

**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 режимів роботи та проектування норії для потокової лінії приймання зерна»

КРБ.133ГМбд\_21.03.00.00.000 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] (МВ, 2 р.)  
Шостак Богдан

Керівник: канд. техн. наук, доцент  
ЛЕВЧЕНКО Юлія

**Полтава – 2025 року**

## ВСТУП

У системі агропромислового комплексу України зерно є однією з найважливіших стратегічних культур, яка формує значну частину внутрішнього та зовнішнього ринку сільськогосподарської продукції. Щороку транспортуються, зберігаються, переробляються та продаються мільйони тонн зернових культур. У зв'язку з цим ключовим завданням зернопереробних підприємств є забезпечення безперебійного, якісного та швидкого приймання зерна, що значною мірою залежить від ефективності роботи транспортних механізмів.

Особливе значення має вертикальне транспортування зернової маси, яке здійснюється за допомогою елеваторів: архітектура споруд для зберігання зерна у великих кількостях традиційно має баштоподібну форму, здебільшого висотою близько 30 м, або 100 футів (проте трапляється й сховища значно більшої висотності). Тобто, одночасно постає проблема завантаження у башти, в досить стислі терміни, багатотонних мас зерна, що потребує рішення технічної задачі механізації процесу вертикального транспортування сипучих матеріалів.

Ця технічна задача здавна вирішується застосуванням норій (можливо, вже понад 1500 років) – механізмів з ковшами, закріпленими на великому колесі або закріпленому канаті, стрічці тощо. Також, транспортні машини баштоподібної (вертикальної або крутопохилі) конструкції з ковшами (або полицями, люльками), закріпленими на закріпленому канаті або стрічці, часто позначають терміном «елеватор». – таку саму назву мають і споруди зерносховища.

У порівнянні, наприклад, з ліфтами, норії-елеватори мають таку вирішальну особливість, як безперервність і однонаправленість руху складових частин. Порівнюючи з транспортуванням по трубах в складі потоку рідин чи газів, останнє потребує складнішого обладнання та призводитиме до

пошкоджень зерна. Очевидно, зерно зазнає пошкоджень також у разі шнекових механізмів.

Таким чином, саме норії-елеватори і понині є оптимальними за критерієм «ціна-ефективність».

Ці машини забезпечують підйом зерна на необхідну висоту для його подальшого розподілу по технологічній лінії. Враховуючи постійне зростання обсягів переробки та необхідність прискорення логістичних процесів, питання проектування вискоефективного, надійного та енергозберігаючого елеватора набуває особливої актуальності.

#### **Актуальність теми:**

Сучасні виклики, що стоять перед аграрним сектором, пов'язані не лише з необхідністю збільшення обсягів виробництва, але й з необхідністю оптимізації внутрішніх виробничих процесів, зменшення втрат продукції та мінімізації енерговитрат. Застаріле або неефективне обладнання часто спричиняє простой, перевантаження, пошкодження зерна та надмірне споживання енергії. Проектування нових або модернізація існуючих елеваторів з урахуванням сучасних вимог є важливим напрямком підвищення загальної ефективності виробництва зернової продукції.

#### **Сучасні вимоги до транспортного обладнання:**

З розвитком технологій та підвищенням рівня механізації та автоматизації до елеваторів, як і до інших транспортних механізмів, висувається ряд вимог, основними з яких є:

- висока продуктивність при мінімальних габаритах та вазі обладнання;
- енергозбереження за рахунок зменшення потужності приводу за оптимізації режимів роботи;
- надійність та довговічність, що забезпечується вибором високоякісних матеріалів та розрахунком конструкцій на тривалу експлуатацію;

- технологічність у виготовленні та експлуатації;
- мінімальна травмованість зерна, зменшення биття та втрат;
- екологічна безпека та дотримання норм охорони праці;
- сумісність із сучасними системами моніторингу, контролю та діагностики стану обладнання.

Враховуючи вище зазначене, завдання створення ефективного елеватора є не просто технічним викликом, а елементом системного вдосконалення всієї логістичної структури підприємства.

#### **Мета та завдання дослідження:**

Метою дипломного проекту є науково-технічне обґрунтування та проектування норії, оптимізованої для умов експлуатації на лінії приймання зерна, з урахуванням сучасних вимог сільськогосподарського виробництва.

#### **В рамках досягнення мети були поставлені такі завдання:**

- Провести огляд та аналіз існуючих конструкцій норій, виявити їх переваги та недоліки.
- Визначити основні техніко-експлуатаційні вимоги до норії для лінії.
- Обґрунтувати розрахункові режими роботи норії залежно від виду та обсягу зерна, а також умов експлуатації.
- Виконати процес проектування норії, включаючи конструктивні, кінематичні, динамічні та міцнісні розрахунки.
- Оцінити техніко-економічну ефективність використання розробленої конструкції.
- Надати рекомендації щодо експлуатації, обслуговування та впровадження проектного рішення у виробництво.

### **Об'єкт та предмет дослідження:**

Об'єктом дослідження є процес транспортування зерна вертикальними механізмами у складі потокової лінії для прийому сільськогосподарської продукції.

Предметом дослідження є конструкція, параметри та режими роботи норії, які впливають на ефективність, надійність та безпеку процесу транспортування зерна.

### **Інструменти дослідження:**

- аналіз технічної, наукової та нормативної літератури з теми вертикального транспортування зерна;
- застосування математичних моделей для розрахунку основних параметрів та оптимальних режимів роботи елеватора;
- використання спеціалізованих комп'ютерних програм для інженерного проектування (AutoCAD, SolidWorks);
- побудова структурної та кінематичної схеми елеватора;
- проведення техніко-економічного обґрунтування для оцінки доцільності впровадження запропонованого технічного рішення.

