

**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: «Обґрунтування параметрів та режимів роботи стрічкового конвеєра в технологічній лінії зберігання зерна»

КРБ.133ГМбд\_41.07.00.00.000 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  
КАПИРО Ярослав

Керівник: канд. техн. наук, доцент  
ЛЕВЧЕНКО Юлія

**Полтава – 2025 року**

## ВСТУП

На сьогодні Україна є однією з найрозвиненіших аграрних держав світу та одним із провідних постачальників сільськогосподарської продукції. Тому питання підтримки й розвитку аграрної галузі є вкрай актуальним. Одним із ключових завдань для працівників сільського господарства залишається вирощування та збереження виробленої продукції.

Для підвищення продуктивності праці в аграрному секторі широко застосовують різноманітні механізми, зокрема трактори, комбайни, обприскувачі, культиватори, плуги, сушарки, сепаратори тощо. З метою спрощення, прискорення та здешевлення процесів зберігання зерна активно розвиваються технології транспортування, особливо для елеваторів. Елеватор є ключовим об'єктом сільськогосподарської інфраструктури, що значною мірою впливає на якість зерна протягом усього періоду зберігання. Одним із найважливіших аспектів цього процесу є транспортування зерна в межах виробничої лінії. Високий рівень механізації таких операцій дозволяє значно скоротити витрати ручної праці, зменшити втрати продукції та забезпечити її якість зберігання.

Серед усіх типів конвеєрів особливе місце займає стрічковий конвеєр, який вважається одним із найефективніших засобів транспортування зерна завдяки високій продуктивності, енергоефективності та низькому рівню пошкодження зернової маси. Завдяки простоті конструкції, надійності та легкості обслуговування стрічкові конвеєри стали основним транспортним засобом для зерна.

Стрічковий конвеєр – це пристрій для безперервного транспортування матеріалів, який широко використовується в промисловості, видобувній галузі, агропромисловому комплексі та інших сферах. Принцип його роботи ґрунтується на безперервному русі транспортувальної стрічки, яка переміщує матеріали з одного місця в інше. Одним із найактуальніших завдань при вдосконаленні стрічкового конвеєра є збільшення терміну його експлуатації для підвищення

коефіцієнта корисної дії (ККД). Тому основні напрями розвитку стрічкових конвеєрів зосереджені на підвищенні їхньої якості, розширенні функціональних можливостей та автоматизації виробництва ключових елементів (вантажно-натяжної станції, роликкоопор, розвантажувального пристрою, завантажувального бункера тощо).

Наприклад, транспортувальна стрічка є основним елементом конвеєра, виконуючи як функцію несучої поверхні, так і роль тягового пристрою, а її вартість становить приблизно 50% загальної ціни всього агрегату. Через високу зношуваність, обмежений термін служби та значну вартість заміни стрічка є одним із головних обмежувальних факторів використання стрічкових конвеєрів. Тому при виборі конвеєра важливо визначити оптимальні параметри та режими роботи, що забезпечать максимальну ефективність за мінімально допустимими витратами.

Оптимальний вибір параметрів і режимів роботи стрічкового конвеєра дає змогу не лише підвищити ефективність транспортування, а й знизити енергетичні витрати та мінімізувати механічне пошкодження зерна. Саме тому дана робота спрямована на обґрунтування ключових характеристик і режимів експлуатації стрічкового конвеєра в технологічній лінії зберігання зерна.

## РОЗДІЛ I ЗАГАЛЬНИЙ

### 1.1. Загальна характеристика комплексів для післязбиральної обробки зерна

Елеватор є ключовим об'єктом зберігання зерна та відіграє важливу роль у логістичному ланцюгу агропромислового виробництва. Він забезпечує безперебійне функціонування системи зберігання зерна, що дозволяє не тільки акумулювати значні обсяги зернових культур протягом тривалого часу, але й зменшувати втрати та покращувати якість продукції. Завдяки цьому агропромислові підприємства можуть ефективно планувати свою діяльність, оптимізувати витрати та забезпечувати стабільні поставки продукції на ринок.

Основні функції елеватора включають: приймання, очищення, сушіння, зберігання та відвантаження зерна, що робить його невід'ємною частиною аграрного виробництва та логістики. Застосування сучасних технологій та автоматизованих систем управління дозволяє значно підвищити ефективність роботи елеватора, забезпечивши зменшення витрат та мінімізувати вплив людських факторів на процеси обробки зерна.

Елеватори класифікуються за кількома параметрами, залежно від їхнього призначення, типу зберігання та потужністю.

За призначенням вони поділяються на кілька категорій.

- Заготівельні елеватори – призначені для приймання зерна від сільгоспвиробників і забезпечення його короточасного зберігання перед подальшим транспортуванням або продажем.

- Перевалочні елеватори – використовуються для накопичення та підготовки зерна до транспортування, зокрема залізничним або водним транспортом.

- Виробничі елеватори – розташовуються при млинах, комбікормових заводах та інших підприємствах харчової промисловості, де зерно використовується для подальшої переробки.

- Експортні елеватори – знаходяться переважно в портах і слугують для накопичення та перевалки зерна на морські або річкові судна для експорту.

За типом зберігання елеватори поділяються на:

- Бункерні – використовують вертикальні силоси для компактного зберігання зерна, що дозволяє ефективно використовувати площу підприємства.

- Підлогові – передбачають зберігання зерна в ангарах або спеціально обладнаних складах, що дозволяє швидко завантажувати та розвантажувати великі обсяги продукції.

За потужністю елеватори можуть бути:

- Малі – до 10 тис. тонн зберігання.

- Середні – від 10 до 50 тис. тонн.

- Великі – понад 50 тис. тонн.

Елеваторні комплекси складаються з таких основних елементів:

- Приймальні пристрої – забезпечують приймання зерна з автомобільного або залізничного транспорту, оптимізуючи логістичні процеси.

- Очисні машини – призначені для видалення домішок, що покращує якість зерна та забезпечує відповідність його стандартам якості.

- Сушарки – використовуються для зменшення вологості зерна, що є критично важливим для його довготривалого зберігання.

- Транспортне обладнання – включає стрічкові конвеєри, норії, транспортери, які забезпечують переміщення зерна між технологічними зонами.

- Системи контролю та автоматизації – дозволяють моніторити стан зерна, автоматично регулювати процеси та оптимізувати обробку зернової маси.

Елеватори є незамінною частиною аграрного сектору, оскільки вони забезпечують безперервний процес заготівлі та реалізації зерна. Використання елеваторів дозволяє зберігати зернові культури в оптимальних умовах, що сприяє збереженню їхньої якості та продовженню терміну зберігання. Крім того,

елеватори відіграють важливу роль у стабілізації ринку зерна, дозволяючи фермерам зберігати врожай до найвигіднішого моменту реалізації. Завдяки розвитку сучасних технологій та впровадженню автоматизованих систем управління, сучасні елеваторні комплекси стають більш ефективними, енергоощадними та екологічно безпечними.

Елеватори мають низку значних переваг, що роблять їх невід'ємною частиною аграрної інфраструктури:

- Масштабність і ефективність – можливість зберігання великих обсягів зерна, що знижує витрати на одиницю продукції.

- Оптимізація логістики – централізоване зберігання зерна дозволяє ефективно координувати постачання та транспортування.

- Збереження якості продукції – системи вентиляції, контролю вологості та температури дозволяють запобігти псуванню зерна.

- Автоматизація процесів – сучасні елеватори оснащені датчиками контролю стану зерна, що мінімізує людський фактор і втрати продукції.

- Ефективне використання площі – вертикальні силоси займають менше місця, ніж традиційні склади, що дозволяє економити територію.

- Можливість переробки – багато елеваторів оснащені додатковими лініями для очищення, сортування та сушіння зерна, що підвищує його ринкову цінність.

Попри численні переваги, елеватори мають і деякі недоліки:

- Висока вартість будівництва та експлуатації – зведення елеватора потребує значних фінансових вкладень, а його утримання передбачає великі витрати на обслуговування та енергоспоживання.

- Необхідність ретельного технічного обслуговування – складність конструкції та наявність великої кількості механізмів потребують регулярного догляду та ремонту.

- Залежність від енергопостачача – елеватори споживають значну кількість електроенергії, що може спричинити перебої в роботі у разі відключень.

- Можливі втрати при тривалому зберіганні – навіть за умов контролю температури та вологості можуть виникати втрати через розвиток шкідників та мікроорганізмів.

- Обмежена мобільність – стаціонарні елеватори не можуть бути легко переміщені, що ускладнює їх використання в умовах змінної логістики або сезонних потреб.

Таким чином, елеваторні комплекси є важливими елементами аграрної інфраструктури, які забезпечують ефективне зберігання та транспортування зернових культур. Вони дозволяють зменшити втрати зерна, підвищити якість продукції та покращити економічні показники аграрних підприємств. Завдяки автоматизації та впровадженню новітніх технологій, елеваторні комплекси сприяють підвищенню ефективності сільськогосподарського виробництва, що в свою чергу зміцнює позиції аграрного сектору на внутрішньому та міжнародному ринках.

## 1.2. Значення транспортного обладнання для елеваторів

Транспортне обладнання є критичною складовою будь-якого елеваторного комплексу, оскільки воно забезпечує безперебійну логістику зернових мас на всіх етапах їхнього переміщення. Від ефективності транспортної системи залежить швидкість обробки зерна, мінімізація втрат та якість кінцевого продукту. Сучасне транспортне обладнання дозволяє значно скоротити час на завантаження, перевантаження і вивантаження зерна, що є ключовим фактором для збереження його якості. Також завдяки сучасним технологіям вони дозволяють автоматизувати процеси, зменшити втрати продукції, підвищити продуктивність і оптимізувати витрати на експлуатацію. Крім того, правильний вибір транспортного обладнання сприяє покращенню якості зерна, запобігаючи його пошкодженню під час транспортування. Системи транспортування також сприяють екологічній безпеці, зменшуючи рівень пилу та втрати зерна під час переміщення.

Для забезпечення безперебійної роботи елеваторів транспортне обладнання виконує ряд ключових завдань. Які сприяють ефективному переміщенню зерна, зменшені втрати продукції, оптимізуючи логістику та забезпечують рівномірний розподіл матеріалів у зберігальних ємностях. Завдяки цьому підвищується загальна продуктивність елеватора і забезпечується якісна підготовка зерна до подальшої обробки або реалізації. Крім того, правильно спроектовані транспортні системи дозволяють зменшити енергоспоживання та витрати на технічне обслуговування.

Основні функції транспортного обладнання на елеваторах включають:

- Приймання зерна – транспортування зернових культур із транспортних засобів (автомобілів, залізничних вагонів) до місць первинної обробки або зберігання. Використання транспортного обладнання на цьому етапі сприяє рівномірному завантаженню та зменшенню механічного пошкодження зерна. Також автоматизовані системи контролю якості дозволяють відразу відбракувати забруднене або пошкоджене зерно.

- Переміщення між технологічними зонами – забезпечує подачу зерна до очищувальних, сушильних, зберігальних і відвантажувальних ділянок, що є ключовим для ефективної роботи всього комплексу. Сучасні автоматизовані системи дозволяють здійснювати контроль за переміщенням зерна та регулювати його потік, що мінімізує ризики втрат та підвищує ефективність усіх процесів.

- Зберігання – допомагає рівномірно розподіляти зерно у силосах і складах, запобігаючи утворенню застійних зон та підвищуючи ефективність використання зберігальних ємностей. Деякі сучасні системи також дозволяють контролювати вологість та температуру зерна, що позитивно впливає на його збереження.

- Відвантаження продукції – подача зерна на навантажувальні механізми для подальшого транспортування до споживача або на експорт. Завдяки сучасним системам автоматизації можна точно контролювати обсяг і швидкість відвантаження, а також забезпечити рівномірне завантаження транспорту без перевищення допустимих норм.

