово, а каркаси залишають на місці. Каркаси замінюють дуже рідко, зазвичай тільки тоді, коли очисні шарики повністю зношені і потребують заміни.

Вали виправляють у центрах токарного верстата за допомогою гвинтового пристрою або пресів у холодному стані (для валів діаметром до 60 мм). Якщо на валах є шпонкові пази або шліци, їх вирівнюють наклепом: вал кладуть вигином дотори на опору, а легкими ударами молотка через загартовану сталеву пластину фіксують у пазу і вирівнюють його.

2.3 Технологічний розрахунок

Розраховуємо загальну кількість силосів, виходячи з того, що потужність підприємства складає 600 тис. т.

Відповідно до даних підприємства місткість одного силоса становить 35 тис.т. Розраховуємо кількість силосів (в шт.)

$$Z_c = \frac{M}{m_c} = \frac{600000}{35000} = 17,1 \quad (2.1)$$

де $M = 600$ тис.тонн – потужність підприємства;

$m_c = 35$ тис.тонн - місткість одного силоса.

Приймаємо до встановлення 18 силосів, з врахуванням одного запасного.

Розраховуємо загальну кількість зерна, що приймається підприємством за добу (в т/добу)

$$G_{\text{пр}} = N \cdot Z_{\text{зм}} \cdot \tau_{\text{зм}} = 600 \cdot 3 \cdot 8 = 14400 \quad (2.2)$$

де $\tau_{\text{зм}} = 8$ год – тривалість зміни;

$Z_{\text{зм}} = 3$ – кількість робочих змін на добу;

$N = 600$ т/год - продуктивність лінії приймання, очищення, сушіння та зберігання зерна.

Розраховуємо кількість днів приймання зерна підприємством

$$Z_d = \frac{M}{G_d} = \frac{600 \cdot 1000}{14400} = 42 \quad (2.3)$$

Підберемо обладнання для постової лінії приймання, очищення, сушіння та зберігання зерна, враховуючи її продуктивність, яка становить 600 т/год

Для вивантаження зерна з автотранспорту приймаємо автомобілерозвантажувач У-АРГ-16.

Для приймання зерна, що надходить з автотранспорту приймаємо до встановлення скребковий конвеєр марки FRL-200, продуктивністю 200 т/гол, в кількості 3 шт.

Для приймання зерна, що надходить залізничним транспортом приймаємо до встановлення скребковий конвеєр марки FRL-600, продуктивністю 600 т/гол, в кількості 1 шт.

Для транспортування зерна на його подальшу очистку приймаємо до встановлення стрічковий конвеєр марки FRT-600, продуктивністю 600 т/гол, в кількості 1 шт. та стрічкову норію марки FPK-600, продуктивністю 600 т/год, в кількості 1 шт.

Розраховуємо вантажомісткість проміжного надсепараторного бункера (в т), оскільки він повинен забезпечувати безперервну роботу повітряно-ситового сепаратора протягом 3 годин

$$m_{nb} = N \cdot \tau_{nb} = 600 \cdot 3 = 1800 \quad (2.4)$$

де $\tau_{nb} = 3$ год – тривалість безперервної роботи для сепаратора.

Приймаємо до встановлення проміжний надсепараторний бункер місткістю 2 тис. тон.

Для очищення зерна від феромагнітних домішок приймаємо до встановлення магнітний сепаратор пластинчастий трубний марки ПТСГ, продуктивністю 600 т/год, в кількості 1 шт.

Для очищення зерна від домішок приймаємо до встановлення повітряно-ситовий сепаратор марки Texas Shaker, продуктивністю 125 т/год, в кількості 2 шт.

Для очищення запиленого повітря від легких домішок і зернового пилу приймаємо до встановлення жалюзійний пиловіддільник марки JM21/30-0,64T-R, в кількості 4 шт., з врахуванням одного запасного та відцентровий вентилятор марки VR68/30-0,64T-R, кількості 4 шт. з врахуванням одного на ремонт.

Розрахуємо місткість бункера для відходів (в т), беручи до уваги середній процент забрудненості зерна протягом всього приймального періоду

$$G_{\text{бз}} = \frac{P_c \cdot k}{100} = \frac{600 \cdot 2}{100} = 12 \quad (2.5)$$

де $P_c = 600$ т/год – продуктивність сепаратора;

$k = 2$ – середній процент відсоток забрудненості зерна.

Приймаємо до встановлення бункер для відходів місткістю 12 т з урахуванням безперервності роботи повітряно-ситового сепаратора протягом 1 години

Для подачі зерна в проміжні бункери, приймаємо до встановлення скребковий конвеєр марки FRL-600, продуктивністю 600 т/гол, в кількості 1 шт., стрічкову конвеєр марки FPK-600, продуктивністю 600 т/гол, в кількості 1 шт.

Оскільки після дистриб'ютора потокова лінія поділяється на дві, одна з яких подає зерно на сушіння, а інша відразу на зберігання, то приймаємо до встановлення два стрічкових конвеєра марки FRT-600, продуктивністю по 600 т/год кожен.

Розрахуємо вантажомісткість двох проміжних бункерів (в т), оскільки він повинен забезпечувати безперервну роботу лінії протягом 12 годин

$$m_{\text{б}} = N \cdot \tau_{\text{б}} = 600 \cdot 12 = 7200 \quad (2.6)$$

де $\tau_6 = 12$ год – мінімальна тривалість безперервної роботи лінії в період приймання.

Приймаємо до встановлення два проміжні бункери місткістю по 8 тис. тонн кожен.

Для подачі зерна у вузол сушіння приймаємо до встановлення скребковий конвеєр марки FRL-600, продуктивністю 600 т/год, в кількості 1 шт., стрічкову норію марки FPK-600, продуктивністю 600 т/год, в кількості 1 шт..

Приймаємо до встановлення стрічковий конвеєр марки FRT-600, продуктивністю по 600 т/год, в кількості 1 шт., що забезпечать роботу зерносушарок GSI, продуктивністю 200 т/год, в кількості 3 шт..