## РОЗДІЛ 1.

### ЗАГАЛЬНИЙ

В рамках дипломної роботи об'єктом розробки є стрічкова ковшова норія, який призначений для вертикального транспортування зернової маси у складі потокової технологічної лінії для прийому зерна. Норія є невід'ємною частиною зернопереробного комплексу та виконує ключову функцію переміщення продукції з нижнього рівня (пункту завантаження) на верхній рівень (пункт розвантаження в інші машини або контейнери), що забезпечує безперервність технологічного процесу.

Загальна характеристика об'єкта:

Стрічкова ковшова норія, або стрічковий ковшовий елеватор, являє собою вертикальний конвеєр періодичної дії, який складається з таких основних компонентів:

- привідна та натяжна станції, що забезпечують обертання стрічки;
- опорний орган (ствол), по якому рухається стрічка з ковшами;
- стрічка з нерухомими ковшами, яка служить робочим органом для підйому матеріалу;
- завантажувальні та розвантажувальні вузли, що відповідно приймають та передають зерно;
- система натягу, що підтримує оптимальний рівень натягу стрічки;
- опори, люки та датчики, що забезпечують надійну роботу та обслуговування обладнання.

Об'єкт проектування працює як частина потокової лінії приймання зерна, що працює на підприємствах зі зберігання та первинної переробки зерна (елеватори, зерносховища, лінії підготовки до сушіння). Така лінія зазвичай складається з наступних етапів: приймання зерна з транспорту (автомобільного/залізничного), попереднє очищення, тимчасове зберігання в

бункерах, подача на сушіння або очищення та транспортування до складів або силосів.

#### Вимоги до елеватора

При проектуванні елеватора необхідно враховувати такі основні вимоги:

- Продуктивність - повинна відповідати обсягу зерна, що надходить на лінію. Зазвичай цей показник становить від 50 до 200 т/год, залежно від масштабу підприємства;
- Висота підйому - визначається з урахуванням конфігурації лінії, зазвичай коливається в межах 10...40 м;
- Вид зернової маси - враховуються фізико-механічні властивості (щільність, вологість, сипучість, абразивність);
- Безперервність подачі - елеватор повинен забезпечувати рівномірне та стабільне транспортування без зависання та перевантажень;

- Надійність та довговічність - зношені деталі (стрічка, ковші) повинні бути легко замінюваними, а корпус - стійким до корозії та механічного зносу;
- Енергозбереження - оптимізація приводу та мінімізація втрат енергії під час роботи;
- Безпека експлуатації - забезпечення систем контролю обриву стрічки, перевантаження, блокування ковша тащо.

#### Технологічне середовище

Елеватор експлуатується в умовах підвищеної запиленості та вологості, що характерні для зернопереробних підприємств. Крім того, зернова маса часто містить домішки, які можуть спричиняти абразивне зношування поверхонь. З огляду на це, конструкція повинна передбачати:

- герметичність корпусу для зменшення пилоутворення;
- наявність оглядових люків для обслуговування,
- використання зносостійких матеріалів для виготовлення ковшів та стрілок;
- встановлення датчиків для контролю рівня наповнення та стану стрічки.

#### Роль елеватора в технологічному процесі

У потоковій лінії приймання зерна елеватор виконує транспортно-розподільні функції. Після вивантаження зерна з транспортного засобу воно направляється до приймального бункера, звідки забирається елеватором для подальшого підйому. Потім зерно направляється до очисних машин або до сушильної установки. Таким чином, елеватор є центральним вузлом вертикального руху, і його надійна робота безпосередньо впливає на ефективність всієї технологічної лінії.

Актуальність розробки:

Сучасне сільське господарство України потребує високоефективних, надійних та енергозберігаючих технічних рішень для зберігання та переробки зернових культур. Одним із ключових компонентів у технологічному ланцюжку післязбиральної обробки зерна є потоково-приймальні лінії, які забезпечують оперативне транспортування зернової маси від транспортного засобу до систем очищення, сушіння або зберігання. В умовах зростання врожайності, розширення виробничих потужностей та переходу до інтенсивного агробізнесу значно зростають вимоги до надійності, продуктивності та автоматизації обладнання для транспортування зерна.

Елеватор як вертикальний транспортний засіб, є критично важливим елементом технологічної лінії. Його ефективна робота забезпечує безперервність та ритмічність постачання зерна, запобігає застримкам у потоці, втратам продукції та перевантаженню інших механізмів. Водночас застарілі конструкції елеваторів, які досі експлуатуються на багатьох підприємствах, не відповідають сучасним вимогам щодо енергоефективності, безпеки та надійності.

Таким чином, проектування нового або модернізація існуючого елеватора з урахуванням сучасних вимог та технологічних особливостей об'єкта є актуальним завданням, спрямованим на підвищення загальної ефективності роботи зернопереробного комплексу.

Постановка технічного завдання.

Метою цієї дипломної роботи є розробка технічного рішення - проектування норії, який забезпечить:

- необхідну продуктивність (відповідно до обсягу надходження зерна);
- ефективне функціонування у складі зерноприймальної лінії;
- оптимізацію енергоспоживання;
- мінімізацію зносу робочих елементів;

- підвищення надійності та безпеки експлуатації.

Для досягнення цієї мети необхідно вирішити такі технічні завдання:

- Обґрунтувати вибір типу елеватора відповідно до характеру продукції, обсягів транспортування та умов експлуатації.

- Розраховувати основні параметри елеватора, зокрема продуктивність, швидкість стрічки, розміри ковша, довжину бочки, потужність приводу.

- Розробити структурну схему з урахуванням експлуатаційних навантажень, особливостей монтажу та обслуговування.

- Вибрати матеріали та комплектуючі, що забезпечують стійкість до зносу, корозії та впливу навколишнього середовища.

