

ПОЛТАВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інженерно-технологічний

Кафедра механічної та електричної інженерії

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи на здобуття ступеня вищої освіти

бакалавр

на тему: «Розрахунок та проектування конструктивних елементів
скребкового транспортера для транспортування зерна.»

КРБ.133ГМбд_21[1].02.00.00.000.ПЗ

Виконав: здобувач вищої освіти
за освітньо-професійною програмою
*«Машини та обладнання
сільськогосподарського виробництва»*
спеціальності 133 «Галузеве
машинобудування»
ступеня вищої освіти *бакалавр*
групи 133ГМбд_21 [1]
КРЮКОВ Максим

Керівник: канд. техн. наук, доцент
ЛЕВЧЕНКО Юлія

Полтава – 2025 року

ВСТУП

Сучасне сільське господарство та зернопереробна промисловість вимагають ефективних та надійних рішень для транспортування зерна. Одним з найпоширеніших видів обладнання, яке використовується для цієї мети, є скребковий конвеєр. Він безпечно переміщує сипучі матеріали в горизонтальному, похилому та вертикальному напрямках, є високопродуктивним і може працювати в обмеженому просторі.

Скребкові конвеєри застосовуються на зернозбиральних і переробних підприємствах, елеваторах, фермах тощо, тому розробка та вдосконалення їх конструкції є актуальною задачею. Продуктивність, енергоефективність і довговічність обладнання визначаються правильним підбором параметрів конвеєра і конструктивних особливостей.

Актуальність теми. З кожним роком виробництво та переробка зерна зростає, що збільшує потребу у вдосконаленні транспортних систем. Скребкові конвеєри є незамінним обладнанням для агропромислових підприємств, оскільки дозволяють зменшити втрати зерна, підвищити рівень автоматизації процесів і мінімізувати транспортні витрати.

Сучасні вимоги до транспортної техніки включають продуктивність, підвищення надійності, зниження енергоспоживання та відповідність екологічним нормам. Однак при проектуванні скребкового конвеєра виникає багато технічних питань, пов'язаних з вибором матеріалів, формою і розмірами елементів конструкції та їх довговічністю в умовах експлуатації. Тому розрахунок і проектування елементів конструкції скребкових конвеєрів має велике значення для підвищення ефективності зернопереробної промисловості.

Метою даної кваліфікаційної роботи є розрахунок та проектування конструктивних елементів скребкових конвеєрів для транспортування зерна та забезпечення їх ефективної та безперебійної роботи.

Щоб досягти поставленої мети, слід виконати такі завдання:

-Дослідити існуючі конструкції скребкових конвеєрів та визначити їх переваги та недоліки;

-Підібрати оптимальний матеріал для виготовлення основних елементів конвеєра;

-Виконати розрахунок основних параметрів: рушійних сил, навантажень ланцюгової передачі, транспортних характеристик;

-Виконати оцінку надійності та довговічності конвеєра.

-Проаналізувати економічну доцільність та енергоефективність запропонованої конструкції.

Об'єкт і предмет дослідження:

-Об'єктом дослідження є скребковий транспортер, що використовується для транспортування зерна в сільськогосподарському полі.

-Предметом дослідження є елементи конструкції конвеєра, а саме ланцюгова передача, скребок, приводний механізм, напрямні, корпус.

Засоби дослідження:

Задля вирішення завдань, поставлених у дослідженні, застосовано аналітичні та експериментальні методи дослідження, зокрема:

-Аналіз літературних матеріалів та патентних документів.

-Визначення параметрів конвеєра методами інженерного розрахунку.

-Комп'ютерне моделювання конструкції за допомогою САПР (система автоматизованого проектування).

-Економічний аналіз та оцінка ефективності розробленої конструкції.

РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНИЙ

Скребковий конвеєр це механізм для безперервного транспортування сипучих матеріалів, особливо зерна, який використовує ланцюгову передачу з тяговими ланцюгами. Основним завданням такого конвеєра є переміщення зерна до елеваторів, зерноскладів, млинів і комбикормових заводів.

Скребкові конвеєри є надійним рішенням для транспортування зерна завдяки високій продуктивності, малим розмірам і ефективності. При належному обслуговуванні вони можуть служити тривалий час без серйозних поломок і забезпечувати безперебійне постачання зерна на виробничі потужності.

Принцип роботи: Зерно потрапляє в завантажувальний отвір, після чого ланцюг зі скребком починає переміщувати зерно по жолобу. Рух скребка переміщує зерно рівномірно та в послідовному напрямку без забивання. У кінці конвеєра зерно вивантажується через розвантажувальний отвір.

Основними перевагами скребкових конвеєрів є:

- Висока продуктивність – здатність переміщувати великі обсяги зерна.

-Компактність – займає менше місця в порівнянні з іншими типами конвеєрів.

-Закрита конструкція – захищає зерно від втрат, пилу та вологи.

-Енергоефективність – порівняно низьке споживання електроенергії.

-Можливе транспортування по діагоналі – можна використовувати як горизонтально, так і під невеликим нахилом.

Недоліками скребкових конвеєрів є:

-Ланцюги та скребки зношуються та потребують регулярного обслуговування.

-Навантаження на ланцюг обмежує відстань транспортування.

- У процесі транспортування можливе пошкодження зерна.

Скребкові конвеєри широко використовуються в сільському господарстві.

-Елеватор для подачі зерна в силос.

-Борошномельний млин для транспортування зернової сировини;

-Для переміщення кормових інгредієнтів на комбикормових заводах.

-Портовий термінал для перевалки зерна.

Системи технічного транспортування зерна мають суттєве значення для сільського господарства, адже ефективне переміщення зерна між етапами переробки зерна (від збирання до переробки) безпосередньо впливає на економічні показники всієї сільськогосподарської галузі. Виробництво зерна в Україні та інших країнах із великим виробництвом зерна стабільно зростає, саме тому ключове значення мають ефективні транспортні перевезення, які не лише зменшують втрати, але й забезпечують швидкість та ефективність. Оскільки процес транспортування зерна спрямований не тільки на переміщення зерна, а й на збереження його якості, то дійсно необхідно розробити технологічні рішення, які мінімізують механічні пошкодження зерна під час транспортування та зменшують витрати енергії.

Звичайні скребкові конвеєри використовують уже ефективні технології транспортування сипучих матеріалів, але також мають певні обмеження,

особливо щодо енергозберігаючих технологій, впливу на якість зерна та зносостійкість компонентів системи. Враховуючи збільшення сільськогосподарського виробництва та індустріалізацію, необхідно розробляти більш досконалі моделі транспортних систем, що відповідають вимогам сучасного агропромислового комплексу.

Актуальність таких розробок також визначається сучасними тенденціями розвитку сільського господарства, зокрема необхідністю підвищення продуктивності праці, зниження витрат на обслуговування та ремонт техніки, підтримки екологічної чистоти та мінімізації енерговитрат. Крім того, такі інженерні рішення дозволяють значно підвищити конкурентоспроможність сільськогосподарських підприємств за рахунок зниження загальних витрат на транспортування зерна та водночас підвищення якості виконуваних робіт.

Основною технічною задачею є розробка скребкового конвеєра, який би повністю відповідав вимогам сучасного сільськогосподарського виробництва. Цей конвеєр повинен виконувати кілька важливих функцій: переміщення великих обсягів зерна, мінімізація механічних пошкоджень зерна, зниження енерговитрат і забезпечення тривалого терміну служби без частих ремонтів.

Враховуючи потребу у підвищенні продуктивності та зниженні витрат на енергію, завдання полягає в тому, щоб створити конвеєр, здатний витримувати високі навантаження з низьким енергоспоживанням.

Не менш важливою є проблема захисту зерна від пошкоджень. Звичайні скребкові конвеєри мають обмежену здатність дбайливо транспортувати зернові культури, що може вплинути на якість продукту та призвести до значних економічних втрат.

Крім того, оскільки технічні умови сільськогосподарських підприємств можуть сильно відрізнятися, необхідно передбачити можливість адаптації конвеєра до різних умов експлуатації.

Тому конвеєр повинен бути універсальним і мати можливість не тільки транспортувати зерно на різні відстані та під різними кутами, але й забезпечувати ефективне транспортування навіть за наявності пилу та вологи.

Вирішення завдань потребує комплексного підходу, який включає розробку конструкції скребкових конвеєрів, удосконалення матеріалів, оптимізацію приводів та забезпечення надійного транспортування зерна.

Одним з ключових рішень є використання зносостійких матеріалів при виготовленні скребків і ланцюгів. Скребки з високоякісних полімерних або гумових матеріалів знижують механічні пошкодження зерна під час транспортування, а також рівень зносу самих деталей конвеєра. Також важливо забезпечити ланцюг і корпус антикорозійним покриттям. Це знижує вплив на обладнання зовнішніх агресивних факторів.

Ще одним важливим моментом є розробка вдосконалених конструкцій ланцюга з використанням сучасних матеріалів, що знижує ймовірність обриву ланцюга. Цього можна досягти за допомогою технологій, які забезпечують більш рівномірний розподіл навантаження, і нових систем натягу ланцюга, які дозволяють уникнути провисання та перенавантаження.

Інженерам необхідно розробити нові кінематичні схеми приводу, які зменшують тертя та підвищують ефективність. Одним з таких рішень є використання частотного регулювання електродвигунів. Це дозволяє точніше регулювати транспортну швидкість і зменшити споживання енергії при мінімальному навантаженні.

Враховуючи тенденцію до автоматизації сільськогосподарських процесів, очікується, що сучасні скребкові конвеєри матимуть збудовані системи керування, які автоматично регулюють роботу конвеєра залежно від навантаження та швидкості та контролюють стан компонентів конвеєра за допомогою датчиків. Це дозволить завчасно виявити можливі поломки та вчасно провести технічне обслуговування.

Невід'ємною частиною розробки є забезпечення можливості транспортування зерна не тільки горизонтально, а й під різними кутами. Це

дає можливість використовувати конвеєр в різних виробничих умовах, особливо коли зерно необхідно транспортувати на різні відстані, в тому числі для транспортних систем з різним рівнем нахилу.

Скребкові конвеєри для транспортування зерна є основним елементом технологічних процесів агропромислових підприємств, таких як елеватори, зерносховища, борошномельні та комбикормові заводи. Цей вид транспорту використовується для безперервного переміщення зерна та інших сипучих матеріалів по горизонтальних або похилих каналах. Важливо забезпечити безперебійну роботу конвеєра, що включає правильний вибір матеріалів скребка та ланцюга, а також ефективні системи натягу та приводу.

Конвеєри зазвичай працюють в умовах зміни температури і вологості, а також піддаються механічним навантаженням при транспортуванні великих обсягів зерна. Тому необхідно забезпечити стабільну і довговічну роботу конвеєра в різних кліматичних і експлуатаційних умовах і зменшити втрати зерна при транспортуванні.

Завдання, яке стоїть перед інженерами, полягає в тому, щоб удосконалити існуючу конструкцію скребкових конвеєрів, щоб забезпечити вищу продуктивність, знизити витрати енергії, удосконалити якість зерна та продовжити термін служби обладнання. Зокрема, це включає:

1. Підвищення надійності конвеєра: Традиційні конвеєри мають низьку ефективність через високе споживання енергії та проблеми перевантаження ланцюга та зносостійкості скребків.

2. Зменшення пошкодження зерна: Пошкодження зерна на конвеєрі є однією з основних проблем, яка здатна стати причиною серйозних економічних втрат. Рішення повинні включати матеріали та конструкції, які не пошкоджують зерно під час транспортування.

3. Оптимізація використання енергії: Високе споживання енергії через механічне тертя, перевантаження ланцюга і чевідповідну кінематичну схему.

4. Адаптація до різних умов експлуатації: Враховуйте зміну температур і вологості, запиленість повітряного середовища та інші шкідливі впливи на конвеєр.

Можливі рішення технічних проблем:

Вибір високоякісних полімерних або композитних матеріалів, які зменшують знос і тертя та забезпечують більш плавний рух зерна. Це продовжить термін служби конвеєра та зменшить можливість механічного пошкодження зерна.