Для подачі зерна в силоса на зберігання приймаємо до встановлення скребковий конвеєр марки FRL-200, продуктивністю 200 т/год, в кількості 3 шт., стрічкову норію марки FPK-600, продуктивністю 600 т/год, в кількості 1 шт.

РОЗДІЛ 3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ

3.1 Конструктивний розрахунок

Мінімальне число обертів балансирного вала, (в об/хв) визначається по формулі

$$n'_{\min} = 29,9 * \sqrt{\frac{\operatorname{tg}*(\varphi - \alpha)}{R}} = 29,9 * \sqrt{\frac{\operatorname{tg}*(33 - 6)}{0,08}} = 75,5 \quad (3.1)$$

де $\varphi = 33^\circ$ - кут тертя матеріалу об поверхню сита;

$\alpha = 6^\circ$ - кут нахилу сита;

$R = 0.08$ м – радіус розташування балансирів.

З іншої сторони мінімальне число обертів балансирного вала (в об/хв) визначається по формулі

$$n_{\min} = 29,9 * \sqrt{\frac{\operatorname{tg}*(\varphi + \alpha)}{R}} = 29,9 * \sqrt{\frac{\operatorname{tg}*(33 + 6)}{0,08}} = 95,1 \quad (3.2)$$

де $\varphi = 33^\circ$ - кут тертя матеріалу об поверхню сита;

$\alpha = 6^\circ$ - кут нахилу сита;

$R = 0.08$ м – радіус розташування балансирів.

Приймаємо мінімальне число обертів балансирного вала $n_{\min} = 80$ об/хв.

Максимальне число обертів балансирного вала, (в об/хв) визначається по формулі

$$n_{\max} = \frac{29,9}{\sqrt{R * \operatorname{tg} \alpha}} = \frac{29,9}{\sqrt{0,08 * \operatorname{tg} 6}} = 326 \quad (3.3)$$

де $\alpha = 6^\circ$ - кут нахилу сита;

$R = 0.08$ м – радіус розташування балансирів.

Розрахункове робоче число обертів балансиного вала, (в об/хв)
визначаємо по формулі

$$n_p = 2 * n_{\min} = 2 * 80 = 160 \quad (3.4)$$

де $n_{\min} = 80$ об/хв - мінімальне число обертів балансиного вала.

Виходячи з того, що $n_{\max} = 320$ об/хв приймаємо $n_p = 180$ об/хв.

Середня швидкість переміщення матеріалу по поверхні сита, (в м/с)
визначається по формулі

$$v_{\text{ср}} = 0,23 * n * R * f * \sin \beta \quad (3.5)$$

де $n = 180$ об/хв – робоче число обертів балансиного вала;

$R = 0.08$ м - радіус розташування балансів;

$f = 0.65$ - коефіцієнт тертя матеріала об поверхню сита;

$\beta = 6^\circ$ – кут нахилу опорних пластин до вертикалі.

$$v_{\text{ср}} = 0,23 * 180 * 0,08 * 0,65 * 0,105 = 0,23 \text{ м/с}$$

По даним ТОВ «Елеватор Агро» продуктивність сепаратора становить 150 т/год. Приймаємо до встановлення дві зерноочисні машини. Тоді продуктивність однієї машини становитиме

$$\frac{150}{2} = 125 \text{ т/год}$$

Площа перерізу шару матеріалу на ситі, (в м²) визначається по формулі

$$F_M = \frac{\Pi}{v_{\text{ср}} * \rho * \mu} = \frac{34,7}{0,23 * 810 * 0,8} = 0.233 \quad (3.6)$$

де $\Pi = 125$ т/год = 34.7 кг/с - продуктивність просіювання;

$v_{\text{ср}} = 0.23$ м/с - середня швидкість переміщення матеріалу по поверхні
сита;

$\rho = 810$ кг/м³ - об'ємна маса матеріалу;

$\mu = 0.8$ - коефіцієнт розрихлювання матеріала.

Ширина сита, (в м) визначається по формулі

$$B = \frac{F_M}{h_M * 4} = \frac{0.233}{0.05 * 4} = 1,2 \quad (3.7)$$

де $F_M = 0,233 \text{ м}^2$ - площа перерізу шару матеріалу на ситі;

$h_M = 0,05 \text{ м}$ - товщина шару матеріалу на ситі.

3.2 Енергетичний розрахунок

Потужність електродвигуна, (в кВт) визначається по формулі

$$N_{\text{ел}} = \frac{k_1 * n^2 * R^2 * (G_c * G_M)}{z * F * \eta}, \quad (3.8)$$

де $k_1 = 2$ - дослідний коефіцієнт;

$n = 3 \text{ об/с}$ - число обертів балансиру вала;

$R = 0.08 \text{ м}$ - радіус розташування балансирів;

G_c - вага рухомих частин сита, Н;

G_M - вага матеріалу на ситі, Н;

$\eta = 0.85$ - ККД привода.

Маса зерна на ситах, (в Н) визначається по формулі

$$G_M = F * h_M * \rho * g * z * z_{\text{п}}, \quad (3.9)$$

де F - площа сита, м^2 ;

$h_M = 0.05 \text{ м}$ - товщина шару матеріалу на ситі;

$\rho = 810 \text{ кг/м}^3$ - об'ємна маса матеріалу;

$g = 9.8 \text{ м/с}^2$ - прискорення сили тяжіння;

$z = 4 \text{ шт}$ - кількість сит;

$z_{\text{п}} = 2$ - кількість потоків зерна в сепараторі.