- Забезпечити систему технічного контролю, датчики перевантаження, натягу стрічки, обриву або перекосу.

- Проаналізувати режими роботи елеватора, визначити оптимальні умови експлуатації в поточці.

Шляхи вирішення

Для вирішення поставлених задач використовується інженерний підхід, що поєднує теоретичні розрахунки, аналіз режимів роботи, досвід сучасного машинобудування та нормативні документи. Використовуються основні принципи теорії машин і механізмів, розрахунки на міцність та знос, а також принципи оптимізації конструкцій сільськогосподарської техніки.

У процесі розробки враховуються:

- технічні характеристики сучасних аналогів;

- нормативна база (ДСТУ, ISO, технічні умови);

- вимоги до екологічності та безпеки обладнання;

- параметри інтеграції в загальну технологічну схему підприємства.

Загальна інформація про базову машину:

Базовою машиною для розробки дипломного проекту є ковшовий стрічковий елеватор, який широко використовується в зернопереробній промисловості для вертикального транспортування зернових, бобових та олійних культур. Це обладнання забезпечує надійний та безперервний підйом сипучих матеріалів на задану висоту для їх подальшого переміщення до технологічного обладнання або резервуарів для зберігання.

Базовий елеватор має класичну конструкцію, що складається з:

- приводної головки з електродвигуном та редуктором;
- натяжної станції;
- вертикального вала (корпусу);
- стрічки з прикріпленими ковшами;
- завантажувально-розвантажувальних агрегатів;
- оглядових люків та кріплень для технічного обслуговування.

Умови використання:

Базова машина призначена для експлуатації на пунктах збору зерна, елеваторах, зерносховищах, переробних підприємствах та сільськогосподарських кооперативах, де здійснюється прийом, очищення, сушіння та зберігання зерна. Основні умови використання включають:

Діапазон робочих температур: від  $-20^{\circ}\text{C}$  до  $+40^{\circ}\text{C}$ .

Рівень запиленості: високий (зерновий пил, мінеральні домішки).

Вологість навколишнього середовища: може змінюватися залежно від пори року, потребує антикорозійного захисту.

Фізико-механічні властивості вантажу: сипкий матеріал з насипною щільністю  $700\text{--}850\text{ кг/м}^3$ , з допустимою вологістю до  $16\text{--}20\%$ .

Наявність електроживлення: трифазна мережа напругою 380 В.

Технологія використання

Технологічний процес базового елеватора включає такі етапи:

- Завантаження зерна в ковші елеватора, яке відбувається в нижній частині машини через завантажувальний бункер або шлюзовий живильник. Ковші згрібають зерно або воно потрапляє до них самопливом у зону натяжної станції.
- Підйом зерна шляхом переміщення стрічки з ковшами вздовж вертикального корпусу. Привідна головка створює обертальний рух, який передається на стрічку через барабан.
- Зерно вивантажується у верхній частині корпусу через розвантажувальний патрубок. Завдяки відцентровій силі, коли ковші проходять над основним барабаном, зерно висипається у відповідний транспортний засіб (наприклад, конвеєр або завантажувальний жолоб).

Циркуляція стрічки з ковшами в режимі замкнутого циклу забезпечує безперервну подачу матеріалу. Натяг стрічки регулюється в нижній частині (натяжній станції) шляхом переміщення натяжного барабана.

Робота елеватора контролюється електростартером або автоматизованою системою керування, яка контролює пуск/зупинку, стан приводу, натяг стрічки, перевантаження та аварійні ситуації.

Заходи безпеки та технічного обслуговування

Для забезпечення безпечної роботи передбачено:

- встановлення захисних кожухів та решіток на рухомих частинах;
- системи аварійного вимикання у разі обриву або перекосу стрічки;
- датчики швидкості та перевантаження;

- періодичне технічне обслуговування, яке включає перевірку натягу стрічки, зносу ковша, стану підшипника, редуктора та двигуна.

Графік технічного обслуговування базового елеватора включає щоденний візуальний огляд, щотижнєве змашування підшипників, щоквартальний контроль натягу стрічки та перевірку редуктора, а також щорічну перевірку приводу та корпусу.

У процесі вирішення технічної задачі проектування ефективного елеватора для лінії приймання зерна розглядається кілька варіантів технічного проектування та компонування, кожен з яких має свої переваги та недоліки. Вибір оптимального варіанту базується на таких критеріях: продуктивність, енергоефективність, надійність, простота обслуговування, вартість виготовлення та інтеграція в існуючу технологічну схему.

#### 1. Варіант зі стрічковим ковшовим елеватором (традиційна конструкція)

Це найпоширеніше рішення, при якому ковші закріплені на еластичному стрічці (виготовленому з гуми або ПВХ), яка рухається вздовж вертикального корпусу. Такий елеватор має просту конструкцію, добру ремонтпридатність та відносно низьку вартість.

Переваги:

- Низька металоемність;
- Простота проектування та обслуговування;
- Висока швидкість стрічки (до 2,5 м/с);
- Можливість транспортування зерна на висоту понад 30 м.

Недоліки:

- Стрічка схильна до зносу та деформації під впливом високих навантажень;
- Обмежене використання при високих температурах та вологості;

-Низька стійкість до агресивних середовищ або абразивних зерен.

## 2. Варіант з ланцюговим ковшовим елеватором

У цьому варіанті ковші закріплені на ланцюгах замість ременя. Цей тип елеватора використовується там, де потрібна більша міцність та довговічність.

Переваги:

- Висока міцність та зносостійкість;
- Здатність працювати з важкими або абразивними матеріалами;
- Більша надійність при великих навантаженнях;
- Тривалий термін служби.