Вибір конкретного виду транспортного обладнання значно впливає на ефективність роботи елеватора. Наприклад, для великих обсягів зерна доцільно використовувати стрічкові конвеєри, тоді як у випадках, коли важлива компактність і точне дозування, краще підходять шнекові транспортери. Автоматизовані системи допомагають оптимізувати роботу кожного виду обладнання, знижуючи втрати та покращуючи якість продукції. Сучасні транспортні системи також можуть бути інтегровані в загальну систему управління підприємством, що дозволяє здійснювати моніторинг у режимі реально часу.

Основними видами транспортного обладнання на елеваторах є:

- Стрічкові конвеєри – використовуються для безперервного горизонтального або похилого переміщення зерна. Вони мають високу продуктивність і дозволяють транспортувати великі обсяги зерна на значні відстані з мінімальними втратами.

- Ланцюгові транспортери – забезпечують безпечне переміщення зерна, зменшуючи ризик механічного пошкодження. Їх часто застосовують у вертикальних транспортних системах.

- Шнекові транспортери – застосовуються для транспортування зерна в горизонтальному або похилому напрямку, часто використовуються для подачі зерна у певні технологічні вузли, наприклад, до дробарок або змішувачів.

- Норії – вертикальні транспортні системи, які дозволяють піднімати зерно на велику висоту та забезпечують його подачу до силосів або інших зберігальних ємностей. Вони мають високу продуктивність, але потребують регулярного обслуговування для уникнення перевантажень.

- Пневмотранспортні системи – ефективні для переміщення зерна на великі відстані за допомогою повітряного потоку, що особливо актуально в умовах обмеженого простору. Такі системи часто використовуються у портах та на великих зернопереробних підприємствах.

Використання сучасного транспортного обладнання дозволяє мінімізувати втрати зерна, знизити експлуатаційні витрати, підвищити точність подачі

продукції та забезпечити безперебійний технологічний процес на елеваторах. Завдяки автоматизованим системам контролю оператори можуть відстежувати всі етапи транспортування, передбачити можливі проблеми та підвищувати ефективність роботи підприємства.

Транспортне обладнання є важливою складовою ефективної роботи елеваторів, забезпечуючи швидке та безпечне переміщення зернових культур. Впровадження сучасних транспортних систем сприяє покращенню логістики, зменшенню втрат та підвищенню рентабельності роботи елеваторних комплексів. Автоматизація та модернізація транспортного обладнання дозволяють значно оптимізувати процеси зберігання та обробки зерна, що є ключовим фактором для аграрної галузі.

### 1.3. Види транспортного обладнання

Транспортне обладнання відіграє важливу роль у функціонуванні елеваторів, забезпечуючи переміщення зернових культур на різних етапах технологічного процесу. Різні типи транспортних систем відрізняються своєю конструкцією, призначенням та принципом роботи, що дозволяє вибрати оптимальний варіант залежно від умов експлуатації.

Основними видами транспортного обладнання для елеваторів є: стрічкові конвеєри, ланцюгові транспортери, шнекові транспортери, норії та пневмотранспортні системи.

Вибір між цими видами обладнання залежить від таких факторів, як продуктивність, енергоспоживання, характер зерна, що транспортується, необхідна відстань переміщення та умови експлуатації. Наприклад, стрічкові конвеєри підходять для великих обсягів зерна на далекі відстані, тоді як шнекові транспортери ефективні для коротких відстаней та роботи у вузьких приміщеннях.

Стрічкові конвеєри використовуються для горизонтального та похилого переміщення зерна на великі відстані. Вони складаються з безперервної рухомої

стрічки, яка може бути виконана з гуми, полімерів або металевих матеріалів. Такі транспортери забезпечують рівномірне переміщення зерна без його накопичення та є ефективними для подачі зернової маси з одного відсіку елеватора до іншого. Основні переваги стрічкових конвеєрів включають високу швидкість транспортування, низькі експлуатаційні витрати та можливість обробки великих обсягів продукції. Основні характеристики включають швидкість руху від 1,5 до 5 м/с, довжину до 300 м, ширину стрічки 400-1600 мм та продуктивність від 50 до 2000 т/год.

Ланцюгові транспортери, або скребкові конвеєри використовуються для переміщення зерна в горизонтальному або похилому напрямку. Вони складаються з рухомого ланцюга зі скребками, які чистять зерно по спеціальному жолобу. Переваги цього виду транспортерів – здатність переміщувати вологе та зсмічене зерно, довговічність, а недоліки – високий рівень зносу деталей і підвищене енергоспоживання. Через інтенсивне навантаження та постійний контакт із зерном робочі елементи транспортерів швидко зношуються, що вимагає частого технічного обслуговування, зокрема заміни ланцюгів і скребоків, а також регулярного змащування рухомих частин для зменшення тертя та продовження терміну служби. Основні характеристики включають швидкість руху 0,5-1,2 м/с, продуктивність 10-500 т/год, довжину до 100 м і ширину жолоба 200-800 мм.

Шнекові транспортери (гвинтові конвеєри) використовуються для переміщення зерна в горизонтальному або похилому напрямку. Вони складаються з обертового гвинта (шнека), що знаходиться у закритому корпусі, і забезпечують рівномірне та дозоване подавання зерна. Перевагами є компактність, простота конструкції, можливість роботи під різними кутами нахилу та дозоване подавання зерна, а недоліками – значне механічне пошкодження зерна та швидкий знос робочих органів через тертя під час транспортування. Характеристики включають швидкість обертання 200-500 об/хв, діаметр шнека 100-800 мм, продуктивність 5-200 т/год і довжину до 50 м.

Норії (ковшові елеватори) використовуються для вертикального транспортування зернових культур. Вони широко застосовуються на великих зернових елеваторах та комбикормових заводах, де необхідно піднімати зерно на значну висоту з мінімальними втратами. Наприклад, у силосних елеваторах норії використовуються для завантаження зерна у вертикальні сховища, забезпечуючи ефективне управління потоками продукції та оптимальну логістику всередині комплексу. Вони складаються з безкінечного стрічкового або ланцюгового механізму з прикріпленими ковшами. До переваг належать висока продуктивність, мінімальні втрати зерна та можливість підйому на значні висоти. Недоліками є складність технічного обслуговування та високі вимоги до якості монтажу. Основні характеристики: висота підйому до 60 м, продуктивність 20-1000 т/год, швидкість руху ковшів 1,5-4 м/с, ширина стрічки 200-1200 мм.

Пневмотранспортні системи використовуються для транспортування зерна за допомогою повітряного потоку. Основні переваги – можливість транспортування зерна на великі відстані та складних ділянках, відсутність механічного впливу на зерно. Недоліками є високе енергоспоживання та необхідність потужного компресорного обладнання. Вони складаються з трубопроводів, компресорів і циклонів. Основні характеристики: швидкість руху зерна 10-30 м/с, відстань транспортування до 300 м, продуктивність 10-300 т/год, діаметр трубопроводу 100-400 мм, тиск у системі 0,3-1,5 МПа.

Вибір оптимального виду транспортного обладнання залежить від характеристик зернового елеватора, необхідної продуктивності, умов експлуатації та економічної доцільності. Порівняння кількох видів транспортних систем дозволяє досягти максимальної ефективності роботи елеватора, забезпечуючи безперебійне транспортування зерна на всіх етапах його обробки та зберігання.

Аналіз транспортного обладнання для елеваторів показує, що кожен вид має свої переваги та недоліки, які визначають його ефективність у конкретних умовах експлуатації. Однак, зважаючи на продуктивність, економічність та дбайливе ставлення до зерна, найбільш оптимальним вибором для елеваторів є

стрічковий конвеєр. Він забезпечує високу швидкість транспортування, мінімальні втрати зерна та низькі експлуатаційні витрати. Завдяки простоті конструкції та ефективності, стрічкові конвеєри є найкращим рішенням для безперервного транспортування зерна на елеваторах, що сприяє покращенню загальної ефективності їх роботи.

## РОЗДІЛ II

### ТЕХНОЛОГІЧНИЙ

#### 2.1. Опис технологічної схеми приймання зерна

Приймання зерна на елеваторі є одним із найважливіших технологічних процесів, що забезпечує ефективну організацію подальшого зберігання, переробки та відвантаження продукції. Ця технологічна операція передбачає поетапне транспортування зернової маси від постачальника до місць зберігання із дотриманням вимог щодо якості та мінімізації втрат. Високий рівень автоматизації та використання сучасного обладнання дозволяє оптимізувати всі етапи цього процесу та забезпечити максимальну ефективність роботи елеватора.

Процес приймання зерна включає такі основні етапи:

1. Приймання зерна з транспортних засобів – це коли зерно надходить на елеватор автомобільним або залізничним транспортом. Спеціальні приймальні бункери та приймальні лійми забезпечують безперебійне вивантаження продукції, а система датчиків дозволяє контролювати якість і кількість прийнятого зерна.

2. Попередня очистка – це коли зернова маса проходить через решітні або повітряні сепаратори, які видаляють великі домішки (металом, пластик та інші) та легкі включення (шкідники, пісок, земля та інші). Це підвищує якість зерна, забезпечуючи ефективність його подальшого зберігання та переробки.

3. Контроль вологості та сушіння (за потреби) – за підвищеної вологості зерно спрямовується на сушарки для досягнення оптимальних показників вологості, що сприяє запобіганню плісняві та покращенню умов зберігання.

4. Контроль якості та лабораторний аналіз – перед подальшим транспортуванням зерно підлягає перевірці в лабораторії, де визначають його основні характеристики, такі як вологість, рівень засміченості, натура, вміст білка та інші показники.

5. Транспортування до місць зберігання – очищене та підготовлене зерно подається в силоси або склади для подальшого зберігання. Важливо, щоб транспортування здійснювалося обережно, щоб уникнути пошкодження зернової маси.

Ключову роль у цій технологічній схемі відіграє стрічковий конвеєр, який забезпечує ефективне та безперервне переміщення зерна між етапами обробки. Завдяки своїй конструкції та дбайливому транспортуванню зернової маси, стрічковий конвеєр дозволяє мінімізувати механічні пошкодження зерна, зменшити втрати продукції та підвищити загальну продуктивність елеваторного комплексу. Крім того, він відзначається енергоефективністю, високою пропускною здатністю та можливістю інтеграції в автоматизовані системи управління елеватором, що робить його оптимальним рішенням для сучасних зернозберігальних підприємств. Також варто зазначити, що стрічковий конвеєр значно зменшує експлуатаційні витрати порівняно з іншими видами транспортного обладнання, такими як гвинтові або ланцюгові транспортери. Його конструктивні особливості дозволяють уникнути накопичення зернової маси та засмічення механізмів, що підвищує довговічність обладнання та знижує витрати на обслуговування.

Завдяки використанню стрічкових конвеєрів елеватори можуть забезпечувати високий рівень продуктивності, що є критично важливим для підприємств, які працюють із великими обсягами зернової продукції. Крім того, сучасні моделі стрічкових конвеєрів оснащені автоматизованими системами контролю, що дозволяє значно зменшити вплив людського фактора та підвищити точність транспортування зернової маси. Впровадження такого обладнання сприяє загальній оптимізації технологічного процесу та покращенню економічних показників роботи зернозберігальних підприємств.

## 2.2. Стрічковий конвеєр (особливості роботи, його конструкція і т. д.)

Стрічковий конвеєр є одним із найефективніших та найпоширеніших систем транспортного обладнання. Вони служать для переміщення сипких або штучних матеріалів, таких як вугілля, зерно чи добрива. Спочатку вони застосовувалися у вугільній та гірничодобувній промисловості, а згодом знайшли широке використання в аграрному секторі, зокрема на елеваторах.

Його основне призначення – переміщення зерна на різні відстані, як у горизонтальному, так і у похилому напрямках. Завдяки своїй універсальності, стрічковий конвеєр може бути інтегрований у будь-яку технологічну схему приймання, очищення, сушіння та зберігання зерна. Простота, ефективність та надійність конструкції роблять його ключовим елементом зернотранспортної інфраструктури сучасних елеваторних комплексів.