Площа сита, (в м^2) визначається по формулі

$$F = \frac{\Pi}{\Pi_0 * z} = \frac{34.7}{2 * 4} = 4.3 \quad (3.10)$$

де $\Pi = 125$ т/год = 34.7 кг/с - продуктивність просіювання;

$\Pi_0 = 2$ кг/(м²*с)- питоме навантаження на сито;

$z = 4$ шт - кількість сит.

$$G_{\text{ст}} = 4,3 * 0,05 * 810 * 9,8 * 4 * 2 = 13653 \text{ Н}$$

Маса рухомих частин сита, (в Н) визначається по формулі

$$G_{\text{ст}} = V_{\text{ст}} * \rho_{\text{ст}} * z, \quad (3.11)$$

де $V_{\text{ст}}$ - об'єм сита, м³;

$\rho_{\text{ст}} = 7800$ кг/м³ - густина сталі;

$z = 4$ шт - кількість сит.

Об'єм сита, (в м³) визначається по формулі

$$V_{\text{ст}} = F * \delta_{\text{ст}} * z = 4.3 * 0.003 * 4 = 0.052 \quad (3.12)$$

де $F = 4.3$ м² - площа сита;

$\delta_{\text{ст}} = 0.003$ м - товщина сита.

$$G_{\text{ст}} = 0.052 * 7800 * 9,81 = 3979 \text{ Н}$$

$$N_{\text{ел}} = \frac{2 * 3^3 * 0.08^2 * (3979 + 13653)}{250 * 0,85} = 28,7 \text{ кВт}$$

Підбираємо двигун марки 5A225M8, потужністю $N_{\text{ел}}=30,0$ кВт, і частотою обертання $n = 735$ об/хв.

Довжина сита, (в м) визначається по формулі

$$L = \frac{F}{B} = \frac{4.3}{1.2} = 3.58 \quad (3.13)$$

де $F = 4,3 \text{ м}^2$ - площа сита;

$B = 1,2 \text{ м}$ - ширина сита.

3.3 Кінематичний розрахунок

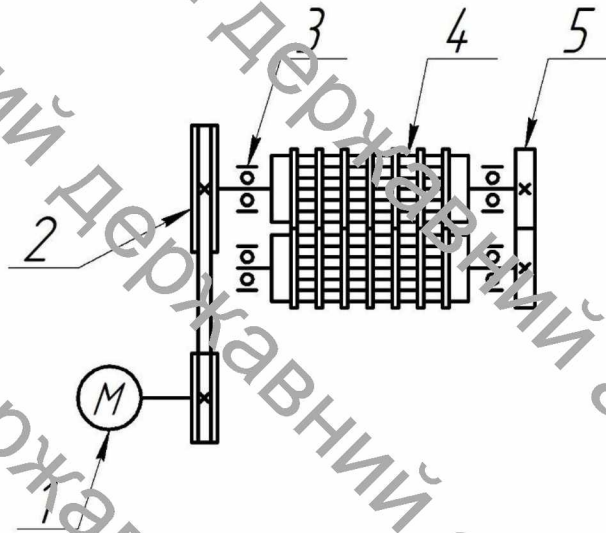


Рисунок 3.1 – Кінематична схема привода

1 Електродвигун;

2 Передача пасова;

3 Підшипник кочення;

4 Дискланс;

5 Передача зубчаста.

Розрахунок клинопасової передачі

Обертовий момент на валу ведучого шків, (в $\text{Н} \cdot \text{м}$) визначається по формулі

$$T_1 = \frac{30 \cdot N}{\pi \cdot n_1} = \frac{30 \cdot 30,0 \cdot 10^3}{3,14 \cdot 735} = 398 \quad (3.14)$$

де $N = 30,0 \cdot 10^3 \text{ Вт}$ - потужність;

$n_1 = 735 \text{ об/хв}$ - частота обертання.

Діаметр ведучого шківa, (в мм) визначається по формулі

$$d_1 = (3 \div 4) * \sqrt[3]{T_1}, \quad (3.15)$$

де $T_1 = 390 * 10^3$ Н*мм - обертовий момент на валу ведучого шківa.

$$d_1 = (3 \div 4) * \sqrt[3]{390 * 10^3} = 219 \div 292$$

Приймаємо діаметр ведучого шківa, $d_1 = 224$ мм (для пасу перерізу Б).

Діаметр веденого шківa, (в мм) визначається по формулі

$$d_2 = d_1 * i (1 - \epsilon), \quad (3.16)$$

де $d_1 = 224$ мм - діаметр ведучого шківa;

i - передаточне число;

$\epsilon = 0.01$ - коефіцієнт натягу пасу.

Передаточне число, визначається по формулі

$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{735}{180} = 4,08 \quad (3.17)$$

де $n_1 = 735$ об/хв - частота обертання;

$n_2 = 180$ об/хв - частота обертання.

$$d_2 = 224 * 4,08 (1 - 0.01) = 904,3$$

Приймаємо діаметр веденого шківa, $d_2 = 900$ мм.

Міжосьову відстань пасової передачі приймаємо по конструктивним даним
 $a = 1762$ мм.

Уточнюємо передаточне число, по формулі

$$i = \frac{d_2}{d_1 * (1 - \epsilon)} = \frac{900}{224 * (1 - 0.01)} = 4.06 \quad (3.18)$$

де $d_1 = 224$ мм - діаметр ведучого шківa;

$d_2 = 900$ мм - діаметр веденого шківa;

$\varepsilon = 0.01$ – коефіцієнт натягу паса.

Довжина паса, (в мм) визначається по формулі

$$L = 2 * a + 0.5 * \pi * (d_1 + d_2) + \frac{(d_2 - d_1)^2}{4 * a}, \quad (3.19)$$

де $d_1 = 224$ мм - діаметр ведучого шківa;

$d_2 = 900$ мм - діаметр веденого шківa;

$a = 1762$ мм - міжосьова відстань передачі.

$$L = 2 * 1762 + 0.5 * 3.14 * (224 + 900) + \frac{(900 - 224)^2}{4 * 1762} = 5354$$

Кут обхвату, ($^\circ$) визначається по формулі

$$\alpha_1^\circ = 180 - 57 * \frac{d_2 - d_1}{a}, \quad (3.20)$$

де $d_1 = 224$ мм - діаметр ведучого шківa;

$d_2 = 900$ мм - діаметр веденого шківa;

$a = 1762$ мм - міжосьова відстань передачі.

$$\alpha_1^\circ = 180 - 57 * \frac{900 - 224}{1762} = 158^\circ$$

Число пасів, (в шт.) визначається по формулі

$$z = \frac{N * C_p}{N_o * C_1 * C_\alpha * C_z} = \frac{30 * 1}{4,4 * 1,19 * 0,95 * 0,85} = 7,5 \quad (3.21)$$

де $N = 30.0$ кВт - потужність;

$N_o = 4.4$ кВт - потужність допустима для передачі одним пасом;

$C_p = 1$ - коефіцієнт режиму роботи;

$C_1 = 1.19$ - коефіцієнт враховуючий вплив довжини паса;

$C_\alpha = 0.95$ - коефіцієнт кута обхвату;

$C_Z = 0.85$ - коефіцієнт враховуючий число пасів.