Недоліки:

- Збільшення металоємності та ваги конструкції;
- Складніше обслуговування (мастило, натяг ланцюга);
- Вища вартість виготовлення та ремонту.

## 3. Варіант з покращеною герметизацією та пиловловленням

Цей варіант передбачає модернізацію традиційного елеватора шляхом встановлення герметичного корпусу, ущільнень на всіх з'єднаннях та локальних систем аспірації (вентиляції), що зменшують пилоутворення та запобігають вторинному забрудненню.

Переваги:

- Підвищена екологічна безпека роботи;
- Менше накопичення пилу всередині приміщення;
- Знижена пожежо- та вибухонебезпека.

Недоліки:

- Ускладнення конструкції;

-Додаткові витрати на вентиляційне обладнання;

-Труднощі технічного доступу під час обслуговування.

#### 4. Варіант з автоматизованою системою моніторингу та управління

Цей варіант передбачає встановлення датчиків для контролю робочих параметрів елеватора: швидкості стрічки, натягу, навантаження, температури подшипників, а також системи аварійного відключення та сигналізації. Все це об'єднано в єдину АСУ (автоматизовану систему управління).

Переваги:

-Підвищена надійність роботи завдяки своєчасному реагуванню на відхилення;

-Зменшення людського фактору;

-Можливість інтеграції в загальну систему управління підприємством (SCADA).

Недоліки:

-Вищі капітальні витрати;

-Потреба в кваліфікованому обслуговуючому персоналу;

-Чутливість до збоїв живлення або програмного забезпечення.

#### 5. Комбінований варіант (стрічковий конвеєр з елементами автоматизації та пилозахисного захисту)

Цей варіант є найбільш збалансованим - він поєднує переваги базової конструкції стрічки з частковою автоматизацією процесу та базовим захистом від пилу та вологи.

Переваги:

-Оптимальне співвідношення "ефективність/артість";

-Підвищена безпека та надійність без суттєвого ускладнення конструкції;

-Придатність для масового виробництва та типових умов експлуатації.

Недоліки:

-С обмежена модульність та масштабованість;

-Потрібність періодичного налаштування автоматизації.

## РОЗДІЛ 2.

### ТЕХНОЛОГІЧНИЙ

#### 2.1. Схеми технологічної схеми підготовки зерна

У даній технологічній схемі передбачено процес приймання, очищення, сушіння (у разі потреби) та зберігання зерна в силосах. Зерно може надходити на підприємство як автомобільним, так і залізничним транспортом.

Для здійснення контролю та обліку зерна яке доставляється автотранспортом, передбачено попереднє зважування на автомобільних платформених вагах. Після цього транспорт прямує до місця розвантаження автомобілів з причепами – цей вузол оснащено автомобілерозвантажувачем, та повторно зважується при виїзді.

Зернова маса, що надійшла, потрапляє до завальних ям, розташованих над скребковими конвеєрами. Відтак зерно з будь-якого з цих конвеєрів транспортується на стрічковий конвеєр, який подає його на стрічкову норію. Норія транспортує зерно до проміжного бункера над сепаратором, звідки воно рівномірно подається на сепаратор.

У сепараторі здійснюється очищення зерна від крупних та легких домішок. Відібрані домішки потрапляють до бункера відходів, з якого вони завантажуються в автотранспортні засоби. У випадку, коли подальше очищення чи сушіння зерна недоцільне, очищене зерно може одразу подаватися скребковим конвеєром на відвантаження.

Пил, що утворюється при очищенні, за допомогою вентилятора транспортується до пиловіддільника, в якому проходить додаткове очищення повітря.

Після первинного очищення зернова маса скребковим конвеєром подається на стрічкову норію, яка транспортує зерно до поворотного розподільника. Останній розподіляє потік зерна на дві окремі лінії.

З однієї з ліній зерно надходить на скребковий конвеєр, який подає його до проміжних бункерів. Звідти, за допомогою скребкового конвеєра, зерно транспортується на чергову стрічкову норію, яка подає його на скребковий конвеєр, що веде до зерносушарки.

Після сушіння зерно подається скребковим конвеєром на стрічкову норію, яка транспортує його на стрічковий конвеєр. Звідти зерно спрямовується в силоси, де зберігається до моменту відвантаження.

Для подальшого відвантаження зерно із силосів надходить на стрічковий конвеєр, яким воно переміщується до відповідного пункту відвантаження.

## **2.2. Опис існуючих конструкцій та запроєктованого обладнання**

### **Призначення та принцип дії стрічкової норії**

Норія - це вертикальний транспортний пристрій, призначений для підйому сипких матеріалів (зерна, круп, гранул тощо) на задану висоту без порушення їхньої структури. Основна функція норії полягає у безперервному та ефективному переміщенні вантажу за допомогою механічного робочого органу.

Основні складові, що визначають принцип роботи:

1. Робочий орган - ковші на стрічці (або іншому носії):

В стрічковій норії робочим органом є суцільна стрічка, до якої прикріплені ковші (чаші). Ковші виконують функцію захоплення, транспортування і вивантаження сипкого матеріалу. Кожен ковш під час

обертання захоплює зерно або інший вантаж з приймальною пристрою (завантажувальною воронкою) у нижній частині норії.

2. Вертикальний рух стрічки:

Стрічка рухається по замкнутому контуру, який утворений двома барабанами - верхнім (приводним) і нижнім (натяжним). Верхній барабан розташований у головці норії, а нижній - у башмаку. Обертання приводного барабана змушує стрічку рухатись вертикально вгору по одній стороні норії та вниз - по іншій.

3. Захоплення і підйом матеріалу:

При обертанні стрічки ковші занурюються у завантажувальну воронку (або башмак) і наповнюються зерном. Ковші піднімаються вертикально вгору, утримуючи зерно завдяки їх формі та силі тяжіння.