Конструкція та основні елементи стрічкового конвеєра

Стрічковий конвеєр складається з кількох ключових елементів, кожен з яких виконує важливу функцію в його роботі. При правильних розрахунках і встановленні вони забезпечують ефективне та безперебійне транспортування зерна, знижують витрати на обслуговування (що є дуже важливим) та сприяють довговічності обладнання. Основні елементи конвеєра включають:

- Стрічка – основний робочий елемент, який безпосередньо контактує з зерном. Виготовляється з високоякісних матеріалів, таких як гума, ПВХ або спеціальні полімери, що забезпечують довговічність, гнучкість і зносостійкість.

- Барабани – приводний і натяжний барабани, які забезпечують рух стрічки, її рівномірний натяг і коректну траєкторію переміщення. Приводний барабан, оснащений електродвигуном, створює обертовий момент, необхідний для роботи всієї системи.

- Роликові опори – допоміжні елементи, які підтримують стрічку по всій її довжині та зменшують тертя, що сприяє плавному переміщенню зерна.

- Приводний механізм – система, що включає електродвигун, редуктор і систему контролю швидкості. Від його продуктивності залежить ефективність транспортування зерна.

- Очистні пристрої – елементи, що запобігають налипанню пилу та частинок зерна на стрічку, забезпечуючи її безперебійну роботу та мінімізацію втрат продукції.

- Системи безпеки – датчики перевантаження, захист від прослизання стрічки, пристрої аварійного вимкнення, які знижують ризик поломок та забезпечують безпеку експлуатації.

Принцип роботи та особливості експлуатації

Стрічковий конвеєр працює за простим, але ефективним принципом: привідний барабан обертається, створює рух стрічки, яка рухається по колу, охоплюючи привідний і натяжний барабан, тим самим транспортуючи зерно до заданого місця призначення. Вантаж, що переміщується, знаходиться на верхній частині стрічки і транспортується до вивантаження. Між барабанами стрічка натягнута і переміщається завдяки силі тертя. Конструкція передбачає використання різних компонентів, таких як ролики, натяжні пристрої та завантажувальні бункери.

Важливою особливістю такого обладнання є можливість регулювання швидкості транспортування, що дозволяє адаптувати його роботу до різних етапів технологічного процесу.

Завдяки можливості транспортування зерна під кутом, стрічковий конвеєр може ефективно працювати навіть у складних умовах, наприклад при завантаженні елеваторних силосів або під час переміщення зерна між різними рівнями зерносховища. Висока продуктивність і здатність працювати з великими обсягами продукції дозволяють використовувати стрічкові конвеєри як на невеликих фермерських господарствах, так і на великих промислових елеваторах.

Стрічкові конвеєри поділяються за кількома критеріями:

- За напрямком траси: можуть бути горизонтальними, похилими або крутопохилі.

- За мобільністю: існують стаціонарні та пересувні конвеєри, останні дають можливість легко змінювати місце роботи.

- За призначенням: конвеєри можуть бути загального користування або спеціалізованими, наприклад, для шахт чи перевантажувальних робіт.

Основні переваги стрічкового конвеєра:

- Висока продуктивність і ефективність транспортування – стрічкові конвеєри здатні працювати з великими обсягами вантажів, переміщуючи їх на великі відстані за короткий час. Це дозволяє суттєво збільшити обсяг виконуваних робіт, що є важливим фактором у сільському господарстві, де ефективність збирання та обробки врожаю має велике значення.

- Економія часу - автоматизація процесу транспортування значно знижує потребу в ручній праці. Це зменшує ризики а також людський фактор на робочий процес. Що зменшує травми на підприємстві, здатність до точного моніторингу і контролю

- Дбайливе транспортування зерна – стрічковий конвеєр на відміну від інших типів транспортерів, м'якше та обережніше поводяться з матеріалом, знижуючи ризик механічних пошкоджень і втрат якості продукції. Це велика перевага зважаючи що стрічковий конвеєр часто використовують в місцях де проходить великий обсяг зерна із-за її ефективності.

- Універсальність. стрічкові конвеєри можуть використовуватися для транспортування різноманітних матеріалів – від сипучих вантажів (зерно, борошно) до великих вантажів, таких як овочі або добрива. Вони можуть бути адаптовані до різних умов, як на відкритому повітрі, так і в закритих приміщеннях. Завдяки можливості регулювання кута нахилу або мобільності, ці конвеєри використовуються як на стаціонарних об'єктах (елеватори, склади), так і на аграрних підприємствах або в польових умовах.

- Надійність і довговічність: Стрічкові конвеєри мають просту, але ефективну конструкцію, що забезпечує високу надійність навіть в умовах інтенсивного використання. Вони розраховані на тривалий термін служби, маючи здатність працювати в складних умовах (пил, волога, перепади температур). Зовнішні покриття стрічок забезпечують захист від механічних пошкоджень, а використання якісних матеріалів для виготовлення конвеєрів зменшує зношення

та підвищує їхню довговічність. Це забезпечує зниження витрат на обслуговування та ремонт.

Основні недоліки стрічкового конвеєра:

- Механічні пошкодження стрічки: Стрічкові конвеєри схильні до механічних пошкоджень, особливо при транспортуванні грубих або абразивних матеріалів. Гострі предмети, каміння або інші тверді частки можуть пошкодити гумову чи пластикову стрічку, що призведе до її розриву або часткового зношення. Це потребує додаткових витрат на ремонт та заміну стрічки. Хоча ця проблема в більшості компенсується правильним проектуванням стрічкового конвеєра.

- Висока вартість та складність монтажу: Встановлення стрічкових конвеєрів може вимагати значних початкових інвестицій, особливо для великих чи складних систем. Процес монтажу може бути затратним і потребує кваліфікованих спеціалістів. Крім того, може знадобитися додаткове устаткування для адаптації системи до специфічних умов роботи.

- Обмеження щодо довжини та пропускної здатності: Стрічкові конвеєри мають обмеження щодо довжини транспортування, оскільки зростає необхідність у додаткових приводних пристроях для підтримки потужності на великих відстанях. Це ускладнює конструкцію та збільшує енергоспоживання. Крім того, вони можуть мати обмежену здатність до транспортування великих обсягів вантажу без збільшення витрат енергії або зниження ефективності.

- Схильність до перевантаження: Конвеєри можуть зазнати перевантаження, якщо на них подається більше матеріалу, ніж вони здатні перевезти. Це може призвести до зносу стрічки або навіть її поломки, знижуючи продуктивність системи і створюючи необхідність у ремонті. Потрібно ретельно контролювати навантаження, щоб уникнути негативних наслідків.

Використання стрічкових конвеєрів у сільському господарстві

У сільському господарстві стрічкові конвеєри застосовуються для транспортування зерна, овочів, кормів, добрив та інших матеріалів. Вони використовуються на елеваторах, у зерносховищах для переміщення зерна, на

фермах для збору врожаю та його подальшої обробки. Конвеєри допомагають пришвидшити процеси транспортування, знижують трудові витрати та підвищують ефективність роботи. Майбутні удосконалення стрічкового конвеєра дозволяють оптимізувати логістичні процеси та мінімізувати втрати продукції такі як:

- Приймання зерна – транспортування зернової маси від приймальних очисників до очисних машин.
- Сушіння та очистка – переміщення зерна між сушильними та очисними установками.
- Зберігання – подача зерна до силосів або складів для довготривалого зберігання.
- Переміщення та відвантаження – транспортування зерна до залізничних вагонів, автомобільного транспорту або на інші перевантажувальні системи.

Завдяки своїм конструктивним особливостям стрічковий конвеєр дозволяє значно оптимізувати логістичні процеси, скоротити час обробки зерна та мінімізувати втрати продукції. Висока надійність і довговічність цього виду транспортного обладнання роблять його незамінним у зернопереробній галузі.

#### Висновок

Стрічковий конвеєр – це сучасне, ефективне та надійне рішення для транспортування зернової продукції на елеваторах. Його конструктивні особливості забезпечують високу продуктивність, енергоефективність і мінімальні втрати продукції, що є критично важливими факторами для оптимального функціонування зернозберігальних комплексів. Завдяки низьким експлуатаційним витратам і можливості автоматизації, зокрема інтеграції сучасних систем управління, таких як датчики завантаження, системи контролю швидкості та програмовані логічні контролери (PLC), які дозволяють оптимізувати роботу конвеєра, стрічкові конвеєри стають все більш популярними у сучасних елеваторних системах, дозволяючи значно підвищити ефективність зернопереробної промисловості.

### 2.3 Ремонт і монтаж обладнання для технологічної лінії переробки зерна

Автомобілерозвантажувач надходить на монтаж окремими складальними вузлами. Перед початком монтажу перевіряється відповідність розмірів фундаменту проектним даним, визначають монтажні осі та приймають складальні вузли розвантажувача.

За допомогою автокрана встановлюють велику платформу симетрично відносно приймального бункера, перевіряється горизонтальність, і місця кріплення приварюють до опор платформи та балок, що закладені в фундаменті. На площадках платформи закріплюють страхувальчі пристрої для автомобіля, місця для під'єднання гідродомкратів, упорів. Далі на фундаментні опори монтують два телескопічні домкрати та приєднують їх голошки до шарових опор платформи, витримуючи співвісність, закривають відповідні кришки.

Встановлену велику платформу перевіряють на горизонтальність, на неї кладуть ґрунтові ґрати та приступляють до монтажу малої платформи. Платформу встановлюють краном на металеві балки, що розміщені над приймальним бункером, дотримуючись усіх прив'язок до великої платформи та фундаменту. Після цього платформу вивіряють по рівню на горизонтальність та приварюють до балок фундаменту. Далі монтують гідросистему. Гідропідйомник розміщують так, щоб його напрямні були перпендикулярні по вздовжній балці бокової платформи у вертикальній площині та з'єднують з платформою.

Встановлюють на фундамент насосну станцію, закріплюють та монтують магістралі, що сполучають гідродомкрати та гідропідйомники з насосною станцією. Встановлюють систему управління та під'єднують її. Проводять 10-15 циклів піднімання платформ на холостому ході, а потім під навантаженням.

Під час експлуатації автомобілерозвантажувача зношуються: гідродомкрати, кран керування, зворотний клапан, маслопровід, рама платформи, шестерінчастий насос.

Під час ремонту гідродомкрата його шток шліфують, замінюють поршневі кільця, затягують і шплінтують корончасту гайку. Замінюють сальникову

набивку, прокладки. При ремонті кранів і клапанів виконують притирання кульок до корпусу, забезпечуючи високу чистоту поверхонь і їхню щільність.

При ремонті маслопроводу перевіряють стан шлангів високого та низького тиску. При наявності тріщин їх замінюють, в місцях їхнього з'єднання встановлюють нові шкіряні прокладки. Тріщини в зварних з'єднаннях опорної рами та підіймальної платформи заварюють. Замінюють підшипники в масляному насосі, підтягують фланцеві з'єднання та ущільнювачі.

Норія постачається на об'єкт монтажу в розібраному вигляді, і її збирають на площадці в окремі блоки. Спочатку при монтажі встановлюють башмак, регулюють горизонтальність площини фланців по рівню. Надалі проводять під'єднання норійних труб кожуха норії, вивіряють їхню вертикальність і пряmolінійність та з'єднують між собою. Вгорі встановлюють головку норії та з'єднують її з трубами.

Згідно з розміткою встановлюють привід, закріплюють підшипникові опори, з'єднують напівмуфти та перевіряють співвісність валів двигуна, редуктора, барабана. Встановлюють норійну стрічку за допомогою лебідки, опускаючи її кінці через натяжний люк, кінці стрічки з'єднують. Встановлюють відповідний натяг стрічки та під'єднують електроапаратуру. Експробують норію на холостому ході.

В процесі експлуатації норії можуть виникати такі дефекти: зношення кожухів головки та башмака, норійних труб, штоків валів і підшипників, пальців напівмуфт, гальмівного механізму, утворення тріщин в спицях барабанів, поломка ковшів.