Розрахунок зубчастої передчі

Обертний момент на валу шестерні, (в Н*м) визначається по формулі

$$T_1 = 9.55 * \frac{N * \eta}{n_2} = 9.55 * \frac{30,0 * 10^3 * 0,96}{180} = 1528 \quad (3.22)$$

де $N = 30 * 10^3$ Вт - потужність;

$n_2 = 180$ об/хв - частота обертання;

$\eta = 0.96$ К.К.Д. пасової передачі.

Розрахунок передачі включає в себе вибір матеріалів, тобто матеріалів з яких виготовлені колеса. Також розраховуються допустимі напруження передачі, зусилля що виникають в передачі, на контактну витривалість.

Вибір матеріалів та допустимих напружень

Приймаємо для коліс сталь 45, покращену з HB= 200.

Визначимо допустимі контактні напруження (в МПа) за формулою

$$[\sigma_H] = \frac{\sigma_{Hlimb}}{[S_H]}, \quad (3.23)$$

де σ_{Hlimb} - межа контактної витривалості при базовому числі циклів;

$[S_H]$ - коефіцієнт безпеки.

Для коліс

$$\sigma_{Hlimb} = 2HB + 70 = 2 \times 200 + 70 = 470 \text{ МПа} \quad (3.24)$$

При довготривалій експлуатації коефіцієнт довговічності $K_{HL}=1$.

Коефіцієнт безпечності $[S_H]=1.1$

Тоді розрахункове допустиме контактне напруження буде

$$[\sigma_H] = \frac{470 \times 1}{1.1} = 427 \text{ МПа}$$

Проектний розрахунок передачі

Міжосьову відстань зубчастої передачі приймаємо по конструктивним даним $a_w=600$ мм

Приймаємо коефіцієнт симетричного розміщення коліс $K_{H\beta}=1$.

Приймаємо для зубчастих коліс коефіцієнт ширини вінця по міжосьовій відстані

$$\psi_{ba} = \frac{b}{a_w} = 0,125 \quad (3.25)$$

Геометрія передачі

Визначаємо модуль зачеплення (в мм) за формулою

$$m = (0,01 \div 0,02) \times a_w = (0,01 \div 0,02) \times 600 = 6 \div 12 \quad (3.26)$$

Приймаємо модуль зачеплення по ГОСТ 9563-60 $m=6$ мм.

Визначаємо число зубів шестерень за формулою

$$z_{\Sigma} = \frac{2a_w}{m_t} = \frac{2 \times 600}{6} = 200 \quad (3.27)$$

Тоді

$$z_1 = \frac{z_{\Sigma}}{(u_p+1)} = \frac{200}{(1+1)} = 100 \quad (3.28)$$

де $u_p=1$ – передаточне відношення зубчастої передачі

Приймаємо $z_1=100$.

$$z_2 = z_{\Sigma} - z_1 = 200 - 100 = 100 \quad (3.29)$$

Визначаємо основні розміри передачі:

- ділильні діаметри (в мм) за формулами:

$$d_1 = z_1 \times m = 100 \times 6 = 600 \quad (3.30)$$

$$d_2 = z_2 \times m = 100 \times 6 = 600 \quad (3.31)$$

Перевіряємо

$$a_w = \frac{d_1 + d_2}{2} = \frac{600 + 600}{2} = 600 \text{ мм} \quad (3.32)$$

- діаметри вершин зубів (в мм) за формулами:

$$d_{a1} = d_1 + 2m = 600 + 2 \times 6 = 612 \quad (3.33)$$

$$d_{a2} = d_2 + 2m = 600 + 2 \times 6 = 612 \quad (3.34)$$

- діаметри западин зубів (в мм) за формулами:

$$d_{f1} = d_1 - 2.5m = 600 - 2.5 \times 6 = 585 \quad (3.35)$$

$$d_{f2} = d_2 - 2.5m = 600 - 2.5 \times 6 = 585 \quad (3.36)$$

- ширина коліс (в мм) за формулою

$$b_2 = \psi_{ba} \times a_w = 0,125 \times 600 = 75 \text{ мм} \quad (3.37)$$

Визначаємо кутову швидкість (в рад/с) за формулою

$$w = \frac{\pi \times n}{30} = \frac{3,14 \times 180}{30} = 18,84 \quad (3.38)$$

де $n = 180$ об/хв – робоче число обертів балансиного вала.