Використання більш ефективні коробки передач і двигуни з частотним регулюванням, щоб точно контролювати швидкість транспортування. Це знижує витрати електроенергії та забезпечує стабільну роботу при різних навантаженнях.

Оптимізація конструкції натягу ланцюга - встановлення нової системи регулювання натягу ланцюга, що забезпечує більш рівномірний розподіл навантаження по всій довжині конвеєра та запобігає провисанню та поломці конвеєра.

Адаптація конвеєра до різних умов експлуатації: використання системи регулювання нахилу конвеєра для транспортування зерна під різними кутами. Це дає змогу застосовувати конвеєр в різних технологічних процесах, що вимагають зміни напрямку або кута нахилу.

Інтеграція системи автоматичного керування: встановлення датчиків для контролю стану конвеєра (температура, вологість, навантаження) для забезпечення швидкого реагування в разі поломки.

Вибір найкращого рішення технічної проблеми визначається балансом між ефективністю, економічною ефективністю та технічною здійсненністю кожного варіанту.

1. Використання нових матеріалів для скребків і ланцюгів є найбільш прийнятним варіантом для зменшення механічних пошкоджень зерна. Полімерні матеріали знижують тертя і зменшують можливість механічного

пошкодження зерна. Це важливо для збереження якості зерна та економічної ефективності.

2. Оптимізація кінематики приводу і натягу ланцюга значно підвищує енергоефективність і гарантує стабільну роботу навіть за високих навантажень, що сприяє зниженню енергоспоживання та витрат на обслуговування.

3. Об'єднання системи автоматичного керування забезпечує високий ступінь автоматизації, зменшує потребу в ручному управлінні та мінімізує людський фактор під час роботи.

В цілому, комплексне застосування цих рішень дозволяє досягти максимальних результатів: зниження витрат на електроенергію, підвищення надійності та збільшення терміну служби обладнання.

Ланцюги розроблені з використанням спеціальних зносостійких сплавів або полимерних матеріалів, які гарантують довгий експлуатаційний період та мінімальний знос. Скребки виготовлені з гнучких матеріалів, що дозволяє м'яко переміщати зерно, не пошкоджуючи його.

Удосконалена система натягу, яка дозволяє автоматично регулювати натяг ланцюга залежно від рівня навантаження. Це допомагає уникнути перевантажень.

Використання високоефективних коробок перелад і електродвигунів з частотним регулюванням для точного контролю швидкості транспортування. Це зводить витрати на електроенергію до мінімуму.

Інтеграція системи автоматичного моніторингу: встановлення датчиків автоматичного контролю параметрів роботи конвеєра (температура, вологість, навантаження). Це дозволяє швидко діагностувати поломки та знизити ймовірність виникнення аварійних ситуацій.

Ці принципові технологічні рішення дозволяють створити більш ефективний, надійний і економічно вигідний скребковий конвеєр, що відповідає вимогам сучасного сільськогосподарського виробництва.

Скребок конвеєри є одним із найефективніших засобів механічного транспортування сипучих матеріалів, особливо зерна. Використовуються для горизонтального або похилого переміщення матеріалу в елеваторах, зерносховищах, борошномельних, комбікормових заводах і т. д. Його конструкція дозволяє безперервно транспортувати при мінімізації втрат і підвищенні продуктивності.

РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ

Скребкові конвеєри складаються з кількох основних елементів:

Жолоб є напрямним каналом для переміщення матеріалів. Це може бути:

Закритий тип (труба) - запобігає втраті матеріалу та утворенню пилу.

Відкритого типу, тому простий в обслуговуванні. Матеріали виготовлення - сталь, оцинкований метал, або полімери з підвищеною зносостійкістю.

Основними тяговими елементами є:

-Ланцюг (роликів або пластинчастий), який переміщує скребок.

-Стрічка (рідше) - зменшує тертя і знос.

-Ланцюги виготовлені зі спеціальної сталі з високою міцністю і зносостійкістю.

Скребки кріпляться до ланцюга і призначені для переміщення матеріалу.

Вони можуть бути: металеві найміцніші, але швидко зношуються. Полімерні легші та зменшують знос жолоба та ланцюга. Гумові для транспортування матеріалів з підвищеною вологістю.

Механізм приводу складається з електродвигуна; редуктора, який зменшує швидкість обертання і збільшує крутний момент. Карданний вал – передає рух на тяговий елемент.

-Натяжний пристрій – призначений для підтримки необхідного натягу ланцюга та запобігання його провисанню та передчасному зносу.

-Вантажно-розвантажувальні агрегати:

Завантажувальний бункер забезпечує рівномірний потік зерна в жолоб.

Розвантажувальний отвір або клапан дозволяє точно контролювати кількість матеріалу, що вивантажується з конвеєра.

Принцип роботи скребкового конвеєра наступний: матеріал подається в бункер; по жолобу рухається ланцюг зі скребками.

Зерно рухається вперед за рахунок дії сил тертя між зерном і рухомим скребком. У зоні вивантаження матеріал вивантажується через спеціальний отвір.

Переваги: висока продуктивність (до 300 т/год); мінімальні матеріальні втрати; закритий корпус запобігає пилу; можлива робота по діагоналі; надійний і довговічний

Недоліки: високе навантаження на ланцюг; необхідність регулярного обслуговування; обмежена гнучкість маршрутів.

Основні параметри конструкції:

При проектуванні скребкового конвеєра необхідно враховувати наступні моменти: продуктивність (Q) – визначає масову або об'ємну витрату матеріалу за годину; швидкість ланцюга (V) зазвичай становить 0,2-0,6 м/с; довжина (L) конвеєра може досягати кількох десятків метрів; кут нахилу (α) впливає на вибір рушійної сили; міцність тягових елементів розраховується з урахуванням навантаження.

Скребкові конвеєри мають багато конструктивних особливостей, які забезпечують ефективну роботу та довговічність. Основною конструкції є жолоб, який може бути виготовлений з металу або високоміцних полімерів залежно від обставин експлуатації та виду матеріалу, що транспортується. Закриті жолоби використовуються для зменшення втрат матеріалу та пилу, тоді як відкриті жолоби використовуються, коли необхідний легкий доступ для обслуговування.

Ланцюговий тяговий елемент є основним робочим елементом конвеєра. Він забезпечує рух матеріалу і має високу міцність. Використовуються роликові або пластинчасті ланцюги, які закріплені на приводному валу і передають крутний момент від електродвигуна через коробку передач. Ланцюг постійно натягується натяжним пристроєм, запобігаючи провисання і нерівномірне навантаження.

Закріплені на ланцюзі скребки виконують основну функцію переміщення зерна. Їх можна виготовляти з різних матеріалів: металу,

полімеру та гуми. Полімерні та гумові скребки мають перевагу у зменшенні шуму та зносу транспортувального жолоба. Оптимальна відстань між скребками визначається розрахунками продуктивності конвеєра і параметрами матеріалу, що транспортується.

Механізм приводу конвеєра містить електродвигун, редуктор і приводний вал. Потужність двигуна підбирається з урахуванням продуктивності конвеєра, швидкості ланцюга і навантаження. Крутий момент передається від двигуна до приводного валу через коробку передач, що дає змогу регулювати швидкість руху матеріалу.

Особливу увагу слід приділити вантажно-розвантажувальним агрегатам. Завантажувальний бункер повинен забезпечувати рівномірний розподіл зерна по всій ширині конвеєра, щоб уникнути перевантаження окремих частин. Розвантажувальний отвір або клапан повинні бути відрегульовані так, щоб матеріал зивантажувався рівномірно без засмічення та втрати продуктивності.

Конструкція конвеєра дозволяє працювати під різними кутами нахилу. Залежно від кута нахилу підбираються відповідні параметри приводу, міцність ланцюга і конструкція жолоба. Для похилих конвеєрів можна використовувати додаткові затискачі або напрямні для стабілізації руху матеріалу.

Технічне обслуговування скребкових конвеєрів включає різноманітні заходи, спрямовані на збереження працездатності конвеєра, запобігання передчасного зносу деталей і зменшення можливості поломок. Основний зміст обслуговування:

Перед початком роботи слід оглянути конвеєр на предмет механічних пошкоджень, наявності сторонніх предметів у жолобі, зносу ланцюга, скребків і напрямних. Також важливо перевірити натяг і стан ланцюгової передачі, так як ослаблена або занадто туга ланцюг може привести до виходу з ладу всього механізму.

Для зменшення тертя і зносу деталей необхідно регулярно змащувати підшипники, зірочки, ролики та інші рухомі частини відповідно до

рекомендацій виробника. Використання високоякісних мастильних матеріалів продовжує термін служби механізму і знижує ризик перегріву.

Ланцюги, що використовуються в конвеєрах, повинні бути належним чином натягнуті. Занадто сильне натягнення може призвести до швидкого зносу ланцюга та зірочок, тоді як слабе натягнення може призвести до ковзання чи нерівномірного руху скребків. Регулярний огляд і регулювання натягу можуть допомогти уникнути цих проблем.

Під час роботи в жолобі може накопичуватися зерновий пил, залишки транспортованих продуктів та інші забруднення, що спричиняє перегрів і засмічення деталей. Тому слід регулярно видаляти залишки зерна, пил і бруд з усіх частин конвеєра.

Для забезпечення стабільної роботи необхідно регулярно перевіряти стан електродвигуна і коробки передач. Особливу увагу слід звернути на робочу температуру, рівень масла в коробці передач і відсутність ненормального шуму і вібрації. При виявленні підозрілого шуму або перегріву необхідно вжити заходів щодо усунення несправності.

Під час роботи вібрація може послабити болтові з'єднання та кріплення. Тому всі гайки, болти, кріплення та інші кріпильні деталі необхідно регулярно перевіряти та підтягувати.

Ремонтні роботи поділяють на поточні (дрібні), середні та капітальні залежно від ступеня зносу та характеру поломки.

Поточний ремонт включає заміну або ремонт зношених деталей, усунення дрібних поломок і регулювання вузлів. Наприклад, якщо скребок зношений, його необхідно замінити новим чи відремонтувати, зваривши зношені частини. До поточного ремонту також відноситься заміна окремих ланок ланцюга, підтяжка кріплень і усунення дрібних деформацій в жолобі.

Цей вид ремонту передбачає часткову розбирання конвеєра, заміну більш сильно зношених деталей і усунення більш серйозних поломок. Наприклад, може знадобитися заміна зірочок, підшипників, напрямних або

навіть великих частин ланцюга. Електродвигун і коробка передач також перевіряються і ремонтуються або при необхідності замінюється масло.

Капітальний ремонт проводиться у разі значного зносу обладнання або серйозної поломки. Це включає повний демонтаж конвеєра, заміну або ремонт усіх зношених частин, фарбування та антикорозійну обробку металевих частин. У деяких випадках капітальний ремонт передбачає заміну всього ланцюгового механізму, скребків, жолобів і навіть редукторів і двигунів.

Поширені несправності та їх вирішення:

-Розтягнутий або зламаний ланцюг. Причина: природний знос або надмірне навантаження. Спосіб усунення: вкоротити ланцюг (трохи розтягнути) або повністю замінити.

-Забитий або нерівномірний рух скребка: причина: забитий паз або несправна напрямна. метод усунення: почистити систему, замінити або виправити напрямну.

-Підвищений шум і вібрація під час роботи. Причина: зношені підшипники, зірочки, ослаблені кріплення. Спосіб усунення: замінити зношені деталі, підтягнути кріплення.

-Перегрів двигуна або коробки передач. Причина: відсутність масла в коробці передач, надмірне навантаження. Спосіб усунення: перевірити рівень масла, додати або замінити мастило, усунути перевантаження.

-Деформація ринви: Причина: великий сторонній предмет або механічний удар. Спосіб усунення: відновити форму канавки або замінити пошкоджені частини.

РОЗДІЛ 3.