На тріщини, що утворилися в головках, башмаках, норійних трубах з листової сталі, ставлять заплати та обварюють їх, вм'ятини в кожусі виправляють, стики в трубах шпаклюють, ущільнюють прокладки. Погнуті вали виправляють, замінюють на нові; зношені шийки наварюють, проточують і шліфують; старі шпонкові пази заварюють і нарізають нові. Заварюють тріщини в спицях барабанів, зношені підшипники, пальці муфт міняють на нові.

При ремонті гальмівного механізму його розбирають, заварюють тріснуті втулки, проточують і шліфують їх. При необхідності замінюють пружину гальмівного механізму та виточують ролики.

Ковші, що мають вм'ятини – виправляють за шаблоном, стики, що розійшлися, заварюють, ковші, що зносилися, замінюють на нові. Невеликі пошкодження в стрічці ліквідують на місці через натяжний люк, підшивають протерті кромки, на пошкоджені місця ставлять накладки та прошивають, частково замінюють зношену стрічку.

Монтаж і ремонт скребкового конвеєра відповідає операціям при монтажі та ремонті стрічкових конвеєрів.

Зерноочисні сепаратори надходять на монтаж у зібраному вигляді. В комплект поставки входять сепаратор, приймальні патрубки, запасні сита та електрообладнання. Сепаратор до місця монтажу доставляється в запованому вигляді. Перевіряють отвори під фундаментні осі, розмічають монтажні осі. Піднімають на відповідний поверх зерноочисного відділення та транспортують в зону монтажу.

Сепаратор за допомогою талі або лебідки встановлюють на фундамент. вивіряють проектні відмітки, по горизонталі, та закріплюють. До сепаратора під'єднують технологічні трубопроводи та аспірацію. Заземлюють сепаратор, під'єднують електродвигун до системи електроживлення. Перед запуском сепаратора перевіряють затяжку всіх різьбових з'єднань, надійність закріплення ситових рам, натяг приводних пасів. При обкатуванні сепаратора на холостому ходу перевіряють плавність ходу ситових корпусів, ступінь нагріву підшипників, роботу пневмосепараційних пристроїв.

До основних неполадок сепараторів відносять перекіс у кронштейнах струшувача, порушення балансування струшувача, послаблення болтів, перегрів підшипників, вібрація сепаратора; зношення та деформація сит; ситових рам, очищувачів сит; поява негерметичності в аспіраційних пристроях.

При виході з ладу ексцентрикового струшувача його бажано замінити новим, а знятий відремонтувати. При порушенні його балансування або після

його ремонту необхідно встановити балансири згідно з картою, надійно затигнути різьбове з'єднання. Зношені сита замінюють новими, підшипники, що вийшли з ладу, клинові паси, зруйновані пластини пружин теж замінюють. Ремонт валів, шпонкових пазів, шпонок проводять способом, описаним вище. При зношенні аспіраційних каналів необхідно відновити їх герметизацію шляхом накладення заплат, обварюванням тріщин, установкою прокладок та задачею герметизуючих паст.

Зерносушарка надходить на монтаж окремими складальними вузлами. Окремі секції шахт складають на місці монтажу сушарки. В зонах сушки та охолоджувальній камері встановлюють підвідні та відвідні коробки. Для запобігання корозії коробки виготовляють з оцинкованої сталі. Короби закріплюють в поздовжніх стінках шахти. З метою ліквідації втрат тепла через зовнішні стінки шахти їх утеплюють мінеральною ватою, а потім покривають покрівельною сталлю та фарбують для запобігання корозії.

Монтаж блоків зерносушарки ведуть знизу-вгору. Спочатку встановлюють випускні камери, потім поступово монтуєть на гумові прокладки нижні, середні та верхні секції камери охолодження та сушки. Далі встановлюють завантажувальний бункер, ці елементи випрямляють на вертикальність. Потім монтуєть вентилятори, їх приводи, трубопроводи подачі теплового агента та повітря. Встановлюють блоки топки та під'єднують до неї траси подачі повітря та палива, проводять наладку паливної та контрольно-вимірювальної та запобіжної апаратури. Після завершення монтажу сушарку перевіряють на холостому ходу та під навантаженням.

При сильному зношенні шахт та бункера сушарки, при якому зменшується товщина стінок і в них з'являються отвори, окремі сталеві секції шахти зерносушарки замінюють. При окремому місцевому зношенні стінок вони вирізаються, і на їх місце вривають нові сталеві листи. Дуже заіржавілі коробки замінюють новими, вони можуть виготовлятися на місці. Ремонт бункера полягає у встановленні заплат на зношені місця. Під час ремонту випускного пристрою деформовані планки виправляють, зношені замінюють, а також при

необхідності заміняють сухарі, тяги та пружини. Робочі механізми сушарки після ремонту вивіряють на холостому ходу.

Стационарні конвеєри надходять на місце експлуатації в розібраному вигляді. Їх монтують на легких фундаментах та в галереях. Нормальна робота стрічкового конвеєра багато в чому залежить від якості виконання монтажу.

Перекуси, допущені при монтажі, не дають можливості відрегулювати конвеєр, і під час експлуатації його часто зупиняють для налагодження. Всі елементи стрічкового конвеєра кріплять на металоконструкції, яка кріпиться до фундаменту або до опорних частин споруди за допомогою електрозварювання. Металоконструкцію з приводом та розвантажувальною коробкою називають приводною станцією. Частина конструкції з натяжним пристроєм та звантажувальною воронкою складає натяжну станцію. Між обома станціями розташована середня частина конвеєра, яка виконана з однакових лінійних секцій. Лінійні секції, перехідні ділянки, приводна та натяжна станції з'єднані болтами. Для сипких вантажів застосовують багато роликові опори, які формують жолобчасту стрічку. Така форма стрічки при однаковій ширині та швидкості дозволяє отримати більш ніж двократне збільшення продуктивності.

При підготовці конвеєра до монтажу необхідно перевірити комплектування по специфікації, що додається до загального вигляду. Всі вузли стрічкового конвеєра повинні бути пронумерованими. Монтаж каркасу приводної станції проводять з дотриманням перпендикулярності їх поздовжніх осей осі вала барабана. При монтажі необхідно забезпечити горизонтальне положення валів станцій з наступним натягуванням болтів кріплення підшипників. Установку натяжної станції потрібно виконувати з дотриманням паралельності осей направляючих та поздовжніх осей конвеєра. Монтаж барабанів проводять після повного заствердіння цементного розчину фундаменту. Монтаж секцій також проводять з вивіреною вздовж поздовжньої осі конвеєра.

Закладання болтів у фундамент та їх заливання цементним розчином виконуються після остаточного вивірення конвеєра. Вивірену конструкцію тимчасово фіксують розпірками. На вивіреній та закріпленій конструкції

починають готувати отвори для роликів опор. Після просвердлювання отворів приступають до монтажу роликів опор. Цьому має передувати їх ретельна перевірка. Варто пам'ятати, що осьове переміщення роликів є неприпустимим. Роликові опори збирають в такій послідовності: спершу монтують нижні ролики та укладають балки з кронштейнами для верхніх опор. Після того, як ролик буде вставлений в гніздо кронштейна, його перевіряють за косинцем та затягують кріпильні болти. Безпосереднє положення роликів вивіряють за допомогою натягнутого шнура. Вертикальне положення роликів регулюють прокладками. Підшипники приводного барабана встановлюють на металеву конструкцію конвеєра та ретельно закріплюють. Барабан вивіряють і приводять у нормальне положення шляхом зміни кількості підкладок під підшипники. Відповідно до положення валу приводного барабана монтують вузол мотор – редуктор. Після виконання монтажних операцій, пов'язаних із встановленням приводного барабана та електродвигуна з редуктором, необхідно виконати обкладку цього вузла та виправити виявлені дефекти. Потім переходять до встановлення натяжної станції. Підшипники натяжної станції закріплюють болтами, не затягуючи гайок. Наостанок перевіряють паралельність гвинтових натяжок, а також горизонтальність барабана. Лише після цього остаточно затягують гайки кріплення підшипників. Нормально змонтовані приводний та натяжний барабани вільно обертаються від руки. Заключною операцією монтажу конвеєра є встановлення стрічки. Для цього потрібно рулон стрічки за допомогою встановленої в нього осі (відрізка валу чи труби) вперти на возли або підвісити до балок естакади. Рулон розташовують по осі конвеєра спереду, позаду або над ним, залежно від умов, з таким розрахунком, щоб товстіша гумова прокладка надалі служила робочою поверхнею.

Стрічку з'єднують таким чином, щоб стик при роботі припадав на верхню гілку конвеєра. Під час експлуатації стрічкового конвеєра можливе виникнення наступних несправностей: збігання стрічки, попереми́нне зсу́вання стрічки вправо та вліво, провисання стрічки між роликівими опорами та пробуксовування її на приводному барабані, ковзання вантажу, що

переміщається, незвичайний шум в передачі. Для усунення цих несправностей необхідно проводити ремонт вузлів та деталей стрічкового конвеєра. При збіганні стрічки необхідно перевірити стан підшипників барабанів, усунути перекіс або встановити роликові опори перпендикулярно поздовжній осі конвеєра, перевірити стрічку та відрегулювати натягнення, налагодити відповідне завантаження, очистити барабани й роликові опори. При поперемінному зсуві стрічки вправо та вліво вирівняти конвеєр так, щоб його вісь була горизонтальною або відрегулювати натяг. При провисанні стрічки між роликовими опорами та пробуксовуванні на приводному барабані потрібно підтягнути стрічку, або за потреби перешити. При ковзанні вантажу необхідно встановити борти. При незвичному шумі в передачі поповнити або залити мастило, видалити старе мастило, замінити зубчасті колеса, перевірити правильність зачеплення, усунути невірність складання. Поширеною несправністю є розрив стрічки. Відновлюють стрічку шляхом зшивання, вулканізації та з'єднання скобами. Під час роботи також зношуються підшипники роликів, що приводить до биття та зсування стрічки. В цьому випадку потрібно замінити підшипникові вузли. Для запобігання їх швидкому спрацюванню необхідно здійснювати змащування підшипників та запобігти роботі без змащення. Вали барабанів піддаються деформації та зношенню. У даному випадку вал необхідно відновити до початкових розмірів. При роботі інколи виникає вібрація, яка згубно впливає на раму конвеєра, що призводить до появи тріщин. Цю несправність потрібно усунути за допомогою зварювання. Після проведення перевірючих робіт дозволяється ввести конвеєр з безперервну роботу.

#### Ремонт стрічкового транспортера

При капітальному ремонті конвеєр розбирають і знімають стрічку. Ремонт приводних та натяжних станцій зводиться до ревізії підшипників, валів та зубчастих коліс. При незначному зносі деталі ремонтують, в іншому випадку замінюють новими. Зношені ролики підлягають заміні. Варто звертати увагу на те, щоб осі натяжного та приводного барабанів були в суворому

перпендикулярному положенні до осі конвеєра. Відповідальним та важливим є ремонт гумової стрічки, що потребує кропіткої роботи. Під час експлуатації конвеєра потрібно пильно спостерігати за її станом, щоб під час роботи виявляти тріщини та розриви, які необхідно своєчасно усувати. Місця розриву, розшарування поверхневих шарів та інші малі пошкодження можна ліквідувати, не знімаючи стрічки, за допомогою переносного вулканізатора. Такий спосіб застосовуємо також для склеювання кінців при заміні нової стрічки.

При капітальному ремонті або заміні стрічки її кінці зшивають або з'єднують іншим способом безпосередньо на конвеєрі. Найбільш поширений спосіб з'єднання стрічок в напуск для тонких стрічок з розшарованим кінцем на дві ступені, а для товстих (не менше 4 прокладок) – ступінчастої.

