

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 проектування гвинтового конвеєра
для транспортування кукурудзи.»

КРБ.133ГМбд_41.21.00.00.000 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
ЩЕРБАК Максим

Керівник: канд. техн. наук, доцент
ЛЕВЧЕНКО Юлія

Полтава – 2025 року

Вступ

Зернопереробні підприємства відіграють важливу роль в економічній, стратегічній, продовольчій базі України, забезпечуючи населення продуктами, робочими місцями, економічною підтримкою. Хлібозаготівельні та зернопереробні підприємства класифікуються як галузі з вертикальною організацією багатоступеневого технологічного процесу, що послідовно спрямовується від однієї машини до іншої, використовуючи стаціонарні транспортні механізми відповідно до схеми технологічного процесу. Стаціонарне обладнання призначене для транспортування зерна і продуктів його переробки. Внутрішній транспорт поділяється на механічний, пневматичний і самотпливний. Однією із самих важливих машин на таких підприємствах є конвеєра. Їх існує безліч видів, але сьогодні ми розглядаємо шнековий конвеєр, який має коріння ще з давніх часів і прототипом його є Гвинт Архімеда[1].

Сучасні гвинтові конвеєри – це обладнання безперервної дії, призначене для транспортування сипучих, дрібнокускових, пилоподібних та порошкових матеріалів у горизонтальному (до 60 м), вертикальному (до 15 м) або похилому напрямках. Крім того, шнекові конвеєри можуть виконувати функції змішувача, дозатора або живильника. Для цього застосовуються диференційні шнеки, в яких два сусідні гвинти обертаються в протилежних напрямках [2].

В теперішніх умовах роботи підприємства дуже важливим показником є автоматизація і механізація виробництва, що зумовлює собою ряд додаткових проблем і питань. Першим таким питанням є якість самих машин і складність в обслуговуванні. Якщо обладнання матиме малий ресурс до зно-

шення, то виробництво буде економічно витратити більше не на якість самого товару, а на ремонт. Технічне обслуговування має бути якісним, вчасно виконаним і економічно обґрунтованим.

Другою проблемою є те, що при модернізації виробництва треба навчити персонал працювати з новим обладнанням. Не кожен працівник має можливість опанувати новітні технології. Від кваліфікації персоналу залежить економічний, безпековий, якісний показник підприємства.

Важливо також враховувати аспект ціна-якість, а також з якою метою використовується обладнання. Як краще придбати в одного виробника і обслуговування довірити професіоналам.

Отже, робимо висновок, що при правильному підході до виробництва можна отримати якісний товар, сучасне обладнання, добре навчену команду спеціалістів і економічний прибуток, який буде забезпечувати підприємство всім необхідним. Тому питання модернізації гвинтових конвеєрів є одним із ключових в аспектах технічного процесу і на сьогодні не втрачає свою актуальність.

Мета роботи-обґрунтування параметрів та проектування гвинтового конвеєра для транспортування кукурудзи.

Предметом дослідження є гвинтовий конвеєр

Об'єктом дослідження є обґрунтування параметрів та проектування гвинтового конвеєра

У кваліфікаційній роботі поставлені такі задачі:

1. Дослідження та порівняння існуючих конструкцій технологічного обладнання. Детальне вивчення особливостей проектування шнекових конвеєрів, включаючи їхні специфічні характеристики.
2. Виконання розрахунків та обґрунтування оптимальних режимів роботи транспортного обладнання, зокрема шнекового конвеєра.

3. Ідентифікація потенційних небезпек, аналіз заходів з охорони праці та правил безпечної експлуатації гвинтових конвеєрів.

4. Здійснення техніко-економічного розрахунку, пов'язаного з використанням шнекового конвеєра.

РОЗДІЛ I

ЗАГАЛЬНИЙ

1.1. Поняття про елеватори та їх обладнання

Елеватори — це комплекс споруд, призначений для зберігання зерна.

Вони відіграють важливу роль у продовольчій забезпеченості країни та стабільності постачання продукції як на внутрішній ринок так і на зовнішній. Існує багато типів елеваторів:

- зернові-використовуються для зберігання зерна. Вони поділяються на: базисні (призначені для тривалого зберігання зерна), перевалочні (для короточасного зберігання зерна), заготівельні (знаходяться біля полів або на самих полях, для збирання зернових із комбайнів), фондові (призначені для зберігання зерна державного резерву), спеціалізовані (призначені для зберігання окремих видів культур: рису, сої, олійних культур та ін.) і виробничі (знаходяться в межах окремих підприємств)

- перевантажувальні — це логістичні вузли для швидкого переміщення зерна. Такі елеватори розташовані у вузлових транспортних точках і поділяються на: портові, залізничні, автомобільні, річкові.

- млинові — забезпечують постачання сировини до млинів. Такого типу елеватори розташовані на території підприємства.

- комбікормові — елеватори, які використовуються як у виготовленні так і у зберіганні вже готових комбікормів. Такі елеватори встановлюють поблизу або на території комбікормових заводів, щоб зменшити логістичні витрати [3].

Елеватори для кукурудзи відносяться до зернових і можуть бути як базисними так і перевалочними.

Стаціонарне обладнання, яке використовується на таких підприємствах призначене для транспортування зерна і продуктів його переробки. До такого обладнання відносять:

-сушарки(Рисунок1.3.5). Вони передбачають нагрівання зерна, яке підлягає сушінню, з метою видалення з нього вологи у вигляді пари та викиду її в атмосферу. Їх класифікують за: принципом сушіння, рухливістю, конструкцією, принципом дії, напрямком потоку повітря, вектором руху зерна. За принципом сушіння розрізняють: потокове сушіння (процес відбувається в потоковому режимі, сушиться і вивантажується без перерв) і циклічне сушіння (спосіб, при якому зерно завантажується порціями, тому є універсальним і може за один цикл видалити з зерна від 2 до 20% вологи). За принципом мобільності розрізняють: сушарки мобільні та стаціонарні [4].

Рисунок 1.1 - Структура зерносушарки

- 1)Бункер автоматичного завантаження палива
- 2)Кришка бункера 3)Шнеки подачі палива 4)Пальник 5)Штовхачі золи
- 6)Система вентиляції пальника 7)Каскад чистючих колосників пальника

8)Камера допаління 9)Оглядовий люк зони горіння 10)Люк ревізії камери допаління 11)Люки ревізії теплообмінника 12)Утеплення корпусу сендвіч-панеля 13)Теплообмінник

-силоси(Рисунок1.3.1). Це споруди ,зазвичай з металу або бетону,які призначені для зберігання зернових. Розрізняють їх за видом дна: плоске або конусоподібне. Силоси з плоским дном найчастіше використовують для довготривалого зберігання зерна. З конусоподібним дном,ці споруди використовують для короткочасного зберігання зернових і самопливного вивантаження продукції без систем конвеєрів ,шнеків [6].

-очисне обладнання (Рисунок1.3.3) — сепаратори. Призначені для очищення і калібрування зерна від різного роду природних домішок. Розрізняють два види сепарування: механічне і повітряне. При вітровому просіюванні важлива швидкість частинок зернової маси. На малих швидкостях вони осідають, а на високих вилітають з робочого русла. При механічному очищенні зерна виникає явище просіву через сито. Якщо компоненти менші за шириною і довжиною, ніж отвори робочого органу, вони проходять через сито і збираються в окремому відділенні.

-конвеєри або транспортери — машини, які призначені для транспортування насипних або штучних товарів. Існує безліч модифікацій такого обладнання, тому найчастіше встановлюються транспортери наступних типів:

- конвеєрні стрічки. Вони поділяються на циліндрові, стрічкові ланцюгові, роликові, скребкові, вібраційні

За конструктивними характеристиками розрізняють конвеєри з гнучкою рейкою або без рейки. У перших конвеєрах вантаж переміщується з буксирувальним засобом на його робочій гілці (стрічка, стрічковий трос, лан-

цюг, скребок, пластинчастий конвеєр, підйомники). В інших типах конвеєрів транспортування вантажу забезпечується за рахунок коливальних або обертових рухів їхніх робочих елементів (принцип інерції, вібрації, гвинтовий або роликовий механізм). Для керування таким обладнанням застосовується електрична, рідше гідравлічна або пневматична енергія.

Конвеєри класифікуються як стаціонарні, напівстаціонарні та пересувні. Залежно від сфери застосування, вони поділяються на конвеєри для підземних гірничих робіт, кар'єрних розробок, загального призначення та спеціальних задач (наприклад, живильники, акумулюючі пристрої тощо). Одним з видів конвеєрної техніки є конвеєрний поїзд – транспортний засіб, що являє собою спеціальний поїзд з вантажною пластиною у формі скотори, який переміщується по рейках або спеціальних напрямних. Він призначений для транспортування сипучих вантажів з розміром кусків до 1200 мм [7].

Рисунок 1.2 - Види конвеєрів:

а) скребковий; б) ланцюговий; в) стрічковий; г) шнековий; д) ролик-
вий

-норії (Рисунок 1.3.6) — це пристрій, який призначений для транспортування зерна по вертикалі і складається із ряду ковшів прикріплених до рухомого ланцюга або ременя [8].

-зернопроводи (Рисунок 1.3.2) - це самотливні труби призначені для транспортування різного роду зернових культур. За допомогою такого обладнання транспортується більша частина олійних культур, а також кукурудза, пшениця [9].

Рисунок 1.3 - Обладнання елеватора:

- 1) елоси; 2) зернопроводи; 3) сепаратор;
- 4) завальна яма; 5) зерносушарка; 6) норія

Крім транспортних засобів використовуються і складські приміщення на ліфтах. Прикладом таких конструкцій є відвал Рисунок 3(г), який використовується для збору зернової маси перед транспортуванням.

При правильній установці обладнання на елеваторі, зерно буде поступати до сховищ без механічних пошкоджень, що в свою чергу буде впливати на подальшу якість виготовленої продукції.

Для забезпечення безпеки обладнання та місць з підвищеним ризиком небезпеки, підприємство облаштовує системи аварійного відключення, захисні загородження та додаткове освітлення.

1.2. Технологічна схема приймання зерна і його обладнання

Після збору зернові транспортуються до підприємства залізницею, автотранспортом чи баржами по воді і обов'язково проходять процес зважування і контролю.