КОНСТРУКТОРСЬКИЙ

Розрахунок скребкового конвеєра

Вихідні дані: продуктивність конвеєра $\Pi=15$ т/год, довжина конвеєра $L=20$ м,

Кут нахилу конвеєра $\beta=0^\circ$; транспортований вантаж: пшениця з $\rho_p=0,75$ т/м³ = $7,5 \cdot 10^2$ кг/м³, крупністю $a_{\max} = 2,4$ мм.

Продуктивність скребкового конвеєра, т/год

$$\Pi = 3600Av\rho_p = 3600Bh\psi_{\text{ж}}k_{\beta}v\rho_p$$

В і h - відповідно висота і ширина жолоба, м; $\psi_{\text{ж}}$ - коефіцієнт заповнення жолоба: $\psi_{\text{ж}} = 0,5 \dots 0,6$ - для легкосипких вантажів, $0,7 \dots 0,8$ - для кускових вантажів; $k_{\beta} = 1$ - коефіцієнт, що враховує кут нахилу конвеєра β

для скребкових конвеєрів беруть $\frac{B}{h} = 2,4 \dots 4,0$. З урахуванням цього відношення із формули (3.1) визначаємо ширину жолоба

$$B = \sqrt{\frac{(2,4 \dots 4)\Pi}{3600\psi_{\text{ж}}k_{\beta}v\rho_p}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 15}{3600 \cdot 0,5 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,75}} = 0,219 \text{ м}$$

де $\psi_{\text{ж}} = 0,5$ - для легкосипких вантажів. Беремо $B = 315$ мм.

Швидкість руху ланцюгів у скребкових конвеєрах вибирають у межах $0,1 \dots 1,0$ м/с. Для проектування конвеєра беремо $v = 0,5$ м/с

Висота жолоба

$$h = \frac{B}{4} = \frac{315}{4} = 79 \text{ мм}$$

Беремо $h = 100$ мм

Висота скребка

$$h_c = h + (25 \dots 50) = 100 + 40 = 140 \text{ мм}$$

Крок скребків

$$t_c = (2 \dots 4)h_c = 2 \cdot 140 = 280 \text{ мм}$$

Крок скребків і ширина жолоба мають задовільняти умови:

$$t_c \geq 1.5a_{max}$$

$$B \geq k_c a_{max}$$

$$230 = t_c \geq 1,5 \cdot 2,4 = 3,6;$$

$$315 = B \geq 5 \cdot 2,4 = 12,$$

де $k_c = 5$ – дослідний коефіцієнт

Тяговий розрахунок. Лінійне навантаження від транспортованого вантажу

$$q = \frac{P_a}{3,6v} = \frac{15 \cdot 9,81}{3,6 \cdot 1} = 41 \text{ Н/м}$$

Лінійна вага ланцюгів і скребків

$$q_L = k_L q = 0,5 \cdot 41 = 25 \text{ Н/м}$$

де k_L – емпіричний коефіцієнт: для одноланцюгових конвеєрів $k_L = 0,5...0,6$, для дволанцюгових — $0,6...0,8$. Вибираємо одноланцюговий скребковий конвеєр, для якого $k_L = 0,6$.

Методом обходу по контуру визначаємо натяги ланцюгів і опір руху тягового органу. Мінімальний натяг ланцюга у точці 1 знаємо через умову правильної взаємодії його з ведучими зірками; практично $S_1 = 1000...3000 \text{ Н}$. Для конвеєра з високими скребками беремо 2000 Н .

Натяг ланцюга у точці 2

$$\begin{aligned} S_2 &= S_1 + q_L L \cos \beta \omega'_L - g_L L \sin \beta \\ &= 2000 + 25 \cdot 20 \cdot \cos \cos 0^\circ \times \times 0,25 - 25 \cdot 20 \cdot \sin \sin 0^\circ \\ &= 2125 \text{ Н} \end{aligned}$$

де ω'_L — коефіцієнт опору рухові ланцюгів: для ланцюгів з ходовими котками на підшипниках ковзання $\omega'_L = 0,10...0,13$, для ланцюгів без котків, коли вантаж рухається по жолобу, $\omega'_L = 0,25...0,5$ (беремо $\omega'_L = 0,25$)

Натяг ланцюга у точці 3

$$S_3 = k S_2 = 1,1 \cdot 2125 = 2338 \text{ Н}$$

де $k=1,1$ — коефіцієнт збільшення натягу ланцюгів у процесі обертання зірочки. Крім того, для конвеєра з високими скребками натяг ланцюгів у точці найменшого натягу робочої вітки (точка 3) перевіряємо на стійкість скребка, яка має задовольняти умову

$$S_3 \geq S_{3min} = \frac{Wh_1}{t_L} \cot \cot \varepsilon,$$

де W — опір переміщенню порції вантажу між скребками:

$$\begin{aligned} W &= qt_0 \cos \cos \beta \omega'_B + qt_0 \sin \sin \beta \\ &= 41 \cdot 0,6 \cdot \cos \cos 0^\circ \cdot 0,45 + 41 \cdot 0,6 \cdot \sin \sin 0^\circ = 11 \text{ Н} \end{aligned}$$

h_1 — відстань по висоті скребка від сили W до ланки ланцюга (лінії, яка проходить через шарніри ланцюга), приблизно $h_1 = \frac{1}{2}h = \frac{1}{2}100 = 50 \text{ мм}$;

t_L — крок ланцюга, мм; ε — кут відхилення ланки ланцюга (беремо $\varepsilon \leq 2...3^\circ$). Тоді

$$S_{3min} = \frac{Wh_1}{t_L} \cot \cot \varepsilon = \frac{11 \cdot 0,05}{0,08} \cot \cot 3^\circ = 131 \text{ Н}$$

Умова витримана, оскільки $2238 \text{ Н} = S_3 > S_{3min} = 131 \text{ Н}$.

Натяг ланцюга в точці 4

$$\begin{aligned} S_4 &= S_3 + q_L L \cos \cos \beta \omega'_L + qL \cos \cos \beta \omega'_B + (q_L + q)L \\ \sin \sin \beta &= 2338 + 25 \times 20 \cos \cos 0^\circ \cdot 0,25 + 41 \cdot 20 \cdot \cos \cos 0^\circ \cdot \\ 0,45 &+ (25 + 41) \cdot 20 \cdot \sin \sin 0^\circ = 2832 \text{ Н} \end{aligned}$$

де в ω'_B — коефіцієнт опору руху вантажу по жолобу. У загальному випадку в $\omega'_B=1,1f$, де f — коефіцієнт тертя матеріалу об жолоб. Для ящиків конвеєрів (з боковими рухомими стінками) в $\omega'_B = f$; при переміщенні пшениці $\omega'_B = 0,45...0,66$. Беремо в $\omega'_B = 0,45$.

Опір рухові ланцюга

$$W_0 = S_4 - S_1 + 0,1(S_4 + S_1) = 2832 - 2000 + 0,1(2832 + 2000) = 3115 \text{ Н}$$

Установлювана потужність двигуна

$$P_0 = n_y P_P = n_y \frac{W_0 v}{10^3 \eta_m} = 1,2 \frac{3115 \cdot 1}{10^3 \cdot 0,35} = 4,39 \text{ кВт}$$

За каталогом вибираємо електродвигун типу АІР132М8 з параметрами:

$$P=5,5 \text{ кВт}, n=750 \text{ об/хв} (\omega=78,54 \text{ рад/с}), \frac{M_{max}}{M_H}=2, \frac{M_H}{M_H}=1,9, I_p=0,09 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$$

Кінематичний розрахунок

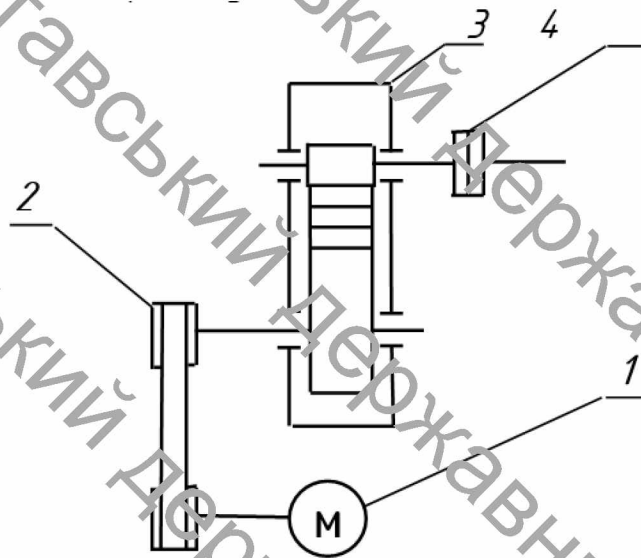


Рисунок 3.1 Кінематична схема привода.

1 – Електродвигун

2 – Пасова передача

3 – Редуктор

4 – Втулково-пальцева муфта

Визначаємо номінальний обертовий момент на валу електродвигуна

$$M_{ном} = 9555 \frac{P_{дв}}{n_{дв}} = 9555 \frac{5,5}{750} = 70,07 \text{ Н}$$

де $P_{дв}=5,5 \text{ кВт}$ - потужність електродвигуна;

$n_{дв}=750 \text{ об/хв}$ - число обертів валу електродвигуна.

Знаходимо ділильний діаметр приводної зірочки по формулі

$$D_0 = \frac{t_y}{\sin\left(\frac{180}{z_{зг}}\right)} = \frac{100}{\sin \sin\left(\frac{180}{8}\right)} = 355 \text{ мм}$$

де $t_y=100 \text{ мм}$ - крок ланцюга;

$z_{зг} = 8 \text{ шт}$ - число зубів приводної зірочки (приймають з діапазону $z_{зг} = 6 \dots 12$);

Визначаємо число обертів зірочки

$$n_{зв} = \frac{60v}{\pi D_0} = \frac{60 \cdot 1}{3,14 \cdot 355} = 53,8 \text{ об/хв}$$

де $v=0,75$ м/с – швидкість тягового органу.

Знаходимо загальне передаточне число привода за формулою

$$U_{заг} = \frac{n_{дв}}{n_{зв}} = \frac{750}{53,8} = 14$$

Визначаємо гальмівний момент

$$M_2 = k_m M_{ном} = 1,75 \cdot 70,07 = 123,0 \text{ Нм}$$

де $k_m=1,75$ – коефіцієнт запасу гальмування.

Приймаємо до встановлення гальмо типу ТКП-200 з типом електромагніту МП-201 та масою 2,7 кг.

Хід натяжного пристрою визначаємо за формулою

$$X = 1,6t_y = 1,6 \cdot 0,1 = 0,16$$

де $t_y=0,1$ м – крок ланцюга.

Приймаємо до встановлення гвинтовий натяжний пристрій.

Беручи до уваги те, що $U_{заг} = 14$, для пасової передачі згідно рекомендацій беремо $U_n = 2$, отже

$$U_p = \frac{U_{заг}}{U_n} = \frac{14}{2} = 7$$

Визначимо потужність на вхідному валу редуктора

$$P_1 = P_{ов} \eta_m = 5,5 \cdot 0,96 = 5,28$$

Визначимо крутний момент на вихідному валу редуктора

$$T_2 = 9,55 \frac{P_1 \eta_n \eta_z}{n_z} = 9,55 \frac{5,28 \cdot 0,96 \cdot 0,94}{53,8} = 846 \text{ Нм}$$

По каталогу приймаємо до встановлення циліндричний редуктор типу А з передаточним числом 7 та допустимим крутним моментом $[T_2] = 2500$ Нм і масою 170 кг.

Уточнюємо передаточне число пасової передачі

$$U_n = \frac{U_{заг}}{U_p} = \frac{14}{7} = 2$$

Визначимо частоту обертання на вхідному валу редуктора

$$n_1 = \frac{n_{\text{дв}}}{U_n} = \frac{750}{2} = 375 \text{ об/хв}$$

Визначимо частоту обертання вихідного валу редуктора

$$n_2 = \frac{n_1}{U_p} = \frac{375}{7} = 54 \text{ об/хв}$$

Визначимо потужність на вихідному валу редуктора

$$P_2 = P_1 \cdot \eta_p = 5,28 \cdot 0,85 = 4,48 \text{ кВт}$$

Конструктивний розрахунок

Розраховуємо плоскопасову передачу. Діаметр меншого шківів визначаємо по формулі

$$d_1 = 6\sqrt[3]{T_{\text{дв}}} = 6 \cdot \sqrt[3]{76070} = 247,4 \text{ мм}$$

де $T_{\text{дв}} = M_{\text{ном}} = 71,99 \text{ Нм}$ – обертовий момент на валу електродвигуна.