Визначаємо середню швидкість коліс (в м/с) за формулою

$$v = \frac{w_1 \times d_1}{2} = \frac{18,84 \times 600}{2 \times 10^3} = 5,65 \quad (3.39)$$

Приймаємо 8-му степінь точності

Для перевірки контактних напружень визначаємо коефіцієнт навантаження

$$K_H = K_{HB} \times K_{H\alpha} \times K_{HV} = 1,05 \times 1,07 \times 1,05 = 1,19 \quad (3.40)$$

Перевірочний розрахунок передачі на контактну витривалість

Визначаємо контактне напруження (в МПа) за формулою

$$\sigma_H = \frac{310}{a_w} \times \sqrt{\frac{T_1 \times K_H \times (u+1)^3}{b_2 \times u^2}} < [\sigma_H], \quad (3.41)$$

де $T_1 = 1528 \text{ Н*м}$ – обертальний момент на валу шестерні;

$b_2 = 75 \text{ мм}$ – ширина шестерні

$$\sigma_H = \frac{310}{600} \times \sqrt{\frac{1528 \times 10^3 \times 1,19 \times (1+1)^3}{75 \times 1^2}} = 228 \text{ МПа} < [\sigma_H] = 427 \text{ МПа}$$

Зусилля, що виникають в передачі

Визначаємо потужність на валові зубчасті передачі (в кВт) за формулою

$$P_2 = P_{\text{об}} \times \eta_{\text{пас}} = 30 \times 0,96 = 28,8 \quad (3.42)$$

де $\eta_{\text{пас}} = 0,96$ - ККД пасової передачі.

Визначаємо кузне зусилля (в Н) за формулою

$$F_t = \frac{P}{v} = \frac{28,8 \times 10^3}{5,65} = 5097 \quad (3.43)$$

Визначаємо радіальне зусилля (в Н) за формулою

$$F_r = F_t \times \text{tg} \alpha = 5097 \times \text{tg} 20^\circ = 1855 \quad (3.44)$$

Перевірочний розрахунок на згинальну витривалість

$$\sigma_F = \frac{F_t \times K_F \times Y_F}{b \times m} \leq [\sigma_F] \quad (3.45)$$

Знаходимо коефіцієнти:

- коефіцієнти навантаження

$$K_F = K_{FB} \times K_{FV} = 1,12 \times 1,45 = 1,62 \quad (3.46)$$

Приймаємо по $z_{v1} = 100$, $z_{v2} = 100$: $Y_{F1}=3,60$, $Y_{F2}=3,60$.

Допустиме контактне напруження при перевірці зубів на витривалість по згину

$$[\sigma_F] = \frac{\sigma_{F \lim b}^{\circ}}{[S_F]}, \quad (3.47)$$

де $[S_F]$ - коефіцієнт безпеки.

Для коліс (в МПа) за формулами:

$$\sigma_{F \lim b1}^{\circ} = 1,8 \times 200 = 360 \quad (3.48)$$

$$\sigma_{F \lim b2}^{\circ} = 1,8 \times 200 = 360 \quad (3.49)$$

Для коліс (в МПа) за формулою:

$$[S_F] = 1,75; [\sigma_{F2}] = \frac{360}{1,75} = 206; [\sigma_{F1}] = \frac{360}{1,75} = 206$$

Знаходимо відношення для коліс (в МПа) за формулами:

$$\frac{206}{3,60} = 57, \quad \frac{206}{3,61} = 57$$

Подальший розрахунок ведемо для зубців одного з коліс.

Визначені значення підставляємо у формулу 4.51

$$\sigma_{F2} = \frac{5097 \times 1,62 \times 3,60}{75 \times 6} = 66 \text{ МПа} < [\sigma_{F2}] = 206 \text{ МПа}$$

Умова міцності виконана.

Розрахунок валів дисбалансу $[\tau_K] = 15 \div 20 \text{ МПа}$

$$d_{e1} = \sqrt[3]{\frac{16T_1}{\pi[\tau_K]}} = \sqrt[3]{\frac{16 \times 1528 \times 10^3}{314 \times 15}} = 80 \text{ мм} \quad (4.56)$$

Приймаємо діаметр вала під шків 105 мм.

Приймаємо діаметр вала під кришку підшипника 150 мм.

Приймаємо діаметр вала під підшипник 165 мм.

Приймаємо діаметр вала під зубчасте колесо 120 мм.

На другому валові дисбаланси розміри аналогічні.

РОЗДІЛ 4

ЕКОНОМІКА, ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

4.1. Заходи щодо безпечної експлуатації обладнання

Охорона праці є невід'ємною частиною виробничого процесу, яка регулюється чинним законодавством, нормативними актами, стандартами та інструкціями. Керівники підприємств зобов'язані забезпечувати безпечні умови праці відповідно до встановлених норм. На підприємстві повинна функціонувати служба охорони праці або призначена відповідальна особа, яка займається розробкою та впровадженням заходів для запобігання нещасним випадкам, професійним захворюванням і аваріям, а також проводить періодичні оцінки ризиків на робочих місцях і їх усунення.

Кожен працівник зобов'язаний пройти вступний та первинний інструктаж з охорони праці, а також повторні інструктажі не рідше одного разу на шість місяців. Працівники повинні бути ознайомлені з правилами безпеки та вміти діяти у надзвичайних ситуаціях. Робочі місця мають бути обладнані відповідно до стандартів безпеки та ергономіки, а працівники забезпечені засобами індивідуального захисту залежно від характеру роботи.

Контроль за дотриманням вимог охорони праці здійснюється через регулярні перевірки робочих місць, медичні огляди працівників та розслідування нещасних випадків і професійних захворювань із подальшим усуненням їх причин. Працівники мають право на безпечні умови праці та відмову від виконання робіт у разі загрози життю чи здоров'ю. Водночас вони зобов'язані дотримуватися правил охорони праці, використовувати засоби індивідуального захисту та дбати про безпеку оточуючих.

Порушення вимог охорони праці тягне за собою дисциплінарну, адміністративну або кримінальну відповідальність. Керівники підприємств несуть відповідальність за недотримання норм охорони праці та безпечних умов

на виробництві. Забезпечення охорони праці є ключовою умовою ефективного функціонування підприємства, що сприяє збереженню життя і здоров'я працівників, а також підвищенню продуктивності праці.

Перед початком роботи провести інструктаж персоналу щодо правил безпечної експлуатації.

Забезпечити працівників засобами індивідуального захисту (рукавички, захисні окуляри, протипилові маски).

Переконаватися, що всі елементи машини правильно встановлені, надійно закріплені та відповідають технічним вимогам.

Перевірити стан електропроводки, заземлення і відсутність пошкоджень.