Далі транспорт, який обладнаний зерновими причепами відправляється до завальної ями, де розвантажує причеп (іноді декілька). Несчищене зерно потрапляє на конвеєр (шнековий, стрічковий), який в свою чергу подає його на сепараторний бункер. Звідти зерно потрапляє з сепаратора, який очищає його від різних домішок, які в свою чергу потрапляють до бункера із відходами, а далі в автотранспорт або на переробку. Далі зерно транспортується через розподільники і ділиться на декілька ліній, одна з яких може дати доступ на відвантаження до автотранспорту (якщо це потрібно), а інша, через схеми конвеєрів, норій в зерносушарку, де воно буде проходити сушіння. Забруднене повітря після сепаратора прямує до очисної станції, яка має назву пиловіддільник.

Після сушки зерно через схему конвеєрів і норій подається до силосу, де і буде зберігатися.

Рисунок 1.2.1-Технологічна схема приймання зерна

З силосу через конвеєр, зерно подається до над силосного транспортера і відвантажується до транспорту [10].

Весь цей шлях — це технологічна схема приймання зерна, яка показана на Рисунок 1.2.1.

Важливу роль в технологічній схемі в роботі підприємства відіграють конвеєри, а саме шнекові, як показано на Рисунок 1.2.2.

Гвинтовий конвеєр або шнековий- це універсальне обладнання, яке може працювати із різними матеріалами. Використовується в харчовій і аграрній промисловості, цементні заводи, гірничозбагачувальні підприємства, хімічній і агрохімічній сфері. Продуктивність шнекового конвеєра залежить від кута нахилу і може бути від 20 до 500 м³ / год при діаметрі жолоба від 100 до 1000 мм. та подачі на 60 м [23].

Рисунок 1.2.2 - Шнековий (гвинтовий) конвеєр

Принцип роботи такого обладнання базується на обертанні гвинтового механізму навколо своєї осі. Під час обертання гвинт створює ефект Архімеда, що в свою чергу забезпечує рух товару вгору або вниз. А отже, при такій роботі конвеєр може впоратися з різними матеріалами, що робить його ефективними в різних виробничих умовах та галузях [11].

Гвинтовий конвеєр поділяють на:

- універсальні гвинтові шнеки є транспортними системами широкого спектра застосування, що забезпечують економічне завантаження. Їхніми перевагами є низьке енергоспоживання, багатифункціональність та різноманітність конструктивних рішень.
- гнучкі шнекові конвеєри використовуються для горизонтального транспортування сипучих та гранульованих матеріалів, у тому числі харчових продуктів. Залежно від модифікації, вони можуть бути оснащені одним або кількома вивантажувальними отворами, ручними чи автоматичними засувками, а також спеціальною системою передачі обертального моменту від двигуна до валу.

- транспортери секційні шнеки-складна промислова структура з секцією забору гілок, коміром або типом воронки. Робочим органом в кожному з варіантів залишається гвинт, який розташовується в кориті, круглої або прямокутної форми в поперечному перерізі. Основне призначення-переміщення зерна, продуктів харчування, будівельних матеріалів.

- гвинтова транспортна конструкція являє собою комплекс пристроїв, що включає обертовий гвинт, жолоб (прямокутного або циліндричного перерізу), а також завантажувальний та розвантажувальний отвори. Переміщення вантажу по лінії здійснюється в одному або двох напрямках, що визначається конструкцією редуктора.

- дозатори або живильники — пристрої для подачі і дозування сипких і в'язких матеріалів в автоматичному або механічному порядку.

- мобільні шнекові вантажні конвеєри — це пересувні установки, призначені для швидкого завантаження сипучих вантажів та зерна різних об'ємів на відкритих майданчиках і складах. Їхні переваги полягають у низькому енергоспоживанні, надійності та зручності переміщення [12].

Плюси такого типу конвеєра забезпечують:

- 1) універсальність та адаптивність — транспортування різних видів зернових культур, продуктів їх переробки і при цьому працюючи як горизонтально так і вертикально.
- 2) проста конструкція з невеликою кількістю деталей забезпечує надійність та довговічність шнекових конвеєрів. Крім того, вони здатні ефективно працювати в умовах підвищеної запиленості, вологості та високих температур навколишнього середовища.

3) економічність та енергоефективність — мають низьку вартість, як для обслуговування так і для придбання, а також невелику витрату енергії, що знижує затрати на експлуатацію.

Але при позитивних характеристиках цього обладнання є і негативні:

- значне стирання і подрібнення вантажу
- підвищене зношення частин(жолобу і гвинта)
- при перевантаженні жолобу ,енергоефективність конвєсра знижується.

РОЗДІЛ II

ТЕХНІЧНИЙ

2.1. Будова та ремонт

Шнековий конвеєр є доволі простим механізмом. З одного боку корпусу знаходиться завантажувальний отвір, а з іншого — розвантажувальний, який розташований в напрямку руху конвеєра. Сам корпус має форму циліндра. Носійний гвинт обертається за рахунок редуктора, який в свою чергу працює від електродвигуна. На сучасному обладнанні вже є напівавтоматика, яка спрацьовує при виявленні небезпеки і може зупинити конвеєр [13].

Рисунок 2.1 - Будова гвинтового транспортера:

1- Корпус; 2- Вал з гвинтом; 3- Парубки завантаження і розвантаження; 4- Монтажний фланець; 5- Редуктор; 6- Електродвигун

Основним механізмом такого обладнання є гвинт. Його форма і рельєфність залежить від задач, які він буде виконувати. Шнеки поділяють на:

1) суцільний гвинт, Рисунок 2.1.1. Виготовляється із суцільної листової сталі, але є елементи, які окремо монтуються на вал. Використовують для

зерна і порошкоподібних, середньо – кускових і дрібнозернистих матеріалів. Частота обертання такого гвинта сягає в межах 50 — 120 об/хв.

Рисунок 2.1.1 - Зображення суцільного гвинта

2) фасонний гвинт, Рисунок 2.1.2. Використовується як і суцільний шнек. Застосовується при роботі із цементом, бетоном, мокрою глиною або злежаними матеріалами. Частота обертання гвинта 30 — 60 об/хв.

Рисунок 2.1.2 - Зображення фасонного гвинта

3) стрічковий гвинт (зображений на малюнку 2.1.3) являє собою металеву спіральну смугу, закріплену на осі з певним зазором між її внутрішнім краєм та валом. Цей зазор забезпечує пересипання вантажу назад через витки гвинта, що сприяє його перемішуванню. Такий тип гвинта використовується для транспортування кускових матеріалів і зазвичай обертається зі швидкістю 40–100 обертів на хвилину.

Рисунок 2.1.3 - Зображення стрічкового гвинта

4) безвальний гвинт, Рисунок 2.1.4. Це шнеки спірального або пружинного виду. Основною перевагою такого гвинта є те, що він може подавати матеріали під кутом і вигином. Частота обертання такого гвинта становить 250 об/хв.

Рисунок 2.1.4 - Зображення безвального гвинта

5) лопастий гвинт, Рисунок 2.1.5. Складається з окремих лопастей, які розміщені на осі з певними проміжками. Вони виконують одразу кілька функцій: перемішування, переміщення і розпушування вантажу. Такий конвеєр може транспортувати одразу декілька матеріалів, мокрі і кускові.

Частота обертання при кускових матеріалах становить 40 — 100 об/хв, а при мокрому матеріалі — 30 — 60 об/хв [14].

Рисунок 2.1.5 - Зображення лопастого гвинта.

Гвинт потрібно якось обертати. Цю роль виконує редуктор, який запитаний під електродвигун. Редуктором для гвинтового конвеєра є механізм, який використовується для зменшення частоти обертання двигуна і збільшення крутного моменту, що передається на гвинт. Для вибору редуктора слід дотримуватися таких критеріїв:

- крутний момент: визначає максимальну вагу, яку може транспортувати даний конвеєр.
- потужність: визначає максимальну потужність роботи обладнання.
- тип редуктора: даний критерій визначає умови експлуатації та вимоги до конвеєра.
- передавальний коефіцієнт: визначає, наскільки зменшується швидкість двигуна.
- розмір і вага: визначає просторове розміщення та мобільність конвеєра.

- виробник. даний критерій є одним із важливих ,бо забезпечує якість ,надійність і безпекову характеристику підприємства.

Типи редукторів ,які використовують на шнекових конвеєрах:

- 1) конічні — використовуються при невеликих навантаженнях
- 2) циліндричні — одні із найпоширеніших редукторів, які встановлюють на гвинтові конвеєри. Вони мають високу ефективність і можуть передавати високий крутний момент.
- 3) планетарні — редуктори ,які мають досвілі компактну конструкцію і можуть передавати високі крутні моменти та витримувати більші навантаження.
- 4) черв'ячні — забезпечують плавне та тихе обертання і використовуються коли потрібне високе передавальне число.
- 5) конічно-циліндричні — поєднання плюсів конічного і циліндричного редуктора. Дозволяють змінювати обертальний рух на 90° [15],

При виборі електродвигуна слід одразу дотриматися кількох ключових факторів:

- 1) Тип конвеєра: горизонтальний, вертикальний чи похилий; довжину та діаметр гвинта; продуктивність.
- 2) Тип матеріалу, який буде транспортуватися: стігучість, щільність, вологість, температурний показник та абразивність.
- 3) Умови експлуатації: запиленість, вологість, температурний показник, частота пусків/зупинок.

Електродвигун повинен працювати в нормальному діапазоні потужності, напрузі; мати IP захист та систему охолодження. Слід вибрати двигун з частотними перетворювачами, які слугують для регулювання швидкості конвеєра ,а також з тепловими реле для контролю та захисту обладнання від перегріву.

Типи електродвигунів, які використовуються на гвинтових конвеєрах:

1) електродвигуни частотного регулювання — мають можливість плавно регулювати швидкість обертання двигуна, що в свою чергу забезпечує гнучкість в роботі конвеєра, а отже можна регулювати подачу матеріалу.

2) редукторні двигуни — поєднання редуктора і двигуна в одному корпусі, що дозволяє збільшити крутний момент але зменшити швидкість обертання.

3) асинхронні двигуни — найбільш поширені двигуни. Вони надійні, прості в конструкції та мають великий діапазон потужностей. Зазвичай встановлюють трьохфазний асинхронний двигун [16].