Із стандартного ряду по ГОСТ 17383-73 приймаємо до встановлення шківів діаметром $d_1 = 250 \text{ мм}$.

Визначимо діаметр веденого шківів

$$d_2 = d_1 U_p (1 - \varepsilon) = 250 \cdot 7 \cdot (1 - 0,01) = 495 \text{ мм}$$

де $\varepsilon = 0,01$ – коефіцієнт для передач з регульованим натягом.

Із стандартного ряду по ГОСТ 17383-73 приймаємо до встановлення шківів діаметром $d_2 = 500 \text{ мм}$.

Визначимо міжосьову відстань

$$a = 2(d_1 + d_2) = 2 \cdot (250 + 500) = 1500 \text{ мм}$$

Визначимо кут обхвату малого шківів

$$\alpha_1^\circ = 180 - 60 \frac{d_2 - d_1}{a} = 180 - 60 \cdot \frac{500 - 250}{1500} = 170^\circ$$

Визначимо довжину пасу (без врахування на з'єднання кінців)

$$L = 2a + 0,5\pi(d_1 + d_2) + \frac{(d_2 - d_1)^2}{4a} = 2 \cdot 1500 + 0,5 \cdot 3,14 \cdot (250 + 500) + \frac{(500 - 250)^2}{4 \cdot 1500} = 4188 \text{ мм}$$

Визначаємо розрахункову швидкість пасу

$$v = 0,5d_1n_{\partial\partial} = \frac{\pi d_1 n_{\partial\partial}}{60} = \frac{3,14 \cdot 0,25 \cdot 750}{60} = 9,8 \text{ м/с}$$

де $d_1=0,25$ м – діаметр меншого шківів.

Попереднє значення натягу з кожної гілки визначаємо по формулі

$$F_0 = \sigma_0 b \delta$$

де σ_0 – напруження від попереднього натягу пасу приймаємо $\sigma_0 = 1,8$ МПа

b і δ – ширина і товщина пасу відповідно, мм.

Потрібну ширину гумотканевого пасу знаходимо згідно з умовою

$$b \geq \frac{F_t}{z[p]}$$

де z – число прокладок, яке приймаємо по ГОСТ 23831-79 (приймаємо до встановлення пас типу БКНЛ з числом прокладок $z=3$ шт, $\delta_0 = 1,2$ мм);

$[p]$ – допустиме робоче навантаження на 1 мм ширини прокладки, яке визначається по формулі

$$[p] = p_0 C_\alpha C_v C_p C_\theta$$

де $p_0 = 3$ Н/мм – найбільше допустиме навантаження на 1 мм ширини прокладки

C_α – коефіцієнт, що враховує вплив кута обхвату меншого шківів і визначається за формулою

$$C_\alpha = 1 - 0,003(180 - \alpha_1^\circ) = 1 - 0,003 \cdot (180 - 170) = 0,97$$

C_v – коефіцієнт, що враховує вплив швидкості пасу і визначається за формулою [1, ст.122]

$$C_v = 1,04 - 0,0034v^2 = 1,04 - 0,0004 \cdot 9,8^2 = 1,002$$

$C_p = 0,8$ - коефіцієнт, який враховує вплив режиму роботи (для скребкових конвеєрів зі значними коливаннями при пусковому навантаженні не більше 200% номінального)

$C_\theta = 1$ - коефіцієнт, який враховує розташування передачі приймаємо (якщо кут θ нахилу лінії, з нахилу лінії, з'єднуючий центри шківів, до горизонту не перевищує 60°). Отже,

$$[p] = 3 \cdot 0,97 \cdot 1,002 \cdot 0,8 \cdot 1 = 2,33 \text{ Н/мм}$$

F_t - колова сила, діюча в пасовій передачі і вона визначається за формулою

$$F_t = \frac{P}{v} = \frac{5,5 \cdot 10^3}{9,8} = 561 \text{ Н}$$

Знайдені величини підставимо у формулу

$$b \geq \frac{561}{3 \cdot 2,33} = 80,3 \text{ мм}$$

Із стандартного ряду по ГОСТ 23831-79 приймаємо до встановлення пас шириною $b=90$ мм.

Необхідну товщину пасу знаходимо по формулі (для забезпечення достатньої еластичності пасу необхідно, щоб виконувалася умова)

$$\delta = \delta_0 z \leq 0,025 d_1,$$

$$\delta = 1,2 \cdot 3 \leq 0,025 \cdot 250,$$

$$\delta = 3,6 \text{ мм} \leq 6,25 \text{ мм}.$$

Із стандартного ряду по ГОСТ 6982-75 приймаємо до встановлення пас товщиною $\delta = 6,5$ мм. Отже,

$$F_0 = 1,8 \cdot 90 \cdot 6,5 = 1053 \text{ Н}$$

Визначаємо натяг ведучої гілки

$$F_1 = F_0 + 0,5 F_t = 1053 + 0,5 \cdot 561 = 1334 \text{ Н}$$

Визначаємо натяг веденої гілки

$$F_2 = F_0 - 0,5 F_t = 1053 - 0,5 \cdot 561 = 775 \text{ Н}$$

Оскільки ми прийняли до встановлення вовнянопалеровий пас, то площу поперечного перерізу знайдемо за формулою

$$b\delta \geq \frac{F_t}{[k]}$$

де $[k]$ – допустима питома колова сила на одиницю площі поперечного перерізу пасу і визначається за формулою

$$[k] = k_0 C_\alpha C_v C_r C_\theta = 1,7 \cdot 0,97 \cdot 1,002 \cdot 0,8 \cdot 1 = 1,32$$

При $\alpha_r = 170$, швидкості пасу $v = 9,8$ м/с, $\theta = 0^\circ$ і $\sigma_0 = 1,8$ МПа приймаємо для бавовнянопаперових пасів $k_0 = 1,7$. Значення коефіцієнтів C_α, C_v, C_r і C_θ приймаємо такі ж, які приймали для визначення допустимого робочого навантаження.

Знайдені величини підставимо у формулу 4.76

$$90 \cdot 6,5 \geq \frac{561}{1,52}$$

$$585 \geq 425$$

Визначаємо максимальне напруження в перерізі пасу (для виконання умови воно повинне бути менше за $\sigma_{-1} = 5$ МПа)

$$\sigma_{max} = \sigma_t + \sigma_u + \sigma_v \leq 5 \text{ МПа}$$

Напруження від розтягнення становить

$$\sigma_t = \frac{F_1}{b\delta} = \frac{1334}{90 \cdot 6,5} = 2,28$$

Напруження від згину пасу становить (в МПа)

$$\sigma_u = E_u \frac{\delta}{d_1} = 80 \cdot \frac{6,5}{250} = 2,08$$

де приймаємо $E_u = 80$ (для бавовнянопаперових пасів $E_u = 50 \dots 80$)

Напруження від відцентрової сили становить (в МПа)

$$\sigma_v = \rho v^2 \cdot 10^{-6} = 1100 \cdot 9,8^2 \cdot 10^{-6} = 0,11$$

де $\rho = 1100 \text{ кг/м}^3$ – густина матеріалу, з якого виготовлено пас.

Підставимо знайдені величини у формулу

$$\sigma_{max} = 2,28 + 2,08 + 0,11 = 4,47 \text{ МПа} < 5 \text{ МПа}$$

Визначаємо число пробігів пасу за весь період експлуатації (базове число циклів приймаємо рівним 10^7)

$$N_y = 2 \cdot 3600 \cdot H_0 \cdot \lambda$$

де λ – число пробігів пасу за секунду, c^{-1} ;

$$\lambda = \frac{v}{L} = \frac{9,8}{4,188} = 2,3 \text{ c}^{-1}$$

H_0 – довговічність, яка визначається по формулі

$$H_0 = \frac{\sigma_{-1}^6 \cdot 10^7 \cdot c_U \cdot c_H}{\sigma_{max}^6 \cdot 2 \cdot 3600 \cdot \lambda}, \text{ год}$$

де $c_U = 1,5 \cdot \sqrt[3]{U_n} - 0,5 = 1,5 \cdot \sqrt[3]{2} - 0,5 = 1,39$ – коефіцієнт, який враховує вплив передаточного відношення;

$c_H = 2$ – коефіцієнт, який враховує періодично змінюване навантаження.

Знайдені величини підставляємо у формулу

$$H_0 = \frac{56 \cdot 10^7 \cdot 1,39 \cdot 2}{4,476 \cdot 2 \cdot 3600 \cdot 2,3} = 3288 \text{ год}$$

Знайдені величини підставляємо у формулу

$$N_y = 2 \cdot 3600 \cdot 3288 \cdot 2,3 = 54,45 \cdot 10^6$$

Навантаження на вал пасової передачі визначаємо за формулою, яка враховує періодичний спосіб регулювання натягу пасу

$$F_B = 3 \cdot F_0 \cdot \sin \frac{\alpha_1}{2} = 3 \cdot 1053 \cdot \sin \frac{170}{2} = 3147 \text{ Н}$$

Отже, обидва із шківів передачі буде виконано з випуклим ободом. Матеріал виготовлення приймаємо СЧ15, оскільки розрахункова швидкість пасу становить $v = 9,8 \text{ м/с}$

Розрахуємо ведучий вал. Визначаємо реакції опор вала (в Н)

$$R_A = R_B = \frac{G}{2}$$

де G – навантаження на вал в точці С, Н

$$G = S_1 + S_4 = 2832 + 2000 = 4832 \text{ Н}$$

Знайдені величини підставляємо у формулу

$$R_A = R_B = \frac{4832}{2} = 2416 \text{ Н}$$

Визначаємо згинаючий момент (в Нм)

$$M_{зг} = \frac{R_A \cdot L}{2} = \frac{2416 \cdot 0,7}{2} = 846 \text{ Нм}$$

де $L = 0,7$ м – відстань між підшипниками.

Визначаємо крутний момент (в Нм)

$$M_{кр} = 9,55 \cdot \frac{P_p}{n_p} = 9,55 \cdot \frac{7,48 \cdot 10^3}{54,0} = 792 \text{ Нм}$$

Визначаємо сумарний момент (в Нм)

$$M = \sqrt{M_{кр}^2 + M_{зг}^2} = \sqrt{792^2 + 846^2} = 1158,9 \text{ Нм}$$

Визначаємо навантаження на вал та згинаючий момент на кожній з ділянок

Ділянка 1

$$0 \leq x_1 \leq 0,35$$

$$G_1 = R_A = 2416 \text{ Н} = 2,41 \text{ кН}$$

$$M_{зг1} = R_A \cdot x_1 \text{ при } x_1 = 0 \text{ м}, M_{зг1} = 0 \text{ кНм}$$

$$\text{при } x_1 = 0,35 \text{ м}, M_{зг1} = 0,84 \text{ кНм}$$

Ділянка 2

$$0,35 \leq x_2 \leq 0,7$$

$$G_2 = R_A - G = 2,41 - 4,83 = -2,42 \text{ кН}$$

$$M_{зг2} = R_A \cdot x_2 - G(x_2 - a)$$

$$\text{при } x_2 = 0,35 \text{ м}, M_{зг2} = 0,84 \text{ кНм}$$

$$\text{при } x_2 = 0,7 \text{ м}, M_{зг2} = 0 \text{ кНм}$$

Рисунок 3.2. Графічне зображення епюри навантаження на ведучий вал

Визначаємо допустиме напруження вала (в МПа)

$$[\sigma_{i-1}] = \frac{\sigma_{-1}}{[n] \cdot K_{\sigma}}$$

де σ_{-1} – границя міцності при симетричному циклі напружень, МПа

$$\sigma_{-1} = 0,43 \cdot \sigma_t = 0,43 \cdot 530 = 228 \text{ МПа}$$

де $\sigma_l = 530$ МПа – для валу із сталі Ст5;

$K_\sigma = 1,5$ – ефективний коефіцієнт концентрації напруження;

$[n] = 2$ – коефіцієнт запасу міцності.