Кінці стрічки з'єднують так. Натягачий барабан ставлять в крайнє переднє положення, коли відстань між центрами барабанів мінімальна. Потім кінці стягують за допомогою спеціального пристрою (рисунк 5.2). Притискні планки пристосування повинні бути розташовані строго перпендикулярно до країв стрічки, що легко перевіряється за допомогою кутника. Необхідно також перевіряти, щоб записнені кінці мали достатню довжину та площу для склеювання та зшивання.

Для кінці стрічки підрівнюють, зтягуючи гайки натягувача рівномірно з обох боків, доки не досягнуть необхідної довжини. Після цього їх обрізають під кутом  $30^\circ$  на відстані, що дорівнює ширині стрічки. Паралельно до похилого зрізу наносять лінію, по якій роз'єднують краї стрічки та послідовно відрізають половину роз'єданого краю. Аналогічну операцію, але в протилежному порядку, виконують на іншому кінці стрічки, щоб при накладанні кінці захоплювали один одного, а краї стрічки збігались. З'єднання кінців виконують так, щоб ведучий край стрічки був нижчим, інакше шви при набіганні на барабан швидко руйнуються.

З метою підтримки стрічкового конвеєра у придатному для роботи стані та запобігання передчасному зношенню та поломкам, необхідно здійснювати якісне обслуговування, догляд та своєчасний ремонт обладнання.

Під час експлуатації стрічкового конвеєра можливе зношення барабанів, підшипників, осей роликів, опор та валів. При ремонті конвеєр розбирається на окремі вузли.

У барабанах заварюються тріщини в маточинах, обточується обідок, розточуються маточини, виготовляються шпонкові канавки. Зношені підшипники замінюються, шийки валів шліфуються, відновлюються шпонкові пази на валах. Шийки осей роликів опор при зношенні наварюються та обробляються або замінюються на нові. Ролики балансуються, надмірно зношені ролики замінюються на нові. При появі тріщин у станині їх підварюють з накладанням латок. В процесі ремонту проводиться загальне регулювання ходу по роликам та барабанам шляхом вирівнювання осей барабанів.

#### 2.4. Розрахунок і підбір обладнання

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. Розрахуємо 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

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

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

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

$$Z_{\text{д}} = \frac{M}{G_{\text{д}}} = \frac{600 \cdot 1000}{14400} = 42 \quad (2.3)$$

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

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

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

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

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

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

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

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 легких домішок приймаємо до встановлення повітряно-ситовий сепаратор марки TexasShaker 100, продуктивністю 100 т/год, в кількості 7 шт., з врахуванням одного запасного.

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 урахуванням одного на ремонт.

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

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

де  $P_c = 600$  т/год – сумарна продуктивність сепараторів

$k = 2$  – середній 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/год, в кількості 1 шт., стрічкову ленту марки FPK-600, продуктивністю 600 т/год, в кількості 1 шт..

## РОЗДІЛ III

### КОНСТРУКТОРСЬКИЙ

#### 3.2. Енергетичний розрахунок

Вихідними даними для розрахунку є продуктивність конвеєра по зерну  $\Pi = 22,2 \text{ кг/с} = 80 \text{ т/год}$ , його довжина  $L = 30 \text{ м}$ , швидкість руху стрічки  $v = 1,8 \text{ м/с}$ , насипна вага зерна  $\rho = 800 \text{ кг/м}^3$ .

Визначаємо ширину стрічки за формулою

$$B = 1,1 \left( \sqrt{\frac{\Pi k_{\text{зар}}}{k_y C v \rho}} + 0,05 \right) = 1,1 \left( \sqrt{\frac{80 \cdot 1,25}{1 \cdot 550 \cdot 1,8 \cdot 0,8}} + 0,05 \right) = 0,45 \text{ м} \quad (3.20)$$

де  $k_{\text{зар}} = 1,25$  – коефіцієнт запасу продуктивності конвеєра

$k_y = 1,0$  – коефіцієнт, що залежить від кількості роликів в роликівій опорі, їх розташування і кута відкосу зерна на стрічці.

$C = 550$  – коефіцієнт, що залежить від кількості роликів в роликівій опорі, їх розташування і кута відкосу зерна на стрічці.

Приймаємо  $B = 500 \text{ мм}$ .

Для визначення натягу в стрічці застосовуємо метод тягового розрахунку по контуру.

Приймаємо привід конвеєра з одним ведучим барабаном, кут обхвату якого  $\alpha = 240^\circ$ . Поверхня барабана футерована гумою.

Натяг в наближчій гілці стрічки згідно формули Ейлера

$$F_6 \leq F_1 e^{f\alpha} = 5,34 F_1 \quad (3.21)$$

Коефіцієнт тертя стрічки по гумі при сухій атмосфері  $f = 0,5$ . При  $\alpha = 240^\circ$  і  $a = 0,4$  маємо  $e^{f\alpha} = 5,34$ .

Розробляємо контур конвеєра

Обходимо глибокий контур від точки 1 до точки 5, виражаючи натяг у всіх точках через натяг в точці 1 -  $F_1$ .

Визначаємо погонне навантаження від ваги зерна:

$$g = \frac{P}{3,67} = \frac{80 \cdot 9,8}{3,6 \cdot 1,8} = 121 \text{ Н/м} \quad (3.22)$$

Визначаємо погонне навантаження від ваги обертових частин роликів: робочої гілки

$$g' = \frac{G'_p}{l'_p} = \frac{11,5 \cdot 9,8}{1,5} = 75 \text{ Н/м} \quad (3.23)$$

холостої гілки

$$g'' = \frac{G''_p}{l''_p} = \frac{7,5 \cdot 9,8}{3} = 24,5 \text{ Н/м} \quad (3.24)$$

де  $G'_p = 11,5 \text{ кг}$  – вага лоткової роликової опори при діаметрі ролика 102 мм

$l'_p = 1500 \text{ мм}$  – відстань між роликової опорами на робочій гілці конвеєра

$G''_p = 7,5 \text{ кг}$  – вага плоскої роликової опори при діаметрі 102 мм

$l''_p = 2l'_p = 2 \cdot 1500 = 3000 \text{ мм}$  – відстань між роликовими опорами на холодній гілці конвеєра.

Геометричні розміри роликових опор:

для робочої гілки

$$d_p = 102 \text{ мм}; c = 20 \text{ мм}; a = 0,06B = 0,06 \cdot 500 = 30 \text{ мм};$$

$$\alpha = 20^\circ; d = 360 \text{ мм};$$

для холостої гілки

$$d_p = 102 \text{ мм}; l_k = B + 2a = 500 + 2 \cdot 30 = 560 \text{ мм};$$

\*Визначимо погонне навантаження від ваги стрічки, приймаємо попереднє число прокладок в стрічці  $z = 5$

$$g_0 = 1,1B(\delta_z + \delta_1 + \delta_2) = 1,1 \cdot 0,5(1,25 \cdot 5 + 4 + 2) \cdot 9,8 = 66 \text{ Н/м} \quad (3.25)$$

де  $1,1 \text{ т/м}^3$  – питома вага стрічки

$\delta_z = 1,25 \text{ мм}$  – товщина прокладки

$\delta_1 = 4 \text{ мм}$  – товщина верхньої обкладки

$\delta_2 = 2 \text{ мм}$  – товщина нижньої обкладки.

Натяг в характерних точках тягового контуру

- в точці 2

$$F_2 = k_1 F_1 = 1,03 F_1 \quad (3.26)$$

де  $k_1 = 1,03$  – коефіцієнт, що враховує збільшення натягу в стрічці при огинанні барабана

- в точці 3

$$F_3 = F_2 + F_{2-3} = 1,03 F_1 + F_{2-3} \quad (3.27)$$

де  $F_{2-3}$  – опір руху стрічки на ділянці від точки 2 до точки 3.

$$F_{2-3} = (g_0 + g'') L k_0 = (66 + 24,5) 35 \cdot 0,035 = 411 \text{ Н} \quad (3.28)$$

де  $k_0 = 0,035$  – коефіцієнт опору руху стрічки (прийнято для плоскої роликової опори при відповідних умовах роботи)

Тоді

$$F_3 = 1,03 F_1 + 111 \quad (3.29)$$

- в точці 4

$$F_4 = k_1 F_3 = 1,03(1,03 F_1 + 111) = 1,06 F_1 + 114 \quad (3.30)$$

- в точці 5 (при завантаженні)

$$F_5 = F_4 + F_{зав} \quad (3.31)$$

де  $F_{зав}$  – опір руху стрічки при завантаженні, Н

$$F_{зав} = \frac{c\Pi}{3,6 \cdot 9,81} (v + f_1 \sqrt{2g_3 h'}) 9,8 = \frac{1,5 \cdot 80}{3,6 \cdot 9,81} (1,8 + 0,56 \sqrt{2 \cdot 9,81}) 9,8 = 143 \text{ Н} \quad (3.32)$$

де  $h' = 1,0 \text{ м}$  – висота падіння зерна на стрічці

$c = 1,5$  – коефіцієнт, що враховує опір руху від тертя вантажу по боковим стінкам і по стрічці.

Тоді

$$F_5 = 1,06F_1 + 114 + 143 = 1,06F_1 + 257 \quad (3.33)$$

- в точці 6

$$F_6 = F_5 + F_{5-6} = 1,06F_1 + 257 + F_{5-6} \quad (3.34)$$

де  $F_{5-6}$  – опір руху стрічки на ділянці від точки 5 до точки 6.

$$F_{5-6} = (g + g_0 + g_p)l \cdot k_0 = (95 + 66 + 75)35 \cdot 0,035 = 289 \text{ Н}$$

(3.35)

Тоді

$$F_6 = 1,06F_1 + 257 + 289 = 1,06F_1 + 546$$

Маємо систему рівнянь

$$\begin{cases} F_6 = 1,06F_1 + 546 \\ F_6 = 5,34F_1 \end{cases} \quad (3.36)$$

Розв'язуючи її, маємо

$$5,34F_1 = 1,06F_1 + 546$$

$$F_1 = 128 \text{ Н}$$

Звідки

$$F_2 = 1,03 \cdot 128 = 132 \text{ Н}$$

$$F_3 = 132 + 111 = 243 \text{ Н}$$

$$F_4 = 1,03 \cdot 243 = 250 \text{ Н}$$

$$F_5 = 250 + 143 = 393 \text{ Н}$$

$$F_6 = 393 + 289 = 682 \text{ Н}$$

Тягове зусилля для стрічки складе

$$F_T = F_6 - F_1 = 682 - 128 = 554 \text{ Н} \quad (3.37)$$

Визначимо розрахункову потужність двигуна приводу стрічки конвеєра

$$P_p = \frac{F_{T\nu}}{1000\zeta_M} = \frac{554 \cdot 1,8}{1000 \cdot 0,75} = 1,2 \text{ кВт} \quad (3.38)$$

де  $\zeta_M = 0,75$  – к.к.д. приводу

з урахуванням коефіцієнта запасу потужності  $k_3 = 1,2$ , встановлена потужність двигуна складає

$$P = P_p \cdot k_3 = 1,2 \cdot 1,2 = 1,44 \text{ кВт} \quad (3.39)$$

Приймаємо до встановлення електродвигун марки 5A80MB4 потужністю 1,5 кВт, частотою обертання 1410 об/хв..

### 3.2 Конструктивний розрахунок

Максимальний натяг в стрічці становить  $F_{\max} = 682 \text{ Н}$

Число прокладок стрічки

$$z = \frac{F_{\max} k_2}{\sigma_{pB} B} = \frac{682 \cdot 10}{55 \cdot 50} = 2,48 \quad (3.40)$$

де  $k_2 = 10$  – коефіцієнт запасу міцності конвеєрної стрічки з базовнянопаперового бельтінгу

$\sigma_{pB} = 55 \text{ кг/см}$  – розривне зусилля матеріалу стрічки

$B = 50 \text{ см}$  – ширина стрічки

Приймаємо число прокладок  $z = 5$  це задовольняє розраховану кількість.