Щоб все обладнання працювало як потрібно, треба проводити щоденний технічний огляд обладнання, який полягає в тому, що при щоденному огляді конвеєра можна уникнути несподіваних проблем, які потім будуть знижувати енергоефективність обладнання. При технічному огляді треба звертати увагу на лопасті гвинта, підшипники, змащувальні матеріали, стан електродвигуна та електричного устаткування. Якщо при такому огляді було виявлено несправності, то таке обладнання повинно вставати на технічне обслуговування чи ремонт. При ТО конвеєра, спеціалісти повинні замінити або полагодити всі технічні порушення, які були виявлені при огляді, а також зробити повну ревізію і замінити розхідники на нові. Деталі, які будуть замінені повинні бути оригінальні або близькі до оригіналу.

Після технічного обслуговування, інженер з безпеки повинен перевірити обладнання і підписати акт.

2.2. Особливості шнекового конвеєра

Шнековий конвеєр — це не тільки обладнання, яке може бути встановлене на підприємствах, а й використовуватися в різних машинах. Прикладом є застосування шнекового конвеєра в зернозбиральних машинах. Вони відіграють важливу роль та забезпечують ефективне транспортування зерна. В машині вони використовуються в жатці, колосовому шнеку та зерновому шнеку.

В жатці гвинтовий конвеєр використовується як транспортування зрізаної маси до молотильного апарату комбайна без його втрат.

В самому комбайні шнекові конвеєри використовуються для завантаження зерна в бункер, а також для вивантаження його в причепи (напівпричепа). Продуктивність таких конвеєрів сягає 150 т/год.

В зернозбиральних машинах конструкція шнеків проєктується відкидними, а іноді й складними, що в свою чергу полегшує транспортування самого комбайна. Але є деякі мінуси — при постійному контакті з зерном, а також при складанні механізмів, може пошкоджуватися не тільки сам конвеєр, а й продукція, яку він транспортує. Втрати можуть сягати до 5% від усього врожаю [17].

На Рисунок 2.2.1 і 2.2.2 показані функціональні схеми комбайна КЗСР — 9 і жатки ІЗКС-6 для збору кукурудзи. Всі ці моделі українського виробництва Херсонського машинобудівного заводу [18,19].

Рисунок 2.2.1.- Функціональна схема комбайна КЗСР-9 для збирання кукурудзи на зерно:

1 — жатка; 2 — шнек качанів; 3 — похила камера;
4 — трубопровід; 5 — противага; 6 — молотильний апарат;
7 — підбарання; 8 — подрібнювач; 9 — протиризальна пластина;
10 — бітер; 11 — шнек стебла; 12 — різальний апарат;
13 — качановідокремлювальний апарат; 14 — мис

Рисунок 2.2.2.- Функціональна схема жатки ПЗКС — 6 для збору кукурудзи:

1 — мис; 2 — вальці; 3 — відкривні пластини; 4 — різальний апарат;
5 — ланцюг з лапками; 6 — шнек стебел; 7 — приймальний бітер;
8 — шнек качанів; 9 — подрібнювач; 10 — бітер похилої камери;
11 — трубопровід

Тому шнековий конвеєр залишається невід'ємною частиною зернозбиральної техніки, що в свою чергу впливає на ефективне збирання зернових культур.

Іншим представником де використовуються гвинтові конвеєри є перевантажувальні причеми. Рисунок 2.2.3.

Рисунок 2.3 - Перевантажувальний причеп ПБН-40

Вони забезпечують велику продуктивність та мобільність, що дозволяє скоротити час збору врожаю та можливість використання їх на різних полях, куди не завжди може потрапити машина зі звичайним зерновим бункером; зменшує втрати зерна при постійній перегрузці з місця на місце. В такому сільськогосподарському обладнанні циліндрові конвеєри можуть бути горизонтальні, вертикальні та похилі.

Горизонтальні призначені для подачі матеріалу з причепа до похилого або вертикального конвеєра. Вертикальні використовуються для завантаження на необхідну висоту матеріалу. Похилі використовуються для подачі матеріалу під кутом, що в свою чергу дозволяє завантажити бункер причепа, який має високі сорти.

В сучасних системах гвинтового конвеєра, які встановлюються на такі перевантажувачі є ряд додаткових функцій, які полегшують працю робітнику. Це системи зважування і контролю – дозволяє контролювати

навантаження, система очищення конвеєра — видалення залишків з конвеєра, дистанційне керування — можна працювати не виходячи з кабіни трактора та гідравлічний привід, який забезпечить плавне регулювання кута нахилу гвинта і швидкості його обертання.

На ринку вже є багато виробників, які пропонують такі системи перевантаження, тому при виборі слід враховувати його характеристики, матеріали та ціновий аспект [20].

Тому гвинтові конвеєри є ключовим елементом в перевантажувальних причепах, які впливають на ефективність праці сільськогосподарського підприємства.

Також існують шнекові перевантажувачі, які працюють від коробки передач трактора. Вони є ефективним рішенням у сільському господарстві. Трактор використовується як джерело енергії — крутний момент від коробки через вал відбору потужності передається на механізм транспортера. Такого типу конвеєри мають ряд плюсів:

- 1) мобільність — можна використовувати його в різних місцях
- 2) універсальність — переміщення не тільки зернових, а й різних сипучих матеріалів
- 3) ефективність — висока продуктивність і швидкість транспортування

При виборі такого обладнання слід звертати увагу на те, що саме транспортується, куди і на яку відстань, сумісність з трактором.

На Рисунку 2.2.4 показано електричний розвантажувач (завантажувач) вагонів хоперів PBM — 180E виробництва Kobzarenko Sp. z o.o — Польща [21].

Рисунок 2.2.4 — Електричний розвантажувач (завантажувач) вагонів
хоперів RBM — 180E

Тому шнекові транспортери є одними із найпопулярніших в використанні як у вигляді стаціонарного обладнання на виробництві, так і в мобільних станціях і в робочих машинах.

РОЗДІЛ III

КОНСТРУКТОРСЬКИЙ

Для розрахунку конвеєра приймаємо: продуктивність становить $P=35$ т/год; діаметр шнека $D=0,4$ м; насипна маса зерна $\rho_p=800$ кг/м³; довжина конвеєра $L=10$ м.

Наш вибір для транспортування зерна — одноходовий шнековий транспортер із суцільною гвинтовою поверхнею.

Визначаємо дійсну продуктивність конвеєра.

$$P=60 \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot n_r \cdot \rho_p \cdot C_\beta \cdot \psi \cdot \epsilon, \quad (3.1)$$

де: D — діаметр гвинта;

t — крок гвинта, мм;

n_r — частота обертання гвинта, об/хв;

ψ — коефіцієнт наповнення жолоба конвеєра;

C_β — коефіцієнт, який залежить від кута нахилу конвеєра.

Для зерна, беремо $\epsilon=0,8$. Для попереднього розрахунку вибираємо гвинт діаметром 400 мм, з кроком $\epsilon=0,8 \cdot 400=320$.

Частота обертання гвинта має задовольняти умову:

$$n_r \leq n_{r \max} \quad (3.2)$$

Найбільшу частоту обертання гвинта визначаємо за емпіричною формулою:

$$n_{r \max} = K / \sqrt{D} = 65 / \sqrt{0,4} = 102,7 \text{ об/хв}, \quad (3.3)$$

де: K — дослідний коефіцієнт. Беремо $n_r=45$ об/хв

Для легкого і неабразивного матеріалу значення параметрів $K=65$ і $\psi=0,4$, а при $\beta=0^\circ$, $C_\beta=1,0$.

При таких параметрах ,гвинтовий конвеєр забезпечує продуктивність:

$$\Pi = 60 \cdot 320 \cdot 45 \cdot 0,8 \cdot 0,4 \cdot 1 \cdot \frac{3,14 \cdot 0,4^2}{4} = 34,7 \text{ т/год}$$

отже ,повторний розрахунок конвеєра не потрібний.

Визначаємо потужність на валу гвинта(в кВт) за формулою:

$$P_0 = (k_y \Pi / 367) (L \omega_0 + H) = (1,2 \cdot 35) (10 \cdot 1,2 + 0) = 1,37 \text{ кВт}, \quad (3.4)$$

де: $k_y = 1,2$ — коефіцієнт запасу

$L = 10 \text{ м}$ — довжина конвеєра

$\omega_0 = 1,2$ — коефіцієнт опору руху

$H = 0 \text{ м}$ — висота підйому зерна, конвеєр має горизонтальне положення.

Потужність електродвигуна(в кВт) визначаємо за формулою:

$$P = P_0 / \eta_{пр} = 1,37 / 0,85 = 1,6 \text{ кВт}, \quad (3.5)$$

де: $\eta_{пр} = 0,85$ — коефіцієнт корисної дії приводу.

За каталогом вибираємо електродвигун типу АИР10034,потужністю 3,0 кВт, частотою обертання 1400 об/хв.

3.2 Кінематичний розрахунок

Визначаємо передаточне число редуктора за формулою

$$u = n_{дв} / n_{ш} = 1400 / 45 = 31,1 \quad (3.6)$$

Крутний момент на вихідному валу редуктора визначається за умовою:

$$T_2 = 9,55 \left(\frac{P_0}{n_{\text{ш}}} \right) = 9,55 \left(\frac{1400}{45} \right) = 297,1 \text{ Нм}, \quad (3.7)$$

де: $P_0 = 1400$ Вт-потужність на вихідному валу редуктора

$n_{\text{ш}} = 45 \text{ об/хв}$ — частота обертання вихідного вала редуктора

Обираємо для встановлення редуктор 1Ц2У — 125 з передаточним числом $i_p = 31,5$, номінальним крутним моментом на вихідному валу редуктора 799 Нм , ККД редуктора $\eta_p = 0,98$, діаметром вхідного вала 20 мм , а вихідного — 45 мм [27].