4. Вивантаження вантажу:

Коли ковші досягають верхньої частини норії (головки), відбувається різка зміна напрямку руху стрічки, і під дією відцентрової сили та власної ваги зерно висипається із ковшів через спеціальну вивантажувальну воронку.

5. Зворотний рух стрічки:

Після вивантаження стрічка без ковшів повертається вниз по другій стороні норії, готуючись до наступного циклу захоплення вантажу.

6. Натяжний пристрій:

Щоб забезпечити безперервний рух стрічки без її прослизання на барабанах, в конструкції передбачено натяжний пристрій. Він підтримує необхідне натягнення стрічки, компенсуючи її розтягнення під час роботи.

7. Привід:

Обертання приводного барабана забезпечується електродвигуном через редуктор та муфти, що забезпечують стабільність і керованість руху норії.

## **Особливості і переваги принципу роботи норії:**

### **- Безперервність транспортування:**

Завдяки безперервному руху стрічки і наявності великої кількості ковшів, процес підйому матеріалу є постійним і стабільним, що підвищує продуктивність.

### **- Мінімальні механічні пошкодження:**

Ковші створюють м'яке середовище для переміщення зерна, зменшуючи його подрібнення чи лущення в порівнянні з іншими типами транспортування.

### **- Універсальність:**

Норії можуть транспортувати різні сипкі вантажі — зерно, гранули, пелети, навіть деякі сипкі порошки.

### **- Регульованість:**

Швидкість руху стрічки і кількість ковшів можуть регулюватися для адаптації до необхідної продуктивності і виду вантажу.

### **Додаткові технічні аспекти**

### **- Відцентрова сила:**

В момент обертання стрічки у верхній половці відцентрова сила сприяє висланню зерна з ковшів у вивантажувальну воронку.

### **- Контроль натягу:**

Підтримка оптимального натягу стрічки є критичною, оскільки недостатній натяг викликає прослизання, а надмірний — передчасний знос стрічки і механізмів.

### **- Безпека роботи:**

Система гальмування запобігає зворотному руху стрічки в разі аварійного відключення електродвигуна або розриву стрічки.

Принцип роботи норії базується на механічному захопленні сипкого матеріалу ковшами, вертикальному транспортуванню на стрічці, та гравітаційному вивантаженню вантажу. Це проста, але ефективна схема дозволяє забезпечувати високу продуктивність, збереження якості матеріалу і надійність експлуатації.

У сучасних зернозберігальних господарствах стрічкові норії широко застосовуються для вертикального переміщення сипких матеріалів, зокрема зерна. Основним робочим елементом норії є стрічка з прикріпленими до неї ковшами, яка безперервно рухається по замкненому контуру між двома барабанами: приводним (розташованим у головці) та натяжним (у башмаку). Обидва барабани встановлені на валах з опорами в підшипниках.

Ковші закріплені до стрічки за допомогою болтів, і під час обертання стрічки вони захоплюють матеріал у зоні завантаження (башмаку), підіймають його дотри і вивантажують у зоні головки під дією відцентрової сили та сили тяжіння. Матеріал вивантажується через спеціальну розвантажувальну воронку.

Привод верхнього барабана здійснюється від асинхронного електродвигуна через муфту та циліндричний редуктор. Для запобігання обертання стрічки у зворотньому напрямку у випадку аварійного зупинення або розриву стрічки передбачено гальмівний пристрій.

Башмак і головка норії з'єднуються вертикальними трубами прямокутного перерізу. Труби виготовляються з листової сталі товщиною 2 мм, довжиною 2 м, оснащуються фланцями для з'єднання та оглядовими люками для контролю за станом стрічки й ковшів. Одна з труб робиться роз'ємною для полегшення обслуговування та заміни стрічки чи ковшів.

Натяжний пристрій забезпечує підтримання необхідного натягу стрічки. Може застосовуватися ваговий або гвинтовий механізм. Ваговий натяг дозволяє автоматично підтримувати натяг завдяки вазі натяжного барабана з додатковим вантажем. При гвинтовому натягу обертання гвинтів змінює положення натяжного барабана у вертикальному напрямку.

Завантаження матеріалу відбувається через воронку, розташовану на одному або обох боках башмака. Для регулювання подачі передбачені заслінки, що приводяться в дію зубчастим передачею. Башмак і головка обладнані патрубками для підключення до аспіраційної системи, що забезпечує видалення пилу.

У конструкції башмака передбачено місце для встановлення датчика контролю обертання валу натяжного барабана, що дає змогу уникати переловлення норії.

Основні технічні характеристики:

- продуктивність – залежить від типорозміру норії та умов експлуатації,
- швидкість стрічки – визначається умовами завантаження та типом матеріалу,
- ширина стрічки – залежить від обсягу вантажу, який необхідно перемішувати,
- місткість ковша – відповідає потребам у пропускній здатності,
- крок встановлення ковшів – визначає рівномірність подачі матеріалу,
- потужність електродвигуна – підбирається з урахуванням навантаження,
- габаритні розміри (Д×Ш×В) – залежать від висоти підйому та компоновки обладнання.

#### 1. Стрічкові норії

Найпоширеніший тип — стрічкова норія. В її основі лежить безперервна стрічка з прикріпленими до неї ковшами (чашами), які захоплюють матеріал у нижній частині і транспортують його вертикально вгору до верхнього барабана, де відбувається вивантаження. Основні елементи стрічкової норії:

- Башмак - нижній вузол норії, в який завантажується сипкий матеріал через завантажувальну воронку.
- Головка - верхній вузол, де відбувається вивантаження матеріалу із ковшів.
- Стрічка з ковшами - робочий орган, який рухається по замкнутому контуру.
- Барабани - верхній приводний і нижній натяжний, які забезпечують рух стрічки.
- Натяжний механізм - забезпечує постійне натягнення стрічки, що запобігає її зісковзуванню.