Знайдені величини підставляємо у формулу

$$[\sigma_{i-1}] = \frac{228}{2 \cdot 1,5} = 76 \text{ МПа}$$

Визначаємо осьовий момент опору круглого перерізу вала (в Н)

$$W_x = \frac{M}{[\sigma_{i-1}]} = \frac{2500,9}{7,6 \cdot 10^6} = 329 \cdot 10^{-6}$$

Визначаємо діаметр гала привідної зірочки (в м)

$$d = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot W_x}{\pi}} = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot 153 \cdot 10^{-6}}{3,14}} = 0,12 \text{ м}$$

Приймаємо до встановлення вал діаметром $d = 0,12$ м.

Визначаємо діаметр вала під напівмуфту (в м)

$$d_M = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot W_{xnp}}{\pi}}$$

де $W_{xnp} = \frac{1_{кр}}{7,6 \cdot 10^6} = \frac{792}{7,6 \cdot 10^6} = 104,2 \cdot 10^{-6}$ Н – осьовий момент опору

круглого перерізу вала в місці кріплення напівмуфти.

Знайдені величини підставляємо в формулу 4.65

$$d_M = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot 104,2 \cdot 10^{-6}}{3,14}} = 0,1 \text{ м}$$

Приймаємо до встановлення вал під кріплення муфти діаметром $d_M = 0,1$ м.

Встановлюємо між редуктором і привідним валом втулково-пальцеву муфту. Напівмуфти з'єднані вісьмома пальцями, чотири з яких встановлені у отвори без зазору і призначені для передачі крутного моменту, який рівний 792 Нм.

Матеріал виготовлення для пальців приймаємо сталь Ст 4, з границею текучості $\sigma_T = 245$ МПа

Визначаємо допустиме напруження при роботі болта на зріз (в МПа)

$$[\tau_p] = (0,25 \dots 0,3) \cdot \sigma_T = 0,3 \cdot 245 = 73,5 \text{ МПа}$$

Приймаємо $[\epsilon_{zt}] = 74 \text{ МПа}$

Розрахунковий момент визначаємо за формулою (в Нм)

$$M_p = k_p \cdot M_{кр} = 2,5 \cdot 7992 = 1980$$

де $k_p = 2,5$ — коефіцієнт режиму роботи для приводу від електродвигуна

Напруження на різі визначається за формулою

$$\epsilon_{zp} = \frac{4F_t}{\pi \cdot i \cdot z \cdot d_0^2} \leq [\epsilon_{zp}]$$

Згідно формули 4.68 визначаємо діаметр d_0 (в м) пенарізованої частини

$$\text{Болта при } i=1, z=4 \text{ і кзовій силі } F_t = F_{tr} = \frac{2M_p}{D_0}$$

$$d_0 \geq \sqrt{\frac{8M_p}{\pi \cdot i \cdot z \cdot D_0 \cdot [\epsilon_{zp}]}} = \sqrt{\frac{8 \cdot 346}{3,14 \cdot 1 \cdot 4 \cdot 355 \cdot 74 \cdot 10^3}} = 4,5 \cdot 10^{-3}$$

Приймаємо пальці МПВП К 3—40/3.

Підберемо підшипники для приводного валу. Розрахунок ведемо за динамічною вантажопідйомністю

$$C_{розр} \leq C_{кат}$$

$$C_{розр} = P_{екв}^p \sqrt{L}$$

де $P_{екв}$ — еквівалентне навантаження на підшипник, Н;

$$P_{екв} = (XV F_r + Y F_a) \cdot K_B \cdot K_T$$

де $F_R = R_B = 2416 \text{ Н}$

F_a — осьова сила, яка діє на підшипник опори $F_a=0$;

За рекомендаціями коефіцієнти радіального і осьового навантаження $X = 1$, $Y = 0$.

V — коефіцієнт обертання кільця, якщо внутрішнє кільце обертається по відношенню до навантаження, то $V=1$;

$K_6=1,2$ — коефіцієнт безпеки;

$K_T=1,0$ — температурний коефіцієнт;

$p=3$ — показник ступеня, для кулькових підшипників;

Знайдені величини підставляємо в формулу

$$P_{екв} = (1 \cdot 1 \cdot 2416 + 0 \cdot 0) \cdot 1,2 \cdot 1 = 2899 \text{ Н}$$

L — довговічність підшипника, яка визначається за формулою

$$L = \frac{t_{екв} \cdot 60 \cdot n_2}{10^6} = \frac{12000 \cdot 60 \cdot 54,0}{10^6} = 38,88 \text{ млн. циклів}$$

Знайдені величини підставляємо у формулу

$$C_{розр} = 2899 \cdot \sqrt[3]{38,88} = 9821 \text{ Н}$$

Приймаємо до встановлення радіальні підшипники легкої серії 216, з динамічною вантажопідйомністю $C = 70,2 \text{ кН}$ та статичною $C_0 = 45,0 \text{ кН}$.

РОЗДІЛ 4.

ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1. Охорона праці на зернопереробному підприємстві.

Охорона праці на зернопереробному підприємстві є одним із ключових елементів ефективного функціонування всього виробничого процесу. Робота в умовах, де повсякденна діяльність пов'язана з обробкою великих обсягів зерна, експлуатацією потужного механізованого обладнання та потенційно шкідливими умовами середовища, вимагає особливої уваги до безпеки працівників. Від правильного розуміння вимог охорони праці залежить не лише фізичне здоров'я персоналу, а й загальна продуктивність, стабільність та репутація підприємства.

Зернопереробне виробництво характеризується низкою небезпечних і шкідливих виробничих факторів. Одним із найсерйозніших є пил, який утворюється під час транспортування, очищення, сушіння та зберігання зерна. Пилкові частинки не лише шкодять органам дихання працівників, але й можуть створювати вибухонебезпечне середовище. За певних умов пил у повітрі може загорітися від іскри або нагрітого обладнання, що може призвести до масштабної аварії. Тому для таких підприємств характерне впровадження спеціальних систем аспірації, які очищають повітря, а також застосування вибухозахищеного обладнання.

Ще однією характерною особливістю є наявність великої кількості механізмів з рухомими частинами — це елеватори, транспортери, дробарки, млини, очисні машини тощо. Робота з такими механізмами передбачає ризик механічних травм — затягування одягу, здавлення кінцівок, порізи або удари. З метою запобігання таким випадкам необхідно забезпечити всі машини відповідними захисними кожухами, сигнальними табличками та блокувальними пристроями. Оператори й обслуговуючий персонал повинні суворо дотримуватись інструкцій з експлуатації техніки, проходити навчання, а також регулярно проходити повторні інструктажі.

Високий рівень шуму й вібрації, який утворюється під час роботи потужного обладнання, негативно впливає на нервову систему, слух і загальне самопочуття працівників. Щоб знизити ці впливи, на підприємствах повинні встановлюватися шумозахисні бар'єри, а також працівникам мають видаватися індивідуальні засоби захисту — навушники, беруші, віброізоляційне взуття тощо.

Особливу увагу необхідно приділяти системі пожежної безпеки. Зерно, як органічний матеріал, при неправильному зберіганні або перегріванні може самозайматися. До того ж наявність пилу значно підвищує ризики виникнення пожежі або вибуху. З метою протидії таким ситуаціям на

підприємствах повинні бути встановлені автоматичні системи пожежогасіння, пожежні сигналізації, добре обладнані евакуаційні виходи. Регулярно мають проводитися тренування з евакуації та інструктажі з протипожежної безпеки. Куріння, використання відкритого вогню, несправні електроприлади — усе це повинно бути суворо заборонене на території виробничих цехів.

Окрему роль у системі охорони праці відіграє використання засобів індивідуального захисту. Працівники повинні бути забезпечені відповідним спецодягом, взуттям, респіраторами, масками, рукавицями — залежно від специфіки даної роботи. Видача і використання ЗІЗ мають суворо

контролюватися. Крім того, усі працівники проходять попередній інструктаж з охорони праці при прийомі на роботу, а надалі — періодичні повторні інструктажі та перевірки знань. В окремих випадках, особливо при роботі у шкідливих або небезпечних умовах, працівники проходять також обов'язкові медичні огляди.

Щоб охорона праці на підприємстві не залишалась формальністю, має існувати чітка система контролю за її виконанням. Це включає регулярні внутрішні перевірки, атестацію робочих місць, аудит систем безпеки, а також

залучення сторонніх спеціалістів, які можуть об'єктивно оцінити стан умов праці. На підприємстві має бути призначена відповідальна особа або

служба охорони праці, яка організовує профілактичні заходи, проводить навчання та

реагує на виявлені порушення.

Не менш важливим є надання першої допомоги. У виробничих приміщеннях мають бути обладнані аптечки, а частина персоналу повинна володіти навичками домедичної допомоги. У разі надзвичайної ситуації — травмування, опіків, отруєнь — оперативність надання допомоги може врятувати життя.

У підсумку слід зазначити, що охорона праці на зернопереробному підприємстві — це не просто набір правил і норм, а жива, постійно діюча система, яка має бути впроваджена у щоденну практику. Її основна мета — створення безпечних, здорових та комфортних умов для кожного працівника. Інвестування в охорону праці — це інвестування у стабільність, якість та майбутнє будь-якого підприємства.

4.2. Охорона праці при роботі з скребковим конвеєром.

Скребкові конвеєри є одним із основних транспортних механізмів на зернопереробних підприємствах. Їхнє широке використання пояснюється просте — вони дозволяють ефективно переміщувати великі об'єми сипких матеріалів з мінімальними витратами праці та енергії. Проте разом із технологічними перевагами скребкові конвеєри становлять і серйозну небезпеку для працівників, адже працюють у режимі безперервного руху, мають відкриті механічні вузли та часто розміщуються в замкнених, погано провітрюваних приміщеннях. Тому питання охорони праці є тут особливо актуальним.

Профілактика нещасних випадків: основа безпеки

Одним із головних завдань системи охорони праці є профілактика травм і аварій. У контексті скребкових конвеєрів це означає насамперед:

- Попередження контакту з рухомими частинами. Конвеєри повинні бути повністю огорожені. Особливо це стосується приводного і натяжного

механізмів, а також кінців жолоба. Огородження мають бути не тимчасовими або імпровізованими, а конструктивно передбаченими і сертифікованими, щоб вони не знімалися легко і без спеціального інструменту.

-Заборона втручання під час роботи. Всі регулювання, технічні огляди, усунення засмічень або очищення мають проводитися тільки після повної зупинки механізму, відключення електроживлення та вивішування таблички «Не вмикати — працюють люди». Відомі випадки, коли спонтанне вмикання обладнання через необережність або незнання призводило до важких травм або смертей.

-Технічне обслуговування і контроль справності. Важливо впровадити регулярний графік перевірки стану ланцюгів, скребків, зрічок, напрямних і корпусу. Всі вузли повинні мати чітко задокументовану історію оглядів і ремонтів. Не менш важливим є і правильне регулювання натягу тягового ланцюга – надмірне навантаження може призвести до обривів і поломок.

-Дотримання правил експлуатації. Працівники не повинні запускати конвеєр при перевантаженні або засміченні. Такі дії можуть не лише пошкодити обладнання, а й спричинити його несподіване зупинення або навіть займання.

Навчання, інструктажі та професійна підготовка

Один із важливих аспектів забезпечення безпеки — належний рівень підготовки працівників. Людина, яка обслуговує скребковий конвеєр, повинна не просто знати принцип його роботи, а й вміти визначати потенційні ризики та вчасно реагувати на нестандартні ситуації. Для цього обов'язково проводяться:

-Вступний інструктаж при прийомі на роботу.

-Первинний інструктаж на робочому місці — він має містити ознайомлення з конкретною моделлю конвеєра, маршрутом руху, вузлами небезпеки, схемами зупинки.

-Періодичні повторні інструктажі, особливо після перерв у роботі.