Уточнюємо число обертів шнека (об/хв): $n_{\text{ш}} = \frac{n_{\text{дв}}}{i_p} = \frac{1400}{31,5} = 44,4 < n_{\text{max}}$,

що відповідає умові:

Крутний момент на валу гвинта (в Нм):

$$T_2 = 9,55 \left(\frac{P_0}{n_{\text{ш}}} \right) = 9,55 \left(\frac{1400}{44,4} \right) = 301,1 \text{ Нм} \quad (3.8)$$

3.3 Конструктивний розрахунок

Визначаємо діючу на гвинт осьову силу за формулою (в кг):

$$F_0 = \frac{T_2}{r_0 \tan(\alpha + \rho)}, \quad (3.9)$$

де: r_0 — радіус, на якому прикладена осьова сила, м

α — кут підйому гвинтової лінії

ρ — приведений кут тертя зерна по поверхні зернової маси

Визначаємо радіус прикладання до гвинта осьової сили:

$$r_0 = (0,7 \cdot 0,8) / 2 = 0,28 \text{ м} \quad (3.10)$$

Приймаємо $r_0 = 0,15 \text{ м}$

Для зерна $\text{tg } \rho' = 33^\circ$

Звідки $\rho' = 33^\circ$

Визначаємо кут підйому гвинтової лінії:

$$\text{tg } \alpha = t / (2\pi r_0) = 0,32 / (2 \cdot 3,14 \cdot 0,15) = 0,34, \quad (3.11)$$

Звідки $\alpha = 18^\circ$, де $t = 0,32 \text{ м}$ — крок гвинта.

Всі ці величини підставляємо у формулу (3.9) і визначаємо діючу на гвинт осьову силу.

$$F_0 = \frac{301,1}{0,15 \cdot 9,81 \cdot \tan(33 + 18)} = 889 \text{ кг}$$

Розрахунок діаметра вала гвинта проводимо на кручення по допустимим дотичним напруженням.

$$\tau_k = T_2 / W_p \leq [\tau_k] \quad (3.12)$$

де: $T_2 = 301,1 \text{ Нм}$ — крутний момент на валу гвинта

W_p — полярний момент опору крутного перерізу вала

$[\tau_k] = 25 \text{ МПа}$ — допустима напрутка на кручення для валів з вуглецевої сталі

Визначаємо полярний момент опору

$$W_p = \frac{T_2}{[\tau_R]} = \frac{301,1}{15 \cdot 10^{-6}} = 12,04 \cdot 10^{-6} \quad (3.13)$$

Виходячи з формули:

$$W_p = \frac{\pi \cdot d^3}{16} \quad (3.14)$$

Визначаємо діаметр вала гвинта(в м.):

$$d = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot W_p}{\pi}} = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot 12,04 \cdot 10^{-6}}{\pi}} = 2,9 \cdot 10^{-6} \quad (3.15)$$

Приймаємо $d_b = 70$ мм (діаметр вихідного вала редуктора 45 мм.)

Розрахунковий крутний момент для муфти між редуктором і шнеком визначають за формулою:

$$T_3 = k_p T_2 = 1,5 \cdot 301,1 = 451,6 \text{ Нм} \quad (3.16)$$

де: $k_p = 1,5$ -коефіцієнт режиму роботи.

Приймаємо до встановлення втулково-пальцеву муфту з допустимим крутним моментом $[T_p] = 1000$ Нм з розмірами: діаметр під пальці $D_0 = 176$ мм, число пальців $z = 10$ шт., довжина втулки $l = 36$ мм, діаметр пальця $d_{п} = 18$ мм [27].

Перевіряємо гумові втулки на зминання їх поверхонь при дотику з пальцями:

$$\sigma_{зм} = F / (d_{п l_B}) \leq [\sigma_{зм}] \quad (3.17)$$

де F_t — колова сила, що передається одним пальцем (в Н)

$$F_t = \frac{451,1}{0,5 \cdot 0,176 \cdot 10} = 513,2 \quad (3.18)$$

$$\sigma_{3M} = \frac{513,2}{36 \cdot 18 \cdot 10^{-6}} = 0,79 \cdot 10^6 \text{ Па} < [\sigma_{3M}] = 2,0 \text{ МПа}$$

де: $[\sigma_{3M}] = 2,0 \text{ МПа}$ — допустима напруга зминання гуми.

Умовне позначення муфти: Муфта пружина втулково-пальцева МУВП 100 — 45-1.55 — 1 — УЗ ISO 10441:2007 [27].

Визначаємо крутний момент на валу електродвигуна за формулою (в Нм)

$$T_{\text{дв}} = \frac{9,55 \cdot P_{\text{дв}}}{n_{\text{дв}}} = \frac{2,57 \cdot 3000}{1470} = 20,4 \quad (3.19)$$

Розраховуємо крутний момент

$$T_4 = 1,5 \cdot 20,3 = 30,5 \text{ Нм}$$

Приймаємо для з'єднання валу двигуна і валу редуктора втулково-пальцеву муфту з допустимим крутним моментом $[T_p] = 63 \text{ Нм}$ з параметрами: $D_1 = 70 \text{ мм}$, $d_{\text{ш}} = 10 \text{ мм}$, $r_p = 15 \text{ мм}$, $z_{\text{ш}} = 6 \text{ шт.}$

Колова сила

$$F_t = \frac{30,6}{0,5 \cdot 70 \cdot 6 \cdot 10^{-3}} = 146 \text{ Н}$$

Тоді

$$\sigma_{3M} = \frac{146}{10 \cdot 15 \cdot 10^{-6}} = 0,97 \cdot 10^6 \text{ Па} < [\sigma_{3M}] = 2,0 \text{ МПа}$$

Умовне позначення муфти: муфта пружина втулково-пальцева МУВП 63-18-1.20-1 УЗ ISO 10441:2007

Підшипники кочення підбираємо по динамічній вантажопідйомності

$$C_{тр} \leq C$$

де $C_{тр}$ — розрахункова динамічна вантажопідйомність (Н)

C — допустима динамічна вантажопідйомність підшипника

Визначаємо значення динамічної вантажопідйомності за формулою:

$$C_{тр} = (XVF_r + YF_a) K_6 \cdot K_T (6 \cdot 10^{-5} n L_n)^{1/\alpha} \quad (3.20)$$

де: $X=0,46$ -коефіцієнт радіального навантаження

$Y=1,46$ -коефіцієнт осьового навантаження

$V=1,2$ -коефіцієнт обертання

$F_r=0$ Н-радіальне навантаження підшипника

$F_a=325 \cdot 9,81=3188$ Н — осьове навантаження підшипника

$K_6=2$ - коефіцієнт безпеки

$K_T=1,0$ - температурний коефіцієнт

$n=45$ об/хв - частота обертання вала

$L_n=15 \cdot 10^3$ год - довговічність підшипника

$\alpha=3$ – величина, що залежить від типу підшипника

Тоді

$$C_{тр} = (0,46 \cdot 1,2 \cdot 0 + 1,46 \cdot 3188) \cdot 2 \cdot 1 \cdot (6 \cdot 10^{-5} \cdot 45 \cdot 15 \cdot 10^3)^{1/3} = 31975 \text{ Н} = 40 \text{ кН}$$

Приймаємо до встановлення підшипники кулькові радіально-упорні однорядні середньої серії 46312 ISO 104:2015 діаметром 60 мм з допустимою вантажопідйомністю $C = 66,6 \text{ кН}$ [26].

Рисунок 3.1. - Схема навантаження на вал проміжної секції

Визначаємо епюри згинаючого і крутного моментів. Реакції R_a і R_b в (Н) за формулою:

$$R_a = \frac{\frac{P_{\text{попр}} \cdot l^2}{2 \cdot l} + P_{\text{ос}} \cdot r}{l} = \frac{\frac{846 \cdot 5^2}{2 \cdot 5} + 1740 \cdot 0,126}{5} = 466 \quad (3.21)$$

де: $P_{\text{попр}} = 846 \text{ Н}$ — поперечне навантаження

$P_{\text{ос}} = 1740 \text{ Н}$ — осьова сила

$r = 0,126 \text{ м}$ — радіус прикладеної сили

$$R_a = \frac{\frac{P_{\text{попр}} \cdot l^2}{2 \cdot l} - P_{\text{ос}} \cdot r}{l} = \frac{\frac{846 \cdot 5^2}{2 \cdot 5} - 1740 \cdot 0,126}{5} = 379 \quad (3.22)$$

Будуємо епюри згинаючого і крутного моментів в (Нм)

$$M_{зг1} = R_a \cdot \frac{l}{2} - \frac{P_{попр} \cdot l^2}{8 \cdot l} = 466 \cdot \frac{5}{2} - \frac{5^2 \cdot 846}{8 \cdot 5} = 636 \quad (3.23)$$

$$M_{зг2} = R_a \cdot \frac{l}{2} - \frac{P_{попр} \cdot l^2}{8 \cdot l} = 379 \cdot \frac{5}{2} - \frac{5^2 \cdot 846}{8 \cdot 5} = 418 \quad (3.24)$$

Перевірочний розрахунок вала

Визначаємо для небезпечного перерізу вала запас міцності і зрівнюємо його з допустимим

Визначаємо розрахункові напруження згину σ (Н/мм²)

$$\sigma_{зг} = \frac{M_{зг} \cdot 10^3}{W} \quad (3.25)$$

де $M_{зг}$ — сумарний згинаючий момент в перерізі вала, в Нм

W — осьовий момент опору перерізу вала, мм³

$$M_{зг} = \sqrt{M_{зг1}^2 + M_{зг2}^2} = \sqrt{636^2 + 418^2} = 761 \quad (3.26)$$

$$W = 0,1 \cdot d^3 = 0,1 \cdot 34^3 = 3930 \quad (3.27)$$

де d — діаметр вала в небезпечному перерізі, мм

Всі знайдені значення підставляємо в формулу:

$$\sigma_{зг} = \frac{761 \cdot 10^3}{3930} = 193 \quad (3.28)$$

Дотичні напруження змінюються по нульовому циклу, при якому амплітуда циклу τ_a рівна половині розрахункових напружень кручення τ_k .

$$\tau_a = \frac{M_{кр}}{2 \cdot W_p} \quad (3.29)$$

де: $M_{кр} = 180,5 \text{ Нм}$ — крутний момент перерізу вала

W_p — полярний момент інерції, мм^3 .

$$W_p = 0,2 \cdot d^3 = 0,2 \cdot 34^3 = 7860,8 \quad (3.30)$$

$$\tau_a = \frac{180,5 \cdot 10^3}{2 \cdot 7860,8} = 11,4$$

Визначаємо коефіцієнт концентрації нормальних і дотичних напружень для розрахункового перерізу вала:

$$(K_\sigma) = \left(\frac{K_\sigma}{K_d} + K_f - 1 \right) \cdot \frac{1}{K_y} \quad (3.31)$$

$$(K_\tau) = \left(\frac{K_\tau}{K_d} + K_f - 1 \right) \cdot \frac{1}{K_y} \quad (3.32)$$

де: $K_\sigma = 2,2$ і $K_\tau = 1,5$ — ефективні коефіцієнти концентрації нормального напруження.