- Труби або кожухи - захищають стрічку і ковші від зовнішніх впливів і запобігають розсипанню матеріалу.

Стрічкові норії відрізняються надійністю, великою пропускною здатністю та простою обслуговування. Вони можуть використовуватися для підйому матеріалів з різною сипучістю та розмірами зерна.

## 2. Шнекові норії

Шнекові норії (гвинтові) використовують для вертикального транспортування сипких матеріалів гвинт (поміщений в трубу) з лопатями, розташованими по гвинтовій лінії. Обертання гвинта переміщує матеріал вгору. Шнекові норії зазвичай застосовуються для менших об'ємів матеріалу і мають меншу продуктивність у порівнянні зі стрічковими, але мають компактніші розміри.

## 3. Ланцюгові норії

У ланцюгових норіях матеріал піднімається за допомогою ланцюга з прикріпленими ковшами або піддонами. Ланцюг рухається по вертикальному каналу, забираючи зерно знизу і зивантажуючи вгору. Цей тип норії використовується рідше, але має переваги в міцності і довговічності у важких умовах.

## 4. Пневматичні норії

Хоча більш рідкісний тип, пневматичні норії застосовують для підйому зерна і сипких матеріалів у потоках, де необхідно забезпечити безконтактне переміщення. Вони використовують потік повітря для переміщення зерна через труби. Перевага - відсутність механічного контакту з зерном, що зменшує пошкодження зерна, проте продуктивність нижча.

Норії виготовляють із сталі, алюмінію або комбінацій матеріалів, що забезпечують міцність та довговічність. Особливо важливими є якість стрічки (для стрічкових норій), надійність кріплення ковшів, герметичність з'єднань труб для запобігання втрат зерна.

Для поліпшення експлуатаційних характеристик сучасні конструкції норій оснащуються:

- датчиками контролю натягу стрічки і швидкості руху,
- пристроями автоматичного регулювання режимів роботи,
- системами аспірації для видалення пилу і зменшення запилення,
- оглядовими люками для обслуговування і ремонту.

Вибір конкретної конструкції норії залежить від технологічних вимог підприємства, виду транспортуваного матеріалу, необхідної продуктивності, умов експлуатації та економічних факторів. Найбільш поширеними в зернопереробній галузі є стрічкові норії, які забезпечують ефективний та безперервний підйом зерна у потокових лініях приймання.

### **2.3. Ремонт і монтаж обладнання**

Ремонт кожухів башмака та головки норії здійснюється шляхом електрозварювання або шляхом повної заміни зношених елементів на нові. У разі пошкодження трубчастої частини норії, щілини усуваються за

допомогою шпаклівки або шляхом встановлення тимчасових ущільнювальних манжет.

Люки та оглядові дверцята при деформаціях вирівнюються, після чого встановлюються на нові ущільнювальні прокладки. За незначного зносу тягової стрічки її можна відремонтувати без демонтажу з корпусу норії. Для цього краї стрічки обшиваються шпагатом або на них накладаються латки невеликих розмірів. У випадку істотного зносу стрічки вона повністю замінюється або частково оновлюється шляхом вставки нових чи малозношених ділянок.

### **Порядок монтажу норії:**

Збірка починається з встановлення башмака. Його ретельно встановлюють так, щоб поздовжня вісь співпала з розміткою на підлозі. Вертикальність перевіряють за допомогою відвісів, а горизонтальність – будівельним рівнем. У разі відхилень використовуються сталеві підкладки.

Далі монтується труба: від башмака до головки по натягнутих вертикально шнурах або дроті. При стикуванні фланців між ними вкладають картонні прокладки, після чого закріплюють болтами.

Головку норії вирівнюють по вертикалі та горизонталі і надійно кріплять до стіни чи перекриття. Перед остаточним з'єднанням труб перевіряють, щоб осі валів головки й башмака знаходилися в одній вертикальній площині. Приводні шківні перед установкою обов'язково балансуються.

Перед монтажем нову стрічку попередньо розтягують її підвішують із вантажем масою 500–750 кг на 3–5 діб. Потім у ній пробивають отвори для кріплення ковшів. Стрічку вводять у труби за допомогою троса й дерев'яної планки, яка запобігає скручуванню. Кінці стрічки з'єднують за допомогою спеціального зшивального пристрою.

Ковші встановлюють у верхній частині - на барабані головки. Після збирання проводиться пробний пуск без навантаження протягом 8–12 годин. Якщо не виявлено дефектів, норію запускають у роботу з матеріалом.

Зношені або деформовані ковші ремонтуються шляхом механічного вирівнювання та точкового зварювання. При виявленні несправних ковшів, їх заміну можна здійснити через люк в натяжній частині норії.

**Вимоги до змонтованої норії:**

- Фланцеві з'єднання труб повинні бути щільно стикувані через картонні прокладки, а стики ретельно герметизовані спеціальною замазкою.
- Вісі валів приводного і натяжного барабанів мають бути розміщені в одній вертикальній площині та залишатися паралельними один одному.
- Усі ковші повинні бути закріплені рівно, без перекосів, та не повинні зачіпати внутрішні стінки башмака, головки та труб.
- Гальмівний пристрій має забезпечувати надійне зупинення тягового елемента, унеможливаючи його зворотний рух.

### РОЗДІЛ 3.

#### КОНСТРУКТОРСЬКИЙ

##### 4 РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА

Для розрахунку приймаємо швидкохідний стрічковий елеватор з відцентровим розвантаженням: зерна вологістю більше 17 %, та насипною вагою  $\rho = 750 \text{ кг/м}^3$ , висотою підйому  $H = 27 \text{ м}$ , та паспортною продуктивністю 380 т/год.