Діаметр привідного барабана

$$D_0 = a_1 \cdot z = 125 \cdot 5 = 625 \text{ мм} \quad (3.41)$$

де  $a_1 = 125$  – для стрічок гумотканених з прокладками з Б - 820

Діаметр натяжного барабана

$$D_1 = 0,8 D_0 = 0,8 \cdot 625 = 500 \text{ мм} \quad (3.42)$$

Діаметр відхиляючого барабана

$$D_2 = 0,65 \cdot 500 = 400 \text{ мм} \quad (3.43)$$

Довжина барабанів

$$L = B + a_6 = 500 + 100 = 600 \text{ мм} \quad (3.44)$$

Частота обертання привідного барабана

$$n_6 = \frac{60v}{\pi D_6} = \frac{60 \cdot 1,8}{3,14 \cdot 0,625} = 55 \frac{\text{об}}{\text{хв}} \quad (3.45)$$

Передаточне число редуктора

$$u_p = \frac{n_{ДВ}}{n_6} = \frac{1410}{55} = 26 \quad (3.46)$$

Визначаємо обертовий момент на вихідному валу редуктора

$$T_2 = 9,55 \frac{P_p}{n_6} = 9,55 \frac{1300}{55} = 187 \text{ Нм} \quad (3.47)$$

Приймаємо до встановлення редуктора 112У-100 з передаточним числом  $u_p = 20$ , частота обертання барабана складе

$$n_6 = \frac{n_D}{u_p} = \frac{1410}{20} = 70 \frac{\text{об}}{\text{хв}} \quad (3.48)$$

Визначаємо обертовий момент на валу електродвигуна

$$T_1 = 9,55 \frac{P_{ДВ}}{n_6} = 9,55 \frac{1300}{1410} = 10 \text{ Нм} \quad (3.49)$$

Розрахунковий момент складас

$$T_p = k_p T_1 = 2 \cdot 10 = 20 \text{ Нм} \quad (3.50)$$

де  $k_p = 2$  – коефіцієнт режиму роботи

Приймаємо до встановлення втулково-пальцеву муфту з допустимим номінальним моментом  $[T_p] = 125 \text{ Нм}$

Перевіряємо гумові втулки на змяття поверхонь їх дотику з пальцями

$$\sigma_{зм} = \frac{F_t}{d_h \cdot l_b} \leq [\sigma_{зм}] \quad (3.51)$$

де  $F_t$  – колова сила, Н

$d_h = 10 \text{ мм}$  – діаметр пальця

$l_b = 15 \text{ мм}$  – довжина втулки

$[\sigma_{зм}] = 2 \text{ МПа}$  – допустима напруга змяття гуми

Колова сила, що передається одним пальцем

$$F_t = \frac{T_p}{0,5D_{1z}} = \frac{20}{0,5 \cdot 88 \cdot 10^{-3}} = 78 \text{ Н} \quad (3.52)$$

де  $D_1$  – діаметр кола розташування пальців в полі муфти

$z = 6$  – кількість пальців

Тоді

$$\sigma_{зм} = \frac{78}{10 \cdot 15 \cdot 10^{-6}} = 0,56 \text{ МПа} \leq [\sigma_{зм}] \quad (3.53)$$

Визначаємо навантаження на вал привідного барабана

$$F = F_6 + F_1 = 682 + 128 = 810 \text{ Н} \quad (3.54)$$

Визначаємо реакції опор  $R_A$  і  $R_B$ , визначивши момент відносно точки В

$$\sum M_B = 0$$

$$R_A l - \frac{Fl}{2l} = 0 \quad (3.55)$$

Звідки

$$R_A = \frac{F}{2} = \frac{810}{2} = 405 \text{ Н} \quad (3.56)$$

Максимальний згинальний момент буде в точці прикладання  $F$

$$M_{\max}^{3z} = R \frac{l}{2} = 405 \frac{0,5}{2} = 101,25 \text{ Нм} \quad (3.57)$$

Крутний момент на валу  $T_2 = 74 \text{ Нм}$ , визначаємо приведений момент

$$M_{пр} = \sqrt{(M_{\max}^{3z})^2 + T_2^2} = \sqrt{101,25^2 + 74^2} = 126,5 \text{ Нм} \quad (3.58)$$

Згідно третьої теорії міцності

$$\frac{M_{пр}}{W_x} \leq [\sigma_n]_{-1} \quad (3.59)$$

де  $W_x$  – осьовий момент опору крутного періоду вала

$[\sigma_n]_{-1}$  – допустима напруга, МПа

Допустима напруга

$$[\sigma_n]_{-1} = \frac{\sigma_{-1} k_{pu}}{[k_3] k_v} = \frac{275 \cdot 1,3}{2 \cdot 2} = 90 \text{ МПа} \quad (3.60)$$

де  $k_{pu} = 1,3$ ;  $[k_3] = 2$ ;  $k_v$  – відповідно коефіцієнт режиму роботи, концентрації напруги, запасу міцності

$$\sigma_{-1} = 0,43 \cdot \sigma_B = 0,43 \cdot 530 = 228 \text{ МПа} \quad (3.61)$$

де  $\sigma_B = 530 \text{ МПа}$  – межа витривалості для сталі Ст5

Тоді

$$W_x = \frac{M_p}{[\sigma_u]_{-1}} = \frac{228}{90 \cdot 10^{-6}} = 2,5 \cdot 10^{-6} \quad (3.62)$$

Виходячи з формули

$$W_x = \frac{\pi \cdot d^3}{32} \quad (3.63)$$

Визначаємо діаметр вала в небезпечному перерізі

$$d = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot W_x}{\pi}} = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot 2,5 \cdot 10^{-6}}{3,14}} = 2,9 \cdot 10^{-2} \text{ м} = 29 \text{ мм} \quad (3.64)$$

Приймаємо діаметр вала 50 мм, під підшипники 45 мм, під напівмуфту 40 мм (згідно діаметра вихідного вала редуктора). Для з'єднання валів приймаємо муфту з допустимим крутним моментом  $[T] = 200 \text{ Нм}$

## РОЗДІЛ IV

### ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

#### 4.1. Охорона праці

Організація безпечних умов праці є невід'ємною складовою будь-якої виробничої діяльності. Охорона праці включає систему правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних та лікувально-профілактичних заходів, спрямованих на збереження життя, здоров'я та працездатності працівників у процесі трудової діяльності.

Основними завданнями охорони праці є:

- створення безпечних і нешкідливих умов праці;
- запобігання виробничому травматизму, професійним захворюванням та аваріям;
- забезпечення працівників засобами індивідуального та колективного захисту;
- дотримання нормативних документів з охорони праці.

У процесі експлуатації технологічного обладнання, зокрема стрічкових транспортерів, можуть виникати небезпеки, пов'язані з рухомими частинами механізмів, електричним струмом, підвищеним рівнем шуму, пиловим навантаженням, а також фізичним навантаженням на працівників.

Для запобігання цим ризикам необхідно дотримуватися наступних вимог:

- Огородження рухомих частин (барabanів, натяжних пристроїв, стрічки) для виключення контакту з ними.
- Заземлення та регулярна перевірка електрообладнання, щоб уникнути ураження електричним струмом.
- Обмеження рівня шуму шляхом встановлення шумопоглинальних елементів і використання індивідуальних засобів захисту слуху.
- Контроль запиленості повітря та використання засобів індивідуального захисту органів дихання при роботі в умовах підвищеного пилоутворення.

- Рациональна організація робочого місця, щоб зменшити фізичне навантаження на оператора.
- Регулярний інструктаж з охорони праці, навчання та перевірка знань працівників з безпечного виконання робіт. Огородження рухомих частин (баранів, натяжних пристроїв, стрічки) для виключення контакту з ними.
- Заземлення та регулярна перевірка електрообладнання, щоб уникнути ураження електричним струмом.
- Обмеження рівня шуму шляхом встановлення шумопоглинальних елементів і використання індивідуальних засобів захисту слуху.
- Контроль запиленості повітря та використання засобів індивідуального захисту органів дихання при роботі в умовах підвищеного пилоутворення.
- Рациональна організація робочого місця, щоб зменшити фізичне навантаження на оператора.
- Регулярний інструктаж з охорони праці, навчання та перевірка знань працівників з безпечного виконання робіт.

З метою зменшення виробничих ризиків на підприємстві впроваджуються сучасні системи управління охороною праці відповідно до вимог національного законодавства та міжнародних стандартів.

Усі працівники повинні пройти вступний, первинний, повторний, позаплановий та цільовий інструктажі з охорони праці. Особлива увага приділяється використанню індивідуальних засобів захисту (спецодягу, рукавиць, захисного взуття, касок, захисних окулярів тощо).

Таким чином, дотримання вимог охорони праці під час експлуатації обладнання та виконання технологічних процесів дозволяє не лише забезпечити безпечні умови праці, а й підвищити ефективність та стабільність виробництва.

#### 4.2. Охорона праці при монтажі

Монтаж стрічкових транспортерів є відповідальним етапом, що супроводжується виконанням значної кількості будівельно-монтажних, вантажопідйомних та електромонтажних робіт, які пов'язані з підвищеним рівнем небезпеки. Тому питання охорони праці під час монтажу транспортно-обладнання є надзвичайно важливим і вимагає суворого дотримання вимог чинного законодавства, а також правил безпечного виконання робіт.

Перед початком монтажу необхідно провести інструктаж працівників з охорони праці, забезпечити їх засобами індивідуального захисту (каска, рукавиці, спецвзуття, пояси безпеки при роботі на висоті) та ознайомити з проектом організації робіт. Особливу увагу слід приділити справності вантажопідйомної техніки, стропів, такелажного обладнання та засобів підйому і кріплення конструкцій. До виконання монтажу допускаються лише особи, які мають відповідну кваліфікацію, пройшли навчання з техніки безпеки та мають допуски до виконання робіт підвищеної небезпеки.

Під час проведення монтажу важливо дотримуватись безпечної організації робочого простору: монтажна зона повинна бути чітко відмежована, небезпечні місця позначені попереджувальними знаками, а сторонні особи — недопущені до місця проведення робіт. Роботи на висоті (наприклад, встановлення слер, приводних або тягачних станцій) повинні виконуватись із використанням надійних помостів або підйомників із фіксацією працівника страховальним спорядженням.

Монтаж електрообладнання транспортерів здійснюється тільки після повного знеструмлення мережі та перевірки відсутності напруги. Пусконаладжувальні роботи проводяться лише після завершення всіх монтажних операцій, перевірки справності обладнання та складання відповідних актів випробувань.

Під час монтажу стрічкових транспортерів забороняється працювати при поганій видимості, сильному вітрі, ожеледиці, з несправним обладнанням або

за відсутності засобів захисту. Усі інструменти та пристрої повинні мати ізоляцію та бути у справному стані. Важливо дотримуватись інструкцій із безпечного піднімання вантажів, не перевантажувати механізми, не перебувати під вантажем під час його переміщення.

Завершальний етап монтажу передбачає ретельний огляд та випробування всіх вузлів і механізмів на предмет надійності з'єднань, відсутності деформацій, наявності заземлення, герметичності кріплень. Після успішного випробування обладнання вводиться в експлуатацію відповідно до затверджених актів та інструкцій.

Таким чином, дотримання вимог охорони праці під час монтажу стрічкових транспортерів є ключовою умовою забезпечення безпеки працівників, запобігання нещасним випадкам і створення основи для надійної та ефективної експлуатації обладнання у подальшому.

#### 4.3. Охорона праці при експлуатації

Експлуатація стрічкових транспортерів вимагає суворого дотримання правил охорони праці, оскільки робота з таким обладнанням пов'язана з низкою потенційних небезпек: ураженням електричним струмом, механічними травмами від рухомих частин, підвищеним рівнем шуму, вібрацій, задиленості, а також небезпекою пожежі або заклинюванням стрічки.