$K_d = 0,88$ — коефіцієнт впливу абсолютних розмірів поперечного перерізу

$K_f = 1,0$ — коефіцієнт впливу шорсткості

$K_y = 1,5$ — коефіцієнт впливу поверхневого натягу

Підставляємо значення в формули:

$$(K_\sigma) = \left(2 \frac{2}{0,88} + 1 - 1 \right) \cdot \frac{1}{1,5} = 1,65$$

$$(K_{\tau}) = (1 \frac{6}{0},88 + 1 - 1) * \frac{1}{1},5 = 1,2$$

Визначаємо границю міцності в (Н/мм²) в перерізі вала

$$(\sigma_{-1})_D = \frac{\sigma_{-1}}{(K_{\sigma})} \quad (3.33)$$

$$(\tau_{-1})_D = \frac{\tau_{-1}}{(K_{\sigma})} \quad (3.34)$$

де σ_{-1} і τ_{-1} – границя міцності при симетричному циклі відповідно згину і кручення, Н/мм².

$$\sigma_{-1} = 0,5 * \sigma_B = 0,5 * 700 = 350 \quad (3.35)$$

$$\tau_{-1} = 0,58 * \sigma_{-1} = 0,58 * 350 = 203 \quad (3.36)$$

Підставляємо знайдені значення у формули і отримуємо:

$$(\sigma_{-1})_D = \frac{350}{1,65} = 212,12$$

$$(\tau_{-1})_D = \frac{203}{1,2} = 169,16$$

Знаходимо коефіцієнт запасу міцності по нормальним дотичним напруженням за формулами:

$$S_{\sigma} = \frac{(\sigma_{-1})_D}{\sigma_a} = \frac{212,12}{74,5} = 2,85 \quad (3.37)$$

$$S_{\tau} = \frac{(\tau_{-1})_D}{\tau_a} = \frac{169,16}{1,15} = 147 \quad (3.38)$$

Визначаємо загальний коефіцієнт запасу міцності в небезпечному перерізі за формулою:

$$S = \frac{S_{\sigma} \cdot S_{\tau}}{\sqrt{S^2 + S^2}} = \frac{2,85 \cdot 1,47}{\sqrt{2,85^2 + 1,47^2}} = 2,82 \geq 1,5 \quad (3.39)$$

де: $[S] = 1,6$ – допустимий коефіцієнт запасу міцності.

Умова $S > [S]$ виконується. Запас міцності гвинта забезпечений.

Знаходимо полярний момент опору поперечного перерізу вала (Нм) по формулі:

$$W_p = \frac{M_{кр}}{[\tau_k]} = \frac{180,5}{20 \cdot 10^6} = 9 \cdot 10^{-6} \quad (3.40)$$

де: $[\tau_k] = 20 \text{ МПа}$ — допустиме напруження на кручення

$M_{кр} = 180,5 \text{ Нм}$ — крутний момент перерізу вала.

Розраховуємо діаметр вала гвинта (мм) за формулою:

$$W_p = \frac{\pi \cdot d^3}{16} \quad (3.41)$$

$$d_B = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot W_p}{\pi}} = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot 9 \cdot 10^{-6}}{\pi}} = 34,1 \quad (3.42)$$

За стандартами, вибираємо діаметр вала гвинта, що становить 34 мм.

Діаметр вала під підшипник знаходимо з рівняння міцності за гіпотезою найбільших дотичних напружень (III теорія міцності) [28]

$$\sigma_{екв} = \frac{\sqrt{M_{\sigma}^2 + M_{\tau}^2}}{W_x} \leq [\sigma_{\sigma}] \quad (3.43)$$

де: $M_{зг1}$ — сумарний згинаючий момент в небезпечному перерізі вала, Нм

$M_{кр}$ — крутний момент перерізу вала, що дорівнює 180,5 Нм.

$[\sigma_{зг}]_{-1}$ — допустиме напруження згину, Н/мм²

W_x — осьовий момент згину круглого перерізу вала, Нм

Знаходимо сумарний згинаючий момент в небезпечному перерізі вала

$$M_{зг} = \sqrt{M_{зг1}^2 + M_{зг2}^2} = \sqrt{636^2 + 419^2} = 761 \quad (3.44)$$

Знаходимо допустиме напруження згину (Н/мм²) за формулою:

$$[\sigma_{зг}]_{-1} = \frac{\sigma_{-1}}{[n] \cdot K_\sigma} \cdot k_{pu} = \frac{701}{2 \cdot 2} \cdot 1,5 = 112,8 \quad (3.45)$$

де: $[n] = 2$ — коефіцієнт запасу міцності

$k_{pu} = 1,5$ - коефіцієнт режиму навантаження при розрахунку на згин

$K_\sigma = 2$ — ефективний коефіцієнт концентрації напружень

σ_{-1} — границя витривалості при симетричному циклі напружень

$$\sigma_{-1} = 0,43 \cdot \sigma_B = 0,43 \cdot 700 = 301 \text{ Нм}$$

де $\sigma_B = 700 \text{ Н/мм}^2$ — границя міцності вала гвинта

Із формули знаходимо W_x в (Нм), підставляючи всі знайдені значення у формули:

$$M_{зг} = \frac{\sqrt{M_{зг1}^2 + M_{зг2}^2}}{[\sigma_{зг}]} = \frac{\sqrt{636^2 + 418^2}}{112,8} = 71 \quad (3.46)$$

Звідси знаходимо діаметр вала, в мм під підшипник:

$$W_p = \frac{d^2 \cdot \pi}{32}$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot W_x}{\pi}} = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot 2488}{3,14}} = 29,3 \quad (3.47)$$

Зі стандартів приймаємо, що діаметр вала під підшипник становить 30 мм.

Знаходимо діаметр вала під напівмуфту використовуючи формулу без урахування згинаючого моменту, бо в даній ділянці вала він відсутній.

Формула має такий вигляд:

$$\sigma_{\text{екв}} = \frac{\sqrt{M_{\text{кр}}^2}}{W_x} \leq [\sigma_{2.3}] \cdot 1$$

Звідси:

$$W_x = \frac{\sqrt{M_{\text{кр}}^2}}{\frac{112,8}{160,5^2}} = 16 \text{ мм} \quad (3.48)$$

З цієї формули знаходимо діаметр вала:

$$d = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot W_x}{\pi}} = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot 16}{3,14}} = 16$$

Зі стандартів беремо діаметр вала напівмуфти 18 мм.

Розрахунок підшипників

Вал гвинта підтримується кінцевими підшипниками, а в якості опор вала використовуються підшипники кочення. Відповідність підшипників визначається порівнянням розрахункової вантажопід'ємності $C_{\text{вант}, H}$, з базовою C_b або базовою довговічністю L_{10H} з потрібною L_{1h} . Повинна виконуватись умова: $C_{\text{вант}} \leq C_b$ або $L_{10h} \geq L_{1h}$. [27]

Для гвинтового конвеєра потрібна довговічність, тому $L_h = (40+50) \cdot 10^3$ год

По діаметру вала із каталогу вибираємо підшипник роликовий 7606 з такими параметрами: $d=30$ мм, $D=72$ мм, $T=29$ мм, $c=23$, $Y=1,882$, $e=0,319$, $C_B=51$ кН $Y_0=1,035$.

Рисунок 3.2. - Схема навантаження на підшипники

Для роликопідшипників характерні співвідношення:

$$R_{s1} = 0,83eP_{r1}, R_{s2} = 0,83eP_{r2} \quad (3.49)$$

де: e — корегуючий коефіцієнт.

$$R_{r1} = R_a = 214 \text{ Н}$$

$$R_{r2} = R_b = 203 \text{ Н},$$

$F_a = P_{oc}$ — вісьова сила в зачепленні, Н.

$$R_{s1} = 0,83 \cdot 0,319 \cdot 214 = 56,8 \text{ Н}$$

$$R_{s2} = 0,83 \cdot 0,319 \cdot 203 = 53,9 \text{ Н}$$

$$R_{a1}=R_{s1}; R_{a2}=R_{s1}+F_a; R_{a1}=56,8\text{H}$$

$$R_{a2}=56,8+1740=1796\text{H}$$

Визначаємо еквівалентне динамічне навантаження підшипників за формулою:

$$R_e=(X*V*R_r+y*R_a)*K_\sigma*K_T, \text{ при } \frac{R_a}{V*R_r} \geq e \quad (3.50)$$

$$R_e=V*R_r*K_\sigma*K_T, \text{ при } \frac{R_a}{V*R_r} \leq e \quad (3.51)$$

де: $K_\sigma=1$ — коефіцієнт небезпеки

$X=0,4$ — коефіцієнт радіального навантаження

$V=1$ — коефіцієнт обертання

$K_T=1$ — температурний коефіцієнт при робочій температурі до 100°C .

Знаходимо для кожного підшипника відношення $\frac{R_a}{V*R_r}$ та порівнюємо його з допустим:

$$\frac{56,8}{1*214} = 0,27 \leq 0,32;$$

$$\frac{1796}{1*203} = 8,8 \geq 0,32$$

Знаходимо еквівалентне динамічне навантаження H для кожного підшипника за формулами:

$$R_e=(0,4*1*203+1,88*1796)*1*1=3457$$

$$R_e = 1 * 214 * 1 * 1 = 214$$

Визначаємо розрахункову динамічну вантажопід'ємність в кН за формулою:

$$C_{рап} = R_e * \sqrt[3]{3360 \cdot n \cdot \frac{L_d}{a_1 \cdot a_{23} \cdot 10^6}} = 3457 * \sqrt[3]{3360 \cdot 71 \cdot \frac{0 \cdot 10^3}{1 \cdot 0,6 \cdot 10^6}} = 20,1 \quad (3.52)$$

де: $m=3,33$ — показник ступені

$n=71$ об/хв — частота обертання внутрішнього кільця підшипниками

$a_{23}=0,6$ — коефіцієнт, який враховує вплив якості підшипника і якості його експлуатації

$a_1=1$ — коефіцієнт надійності підшипників

Знаходимо базову довговічність підшипників в год, по формулі:

$$L_{10h} = a_1 * a_{23} * \frac{10^6}{60 \cdot n} \cdot \left(\frac{C_R}{R} \right)^m = 1 * 0,6 * \frac{10^6}{60 \cdot 71} \cdot \left(\frac{20,1}{3457} \right)^{3,33} = 49982 \quad (3.53)$$

Умови $C_{рап} \leq C_v$ і $L_{10h} \geq L_h$ виконуються. Підшипники підібрані вірно.