Згідно таблиці III-2 [1 с.63] для розрахунку приймаємо елеватор ФРК-380

Визначаємо дійсну продуктивність елеватора в т/год [1 с.82]

$$Q_d = Q_n \cdot K \quad (3.1)$$

де  $Q_n$  – паспортна продуктивність, т/год;

$K = 0,8$  – коефіцієнт використання обладнання

$$Q_d = 380 \cdot 0,8 = 304$$

Приймаємо швидкість руху стрічки для норії заданої продуктивності  $v = 2,5 \text{ м/с}$  [1 с.61]; при завантаженні зерна проти напрямку руху стрічки коефіцієнт заповнення ковша  $\psi = 0,85$

### 3.2 Конструктивний розрахунок

Визначаємо погону ємність ковшів на 1 м тягового елемента, в  $\text{дм}^3$  по формулі [1, ст.82]

$$\frac{i}{t} = \frac{1000 \cdot G}{3,6 \cdot v \cdot \rho \cdot \psi} \quad (3.2)$$

$$\frac{i}{t} = \frac{1000 \cdot 304}{3,6 \cdot 2,5 \cdot 750 \cdot 0,85} = 52$$

де  $G$  – продуктивність норії,  $\text{т/год}$ ;

$v$  – швидкість руху стрічки,  $\text{м/с}$ ;

$\rho = 750 \text{ кг/м}^3$  - насипна вага;

$\psi = 0,85$  – коефіцієнт заповнення ковша

Для отриманої погонної ємності найбільш підходять ковші типу III (глибокий) з шириною  $B_k = 500 \text{ мм}$  ємністю  $i = 60 \text{ дм}^3$  і кроком  $t = 650 \text{ мм}$  [1, с.82]

Після вибору уточнюємо швидкість,  $\text{в м/с}$ , виходячи з формули:

$$v = \frac{G \cdot t}{3,6 \cdot i \cdot \rho \cdot \psi} \quad (3.3)$$

$$v = \frac{304 \cdot 1000 \cdot 0,65}{3,6 \cdot 52 \cdot 750 \cdot 0,85} = 1,6$$

Ширина стрічки приймається по ширині ковшів,  $\text{в мм}$

$$B = B_k + 100 = 500 + 100 = 600 \quad (3.4)$$

Приймаємо стандартну ширину стрічки  $B = 650 \text{ мм}$ .

Маса вантажу на 1 м тягового елемента,  $\text{в кг/м}$  визначаємо за формулою [1, ст.84]

$$g = \frac{G}{3,6 \cdot v} \quad (3.5)$$

$$g = \frac{104}{3,6 \cdot 1,6} = 52,7$$

Розраховуємо потужність електродвигуна привода, в кВт, [1, ст.86]

$$N = \frac{G \cdot H}{36 \cdot z} (A_H + B_H \cdot \frac{g_0}{G} + C_H \cdot \frac{v^2}{H}) \quad (3.6)$$

де  $H = 27$  м - висота корі;

$A_H = 1,15$  - коефіцієнт запасу витрати потужності на піднімання вантажу, [1, ст.86];

$B_H = 1,3$  – коефіцієнт опору рухомих ковшів, [1, ст.86];

$C_H = 0,6$  – коефіцієнт типу ковша, [1, ст.86];

$g_0$  - маса ходової частини елеватора, кг/м.

Маса ходової частини, в кг/м розраховується по формулі:

$$g_0 = k \cdot G = 0,4 \cdot 140 = 48 \quad (3.7)$$

де  $k = 0,4$  - коефіцієнт, залежності від ширини стрічки, [1, ст.103]

Знайдені величини підставляємо у формулу і визначаємо потужність електродвигуна, в кВт

$$N = \frac{304 \cdot 27}{36 \cdot 7} (1,15 + 1,3 \cdot \frac{48}{140} + 0,6 \cdot \frac{1,6^2}{27}) = 11$$

По розрахунковій потужності визначаємо максимальне розтягуючи зусилля, в Н, в тяговому елементі по формулі [1, ст.27]

$$S_{\max} = \frac{1000 \cdot N \cdot e^{fa} \cdot \eta}{v \cdot (e^{fa} - 1)} \quad (3.8)$$

$$S_{\max} = \frac{1000 \cdot 11 \cdot 0,4 \cdot 1,84 \cdot 0,7}{1,6 \cdot 1,84} = 1925$$

де  $\eta = 0,7$  - коефіцієнт корисної дії привода, [1, ст.84]

$f = 0,2$  - коефіцієнт для чавунного барабана при роботі норії у вологій атмосфері

$\alpha = 180^\circ$  - кут обхвату приводного барабана.

Для гладких чавунних барабанів з кутом обхвату  $\alpha = 180^\circ$  значення

$$\frac{e^{f\alpha}}{e^{f\alpha} - 1} = 1,84$$

Орієнтовно число прокладок, шт., [1, ст.84]:

$$i = \frac{D_6}{125 \dots 165} = \frac{600}{125 \dots 165} = 6 \dots 4 \quad (3.9)$$

Отримане число прокладок округлюємо до  $Z = 3$ .

Визначаємо навантаження на один погонний метр стрічки, в кг/м по формулі [1, ст.84]

$$g_{\text{л}} = 1,1 \cdot B \cdot (1,25z + \delta_1 + \delta_2) \quad (3.10)$$

$$g_{\text{л}} = 1,1 \cdot 0,6 \cdot (1,25 \cdot 3 + 4 + 2) = 7,26$$

де  $\delta_1, \delta_2$  - відповідно 4 мм, 2 мм - товщина гумової обкладки на робочій і неробочій стороні стрічки [1, ст.56].