-Позапланові інструктажі — проводяться після нещасних випадків, змін у технології або виділення порушень.

Періодично працівників слід залучати до навчальних занять і тренувань, під час яких вони опановують навички надання першої допомоги, дій при пожежі чи евакуації.

Культура безпеки та людський фактор

Нерідко причиною нещасних випадків стає не техніка, а людський фактор — неуважність, недотримання правил, поспіх. Тому на підприємстві має формуватися висока культура безпеки. Вона включає:

-Постійне нагадування про правила. Інформаційні плакати, сигнальні кольори, покажчики, маркування небезпечних зон — усі це має нагадувати працівнику про ризики.

-Особисту відповідальність. Кожен працівник повинен усвідомлювати, що він несе відповідальність не лише за себе, а й за колег. Повідомлення про несправність або небезпечну ситуацію має бути обов'язковим правилом.

-Позитивний приклад керівництва. Інженери, майстри, керівники дільниць повинні особисто дотримуватись усіх норм і вимог.

-Недопустимо, щоб працівники бачили, як хтось із керівництва ігнорує елементарні правила — це одразу нівелює всю профілактичну роботу.

Пилорабхова небезпека

Ще один аспект охорони праці — вибухопожежна безпека. Зерновий пил, що утворюється під час роботи конвеєра, може накопичуватись у транспортних магістралях, технологічних нішах, підвісних галереях. За наявності джерела запалювання (іскра, перегрітий підшипник, електрозварювання) це може призвести до вибуху.

Тому скребкові конвеєри мають бути:

- оснащені аспіраційною системою для постійного викуту пилу;
- регулярно очищені від залишків;
- обладнані температурними датчиками та датчиками перегріву підшипників;

-виготовлені з матеріалів, що мають антистатичне покриття або заземлення.

Особлива увага приділяється електробезпеці — обладнання повинно мати надійне заземлення, автоматичне вимкнення при аварії, аварійні вимикачі у доступних місцях.

4.3. Охорона праці при монтажу скребкового конвеєра.

Монтаж скребкового конвеєра – складна і відповідальна робота, яка пов'язана зі значними ризиками для здоров'я та життя працівників. Тому

вкрай важливо при проведенні монтажних робіт суворо дотримуватись норм охорони праці. Недотримання цих правил може призвести до нещасних випадків, травм або навіть смерті. Система безпеки на робочому місці під час встановлення конвеєра включає низку заходів, від навчання працівників до експлуатаційного тестування встановленої системи.

Перед початком монтажних робіт необхідно провести ретельну підготовку. Спочатку оцініть місце установки. Видавіть будь-які небажані предмети, сміття або жир, які можуть спричинити ковзання та падіння. Поверхня підлоги повинна бути рівною, сухою і здатною витримувати навантаження важких металевих конструкцій і механізмів. Також важливо забезпечити достатній рівень освітлення, особливо в закритих приміщеннях, де монтажні роботи можуть проводитися в темних або закритих приміщеннях.

Навчання також включає робочий огляд усіх інструментів та механізмів, які використовуються під час роботи. Це стосується ручних інструментів (ключів, домкратів, гідравлік тощо), а також підйомного обладнання, такого як підйомники, лебідки та кранові балки. Все обладнання повинне мати відповідну документацію та бути допущеним до експлуатації відповідно до вимог безпеки.

При плануванні монтажних робіт особливу увагу приділяють робітникам. Монтажні роботи повинні виконуватися працівниками, які пройшли спеціальний інструктаж з охорони праці та проінструктовані щодо

безпечного виконання цих робіт. Працівники повинні бути знайомі з технічною картою монтажу, знати компонування обладнання та мати чітке уявлення про процедури складання кожного окремого компонента. Крім того, кожен член монтажної бригади повинен бути забезпечений засобами індивідуального захисту, такими як каска, захисні окуляри, робочі рукавички, взуття з металевими носками та світловідбиваючий захисний одяг. При роботі на висоті (наприклад, при монтажі похилих або вертикальних ділянок конвеєра) використання страхувальних ремінців є обов'язковим.

Під час монтажу важливо дотримуватися заходів безпеки. Усі конструктивні елементи конвеєра (жолоби, напрямні, ланцюги, скребки, приводи) необхідно транспортувати та встановлювати за допомогою спеціального підйомного обладнання. Використання саморобних пристроїв і неправильних установок балансування навантаження суворо заборонено. Усі монтажні роботи слід виконувати під наглядом відповідальної особи, наприклад, інженера або майстра, який має досвід роботи з таким типом обладнання.

Одним з найважливіших етапів монтажних робіт є установка і кріплення природних і натяжних пристроїв. Ці елементи повинні бути встановлені з суворим дотриманням горизонтального і вертикального вирівнювання. Від цієї умови залежить правильна робота всього конвеєра. Діагональне або неправильне підключення може призвести до аварійної зупинки, пошкодження ланцюга і навіть пожежі через перегрів. Крім того, важливо правильно прокласти електричні кабелі та датчики. Вони повинні бути встановлені таким чином, щоб вони були захищені від механічних пошкоджень, вологи та пилу та не створювали небезпеки спотикання або контакту.

Одним із ключових аспектів безпеки та гігієни праці є електробезпека. Підключення приводного двигуна, пускового пристрою та панелі керування має виконувати лише кваліфікований електрик. Усі електричні системи мають бути заземлені, а кнопки аварійної зупинки мають бути легкодоступними.

Забороняється використовувати мокрий електроінструмент або без попередньої перевірки працездатності.

Після завершення монтажу обов'язково виконайте пробний запуск конвеєра. Цей етап також регламентується правилами охорони праці. Під час першого запуску виконайте операцію без завантаження будь-якого матеріалу та

перевірте безперебійну роботу та відсутність вібрації, ненормального шуму та перегріву. Усі захисні покриття повинні бути на місці, огорожі закріплені, а працівники повинні дотримуватися безпечної дистанції. При виявленні несправності або поломки негайно зупиніть конвеєр і усуньте причину після повного відключення живлення.

Тому охорона праці при монтажі скребкових конвеєрів – це комплексний комплекс заходів, що охоплює підготовчий етап, технічні вимоги до обладнання, кваліфікаційні вимоги персоналу, процес монтажу і навіть остаточне випробування. Цей набір заходів необхідно дотримуватися без компромісів, оскільки це стосується людських життів. Тільки свідоме ставлення до питань охорони праці, суворе виконання інструкцій і взаємна відповідальність дозволяють уникнути нещасних випадків на виробництві та забезпечити надійність і безпечну роботу встановленого обладнання в майбутньому.

4.4. Охорона праці при ремонті скребкового конвеєра.

Ремонт скребкового конвеєра – відповідальний технічний процес, який вимагає від працівників не тільки спеціальних знань, але і суворого дотримання норм безпеки праці. Під час ремонтних робіт може виникнути багато небезпечних ситуацій, починаючи від ризику ураження електричним струмом і закінчуючи ймовірністю травми через рухомі механічні частини або падіння важких предметів. Скребкові конвеєри зазвичай працюють у запиленому, вологому та сильно навантаженому середовищі, що створює додаткові ризики під час технічного обслуговування та ремонту.

По-перше, перед початком будь-яких ремонтних робіт скребковий конвеєр має бути повністю зупинений. Це включає повне відключення живлення, блокування пускового пристрою та розміщення відповідних попереджувальних знаків, таких як «Не вмикати живлення – присутній персонал» або «Триває ремонт». За жодних обставин не можна проводити ремонтні роботи на обладнанні, якщо воно увімкнене або навіть частково активоване. Це суворий набір правил, який є основою безпеки.

Перед демонтажем кожної частини конвеєра важливо усунути будь-яку залишкову напругу в системі, перевірити роботу механізму та переконатися, що ланцюг повністю зупинено та закріплено. Якщо конвеєр використовує гідравлічні або пневматичні компоненти, необхідно скинути тиск у трубопроводі.

Також дуже важлива організація робочого місця. Місце ремонту повинно бути добре освітленим, чистим і вільним від сторонніх предметів. Всі проходи повинні бути вільними для руху. Інструменти мають бути перевірені, у хорошому стані та розташовані в місці, де ними можна легко користуватися.

Усі працівники повинні носити засоби індивідуального захисту, такі як шоломи, рукавички, захисні окуляри та захисні черевики. Під час роботи в конвеєрних лотках, бункерах та інших закритих приміщеннях необхідно використовувати респіратор або вентиляційну маску, а також запобіжний пояс із тросом, з'єднаним з надійною конструкцією.

Ремонт скребкових конвеєрів може включати заміну ланцюга, скребка, напрямних, зірочок, підшипників, приводу або натяжної сталеї. Усі ці операції включають важкі металеві частини зі значною масою. Підйом або переміщення цих частин слід виконувати лише за допомогою підйомного обладнання, такого як підйомники, лебідки або крани. Ручне або випадкове транспортування великих або важких деталей заборонено. Усі операції з підйому повинні виконуватися належним чином навченим та кваліфікованим персоналом.

Слід бути особливо обережним при роботі з електрообладнанням, особливо з редукторами, стартерами, кінцевими вимикачами та засобами автоматизації. Усі електричні роботи мають виконувати лише електрики з відповідною кваліфікацією. Під час ремонтних робіт обов'язково перевірте ізоляцію проводів, надійність контактів, працездатність аварійного вимикача. Якщо будь-які електричні компоненти мають ознаки пошкодження, замініть їх новими деталями.

Окремо варто сказати про зварювальні роботи, які можуть знадобитися при ремонті корпусу або несучої конструкції скребкового конвеєра. Зварювальні роботи легкозаймисті і повинні проводитися за спеціальним дозволом. Під час роботи необхідно підготувати робоче місце. Приберіть легкозаймисті матеріали, тримайте вогнегасник на відстані витягнутої руки та переконайтеся, що ваш зварювальний апарат заземлено. Після завершення зварювальних робіт обов'язкове кількогадинне спостереження за об'єктом для запобігання пожежі.

Після завершення ремонту необхідно провести ретельний огляд обладнання. Усі захисні покриття, бар'єри та огорожі мають бути на місці. Також важливо

очистити робочу зону та видалити всі інструменти, тканини та мастильні матеріали. Тільки після завершення цієї перевірки конвеєр буде дозволено ввести в експлуатацію. Під час запуску персонал повинен дотримуватися безпечної відстані та уважно спостерігати за роботою частин. У разі виявлення шуму, вібрації або сторонніх запахів негайно вимкніть обладнання та проведіть повторну перевірку.

Усі роботи з технічного обслуговування та ремонту повинні реєструватися в спеціальному журналі. Журнал повинен містити дату діяльності, оператора та ім'я особи, відповідальної за запуск обладнання.

Таким чином, охорона праці під час ремонту скребкових конвеєрів є не формальністю, а реальним механізмом захисту здоров'я та життя працівників.

Кожен етап, від підготовки до запуску, повинен ретельно контролюватися і проводитися відповідно до всіх вимог безпеки. Тільки такий підхід може забезпечити безпечну роботу та високу ефективність безаварійного ремонту.

4.5. Охорона навколишнього середовища на зернопереробному підприємстві.

Зернопереробні компанії відіграють важливу роль у забезпеченні продовольчої безпеки країни, оскільки вони приймають, очищують, сушать, зберігають і готують зерно для майбутнього використання. Однак, як і будь-яке інше промислове виробництво, ця діяльність має значний вплив на навколишнє середовище. Тому питання охорони навколишнього середовища на цих підприємствах набуло надзвичайної актуальності та потребує комплексного підходу, що включає як технічні та організаційні рішення, так і постійний моніторинг та вдосконалення системи охорони навколишнього середовища.

Одним із найпомітніших впливів діяльності зернопереробних підприємств на довкілля є забруднення повітря. Під час транспортування, миття та сушіння зерна утворюється велика кількість дрібного пилу, який піднімається в повітря та розсіюється всередині та за межами виробничих приміщень. Цей пил складається в основному з органічних часток (залишки лушпиння злаків, домішки пилку, мікроелементи рослинного походження і, можливо, спори мікробів і грибів). Такі суміші пилу явно негативно впливають як на здоров'я працівників, так і на навколишнє середовище. При викиді в атмосферу він прилипає до поверхні ґрунту та рослин і потрапляє у водойми, порушуючи природний баланс.