Підбір муфт

Муфта для з'єднання вала двигуна та вала редуктора

Визначаємо крутний момент, який передає муфта в Нм за формулою:

$$T = 9,55 * \frac{N}{n} = 9,55 * \frac{1600}{1400} = 10,9 \quad (3.54)$$

де: $n=1400$ об/хв — частота обертання двигуна

$N=1,6 * 10^3=1600$ Вт — потужність двигуна

Визначаємо розрахунковий момент в Нм за формулою ,де коефіцієнт режиму роботи $k_p=2$.

$$T_p = k_p \cdot T = 2 \cdot 10,9 = 21,8 \quad (3.55)$$

За ISO 10441:2007 вибираємо пружну втулково-пальцеву муфту для якої допустимий розрахунковий момент 32Нм з внутрішнім діаметром 18 мм.[28]

Для з'єднання з вихідним валом розточуємо муфту до 19 мм. А отже, параметри муфти будуть такі: $D=56$ мм, $L=84$, $B=2$,а число пальців — 3.

Перевіряємо резикові втулки на змицання, поверхні яких доторкаються до пальців:

$$\sigma_{3M} = \frac{F_t}{(d_n \cdot l_b)} \leq [\sigma_{3M}] \quad (3.56)$$

де: F_t – колова сила,що передається одним пальцем,Н

$$F_t = \frac{T_p}{0,5 \cdot D_1 \cdot z} = \frac{14,7}{0,5 \cdot 90 \cdot 4 \cdot 10^{-3}} = 81,6 \quad (3.57)$$

Знайдене значення підставляємо в формулу і отримуємо:

$$\sigma_{3M} = \frac{81,6}{(10 \cdot 15) \cdot 10^{-6}} = 0,54 \cdot 10^6 \leq [\sigma_{3M}] = 2 \text{ МПа}$$

Муфта для з'єднання вала редуктора з валом гвинта

Крутний момент муфти

$$M_{кр} = T = 180,5 \text{ Нм}$$

Розрахунковий момент:

$$T_p = 2 \cdot 180,5 = 361 \text{ Нм}$$

За ISO 10441:2007 вибираємо пружну втулково-пальцеву муфту, для якої допустимий розрахунковий момент буде 450 Нм, внутрішній діаметр — 28 мм, а розміри: $D=120$ мм, $L=125$, $B=4$, число пальців — 3[27].

Кілову силу, яка передається одним пальцем розраховуємо в Н по формулі:

$$F_t = \frac{86,5}{0,5 \cdot 120 \cdot 4 \cdot 10^{-3}} = 752$$

Перевіряємо гумові втулки на зминання поверхні їх дотикання з пальцями за формулою

$$\sigma_{зм} = \frac{752}{(14 \cdot 28) \cdot 10^{-6}} = 1,91 \cdot 10^6 \leq [\sigma_{зм}]$$

Умова $\sigma_{зм} \leq [\sigma_{зм}]$ виконується, а отже муфти підібрано вірно.

РОЗДІЛ IV

ОХОРОНА ПРАЦІ І НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА ТА ЕКОНОМІКА

4.1 Охорона праці

В Україні безпека праці в зернопереробній галузі регулюється широким спектром нормативно-правових актів з охорони праці. Основними серед них є:

1. Закон України "Про охорону праці", який окреслює ключові засади державної політики у сфері охорони праці. Він регламентує взаємовідносини між роботодавцями та працівниками щодо забезпечення безпеки, гігієни праці та належного виробничого середовища. У ньому визначаються обов'язки роботодавців щодо створення безпечних умов праці, проведення відповідних інструктажів, надання засобів індивідуального та колективного захисту, а також порядок розслідування нещасних випадків і професійних захворювань, а також гарантує працівникам право на отримання інформації про умови праці, можливість відмови від виконання небезпечної роботи та право на соціальне страхування у разі нещасних випадків або професійних захворювань. Він передбачає систему державного управління та нагляду у сфері охорони праці, а також участь профспілок у вирішенні відповідних питань. Крім того, встановлюється відповідальність за порушення вимог законодавства з охорони праці[23].
2. Правила охорони праці для працівників, які виконують роботи зі зберігання та переробки зерна (НПАОП 0.00-1.82-18)-є нормативно-правовий акт, який регулює питання охорони праці під

час виконання робіт із дроблення, сортування, збагачення корисних копалин та огрудкування руд і концентратів. Ці правила встановлюють вимоги до безпечного ведення робіт на підприємствах, що займаються відповідною гірничодобувною діяльністю. Документ визначає стандарти безпеки для обладнання, організацію робочих місць, порядок навчання працівників, а також інші заходи, які мають на меті зменшення ризику виробничого травматизму та професійних захворювань у цій сфері[23].

3. Державні будівельні норми (ДБН В.2.2-8-98) "Підприємства, будівлі і споруди по зберіганню та переробці зерна"-це державні будівельні норми, які регламентують проектування підприємств, будівель і споруд, що призначені для зберігання та переробки зерна. Цей нормативний документ містить обов'язкові вимоги для нового будівництва, розширення, реконструкції та технічного переоснащення таких об'єктів, як елеватори, зерносклади, млини, комбікормові заводи та інші споруди зернопереробної галузі. Він охоплює:
- Вимоги до розміщення будівель і споруд на генеральному плані.
 - Принципи об'ємно-планувальних і конструктивних рішень.
 - Проектування інженерних систем, електропостачання та освітлення.
 - Конструктивні рішення для силосів, бункерів, несучих і захисних елементів.
 - Вимоги щодо пожежної безпеки та охорони довкілля.
- Основною метою цього ДБН є забезпечення безпечної, надійної та ефективної роботи об'єктів зернопереробної промисловості. Варто враховувати, що з часом до нього вносилися зміни, а деякі положення могли бути частково скасовані або замінені новими нормативами[23].

4. Галузеві норми щодо забезпечення працівників спецодягом, спецвзуттям та іншими засобами індивідуального захисту (ЗІЗ) встановлюють обов'язкові мінімальні вимоги до безоплатної видачі таких засобів працівникам різних професій у відповідних галузях. Основні положення включають:
- Перелік необхідних ЗІЗ (наприклад, бавовняний костюм, гумові чоботи, комбіновані рукавиці, респіратор), які мають бути надані залежно від характеру роботи.
 - Визначення строків носіння та використання цих засобів.
 - Обов'язковість дотримання норм усіма підприємствами, організаціями та установами у відповідній галузі.
 - Розробку та затвердження норм профільними міністерствами та відомствами за участю профспілок.
 - Головна мета — захист працівників від впливу шкідливих або небезпечних факторів виробництва [23].
5. Санітарні норми та правила (ДСанПіН, ДСН, ДСП) встановлюють гігієнічні вимоги до умов праці у виробничому середовищі. Вони регламентують допустимі показники мікроклімату, освітлення, рівня шуму, вібрації, електромагнітного випромінювання та інших потенційно шкідливих або небезпечних чинників. Ці документи визначають гранично допустимі концентрації (ГДК) шкідливих речовин у повітрі робочої зони, щоб забезпечити безпеку та збереження здоров'я працівників. Серед прикладів такі документи, як: Державні санітарні норми і правила, що класифікують умови праці за рівнем шкідливості й небезпеки, важкості та напруженості

трудового

процесу;

Санітарні норми мікроклімату у виробничих приміщеннях (ДСН ЗЗ 6.042-99)[22].

6. Норми та правила пожежної безпеки (НАПБ) встановлюють обов'язкові вимоги для запобігання виникненню пожеж, а також для забезпечення ефективного реагування у разі їх виникнення. Вони охоплюють порядок оснащення об'єктів первинними засобами пожежогасіння, вимоги до технічного стану пожежного обладнання, належного утримання евакуаційних шляхів і виходів тощо. Яскравим прикладом є документ НАПБ А.01.001-2014 — «Правила пожежної безпеки в Україні»-Цей нормативно-правовий акт встановлює універсальні вимоги пожежної безпеки, які поширюються на всі будівлі, споруди, приміщення та території в межах України — незалежно від форми власності чи напрямку діяльності.

Документ має основні такі положення:

- Загальні принципи організації пожежної безпеки.
- Відповідальність керівників та уповноважених осіб за забезпечення протипожежного захисту.
- Порядок утримання будівель, територій, приміщень, зокрема евакуаційних шляхів та виходів.
- Вимоги до інженерних систем і протипожежного обладнання — таких як сигналізація, системи гасіння пожежі та димовидалення
- Дії у випадку пожежі, організацію навчання та проведення протипожежного інструктажу.
- Норми щодо оснащення об'єктів первинними засобами пожежогасіння.

Ці правила є обов'язковими для виконання всіма юридичними та фізичними особами, спрямовані на попередження пожеж, безпечну евакуацію та мінімізацію їх наслідків.

7. У сфері охорони праці Україна має можливість впроваджувати міжнародні стандарти, зокрема нормативи ISO, а також директиви та норми Європейського Союзу.

Важливу роль у формуванні національної політики відіграють конвенції та рекомендації Міжнародної організації праці (МОП), які слугують орієнтирами для забезпечення безпечних і здорових умов праці[23].

На підприємствах цієї галузі охорона праці має надзвичайно важливе значення для збереження життя та здоров'я працівників. Через особливості виробничого процесу, який включає роботу з сипучими матеріалами, рухомими механізмами, наявність вибухонебезпечного пилу та інші небезпечні фактори, виникає необхідність у впровадженні низки обов'язкових заходів і вимог з охорони праці.

Виконання вимог охорони праці є необхідною умовою для всіх підприємств зернопереробної галузі, оскільки воно гарантує захист життя і здоров'я працівників та запобігає виникненню аварій і нещасних випадків на виробництві. Керівники несуть особисту відповідальність за забезпечення безпечного виробничого середовища.