Перед початком роботи:

Провести візуальний огляд машини для виявлення можливих пошкоджень або несправностей.

Перевірити, чи зняті всі транспортувальні фіксатори.

Упевнитися, що всі захисні кожухи та огорожі на місці.

Перевірити наявність мастила у вузлах, що його потребують, згідно з картою змащення.

Під час роботи:

Не відкривати захисні кожухи та не проводити регулювання або обслуговування машини під час її роботи.

Забезпечити рівномірну подачу зерна для уникнення перевантажень.

Стежити за температурою вузлів, що працюють, і не допускати їх перегріву.

У разі виявлення статичних шумів, вібрацій або несправностей негайно зупинити машину і провести огляд.

Особливі заходи для пневматизуючих елементів

Контролювати герметичність повітропроводів і відсутність підсосів повітря.

Забезпечити справність аспіраційної системи, щоб уникнути підвищеної запиленості.

Завершення роботи:

Вимкнути електроживлення перед виконанням будь-яких ремонтних або обслуговувальних робіт.

Очистити машину від залишків зерна та інших матеріалів.

Перевірити стан сит, каркасів та інших вузлів.

Закрити захисні кожухи перед наступним запуском.

Додаткові заходи:

Регулярно проводити технічне обслуговування відповідно до рекомендацій виробника.

Вести журнал оглядів і ремонту обладнання.

Періодично навчати персонал щодо нових методів безпечної роботи з обладнанням.

Дотримання цих заходів дозволить забезпечити безпеку і тривалу експлуатацію зерноочисної машини.

Перелік шкідливих і небезпечних чинників, що виникають при обслуговуванні обладнання поточної лінії приймання, сушіння і зберігання зерна приведені в таблиці 7.1.

Пиловіддільник ЦОЛ-10	1	Зерновий пил, електричний струм,
Магнітний сепаратор КМ-100	1	вібрація Електричний струм, магнітні
Супинарка У13-СШ-50	1	поля Висока температура,
		тепловиділення, шум, електричний
		струм, вибухопожежонебезпека.

Загальні заходи з охорони праці у відділенні

Перед запуском зерноочисної машини необхідно здійснити її зовнішній огляд, перевірити надійність кріплення всіх елементів, наявність заземлення, справність електрообладнання. Слід провести пробний запуск без завантаження, переконатися у правильному функціонуванні кінцевих вимикачів. Тільки впевнившись, що обладнання працює справно, можна розпочинати його експлуатацію.

Усі регулювання, налагодження кулів, змащення поверхонь, що труться, та очищення машини необхідно виконувати лише після повної зупинки, вимкнення електродвигуна та блокування пускової кнопки. Під час цих робіт на пусковий пристрій має бути вивішений плакат із написом: «Не вмикати – працюють люди!». Органи керування (кнопки, важелі тощо) повинні розташовуватися таким чином, щоб забезпечувати зручність спостереження за обладнанням під час роботи. Машини оснащуються звуковою та світловою сигналізацією, яка попереджає про запуск чи аварійну ситуацію.

Зерноочисні машини повинні бути обладнані аварійними кнопками «Стоп» для миттєвої зупинки. У місцях підвищеної небезпеки та при недостатньому огляді машини додатково встановлюють аварійні кнопки на відстані не більше 10 метрів одна від одної. Усі кнопки «Стоп» фарбуються у червоний колір для швидкої ідентифікації.

На зерноочисних машинах має бути передбачена аспіраційна система або витяжна вентиляція для видалення пилу та інших шкідливих речовин. Забороняється експлуатація обладнання за наявності пробуксовування ременів або ланцюгів. У разі виникнення таких проблем їх усувають відповідно до інструкцій з експлуатації обладнання.

Бункери, приймальні ями і приймки повинні бути закриті суцільними перекриттями з лазовими люками, які обладнуються захисними решітками з розміром вічок не більше 250×75 мм. Решітки повинні бути розташовані не глибше 60 мм від поверхні підлоги, закріплюватися на петлях, замках або болтах. Електролампочки повинні мати захисні скляні ковпаки.

Запуск, обслуговування та усунення несправностей у роботі зерноочисної машини здійснює оператор, який пройшов відповідний інструктаж і має необхідний допуск. Усунення несправностей електрообладнання виконує лише електрик. Для доступу до верхніх частин машини потрібно використовувати надійні драбини з антиковзним покриттям на кінцях.

При експлуатації зерноочисних машин необхідно враховувати можливість виникнення небезпечних факторів, таких як травми від рухомих і обертових частин, а також ураження електричним струмом. Дотримання правил охорони праці є обов'язковим для забезпечення безпеки роботи з обладнанням.

Всі операції з обслуговування зерноочисної машини необхідно виконувати при повністю вимкненому обладнанні. Пуск і зупинка агрегату повинні здійснюватися задалегідь встановленими сигналами, про які знає весь обслуговуючий персонал.

Під час проведення ремонтних або технічних робіт потрібно використовувати засоби індивідуального захисту, зокрема запобіжні окуляри. Забороняється застосовувати підйомники, нарізувати важіль ключа за допомогою труб або іншого ключа, оскільки це може призвести до зісковзування інструмента і травмування. Не допускається бити молотком по ключу.

Експлуатація зерноочисної машини дозволяється лише у справному стані. Особливу увагу слід приділяти справності електрообладнання та контрольним вимірювальних пристроїв. Роботи всередині приміщення, де розташоване обладнання, необхідно виконувати в респіраторах, захисних окулярах і рукавицях.

Температурний режим зерноочисної установки повинен суворо відповідати вказівкам інструкції. Недотримання встановлених температурних параметрів може призвести до пошкодження обладнання.

Роботи з обслуговування зерноочисної машини повинні проводитися бригадою з трьох осіб за дозволом відповідальної особи, призначеної адміністрацією підприємства. Перед початком робіт необхідно відключити систему примусового вентилявання машини.

Щоденно після завершення зміни слід очищати обладнання та приміщення, видаляючи пил, залишки зерна та інші забруднення.