Щоб мінімізувати цей вплив, компанії встановлюють всмоктувальні пристрої, системи фільтрації, циклони та мішкові колектори для збирання та очищення повітря перед тим, як випустити його назад у навколишнє середовище. Ці системи вимагають постійного обслуговування, очищення та

моніторингу ефективності. Поломки або зниження потужності очищення можуть призвести до надмірного викиду пилу в атмосферу, що може призвести до екологічних порушень і штрафів з боку державних природоохоронних органів.

Крім того, важливим екологічним аспектом є поводження з відходами, які утворюються в процесі очищення зерна. Ці відходи включають рисове лушпиння, пил, бігі зерна та різні домішки. Частина цих відходів може бути використана повторно, наприклад, як інгредієнти кормів або вторинне паливо. Але якщо компанії не мають налагодженої системи збору, зберігання та утилізації цих залишків, вони можуть забруднювати приміщення, гнити, залучати гризунів і забруднювати повітря та ґрунт шкідливими мікроорганізмами. Тому роздільне збирання відходів, використання спеціальних контейнерів, місць зберігання та укриттів для запобігання поширенню запахів і пилу є дуже важливими.

У той же час, стічні води також є важливою проблемою в екологічному менеджменті. Хоча може здатися, що підприємства з переробки зерна не використовують велику кількість води, побутові, технічні та санітарні процеси також утворюють значну кількість стічних вод. Додайте до цього

регулярне очищення обладнання, підлоги, конвеєрів і сударок, і кількість потенційно забрудненої води може бути величезною. Забруднена вода може стати небезпечною при змішуванні з органічними речовинами, оліями, миючими засобами тощо. Таку воду не можна скидати безпосередньо в каналізацію або відкриті водойми. Тому для зниження концентрації шкідливих речовин у стічних водах об'єкти повинні бути обладнані локальними очисними спорудами, системами фільтрації, відстійниками.

Контроль шумового забруднення також дуже важливий, оскільки робота такого обладнання, як зерносушарки, вентилятори, компресори та конвеєри, створює постійний шумовий фон, який може мати негативний вплив не лише на працівників, а й на мешканців прилеглих житлових районів. Рівень шуму на межах зон санітарної охорони може перевищувати допустимі норми. Для

зменшення цього ефекту використовуються звукопоглинальні конструкції, огороження та звукоізоляційні матеріали, оптимізуються режими роботи обладнання. Наприклад, заборонити роботу обладнання, що створює шум, у нічний час.

Крім того, слід враховувати ризик займання та пожежі. Вони не тільки становлять небезпеку для життя людей, але й можуть спричинити масштабне забруднення навколишнього середовища. Зерновий пил, потрапляючи в повітря, при досягненні певних концентрацій може утворювати вибухонебезпечні суміші. Для цього необхідно дотримуватися суворих заходів пожежної безпеки, регулярно очищати обладнання від пилу, встановлювати вогнегасники та сигналізацію, навчати співробітників дійм у надзвичайних ситуаціях.

Сучасні компанії все частіше впроваджують системи управління навколишнім середовищем, спрямовані на зменшення їх шкідливого впливу на природу в довгостроковій перспективі. Зокрема, йдеться про впровадження міжнародного стандарту ISO 14001, який охоплює всі етапи виробництва та передбачає проведення регулярних екологічних аудитів, аналіз впливу компанії на навколишнє середовище та розробку заходів щодо пом'якшення будь-яких негативних наслідків. Такий підхід не тільки підвищує екологічну безпеку, але й сприяє формуванню позитивного іміджу компанії.

Не менш важливим напрямком є розвиток людських ресурсів. Навіть з найновішим обладнанням і системами захисту. Тому на підприємствах регулярно проводяться інформаційні сесії, семінари та тренінги, щоб ознайомити працівників з методами утилізації відходів, правилами поводження з очисним обладнанням, заходами запобігання нещасним випадкам і екологічним інцидентам.

Загалом охорона навколишнього середовища на зернопереробних підприємствах є складною, багаторівневою системою, яка охоплює всі етапи виробництва. Це вимагає відповідальності, постійної пильності, використання сучасних технологій і глибокого розуміння взаємозв'язку виробництва і

природи. Тільки системним, свідомим і безперервним підходом можна не тільки підтримувати чистоту навколишнього середовища, але й забезпечити стабільну, безпечну та ефективну роботу самого підприємства в умовах сталого розвитку.

4.6. Розрахунок економічної ефективності від впровадження проектного обладнання

Вихідні дані передбачені завданням і зібрані на ЧФ «Компанія «РАЙЗ» приведені в таблиці 4.1

Таблиця 4.1

Показники	Значення
1. Обсяги зберігання, т	600
2. Засміченість	
- Початкова	2
- Кінцева	1
4. Вологість	
- Початкова	16
- Кінцева	13
4. Годинні тарифні ставки роб. грн.	
- 3 розряд	9,82
- 4 розряд	11,34
- 5 розряд	13,48
5. Місячний фронт робочого часу одного робітника, год.	178
6. Премії, доплати, % до тарифного фонду зарплат	20
7. Доплати за роботу в нічний час:	
- Охорона, %	40
- Інші робітники, %	20
4. Доплати за роботу в шкідливих умовах, %	
- Апаратник	12
- Вантажник	8
9. Рентабельність продукції, %	10
10. Податок на прибуток, %	18
11. Культура	Кукурудза
12. Термін заготівлі, діб	42

Розрахунок потреби та вартості матеріальних та енергетичних ресурсів
За умовну одиницю приймається тонна комплексного вантажообігу (КВО).

Таблиця 4.2 Розрахунок обсягу комплексного вантажообігу

Показники вантажообігу	Обсяг операцій	Термін, міс.	Перевідний коефіцієнт	Обсяг комплексного Вантажообігу, тис.т.
1.Приймання, тис. т.	600,0	-	0,5	300,0
2.Відпуск, тис. т.				
4.Зберігання, тис. т.	600,0	-	0,5	300,0
4.КВО, тис. ум. т.	600,0	10	0,2	1200,0
				1800,0

Обсяг очищення зерна визначають у тонно-відсотках. Для цього спочатку фізичний обсяг у тоннах перераховують у плановий обсяг. Цей перерахунок виконується за допомогою перевідних коефіцієнтів (K_1), які залежать від культури зерна, початкового та кінцевого вмісту смітної домішки, а також вологості.

Процес переведення фізичних тонн у планові для насіннєвого зерна проводять у два етапи. Спершу виконується очищення до базових кондицій, а потім – від базисних до посівних кондицій, використовуючи для кожного етапу окремий перевідний коефіцієнт.

Для розрахунку різниці (P) у відсотках цей показник ділять на перевідний коефіцієнт (K_1), що дозволяє визначити коефіцієнт переведення планових тонн у тонно-відсотки. (K_2).

$$K_2 = P / K_1 \quad (4.1)$$

Визначимо коефіцієнт перевалу для очищення зерна

$$P = 2,0 - 1,0 = 1,0\%$$

$$K_1 = 1,00$$

$$K_2 = 1,0 / 1,00 = 1,00$$

Таблиця 4.3 Розрахунок обсягу очищення зерна

Види очищення	Фізичний обсяг очищення	Коефіцієнт переводу в пл. т. K_1	Коефіцієнт переводу в т. % K_2	Обсяг очищення, тис. т. %
Очищення зерна на зерноочисних машинах з 2,0% до 1,0%	600,0	1,00	1,00	600

Визначимо коефіцієнт переводу для сушіння зерна

$$P = 16,0 - 13,0 = 3,0 \%$$

$$K_1 = 0,74$$

$$K_2 = 3,0/0,74 = 4,05$$

Розрахунок обсягу сушіння зерна приведено в таблиці 4.4.

Таблиця 4.4

Види робіт	Фізичний обсяг очищення	Коефіцієнт переводу в пл. т. K_1	Коефіцієнт переводу в т. K_2	Обсяг очищення, тис. т. %
Сушіння зерна з 16,0% до 13,0%	600,0	0,74	4,05	1798,2

Розрахунок чисельності персоналу та фонду заробітної плати

Для розрахунку заробітної плати треба скласти штатний розпис керівників, спеціалістів та робітників.

Таблиця 4.5 Штатний розпис керівників і спеціалістів

Посада	Чисельність чол.	Місячн ій Оклад, грн.	Премія		Місячний фонд оплати праці, грн.	Річний фонд оплати праці, тис. грн.
			%	Сума, грн.		
Директор	1	6200	20	1240	7440	89,3
Зам. директ.	1	4860	20	972	5832	70,0
Головний бухгалтер	3	3840	20	768	4608	55,3
Бухгалтер	1	1760	20	352	2112	76,0
Гол. інженер	1	3820	20	764	4584	55,0
Майстер	3	3200	20	640	3840	138,2
Технолог	1	3420	20	684	4104	49,2
Механік	1	3545	20	709	4254	51,0
Інспектор від. кадрів	1	2100	20	420	2520	30,2
Нач. лабор.	1	3300	20	660	4560	54,7
Нач. охорони	1	2800	20	560	3360	40,3
Головний економіст	1	3460	20	692	4152	49,8
Всього	16	-	-	-	-	759,0

Штатний розпис робітників підприємства приведено в таблиці 4.6

Таблиця 4.6

Назва професії	Чисельність	Розряд	Годи нна тар. ставк а, грн.	Міся- чна тар. став- ка, грн.	Доплата за роботу нічний час		Доплата за шкідливі умови роботи		Пре- мія грн. 20%	Місяч- ний фонд зар. плати, грн.	Річ- ний фонд зар. плати тис. грн.
					%	грн.	%	грн.			
Апаратни к суш.	16	5	13,48	2399,0	20	479,8	12	287,9	479,8	3646,5	700,1
Вантажн ик	20	4	11,34	2018,5	20	403,7	8	161,5	403,7	2987,4	717,0
	4	3	9,82	1748,0	-	-	-	-	349,6	2097,6	100,7
Слюсар	2	4	11,34	2018,5	-	-	-	-	403,7	2422,2	58,1

Електрик								-			
Оператор	16	5	17,48	2399,0	20	640,0	12		479,8	3646,5	700,1
очип.	16	-	окл.	1600	40	-	-	287,9	320,0	2560,0	491,5
Охорона	2	-	окл.	1200	-	-	-	-	240,0	1440,0	34,6
Прибира	3	4	11,34	2013,5	20	403,7	-	-	403,7	2825,9	271,3
льн.	84	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3073,4
Лаборант								-			
Всього											

Розрахуємо чисельність працюючих на підприємстві

$$16+84=100 \text{ чол.}$$

Розрахуємо середньомісячну заробітну плату по підприємству

$$Зп = (759,0+3073,4)/100*12 = 3194,6 \text{ грн.}$$

Розрахуємо річний фонд заробітної плати по підприємству

$$ФЗп = 759,0+3073,4 = 3832,4 \text{ тис.грн.}$$

Розрахунок собівартості продукції

Загальна сума витрат хлібоприймального підприємства включає витрати, пов'язані з виконанням виробничих операцій, таких як приймання, відпуск, зберігання, сушіння, очищення зерна та насіння, обмолот кукурудзи. Додатково до цього враховуються витрати на сплату відсотків за короткострокові кредити для закупівлі хлібопродуктів, транспортування хлібопродуктів від постачальників та інших підприємств, а також податкові платежі й відрахування відповідно до статті 9 Закону України "Про оподаткування прибутку підприємств".

Для обчислення витрат, пов'язаних із прийманням, відпуском і зберіганням зерна, які охоплюють комплексний вантажообіг (КВО), складається базовий кошторис витрат.

На основі цього кошторису визначаються тарифи і ціни на послуги, що стосуються зазначених видів робіт. Витрати на оплату праці розраховуються з урахуванням кількості працівників, їхньої місячної зарплати та тривалості робочого періоду відповідно до штатного розпису.