Основні заходи з охорони праці на підприємстві:

1. Організаційні

- Створення та впровадження системи управління охороною праці (СУОП);
- Проведення навчань і інструктажів з охорони праці для всього персоналу;

- Забезпечення працівників спеціальним одягом, взуттям та іншими засобами індивідуального захисту відповідно до галузевих вимог;
- Організація попередніх і періодичних медичних оглядів працівників;
- Розробка та затвердження інструкцій з охорони праці для кожного виду робіт і професій;
- Визначення та маркування небезпечних зон на виробництві;
- Оформлення нарядів-допусків для виконання робіт підвищеної небезпеки;
- Проведення оцінки ризиків на робочих місцях;
- Здійснення постійного контролю за дотриманням вимог охорони праці.

2. Технічні:

- Оснащення рухомих частин обладнання захисними огороженнями;
- Установку блокувальних пристроїв для запобігання випадковому запуску чи зупинці механізмів;
- Організацію надійного заземлення електрообладнання;
- Монтаж систем вентиляції та пиловіддалення з метою зниження рівня зашкідливості повітря;
- Регулярне проведення профілактичних оглядів та технічного обслуговування обладнання;
- Оснащення конвеєрів аварійними кнопками зупинки;
- Забезпечення достатнього рівня освітлення на робочих місцях;
- Обробку дерев'яних конструкцій спеціальними вогнезахисними засобами;
- Встановлення систем блискавкозахисту на зерноскладах;
- Контроль температурного режиму зерна у зерносушарках;
- Забезпечення наявності та справності первинних засобів пожежогашіння.

3. Вимоги до роботи з окремим обладнання або видом робіт:

- Під час виконання робіт у силосах і бункерах допускається вхід лише після перевірки повітря на відсутність шкідливих газів і за умови використання страхувальних засобів. Заборонено працювати наодинці.
- Під час експлуатації конвеєрів забороняється переходити через стрічку в процесі її роботи, а також виконувати ремонт або очищення рухомих частин під час їх руху.
- При роботі з дробарками та млинами кришки мають бути обладнані надійними фіксаторами, а відкривати їх під час роботи категорично заборонено.
- Зварювальні та інші вогнебезпечні роботи дозволяється виконувати лише за наявності наряду-допуску з обов'язковим дотриманням вимог пожежної безпеки[24].

Щодо правил безпечної експлуатації шнекового конвеєра, те вони спрямовані на запобігання травмуванню працівників, пошкодженню обладнання та виникненню аварійних ситуацій. Дотримання цих правил є обов'язковим для всіх осіб, які працюють зі шнековими конвеєрами або знаходяться поблизу них.

Основні правила охорони праці для таких обладнань:

1. Загальні вимоги безпеки:

- Допуск до роботи: До експлуатації шнекового конвеєра допускаються лише особи, які пройшли відповідне навчання, інструктаж з охорони праці та мають необхідну кваліфікацію.

Ознайомлення з документацією: Перед початком роботи працівник зобов'язаний уважно вивчити інструкцію з експлуатації конкретної моделі шнекового конвеєра.

- Використання спецодягу та ЗІЗ: Під час роботи обов'язкове використання спецодягу, спецвзуття та інших засобів індивідуального захисту — захисних окулярів, рукавиць тощо.
- Перевірка перед пуском: Перед запуском обладнання необхідно здійснити візуальний огляд для виявлення сторонніх предметів, перевірити справність огорожень, кріплень, електропроводки та наявність заземлення.
- Заборона роботи при несправності: Експлуатація обладнання з несправностями категорично заборонена. У разі виявлення будь-яких дефектів необхідно негайно повідомити відповідальну особу та вжити заходів щодо їх усунення.
- Обмеження доступу: Під час роботи конвеєра стороннім особам заборонено перебувати в небезпечній зоні.
- Правила запуску та зупинки: Увімкнення та вимкнення конвеєра слід здійснювати згідно з вимогами інструкції. Перед пуском необхідно переконатися у відсутності ремонтних або інших робіт на обладнанні.
- Аварійне зупинення: Конвеєр має бути обладнаний кнопками аварійної зупинки, розташованими у легкодоступних місцях. У випадку виникнення небезпечної ситуації слід негайно зупинити роботу, скориставшись аварійною кнопкою.

2. Вимоги під час та після роботи транспортера:

- Уникнення перевантаження: Не допускається перевищення встановленої норми завантаження шнекового конвеєра.
- Рівномірне подавання: Матеріал повинен подаватися на конвеєр рівномірно, без ривків і скупчень.
- Постійний контроль: Під час роботи необхідно регулярно контролювати стан конвеєра та хід транспортування матеріалу.

Очищення при засміченні: У разі виникнення засмічень обладнання слід зупинити, відключити від електромережі й лише після цього виконувати очищення спеціальними інструментами. Забороняється проникати руками чи іншими частинами тіла у зону рухомих механізмів.

- Заборона ремонту під час роботи: Заборонено виконувати ремонт, регулювання або змащування деталей, що рухаються, коли конвеєр працює.
- Застосування тільки за призначенням: Лінійний конвеєр дозволено використовувати виключно для транспортування матеріалів. Переміщення людей чи використання в інших цілях заборонене.
- Чистота робочої зони: Необхідно підтримувати обладнання та навколишню територію в чистоті, своєчасно прибираючи розсипаний матеріал.
- Безпечне поводження: Категорично забороняється сидати або спиратися на частини конвеєра як під час його роботи, так і в неробочому стані.
- Стан огорожень: Слід регулярно перевіряти справність захисних огорожень рухомих частин. Робота з пошкодженими або відсутніми огороженнями не допускається.
- Зупинка обладнання: Конвеєр необхідно зупинити згідно з вимогами інструкції з експлуатації.
- Вимкнення живлення: Під час тривалих перерв або перед технічним обслуговуванням обладнання обов'язково відключити від електромережі.
- Очищення: Видалити залишки матеріалу з обладнання.
- Прибирання: Привести до порядку робоче місце.
- Повідомлення про несправності: У разі виявлення технічних проблем повідомити про них відповідальну особу.

3. Додаткові вимоги безпеки(залежить від особливості конвеєра та його розташування):

- Конвеєри у вибухонебезпечних зонах: Для конвеєрів, що експлуатуються у вибухонебезпечному середовищі, необхідно передбачити спеціальні заходи безпеки відповідно до вимог, встановлених для даного типу виробництва.
- Робота з гарячими або хімічно активними матеріалами: Під час транспортування гарячих або агресивних речовин працівники повинні застосовувати відповідні засоби індивідуального захисту та дотримуватися додаткових заходів безпеки.
- Обслуговування на висоті: При виконанні робіт на висоті, зокрема на естакадах або підвищених платформах, працівники зобов'язані використовувати страхувальні пояси та суворо дотримуватись правил безпечної роботи на висоті.

4.2 Охорона навколишнього середовища

Захист навколишнього середовища є невід'ємною складовою діяльності зернопереробних підприємств. Через особливості виробництва у цій галузі утворюється значна кількість відходів, викидів у повітря та стічних вод. Якщо не забезпечити належне управління цими процесами, вони можуть завдати шкоди довкіллю.

В Україні діяльність зернопереробних підприємств у цій сфері підпорядковується широкому колу законодавчих та нормативно-правових актів зокрема:

- Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища» Базовий закон, який визначає загальні принципи державної політики у сфері охорони природи. Він регулює права та обов'язки підприємств у сфері природокористування, встановлює вимоги щодо запобігання забрудненню довкілля.
- Закон України «Про відходи». Визначає порядок поводження з відходами: збирання, зберігання, транспортування, утилізація, знешкодження та захоронення. Zobов'язує підприємства мінімізувати утворення відходів та організовувати їх безпечне управління.
- Закон України «Про охорону атмосферного повітря» Регламентує діяльність підприємств щодо обмеження шкідливих викидів у повітря. Встановлює вимоги до контролю за забруднюючими речовинами, які викидаються в атмосферу.
- Водний кодекс України. Визначає правила використання, охорони та відтворення водних ресурсів. Для підприємств важливий в контексті скидання стічних вод та отримання дозволів на водокористування.
- Земельний кодекс України. Регулює питання раціонального використання та охорони земель. Включає вимоги щодо недопущення забруднення, засмічення, ерозії ґрунтів, що можуть виникати в результаті виробничої діяльності.
- Державні санітарні норми та правила. Містять вимоги до забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя населення, у тому числі щодо рівня забруднення навколишнього середовища, на яке може впливати діяльність підприємств.
- Нормативи ГДВ та ГДС (гранитно допустимих викидів та скидів) Це встановлені межі концентрації забруднюючих речовин, які підприємство може викидати в повітря або скидати у воду без шкоди

для навколишнього середовища. Перевищення цих норм заборонене законом.

Дозвільна документація у сфері охорони навколишнього середовища

До неї належать:

- Дозвіл на викиди в атмосферу — обов'язковий для підприємств, що мають джерела викидів забруднюючих речовин.
- Дозвіл на спеціальне водокористування / скиди стічних вод — дозволяє здійснювати водозбір та скидання.
- Дозвіл на поводження з відходами — дає право на збирання, зберігання, утилізацію або видалення відходів відповідно до законодавства[25].

Зернопереробні підприємства, внаслідок специфіки своєї діяльності, є джерелами комплексного екологічного навантаження. Основні види впливу включають:

- 1) Пилові викиди в атмосферу у процесі очищення, подіювання, транспортування та сушіння зерна утворюється значна кількість грібнодисперсного пилу, який забруднює повітря та може становити загрозу для здоров'я працівників і населення навколишніх територій.
- 2) Викиди шкідливих газів. Під час спалювання палива у зерносушарках та котельнях утворюються вуглекислий газ (CO_2), оксиди азоту (NO_x), чадний газ (CO) та інші шкідливі речовини, що погіршують якість атмосферного повітря.
- 3) Утворення твердих і органічних відходів. У процесі виробництва накопичуються залишки зерна, лушпиння, пил, непридатна сировина, металобрухт, пакувальні матеріали тощо. Відсутність належного поводження з цими відходами призводить до забруднення навколишнього середовища.
- 4) Скиди стічних вод під час миття обладнання, охолодження техніки та інших виробничих процесів утворюються стічні води, які можуть містити органічні рештки, мийні засоби, мастила та інші забруднюючі компоненти.