Забороняється під час роботи зерноочисної машини:

- відкривати оглядові й технологічні люки та кришки;
- виконувати будь-які роботи з очищення каналів або ремонту;
- залишати працююче обладнання без нагляду.

Дотримання зазначених правил забезпечить безпечну та ефективну експлуатацію зерноочисної машини.

Розв'язок

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

$$h = V/a^2 = 440/82 = 6,875 \quad (4.3)$$

На підприємстві потрібно передбачити резервуар для запасу води на зовнішнє пожежогасіння розмірами 80806,785м.

Інструкція з безпеки праці під час обслуговування зерноочисного сепаратора БСХ-100

1. Загальні положення

1.1. Працівник повинен:

- Дотримуватися вимог нормативних документів з охорони праці, забезпечуючи власну безпеку та безпеку інших осіб.
- Приймати необхідні заходи для усунення небезпечних ситуацій, що виникають під час роботи.
- Виконувати вимоги внутрішніх інструкцій підприємства. Працівник має право відмовитися від виконання дорученої роботи, якщо виникла загроза його життю, здоров'ю, безпеці інших людей чи навколишньому середовищу.

1.2. До роботи на зерноочисному сепараторі допускаються лише ті працівники, які:

- Пройшли медичний огляд і спеціальне навчання.
- Склали іспити з охорони праці.
- Прослухали вступний та первинний інструктаж на робочому місці.

1.3. Працівник повинен дотримуватися встановлених правил:

- Дотримуватися технологічної дисципліни та правил внутрішнього розпорядку.
- Бережно ставитися до обладнання, інструментів, спецодягу та інших засобів індивідуального захисту, передбачених для роботи.
- Підтримувати чистоту робочого місця та прилеглої території.

1.4. Паління, вживання алкоголю та інших наркотичних речовин суворо заборонено на робочому місці. Палити дозволяється лише в спеціально обладнаних місцях.

1.5. Щоб уникнути травмування та небезпечних ситуацій:

- Не залишайте працююче обладнання без нагляду.
- Не допускайте до роботи осіб, які не пройшли відповідного навчання.
- Використовуйте лише справне обладнання, інструменти та пристрої.
- У разі виявлення несправностей повідомте керівника або усуньте проблему самостійно, якщо це входить до ваших обов'язків.
- Не працюйте на обладнанні зі знятими захисними пристроями.

1.6. Під час роботи використовуйте засоби індивідуального захисту відповідно до норм.

1.7. Дотримуйтеся правил особистої гігієни.

- Особисті речі, верхній одяг, головні убори та взуття залишайте в гардеробній.
- Виконуйте роботу в чистому спецодязі.
- Приймайте їжу лише у спеціально обладнаних для цього приміщеннях.

Інструкція з безпеки при роботі з зерноочисним сепаратором ЕСХ-100

2. Вимоги безпеки перед початком роботи

2.1 Надягніть спецодяг, зафіксуйте ремінь безпеки та приберіть волосся під головний убір.

2.2 Ознайомтеся з записами в журналі змін, щоб врахувати зауваження та пропозиції попередньої зміни щодо технічного стану обладнання.

2.3 Прочетіть огляд обладнання, перевіривши:

- працездатність звукової та світлової сигналізації для зв'язку з іншими ділянками;
- наявність і справність захисних пристроїв рухомих частин машин;
- стан видимої частини ґрунтування;
- цілісність електропроводів, кабелів і їхніх з'єднань.

2.4 Запустіть сепаратор на холостому ходу, перевірте балансування корпусу, міцність затягування рам екранів, відсутність сторонніх шумів, справність блокування пускових пристроїв і систем аспірації.

2.5 Увімкніть припливно-витяжну вентиляцію у відсіку.

2.6 У разі виявлення несправностей повідомте безпосереднього керівника.

Не починайте роботу без його дозволу.

3. Вимоги безпеки під час роботи

3.1 Перед запуском обладнання подайте сигнал суміжним ділянцям, залученим до технологічного процесу.

3.2 Забезпечуйте рівномірну подачу зерна через живильний механізм і його рівномірний розподіл по решетах. При утворенні завалів зупиніть машину, усуньте їх спеціальним інвентарем (щітки, скребки).

3.3 Не допускайте зупинки сепаратора під час розгону чи повторного запуску до його повного зупинення.

3.4 Виконуйте очищення сит лише спеціальними щітками, а живильних механізмів — скребками.

4. Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях

4.1 негайно зупиніть обладнання, якщо:

- подальша робота загрожує безпеці працівників;
- відчувається дія електричного струму при дотику до металевих частин;
- виникає іскроутворення в електродвигуні чи пусковій апаратурі;
- перегріваються підшипники;
- з'являється дим, запах гару або сторонній шум.

Проінформуйте безпосереднього керівника про те, що сталося.

4.2 У разі пожежі в зерноочисному відділенні:

- вимкніть обладнання, транспортні засоби та вентиляцію;
- повідомте пожежну охорону та адміністрацію;
- починайте гасіння пожежі.

4.3 При загорянні електропроводів вимкніть рубильник. Проводку, що перебуває під напругою, гасіть вуглекислотним воєнгасником або засипайте піском.

4.4 У разі травмування працівника негайно повідомте керівника, викличте медпрацівника або швидку допомогу.

5. Вимоги безпеки після закінчення роботи

5.1 Зупиніть подачу зерна та вимкніть машину.

5.2 Зберіть розсипане зерно щіткою, очистіть обладнання та робочу зону від пилу пневматичним або вологим способом.

5.3 Повідомте наступну зміну та керівника про всі технічні несправності, зафіксуйте їх у журналі «Прийом-передача».

4.2. Охорона навколишнього середовища

Робота елеваторів та зерноочисного обладнання тісно пов'язана з впливом на навколишнє середовище, що потребує розробки й дотримання заходів для його мінімізації. Основні екологічні аспекти включають контроль запилення, шумового забруднення, раціональне використання ресурсів та утилізацію відходів.