Амортизаційні відрахування (А) розраховуються виходячи з вартості основних фондів діленням і норм амортизації.

$$A = (\Phi \times H_a) / 100 \quad (4.2)$$

де Φ - вартість основних фондів, тис. грн

H_a - норма амортизації, %

Розрахунок амортизаційних відрахувань наведено в таблиці 4.7

Таблиця 4.7

Назва ОФ	Кількість	Ціна за одиницю, грн.	Вартість тис.грн	Норма амортизації, %	Сума амортизації, тис.грн.
Авторозвантажувач У-АГР-16	1	30500	30,5	15	4,58
Сепаратор Texas Shaker-200	4	196000	784,0	15	117,60
Зерносушарка Cimbrla AMG-40 PDS10	3	500300	1500,9	15	225,14
Стрічковий конвеєр FTT-600	5	96200	481,0	5	24,05
Бункер підходів Норії	1	16200	16,2	15	2,43
FPK-600	3	84600	253,8	15	38,07
Скребокний конвеєр FRL-200	3	102400	307,2	15	46,08
FRL-600	3	185000	555,0	15	83,25
Силоси	18	80000	1440,0	5	72,00
Бункер проміжний	2	18200	36,4	5	1,82
Вентилятор VR68/30-0,64T-R	2	1650	3,3	15	0,50
Пиловіддільник JM21/30-0,64T-R	2	9000	18,0	15	2,70
Магнітний сепаратор ПТСГ	1	7290	7,29	15	1,09
Розвантажувач залізничних вагонів-зерновозів Y13PX-61	1	7290	7,29	15	1,09

Всього	1	131000 -	131,0 5564,6	15 -	19,65 639,0
--------	---	-------------	-----------------	---------	----------------

Вартість капітальних вкладень визначається за формулою

$$K_v = O\phi + K_n \quad (4.3)$$

$$K_n = O\phi * 10/100 \quad (4.4)$$

Ризначимо вартість капітальних вкладень, підставивши значення у формулу 4.4 і 4.3 відповідно

$$K_n = 5564,6 * 10/100 = 556,46 \text{ тис. грн.}$$

$$K_v = 5564,6 + 556,46 = 6121,1 \text{ тис. грн.}$$

Таблиця 4.8 Калькуляція витрат на 1 т КБД

№п/п	Статті витрат	Витрати на 1 тону відпуску зерна, грн.			
		Прийман-ня	Збері-гання	Відванта-ження	Всього
1	Матеріали	-	-	-	-
2	Паливо	-	-	-	-
3	Електроенергія	0,41	0,45	1,89	2,75
4	Оплата праці	3,04	0,19	3,20	7,03
5	Відрахування на соц. заходи	1,13	0,29	1,19	2,61
6	Амортизаційні відрахування	1,63	8,26	17,48	27,37
7	Технічне обслуговування	0,60	3,17	7,44	11,54
8	Втрати хлібопродуктів в межах норми % за коротко стро-ковий кредит	-	-	-	-
9	Інші витрати	0,36	0,48	0,29	1,07
10	Всього	7,11	13,44	31,82	52,37

Розрахунок виробничої програми

Витрати по сушінню і очищенню плануються відразу на одиницю робіт.

Безпосередні витрати по статтях "Матеріали", "Паливо", "Електроенергія" визначаються виходячи з норм витрат на одиницю робіт, тарифів та цін на матеріальні ресурси у розрахунковому періоді.

Розрахунок заноситься в таблицю 4.9

Таблиця 4.9

№ п/п	Статті витрат	Одиниці вимірю- вання	Витрати на одиницю	
			Очищення	Сушіння
1	Матеріали	т/%	-	-
2	Паливо	грн.	-	6,19
3	Електроенергія	грн.	0,48	0,45
4	Оплата праці	грн.	0,78	0,79
5	Відрахування на соціальні заходи	грн.	0,29	0,29
6	Амортизаційні відрахування	грн.	2,32	2,95
7	Технічне обслуговування	грн.	0,45	1,40
8	Інші витрати	грн.	0,68	0,92
9	Всього витрат	грн.	5,00	12,99

Таблиця 4.10

Показники	КВО		Очищення		Сушіння		Всього
	На 1 т.	1800,0 тис.т.	На 1 т.	600,0 тис.т.	На 1 т.	1798,2 тис.т.	
Матеріали	-	-	-	-	-	-	-
Паливо	-	-	-	-	6,19	11130,9	11130,9
Електроенергія	2,75	4950	0,48	288	0,45	809,2	6047,2
Оплата праці	7,03	12654	0,78	468	0,79	1420,6	14542,6
Відрахування на соц. заходи	2,61	4698	0,29	174	0,29	521,5	5393,5
Амортизаційні відрахування	27,37	49266	2,32	1392	2,95	5304,7	55962,7
Технічне обслуговування	11,54	20772	0,45	270	1,40	2517,5	23559,5
Інші витрати	1,07	1926	0,68	408	0,92	1654,3	3988,3
% за кредит	-	-	-	-	-	-	-
Всього витрат	52,37	94266	5,00	3000	12,99	23358,6	120625

Розраховуємо витрати обсягу на одиницю робіт

$$120625/(1800+600+1798,2) = 28,73 \text{ ум.од.}$$

Розрахунок тарифів і цін на приймання, відпуск, зберігання зерна.

Таблиця 4.11

№ п/п	Назва показника	КБО	Очищення	Сушіння
1	Обсяг робіт, т	1800,0	600,0	1798,2
2	Заробітна плата, грн	7,03	0,78	0,79
3	Відрахування на соціальні заходи, грн	2,61	0,29	0,29
4	Паливо і електроенергія, грн	-	-	-
5	Витрати, грн	2,75	0,48	6,64
6	Загальногосподарські витрати, грн	-	-	-
7	Разом витрат, грн	38,91	2,77	4,35
8	Рентабельність, %	52,37	5,00	12,99
9	Прибуток, грн	10	10	10
10	Ціна підприємства	5,24	0,50	1,30
11	Податок на додану вартість(20%), грн	57,61	5,50	14,29
12	Відпускна ціна, грн	11,52	1,10	2,86
		69,13	6,60	17,15

Для визначення прибутку витрати на 1 т відпуску хлібопродукту множаться на встановлений рівень рентабельності заготівельної діяльності. Сума витрат на 1 тону відпуску зерна (продукції) та прибутку утворюють ціну підприємства на виконання операцій з хлібопродуктами. ПДВ визначається множенням ціни підприємства на процент нарахування даного податку. Відпускна ціна на послуги розраховується як сума ціни підприємства і ПДВ.

Таблиця 4.12 Розрахунок тарифів на виконання основних і додаткових операцій

Назва показника	Значення показника, грн.
Витрати обігу на одиницю робіт	28,73
Прибуток (Рентабельність, 10 %)	2,87
Тариф підприємства	31,60
Податок на додану вартість (20%)	6,32
Тариф на одиницю робіт з ПДВ	37,92

Сума витрат і прибутку утворюють тариф підприємства без ПДВ на виконання операцій. ПДВ розраховується від вказаного тарифу і у сумі з ним створює відпускний тариф з ПДВ на виконання операції.

Розрахунок прибутку і рентабельності

Загальна сума прибутку визначається як сума прибутку одержаного за надання послуг по прийманню, відпуску, зберіганню, сушінню та очищенню зерна.

Загальна вартість робіт по КВО складає

$$ТП = Ц_0 * N \quad (4.5)$$

де C_0 - ціна гуртова, грн

N - обсяг робіт, тис.т

$$ТП_1 = 57,61 * 1800,0 = 103698,0 \text{ тис.грн.}$$

$$П = ТП - В \quad (4.6)$$

де ТП - товарна продукція, тис.грн

В - витрати операційної діяльності, тис.грн

Визначимо прибуток по КВО

$$П_1 = 103698,0 - 94266,0 = 9432,0 \text{ тис.грн.}$$

Загальна вартість робіт по очищенню зерна складає

$$ТП_2 = 5,50 * 600 = 3300,0 \text{ тис.грн.}$$

Визначимо прибуток по очищенню зерна

$$П_2 = 3300,0 - 3000,0 = 300,0 \text{ тис.грн.}$$

Загальна вартість робіт по сушінню зерна складає

$$ТП_2 = 14,29 * 1798,2 = 25696,3 \text{ тис.грн.}$$

Визначимо прибуток по сушінню зерна

$$П_3 = 25696,3 - 23358,6 = 2337,7 \text{ тис.грн.}$$

Прибуток визначається по формулі

$$\Pi = \Pi_1 + \Pi_2 + \Pi_3 \quad (4.7)$$

$$\Pi = 9432,0 + 300,0 + 2337,7 = 12069,7 \text{ тис.грн}$$

Продуктивність праці визначається за формулою

Розрахунок основних техніко-економічних показників

$$ПП = ТП / Чпвп \quad (4.8)$$

$$ПП = 132694,3 / 100 = 1326,94 \text{ тис.грн}$$

де ТП - товарна продукція, тис.грн

$$ТП = 103695,0 + 3300,0 + 25696,3 = 132694,3 \text{ тис.грн.}$$

Чпвп - чисельність промислово-виробничого персоналу, чол.

Фондовіддача визначається по формулі

$$\Phi_v = ТП / \text{Оф} \quad (4.9)$$

де ТП - товарна продукція, тис. грн

Оф - вартість основних виробничих фондів, тис.грн

$$\Phi_v = 132694,3 / 5564,6 = 23,9 \text{ тис. грн}$$

Фондомісткість – зворотній до фондовіддачі показник, розраховується по формулі

$$\Phi_M = 1/\Phi_B \quad (4.10)$$

де Φ_B - фондівіддача, тис.грн

$$\Phi_M = 1/23,9 = 0,04 \text{ тис. грн}$$

Термін окупності визначається по формулі

$$T_o = \frac{\Gamma_B}{\Gamma_{\text{ч}}} \quad (4.11)$$

де $\Gamma_{\text{ч}}$ – чистий прибуток, тис.грн

$$\Pi_{\text{ч}} = \Pi_{\text{д}} - \text{п} \quad (4.12)$$

де п – податок на прибуток (18%)

Податок на прибуток визначається за формулою

$$\text{п} = \Pi_{\text{д}} \cdot 0,18 \quad (4.13)$$

Визначимо податок на прибуток за формулою 4.13

$$\text{п} = 12069,7 \cdot 0,18 = 2172,6 \text{ тис.грн}$$

Визначимо чистий прибуток за формулою 4.12

$$\Pi_{\text{ч}} = 12069,7 - 2172,6 = 9897,1 \text{ тис.грн}$$

Визначимо термін окупності за формулою 4.11

$$T_o = \frac{6121,1}{9897,1} = 0,62 \text{ роки}$$

Коефіцієнт економічної ефективності визначається за формулою

$$K_{\text{еф}} = \frac{1}{T_o} \quad (4.14)$$

Визначимо коефіцієнт економічної ефективності за формулою 4.14

$$K_{\text{еф}} = \frac{1}{0,62} = 1,61$$

Основні техніко-економічні показники ефективності лінії приймання, очистки і зберігання зерна приведені в таблиці 4.13

Таблиця 4.13

Назва показників	Значення
1. Комплексний вантажообіг, тис.т	1800,0
2. Продуктивність, тис.т	600,0
3. Обсяги:	
- приймання, тис.т	300,0
- відпуск, тис.т	300,0
- зберігання, тис.т	1200,0
4. Термін зберігання, міс.	10
5. Витрати на одиницю:	
- КВО, грн	52,37
- очищення, грн	5,0
- сушіння, грн	12,99
6. Прибуток, тис. грн.	12369,7
7. В тому числі:	
- КВО, тис.грн	9432,9
- очищення, тис.грн	300,0
- сушіння, тис.грн	2337,7
8. Продуктивність праці, тис. грн.	1326,9
9. Фондовіддача, тис. грн	23,9
10. Фондомісткість, тис. грн	0,04
11. Частий прибуток, тис. грн	9897,1
12. Термін окупності, роки	0,62
14. Коефіцієнт економічної ефективності	1,61