- 5) Забруднення ґрунтів. Можливе внаслідок неналежного зберігання відходів, витоків паливно-мастильних матеріалів або хімікатів. Таке забруднення призводить до погіршення якості ґрунтів і ризику для рослинності.
 - 6) Шумове забруднення. Робота зернопереробного обладнання створює високий рівень шуму, який може негативно впливати на довкілля та створювати несприятливі умови для працівників.
 - 7) Високе енергоспоживання- зернопереробні процеси потребують значних обсягів електроенергії та палива, що опосередковано підвищує екологічне навантаження через викиди при генерації енергії та спалюванні палива.
 - 8) Неправильне поводження з відпрацьованим обладнанням під час утилізації може мати серйозні наслідки — зокрема, спричинити забруднення ґрунту, води та повітря токсичними речовинами, а також призвести до нераціонального використання природних ресурсів.
 - 9) Утилізація відходів підприємства є надзвичайно важливою складовою його функціонування. Недостатньо ефективне управління відходами може спричинити серйозну шкоду довкіллю, негативно вплинути на здоров'я населення та зіпсувати репутацію компанії. Для досягнення належного результату система утилізації повинна бути всебічною та охоплювати всі етапи поводження з відходами.
- Усі вищезазначені фактори потребують постійного контролю та впровадження заходів зі зменшення впливу на навколишнє природне середовище.

4.3. Розрахунок економічної ефективності від впровадження гвинтових конвеєрів

Вихідні дані

Темою кваліфікаційної роботи передбачено розробка гвинтового конвеєра за базу порівняння взято стрічковий конвеєр.

Вихідні дані для розрахунку передбаченні завданням і зібрані на ТОВ «Елеватор-Агро» приведені в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 Вихідні дані

Показники	Кількість
Вартість придбання гвинтового конвеєра, грн.	96000
Вартість придбання стрічкового конвеєра (порівнюваного), грн.	105000
Норма амортизаційних відрахувань, % від вартості обладнання	15
Річний фонд роботи обладнання, днів	42
Потужність двигунів на обладнанні, кВт*год:	
- Базовий варіант	3,0
- Розрахунковий варіант	5,0
Тариф за 1 кВт*год, грн.	2,08
Коефіцієнт використання обладнання	0,8
Кількість робочих змін	3
Тривалість роботи обладнання на протязі зміни, год.	8,0
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
Кількість обладнання, шт.:	
- Базовий варіант	2
- Розрахунковий варіант	1
Продуктивність транспортера, т/год.:	
- Базовий варіант	40,0
- Розрахунковий варіант	40,0
Річний обсяг виробництва, тис. т	600,0

Розрахунок капітальних витрат

Вартість придбання обладнання;

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

де K_O - вартість придбання обладнання

базовий варіант

$$K_1 = 105000 \text{ грн.}$$

розрахунковий варіант

$$K_2 = 96000 \text{ грн.}$$

K_T - транспортні витрати (5% від вартості обладнання)

$$K_T = K_O * 0,05 \quad (4.2)$$

базовий варіант

$$K_{T1} = 105000 * 0,05 = 5250 \text{ грн.}$$

розрахунковий варіант

$$K_{T2} = 96000 * 0,05 = 4800 \text{ грн.}$$

K_C - заготівельно-складські витрати (1,25% від вартості обладнання)

$$K_C = K_O * 0,0125 \quad (4.3)$$

базовий варіант

$$K_{C1} = 105000 * 0,0125 = 1312,5 \text{ грн.}$$

розрахунковий варіант

$$K_{C2} = 96000 * 0,0125 = 1200 \text{ грн.}$$

$K_{\text{ПР}}$ - проекти робіт (5% від вартості обладнання)

$$K_{\text{ПР}} = K_O * 0,05 \quad (4.4)$$

базовий варіант

$$K_{\text{ПР1}} = 105000 * 0,05 = 5250 \text{ грн.}$$

розрахунковий варіант

$$K_{\text{ІІР2}} = 96000 * 0,05 = 4800 \text{ грн.}$$

K_M - монтажні роботи (20% від вартості обладнання)

$$K_M = K_O * 0,2 \quad (4.5)$$

базовий варіант

$$K_{M1} = 105000 * 0,2 = 21000 \text{ грн.}$$

розрахунковий варіант

$$K_{M2} = 96000 * 0,2 = 19200 \text{ грн.}$$

Підставляємо дані у формулу 4.1

базовий варіант

$$K_1 = 105000 + 5250 + 1312,5 + 5250 + 21000 = 137812,5 \text{ грн.}$$

розрахунковий варіант

$$K_2 = 96000 + 4800 + 1200 + 4800 + 19200 = 126000 \text{ грн.}$$

Визначимо питомі капітальні вкладення на 1 т

$$K_{\text{п}} = \frac{K}{Q} \quad (4.6)$$

базовий варіант

$$K_{\text{п1}} = \frac{137812,5}{600000} = 0,23 \text{ грн.}$$

розрахунковий варіант

$$K_{\text{п2}} = \frac{126000}{600000} = 0,21 \text{ грн.}$$

Розрахунок зміни поточних витрат

Витрати електроенергії:

$$E_{\text{ЕЛ}} = \frac{(N_{\text{ДВ}} * T * K_{\text{ЕВ}} * K_{\text{ИТ}} * I_{\text{Е}})}{\cos} \quad (4.7)$$

де $N_{\text{ДВ}}$ - сумарна потужність встановлених двигунів;

$$N_{\text{ДВ1}} = 3,0 \text{ кВт.}$$

$$N_{\text{ДВ2}} = 5,0 \text{ кВт}$$

T - час роботи двигуна;

$$T = 8 * 3 * 42 = 1008 \text{ год.}$$

$K_{\text{ЕВ}}$ - коефіцієнт, що враховує втрати електроенергії в мережі заводу;

$$K_{\text{ЕВ}} = 1,06.$$

$K_{\text{ИТ}}$ - коефіцієнт використання потужності устаткування;

$$K_{\text{ИТ}} = 0,4.$$

$\cos$ - коефіцієнт корисної дії електродвигуна;

$$\cos = 0,9.$$

Отже, витрати електроенергії:

базовий варіант

$$E_{\text{ЕЛ1}} = \frac{3,0 * 1008 * 1,06 * 0,8 * 2,08}{0,9} = 9878 \text{ грн.}$$

на 1т

$$9878 / 600000 = 0,016 \text{ грн.}$$

розрахунковий варіант

$$E_{\text{ЕЛ2}} = \frac{5 * 1008 * 1,06 * 0,8 * 2,08}{0,9} = 5927 \text{ грн.}$$

на 1т

$$5927 / 600000 = 0,01 \text{ грн.}$$

Витрати на амортизацію обладнання:

$$A = \frac{\Phi * H_{\text{Л}}}{100} \quad (4.8)$$

де Φ - вартість обладнання;

$$\Phi = K$$

$H_{\text{Л}}$ - річна норма амортизаційних відрахувань;

$$H_{\text{Л}} = 15\%$$

базовий варіант

$$A_1 = \frac{137812,5 * 15}{100} = 20671,8 \text{ грн.}$$

на 1т

$$20671,8 / 600000 = 0,034 \text{ грн.}$$

розрахунковий варіант

$$A_2 = \frac{126000 * 15}{100} = 18900 \text{ грн.}$$

на 1т

$$18900 / 600000 = 0,031 \text{ грн.}$$

Витрати на поточний ремонт:

$$B_{\text{П.Р.}} = A * 0,5 \quad (4.9)$$

базовий варіант

$$B_{\text{П.Р.1}} = 20671,8 * 0,5 = 10335,9 \text{ грн.}$$

на 1т

$$10335,9 / 600000 = 0,017 \text{ грн.}$$

розрахунковий варіант

$$B_{\text{П.Р.2}} = 18900 * 0,5 = 4450 \text{ грн.}$$

на 1т

$$4450 / 600000 = 0,007 \text{ грн.}$$

Витрати по змінних статтях калькуляції приведені в таблиці 4.2

Таблиця 4.2

Статті витрат	Базовий варіант	Розрахун- ковий варі- ант	Зміни
Витрати електроенергії	0,016	0,01	-0,006
Амортизація обладнання	0,034	0,031	-0,003
Витрати на поточний ремонт	0,017	0,007	-0,01
Всього	0,067	0,048	-0,019

Основні показники економічної ефективності

Визначимо річний економічний ефект за формулою

$$E_p = ((C_1 + E_n * K_{п1}) - (C_2 + E_n * K_{п2})) * Q_2 \quad (4.10)$$

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.

$$E_p = ((0,067 + 0,15 * 0,23) - (0,048 + 0,15 * 0,21)) * 600000 = 13200 \text{ грн.}$$

Висновки

У ході проведеного аналізу існуючих конструкцій технологічного обладнання для горизонтального транспортування зернових продуктів, було визначено особливості проектування шнекового конвеєра, специфіку їхньої конструкції та розраховано й обґрунтовано режими роботи транспортного обладнання. Крім того, відображено обрані напрямки в якості предмету дослідження. Проаналізовано існуючі недоліки та заходи з охорони праці на зернопереробному підприємстві, розглянуто правила безпечної експлуатації гвинтового конвеєра.

Розроблено та обґрунтовано параметри та режими роботи шнекової машини. У загальному розділі наведено стислу оцінку сучасного стану предмету й об'єкту розробки, обґрунтовано актуальність роботи та підстави для її виконання, мету роботи, можливі сфери застосування її результатів, практичне значення кваліфікаційної роботи.

У технологічному розділі розглянуто технологічну схему приймання зерна, особливості конструкції шнекового конвеєра, правила монтажу та експлуатації.

У конструкторському розділі розраховано конструктивні та режимні параметри конвеєра, розглянуто особливості кінематичної схеми, підібрано електродвигун та розраховано відповідний редуктор.

У розділі охорона праці і навколишнього середовища та економіки розраховано економічну ефективність використання технічних рішень, а також проведено дослідження і аналіз охорони праці і навколишнього середовища.

Розроблений цинковий конвеєр може бути використаний в умовах роботи зерноприймального елеватора в системі транспортного обладнання.

Сферою застосування результатів роботи є виробництво засобів механізації ручної праці у сільському господарстві.

Графічна частина проєкту становить 4 аркуші формату А1.