Перед початком роботи з обладнанням працівники мають пройти вступний і первинний інструктаж з охорони праці, а також періодичну перевірку знань. До обслуговування стрічкових транспортерів допускаються лише особи, які мають відповідну кваліфікацію, пройшли медичний огляд та навчання з безпечного виконання робіт.

Усі рухомі частини стрічкового обладнання (приводні і навантажні барабани, стрічка, роликоопори) повинні бути надійно огорожені для запобігання випадковому контакту з ними. Забороняється працювати на обладнанні при

знятих або несправних огороженнях. Також необхідно передбачити аварійні кнопки зупинки транспортера, які мають бути легкодоступними по всій довжині стрічки.

Робоче місце оператора транспортера повинно бути добре освітлене, обладнане засобами зв'язку, мати огляд усіх ключових зон. Під час роботи не дозволяється перебувати поруч із натяжними механізмами, роликами або стрічкою, що рухається. Залишати інструменти чи інші предмети на конструкціях транспортера заборонено, оскільки це може призвести до їх потрапляння в робочу зону обладнання та виникнення аварійної ситуації.

При роботі в зонах підвищеного запилення необхідно застосовувати системи аспірації або локальної вентиляції, а працівники повинні користуватись індивідуальними засобами захисту органу дихання. Для зменшення впливу шуму та вібрацій можуть застосовуватись шумопоглинальні екрани або навушники. Стрічка транспортера повинна бути правильно натягнута, не мати механічних пошкоджень або сторонніх включень, які можуть викликати її зсув або розрив.

Проведення технічного обслуговування, регулювань, очищення або ремонту обладнання дозволяється лише після його повного зупинення та відключення від джерела живлення. На пульті керування має бути вивішений застережливий знак «Не вмикати — працюють люди». Після завершення технічних робіт обладнання підлягає повторній перевірці перед пуском.

Крім того, на підприємстві повинен бути розроблений графік періодичного технічного огляду стрічкового обладнання, що включає перевірку стану стрічки, вузлів натягу, приводних механізмів, систем змащення, заземлення та аварійних вимикачів.

Таким чином, дотримання вимог охорони праці при експлуатації стрічкових транспортерів дозволяє уникнути нещасним випадкам, підвищити надійність і довговічність роботи обладнання, а також забезпечити безпечні та комфортні умови праці для обслуговуючого персоналу.

#### 4.4. Охорона праці на зернопереробному підприємстві

Організація охорони праці на зернопереробному підприємстві є ключовим фактором забезпечення безпеки персоналу, стабільності виробничих процесів та запобігання виникненню аварійних ситуацій. Специфіка діяльності таких підприємств передбачає наявність великої кількості механізованого обладнання, зон із підвищеною запиленістю, вибухонебезпечного середовища, джерел підвищеної температури та напруги. У зв'язку з цим на підприємствах зернопереробної галузі запроваджується комплексна система охорони праці, яка базується на чинному законодавстві України та галузевих стандартах безпеки.

Основні небезпеки, що виникають під час роботи на зернопереробному підприємстві, включають: ризик вибуху зернового пилу ураження електричним струмом, механічні травми від обертових та рухомих частин обладнання (транспортерів, елечків, норій), падіння з висоти, підвищений рівень шуму, температури та запиленості. Для запобігання цим небезпекам впроваджуються технічні, організаційні та санітарно-гігієнічні заходи безпеки.

Всі працівники до початку роботи проходять обов'язковий вступний, первинний та періодичний інструктаж з охорони праці. Особи, які виконують роботи підвищеної небезпеки (електромонтажні, вантажопідйомні, ремонтні), повинні мати відповідні посвідчення, допуски та проходити медичний огляд.

На виробництві необхідно забезпечити належне освітлення, вентиляцію, безпечні проходи між обладнанням, а також встановити огорожі на всіх рухомих частинах машин і механізмів. Особлива увага приділяється системам аспірації, що дозволяють зменшити концентрацію пилу в повітрі, оскільки зерновий пил є вибухонебезпечним при певних концентраціях. У вибухонебезпечних зонах використовуються електроустановки у вибухозахищеному виконанні. Також важливо забезпечити регулярне

очищення виробничих приміщень від пилу та залишків зерна, що накопичуються в важкодоступних місцях.

На підприємстві повинні бути організовані місця для зберігання засобів індивідуального захисту (ЗІЗ), таких як респіратори, захисні окуляри, навушники, рукавиці, спецодяг та взуття. ЗІЗ мають видаватися відповідно до характеру виконуваних робіт і бути у справному стані. Працівники повинні проходити навчання щодо правильного їх використання.

Зернопереробні підприємства зобов'язані мати план локалізації та ліквідації аварійних ситуацій (ПЛАС), систему пожежної сигналізації, первинні засоби пожежогасіння, евакуаційні виходи та плани евакуації. Усі працівники повинні бути ознайомлені з цими заходами, а також брати участь у регулярних протипожежних тренуваннях.

Таким чином, комплексна організація охорони праці на зернопереробному підприємстві дозволяє створити безпечні та здорові умови праці, підвищити ефективність виробничих процесів, знизити рівень травматизму і забезпечити відповідність вимогам законодавства у сфері безпеки праці.

#### 4.5. Охорона навколишнього середовища при роботі зернопереробних підприємств.

Зернопереробні підприємства, виконуючи важливу роль у харчовій та аграрній галузях, водночас можуть чинити суттєвий вплив на навколишнє природне середовище. Основними джерелами негативного впливу є викиди пилу, шум, відходи виробництва, споживання значних обсягів води та енергії, а також забруднення повітря та ґрунтів продуктами розпаду залишків зерна. У зв'язку з цим підприємства зобов'язані впроваджувати комплекс заходів із охорони навколишнього середовища, що передбачено чинним природоохоронним законодавством України.

Одним із головних екологічних чинників ризику є викиди зернового пилу. Пил утворюється під час приймання, очищення, сушіння та переміщення

зерна. Для його зменшення підприємства обладнуються аспіраційними системами, що відсмоктують пил із робочих зон, фільтраційними установками (циклонні, рукавні фільтри), а також герметизацією обладнання (транспортерів, шнеків, норій). Систематичне очищення повітропроводів, фільтрів та приміщень від пилу є обов'язковим для попередження забруднення повітря та зменшення ризику вибухів.

Ще одним важливим фактором є виробничі відходи, до яких належать некондиційне зерно, пил, лушпиння, шліфувальні залишки тощо. Ці матеріали можуть містити органічні сполуки, що при тривалому зберіганні спричиняють загнивання, утворення токсичних речовин і негативно впливають на ґрунти й воду. Для зменшення впливу таких відходів передбачено їх утилізацію, вторинне використання (наприклад, у кормовій промисловості) або зберігання на спеціально облаштованих майданчиках відповідно до екологічних норм.

Особливу увагу приділяють ощадливому використанню водних ресурсів. На підприємствах мають впроваджуватися системи замкненого водопостачання для технічних потреб, фільтрації та очищення стічних вод, а також регулярно проводиться контроль якості води відповідно до вимог санітарно-гігієнічних норм.

Джерелом шуму на зернопереробних підприємствах є працююче обладнання (транспортери, вентилятори, двигуни). Щоб обмежити його негативний вплив на довкілля та населення навколо, використовуються шумопоглинальні екрани, шумоізоляційні кожухи, дотримуються режиму тиші в нічний час.

Підприємства зобов'язані дотримуватись вимог екологічного моніторингу, проводити контроль за викидами, викидами в повітря, водні ресурси, утворенням відходів, а також звітувати перед контролюючими органами – Держекоінспекцією, Держпродспожислужбою та іншими. При проектуванні або реконструкції зернопереробного підприємства обов'язково враховуються вимоги екологічної експертизи та розробляється оцінка впливу на навколишнє середовище (ОВНС).

Загалом, впровадження сучасних екотехнологій, систем очищення та контролю за станом довкілля дозволяє зменшити негативний вплив зернопереробних підприємств на природу, забезпечити дотримання законодавства у сфері охорони навколишнього середовища та створити екологічно безпечне виробництво.

#### 4.6. Охорона навколишнього середовища при утилізації відходів підприємства.

У процесі роботи зернопереробного підприємства утворюється значна кількість відходів органічного та неорганічного походження, які можуть становити загрозу для навколишнього середовища за умов неналежного збирання, зберігання або утилізації. Тому однією з важливих складових системи охорони довкілля на таких підприємствах є організація раціонального поводження з відходами відповідно до чинного природоохоронного законодавства України.

Основні види відходів зернопереробного виробництва — це зерновий пил, лузга, некондиційне зерно, шліфувальні залишки, органічні рештки, а також побічні продукти очищення, сушіння й транспортування зерна. Крім того, можуть утворюватися небезпечні відходи, пов'язані з використанням мастильних матеріалів, фарб, фільтрів, ганчір'я, контамінованих агресивними речовинами.

Для запобігання негативному впливу на довкілля важливо дотримуватись таких заходів:

1. Сортування відходів за типами — дозволяє відокремити ті, що придатні для подальшого використання (наприклад, на кормову сировину або біопаливо), від тих, які потребують спеціальної утилізації або знешкодження.

2. Тимчасове зберігання відходів — має здійснюватись у відповідно обладнаних місцях, що захищені від атмосферних опадів, мають не проникну

основу та унеможлиблюють потрапляння шкідливих речовин у ґрунт або ґрунтові води.

3. Передача відходів ліцензованим організаціям — небезпечні та непридатні для повторного використання відходи підлягають утилізації або захороненню через спеціалізовані підприємства, які мають відповідні дозволи.

4. Використання органічних відходів як вторинної сировини — зокрема, лузга та зерновий пил можуть слугувати як сировина для виробництва комбикормів, біопалива або як добриво після компостування.

5. Зменшення утворення відходів на джерелі — передбачає модернізацію обладнання, герметизацію транспортних систем, виведення систем очищення та повторного використання технічних ресурсів (наприклад, води).

6. Екологічний моніторинг — підприємство повинне здійснювати контроль за кількістю, складом та класом небезпеки відходів, вести відповідну звітність до органів державного екологічного нагляду та виконувати вимоги ліцензій на поводження з відходами.

Особливу увагу слід приділяти запобіганню загоряння відходів, зокрема зернової лузги чи пилу, які мають високу пожежонебезпечність. Місця зберігання таких відходів мають бути обладнані первинними засобами пожежогащення, мати захищену електропроводку та бути розташованими на безпечній відстані від джерел займання.

Раціональна утилізація та переробка відходів не лише зменшує навантаження на довкілля, але й сприяє підвищенню економічної ефективності виробництва, знижуючи витрати на зберігання та захоронення залишків, а також сприяє формуванню екологічної культури на підприємстві.

4.7. Охорона навколишнього середовища при утилізації відпрацьованого обладнання.

У процесі експлуатації зернопереробного обладнання, зокрема транспортерів, норій, вентиляторів, очисних машин тощо, поступово виникає необхідність у його списанні та заміні через фізичне зношення, моральне старіння або невідповідність сучасним вимогам техніки безпеки та екології.

Утилізація відпрацьованого обладнання повинна здійснюватися з дотриманням вимог екологічного законодавства, оскільки неправильне поводження з технічними відходами може спричинити забруднення довкілля шкідливими речовинами, важкими металами, мастилами, ізоляційними матеріалами тощо.

Першим етапом є ідентифікація складових елементів обладнання, що підлягають демонтажу. Частина машин, які містять залишки мастил, гуму, пластик, фарби, електроніку або акумуляторні батареї можуть бути класифіковані як небезпечні відходи і вимагають спеціального поводження.

Основні екологічні принципи при утилізації зношеного обладнання включають:

1. Демонтаж із попереднім очищенням — перед демонтажем обладнання його необхідно очистити від залишків робочих матеріалів (зерна, мастил, пилу), щоб запобігти розповсюдженню шкідливих речовин під час транспортування.

2. Розділення компонентів за видами матеріалів — металеві частини (сталь, алюміній) можуть бути направлені на вторинну переробку, а компоненти з полімерів, гуми або електроніки — на спеціалізовану утилізацію через ліцензовані підприємства.