Елеваторні комплекси та зерноочисні машини створюють значний рівень запиленості повітря, особливо під час транспортування, сепарації та очищення зерна. Для мінімізації пилу застосовуються такі заходи:

Системи аспірації: Обладнання оснащується гиловловлювачами, циклонами, фільтрами та витяжними вентиляційними установками, що ефективно збирають пил із робочих зон.

Закриті системи транспортування: Для переміщення зерна використовуються закриті стрічкові або ланцюгові транспортери, що мінімізують розпилення.

Обслуговування обладнання: Регулярне очищення та заміна фільтрів запобігають погіршенню роботи аспіраційних систем.

Зрошувальні системи: У деяких випадках використовуються водяні зрошувачі для придушення пилу на відкритих ділянках.

2. Зменшення шумового забруднення

Шум, створюваний двигунами, вентиляторами, сепараторами та іншим обладнанням, може негативно впливати на здоров'я працівників і мешканців прилеглих територій. Зниження шумового впливу забезпечується:

- Встановленням звукоізоляційних кожухів на джерела шуму.
- Використанням шумозахисних бар'єрів навколо виробничих зон.
- Регулярним технічним обслуговуванням обладнання для уникнення шуму через знос чи пошкодження.

3. Рациональне використання ресурсів

Для забезпечення енергоефективності та зниження впливу на довкілля впроваджуються сучасні технології та підходи:

- Енергоощадне обладнання: Використовуються установки з низьким енергоспоживанням, які забезпечують максимальну ефективність.
- Моніторинг енерговитрат: Контроль витрат електроенергії дозволяє вчасно виявляти неефективні процеси.
- Рациональне водоспоживання: Впроваджуються замкнуті цикли водопостачання для повторного використання води.

4. Утилізація та переробка відходів

Очищення зерна супроводжується утворенням різних видів відходів, таких як зернова плівка, пил, пошкоджені зерна:

- Вторинна переробка: Більшість органічних відходів можуть використовуватися для корму тварин або у виробництві біопалива.
- Утилізація небезпечних відходів: Масляні матеріали, зношені фільтри та інші небезпечні відходи збираються окремо й утилізуються відповідно до вимог законодавства.

5. Очищення стічних вод

Стічні води від технологічних процесів очищуються за допомогою систем фільтрації та спеціальних біологічних станцій. Вода, яка виводиться з системи, повинна відповідати екологічним нормам, щоб уникнути забруднення ґрунтів та водоєм.

6. Моніторинг екологічних показників

Елеваторні підприємства зобов'язані здійснювати постійний контроль стану навколишнього середовища:

- Якість повітря: Регулярні заміри викидів пилу та газів.

- Стан ґрунтів та води: Визначення рівня забруднення та впливу на прилеглі території.

- Рівень шуму: Вимірювання шумового фону, особливо в нічний час.

Гірацівники повинні проходити регулярне навчання з питань екологічної безпеки, бути ознайомленими з екологічними вимогами та практиками сталого природокористування.

Дотримання вказаних заходів забезпечує мінімізацію впливу елеваторів на навколишнє середовище, сприяє збереженню природних ресурсів і підвищенню екологічної культури підприємств.

4.3. Розрахунок економічної ефективності від провадження діяльності

Вихідні дані зібрані на ТОВ «Елеватор Агро» приведені в таблиці 4.1

Таблиця 4.1 - Вихідні дані

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: $K_1 = 168600 \cdot 0,05 = 8430$ грн.

розрахунковий варіант: $K_2 = 232400 \cdot 0,05 = 11620$ 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

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

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

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

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

Отже, витрати електроенергії становлять

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

на 1 тону: $4150/84000 = 0,05$ грн.

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

на 1 тону: $6289/168000 = 0,04$ грн.

Витрати на амортизацію обладнання

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

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

$H_A = 15\%$ - 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

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

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

на 1 тону $16596,5/84000 = 0,19$ грн.

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

на 1 тону $22877/168000 = 0,14$ грн.

Витрати по змінних статтях кумуляцій приведені в таблиці 4.2

Таблиця 4.2

Статті витрат	Базовий варіант	Розрахунковий варіант	Зміни
Витрати електроенергії	0,13	0,04	-0,09
Амортизація обладнання	0,39	0,27	-0,12
Витрати на поточний ремонт	0,19	0,14	-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

Проведено аналіз існуючих конструкцій зерноочисних машин для очищення зернопродуктів. Розглянуто особливості проектування зерноочисного обладнання та специфіку їх конструкцій. Виконано розрахунки й обґрунтовано режими роботи повітряно-ситового сепаратора, обраного як основний об'єкт дослідження. Проаналізовано потенційні небезпеки та заходи з охорони праці на зернопереробних підприємствах, розглянуто правила безпечної експлуатації зерноочисних машин. Розраховано та обґрунтовано параметри і режими роботи очищувальної машини.

У загальному розділі подано стислу оцінку сучасного стану предмету і об'єкта розробки; обґрунтовано актуальність роботи та підстави для її виконання; визначено мету роботи; наведено можливі сфери застосування отриманих результатів; описано практичне значення кваліфікаційної роботи.

У технологічному розділі розглянуто технологічну схему приймання зерна, особливості конструкції зерноочисної машини, правила її монтажу та експлуатації.

У конструкторському розділі проведено розрахунок конструктивних та режимних параметрів зерноочисного обладнання, розглянуто особливості кінематичної схеми та підбрано основні конструктивні елементи.

У розділі економіки, охорони праці та охорони навколишнього середовища проаналізовано економічну ефективність застосованих технічних рішень, запропоновано безпечні умови праці оператора, а також визначено заходи щодо мінімізації шкідливого впливу машини на довкілля. Розрахована зерноочисна машина може бути використана в умовах роботи зерноприймального елеватора в складі транспортного обладнання.

Сфера застосування результатів роботи охоплює виробництво засобів малої механізації ручної праці у сільському господарстві.

Графічна частина проекту включає 4 аркуші формату А1.