3. Передача небезпечних компонентів (АКБ, мастильні системи, електронні плати) підприємствам, що мають відповідну ліцензію на поводження з небезпечними відходами.

4. Повторне використання або реконструкція — за можливості, окремі елементи обладнання можуть бути відремонтовані та використані повторно, що зменшує потребу в новому виробництві та обсяг технічних відходів.

5. Забезпечення безпеки під час утилізації — процеси демонтажу, різання металу, транспортування старого обладнання повинні виконуватись лише кваліфікованим персоналом із використанням засобів індивідуального захисту (захисні рукавички, маски, спецодяг, окуляри).

6. Ведення документації та звітності — підприємство зобов'язане обліковувати обсяги демонтованого та утилізованого обладнання, здійснювати передачу частин із залишками шкідливих речовин лише на підставі договорів з екологічно сертифікованими організаціями, згідно з вимогами законодавства.

Важливо відзначити, що сучасні вимоги екологічної безпеки передбачають проектування обладнання з урахуванням можливості його розбирання, переробки або екологічної утилізації. Це відповідає принципам циркулярної економіки, що набувають актуальності у промисловому секторі.

Таким чином, дотримання вимог охорони навколишнього середовища при утилізації відпрацьованого обладнання на зернопереробному підприємстві дозволяє зменшити негативний вплив на довкілля, забезпечити безпеку працівників, зменшити витрати на утилізацію та сприяє сталому функціонуванню підприємства відповідно до норм екологічного права.

#### 4.8. Стандарти, що регулюють питання у сфері охорони праці

Охорона праці на підприємствах, зокрема на зернопереробних, регулюється широким спектром нормативно-правових актів, стандартів і технічних регламентів, які встановлюють вимоги до організації безпечних умов праці, технічної експлуатації обладнання, пожежної безпеки, промислової санітарії, а також екологічного захисту. Дотримання цих стандартів є обов'язковою умовою безпечного функціонування підприємства та забезпечення здоров'я працівників.

Основними нормативно-правовими документами та стандартами у сфері охорони праці є:

1. Закон України «Про охорону праці» — базовий закон, який визначає державну політику в галузі охорони праці, права і обов'язки працівників та роботодавців, вимоги до організації безпечних умов праці, порядок проведення навчання та інструктажів, відповідальність за порушення законодавства у цій сфері.

2. Кодекс законів про працю України (КЗпП) — містить низку статей, які стосуються умов праці, тривалості робочого часу, відпочинку, гарантій для працівників, що працюють у шкідливих умовах.

3. Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища» — регламентує загальні екологічні вимоги до діяльності підприємств, у тому числі під час експлуатації, обслуговування та утилізації обладнання.

4. Державні санітарні правила і норми (ДСанПіН) — встановлюють гігієнічні вимоги до повітря робочої зони, рівня шуму, вібрацій, мікроклімату, освітлення, що є особливо важливим при експлуатації транспортного та переробного обладнання.

5. ДСТУ ISO 45001:2019 — міжнародний стандарт системи управління охороною праці та безпекою здоров'я на робочому місці. Запровадження цього стандарту на підприємстві дозволяє знизити рівень виробничого травматизму та професійних захворювань, підвищити загальний рівень безпеки.

6. Правила охорони праці для підприємств агропромислового комплексу — містять конкретизовані вимоги до умов праці, обладнання, техніки безпеки під час виконання робіт у сфері сільського господарства та зернопереробки.

7. Правила пожежної безпеки в Україні (НАПБ А.01.001-2022) — визначають вимоги до захисту об'єктів від пожеж, організації евакуаційних шляхів, забезпечення засобами пожежогасіння, утримання електромереж у справному стані тощо.

8. ДСТУ EN 60204-1:2015 — стандарт безпеки щодо електрообладнання машин, який регламентує вимоги до захисту від ураження електричним струмом, схем керування, заземлення та аварійної зупинки.

9. Галузеві інструкції з охорони праці — підприємства мають розробляти та впроваджувати локальні інструкції для працівників, залежно від специфіки обладнання (наприклад, стрічкових транспортерів, зерносушарок, норій тощо).

Усі працівники підприємства мають проходити вступний, первинний, повторний та цільовий інструктаж з охорони праці, медичні огляди, а також бути забезпечені засобами індивідуального захисту згідно з чинними нормативами. Впровадження на підприємстві системи управління охороною праці відповідно до стандартів дозволяє зменшити кількість нещасних випадків, покращити виробничу дисципліну та створити умови для сталого розвитку.

### **Розрахунок економічної ефективності стрічкового конвеєра**

#### **Вихідні дані**

Даними дипломним проектом передбачена розробка стрічкового конвеєра за базу порівняння взято скребковий конвеєр ТСЦ- 100.

Вихідні дані для розрахунку передбаченні завданням і зібрані на ТДВ «Гадяцький елеватор» приведені в таблиці 4.1

Таблиця 4.1 Вихідні дані

Показники	Кількість
-----------	-----------

Вартість придбання стрічкового конвеєра ,грн.	41450
Вартість придбання скребковий конвеєр , грн.	61600
Норма амортизаційних відрахувань, % від вартості обладнання	15
Річний фонд роботи обладнання, діб.	250
Потужність двигунів на обладнанні,кВт·год:	
- Базовий варіант	7,5
- Розрахунковий варіант	2,2
Тариф за 1 кВт год, грн.	0,99
Коефіцієнт використання обладнання	0,8
Кількість робочих змін	2
Амортизаційні відрахування, % до вартості обладнання	15,0
Тривалість роботи обладнання на протязі зміни, год.	6,0
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	70
- розрахунковий варіант	45

#### Розрахунок капітальних витрат

Вартість придбання обладнання;

$$K = K_0 + K_1 + K_C + K_{\text{ПР}} + K_M \quad (4.1)$$

де  $K_0$ – вартість придбання обладнання

базовий варіант  $K_1 = 61600$  грн.

розрахунковий варіант  $K_2 = 41450$  грн.

$K_T$ – транспортні витрати (5% від вартості обладнання)

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

базовий варіант  $K_{T1} = 61600 \cdot 0,05 = 2580$ грн.

розрахунковий варіант  $K_{T2} = 41450 \cdot 0,05 = 1922,5$ грн.

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

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

базовий варіант  $K_{c1} = 61600 \cdot 0,0125 = 645$  грн.

розрахунковий варіант  $K_{c2} = 41450 \cdot 0,0125 = 480,6$  грн.

$K_{пр}$  – проекти роботи (5% від вартості обладнання)

$$K_{пр} = K_0 \cdot 0,05 \quad (4.4)$$

базовий варіант  $K_{пр1} = 61600 \cdot 0,05 = 3080$  грн

розрахунковий варіант  $K_{пр2} = 41450 \cdot 0,05 = 2022,5$  грн.

$K_M$  – монтажні роботи (20% від вартості обладнання)

$$K_M = K_0 \cdot 0,2 \quad (4.5)$$

базовий варіант  $K_{M1} = 61600 \cdot 0,2 = 10320$  грн.

розрахунковий варіант  $K_{M2} = 41450 \cdot 0,2 = 7690$  грн.

Гідставляємо дані у формулу 4.1

базовий варіант  $K_1 = 61600 + 2580 + 645 + 3080 + 10320 = 67725$  грн.

розрахунковий варіант  $K_2 = 41450 + 2022,5 + 480,6 + 1922,5 + 7690 = 50465,6$  грн.

Розрахуємо потужність конвеєра:

$$Q = q \cdot n_{зм} \cdot t_{зм} \cdot P_{п} \cdot k \quad (4.6)$$

де  $q$  – годинна продуктивність конвеєра, т,

$n_{зм}$  – кількість робочих змін,

$t_{зм}$  – тривалість роботи обладнання за зміну, год.,

$P_{п}$  – робочий період, діб.

Базовий варіант  $Q_1 = 70 \cdot 2 \cdot 6 \cdot 250 = 180000$  т

Розрахунковий варіант  $Q_2 = 45 \cdot 2 \cdot 6 \cdot 250 = 105000$  т

Визначимо питомі капітальні вкладення на 1 т

$$K_{\Pi} = \frac{K}{Q} \quad (4.7)$$

базовий варіант  $K_{\Pi 1} = \frac{67725}{180000} = 0,429$ грн.

розрахунковий варіант  $K_{\Pi 2} = \frac{50465,6}{105000} = 0,501$ грн.

Розрахунок зміни поточних витрат

Витрати електроенергії:

$$B_{\text{ЕЛ}} = \frac{(N_{\text{ДВ}} * T * K_{\text{ЕБ}} * K_{\text{ИТ}} * C_{\text{Е}})}{\cos} \quad (4.8)$$

де  $N_{\text{ДВ}}$  – сумарна потужність вилучених встановлених або вилучених двигунів;  $N_{\text{ДВ1}} = 7,5$  кВт.  $N_{\text{ДВ2}} = 2,2$  кВт

$T$  – час роботи двигуна;  $T = 6 \cdot 2 \cdot 250 = 3000$  год.

$K_{\text{ЕБ}}$  – коефіцієнт, що враховує втрати електроенергії в мережі заводу;  
 $K_{\text{ЕБ}} = 1,06$ .

$K_{\text{ИТ}}$  – коефіцієнт використання потужності устаткування;  $K_{\text{ИТ}} = 0,85$ .

$\cos$  – коефіцієнт корисної дії електродвигуна;  $\cos = 0,9$ .

Отже, витрати електроенергії:

базовий варіант

$$B_{\text{ЕЛ1}} = \frac{7,5 * 3000 * 1,06 * 0,8 * 0,99}{0,9} = 26235 \text{ грн.}$$

на 1т.  $26235/60000 = 0,44$  грн.

розрахунковий варіант

$$B_{\text{ЕЛ2}} = \frac{2,2 * 3000 * 1,06 * 0,8 * 0,99}{0,9} = 6156 \text{ грн.}$$

на 1т.  $6156/45000 = 0,14$  грн.

Витрати на амортизацію обладнання:

$$A = \frac{\Phi * H_{\text{Л}}}{100} \quad (4.9)$$

де  $\Phi$  – вартість обладнання;  $\Phi = K$

$H_{\text{Л}}$  – річна норма амортизаційних відрахувань,  $H_{\text{Л}} = 15\%$

базовий варіант  $A_1 = \frac{67725 \cdot 15}{100} = 10158,8$  грн.

на 1т  $10158,8/60000 = 0,17$  грн.

розрахунковий варіант  $A_2 = \frac{50465,6 \cdot 15}{100} = 7569,8$  грн.

на 1т  $7569,8/45000 = 0,16$  грн.

Витрати на поточний ремонт:

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

базовий варіант  $B_{П.Р.1} = 10158,8 \cdot 0,5 = 5079,4$  грн.

на 1т  $5079,4/60000 = 0,085$  грн.

розрахунковий варіант  $B_{П.Р.2} = 7569,8 \cdot 0,5 = 3784,9$  грн.

на 1т  $3784,9/45000 = 0,084$  грн.

Витрати по змінних статтях калькуляції приведені в таблиці 4.2

Таблиця 4.2 – Витрати по змінних статтях калькуляції

Статті витрат	Базовий варіант	Розрахунковий варіант	Зміни
Витрати електроенергії	0,44	0,14	-0,30
Амортизація обладнання	0,17	0,16	-0,01
Витрати на поточний ремонт	0,085	0,084	-0,001
Всього	0,695	0,384	-0,311

## Основні показники 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;

$E_n$  - нормативний коефіцієнт економічної ефективності

$$E_n = 0,15;$$

$Q_2$  - розрахунковий обсяг виробництва продукції.

$$E_p = ((0,695 + 0,15 \cdot 1,129) - (0,311 + 0,15 \cdot 1,121)) \cdot 45000 = 10475 \text{ грн.} \\ = 10,48 \text{ тис. грн.}$$