Маса ковшів, в Н/кг на 1 м тягового елемента при масі одного ковша типу III Гк визначається по формулі [2, ст.94]

$$g_{\text{к}} = \frac{G_{\text{к}}}{t} \quad (3.11)$$

де  $t = 0,65$  м - крок ковшів

Визначаємо масу одного ковша, в кг

$$G_k = \frac{i}{a} \cdot t \cdot \rho \quad (3.12)$$

$$G_k = 0,018 \cdot 0,65 \cdot 750 = 8,7$$

де  $\frac{i}{a} = 0,018 \text{ м}^3/\text{м}$  - ємність ковша на 1 м тягового елемента, із 3.5.

Знайдені величини підставляємо у формулу:

$$g_k = \frac{8,7}{0,65} = 13,3$$

Навантаження на роботу гілку норії, в Н/м

$$g_o' = g + g_{\Gamma} + g_k \quad (3.13)$$

$$g_o' = 52,7 + 7,26 + 13,3 = 73,2$$

Навантаження на холст у гілку, в Н/м

$$g_o'' = g_{\Gamma} + g_k \quad (3.14)$$

$$g_o'' = 7,26 + 13,3 = 20,5$$

### 2.3 Тяговий розрахунок

Тяговий розрахунок виконуємо згідно з розрахунковою схемою. Точкою з мінімальним натягом буде точка 2, тобто  $F_2 = F_{\text{тп}}$ . Опір за черпання, в Н, визначаємо по формулі [2, ст.93]

$$W_3 = K_{\text{уд}} \cdot g \cdot D_6 \quad (3.15)$$

$$W_3 = 6,0 \cdot 9,81 \cdot 0,8 = 47,1$$

де  $K = 6$  - питома витрата енергії на за черпання переміщуваного матеріалу.

$D = 0,8 \text{ м}$  - прийнятний діаметр нижнього барабана.

Натяг стрічки у точці 3, в Н

$$F_3 = \Sigma F_2 + W_3 = 1,06 F_2 + 47,1 \quad (3.16)$$

Натяг стрічки, в Н, у точці 4 визначається по формулі [2,ст.95]

$$F_4 = F_3 + W_{3-4} \quad (3.17)$$

$$F_4 = 1,06F_2 + 47,1 + 9,81 \cdot 73,2 \cdot 27 = 1,06F_2 + 9305$$

де  $H = 20$  - висота норії.

Величину  $F_1$  визначаємо, обходячи контур шляху проти руху стрічки, тобто

$$F_1 = F_2 + W_{2-1} = F_2 + g_0'' \cdot H \quad (3.18)$$

$$F_1 = F_2 + 9,81 \cdot 20,5 \cdot 27 = F_2 + 5429$$

Користуючись формулою  $F_{нб} \leq F_{2б-с}$ , яка в даному випадку має вид  $F_4 \leq 1,87 F_1$ , отримуємо величину натягу у точці 2, в Н, яка дорівнює

$$1,06F_2 + 9305 \leq 1,87(F_2 + 5429)$$

$$1,06F_2 - 1,87F_2 \leq 1,87 \cdot 5409 + 9305$$

$$0,81F_2 \geq 847$$

$$F_2 \geq 1045 \quad (3.19)$$

Приймаємо, що  $F_2 = 1045$  Н

Підставляючи знайдене значення  $F_2$  у записані вище формули визначаємо тягові зусилля, в Н

$$F_3 = 1,06 \cdot 1045 + 47,1 = 1154,8$$

$$F_4 = 1,06 \cdot 1045 + 9305 = 10412$$

$$F_1 = 1045 + 5429 = 6474$$

Перевірка тягового зусилля у точці 3 з умови  $G_{н.у} \geq 2F$  що з урахуванням  $l = 0,075$  м,  $h = 0,16$  м,  $h_1 = 0,1$  м для даного типу ковшів показує, що величина  $F_3$  достатня для забезпечення попереднього натягу тягового елемента.

По знайденому значенню  $F_4 = F_{\text{тах}}$  уточняємо величину по формулі:

$$z = \frac{10412 \cdot 9,5}{0,5 \cdot 305} = 3,7 \approx 4 \quad (3.20)$$

Знайдене число прокладок стрічки співпадає з початково вибраним, тому знову робити тяговий розрахунок не слід.

### 3.3. Кінематичний розрахунок

1 – двигун, 2 – муфта, 3 – редуктор, 4 – муфта, 5 – барабан приводний.

Рис. 3.1 Кінематична схема

Визначаємо діаметр приводного барабану в залежності від швидкості руху стрічки, в м по [1 ст. 69]

$$D_6 \leq 0,204 \cdot v^2 \approx 0,204 \cdot 1,6 = 0,6 \quad (3.21)$$

де

$v = 1,6$  м/с – швидкість руху стрічки

Звідси приймаємо  $D_6 = 0,6$  м

Частота обертання барабана, в об/хв визначається по формулі по [2 ст.95]

$$n = \frac{60 \cdot v}{\pi \cdot D_{н.в}} \quad (3.22)$$

$$n = \frac{60 \cdot 1,6}{3,14 \cdot 0,6} = 50$$

де  $v = 1,6$  м/с – швидкість руху стрічки

Визначаємо величину поперечної відстані, в м по формулі [1, ст.95]

$$h = \frac{895}{n^2} = \frac{895}{50^2} = 0,61 \quad (3.23)$$

Величина  $h < \frac{800}{2}$ , тому розвантаження відцентроване.

Уточняємо потужність електродвигуна по тяговим зусиллям для приводу норії, в кВт, приймаючи коефіцієнт корисної дії передаточного механізму 0,85, по формулі [2, ст.95]

$$N = \frac{\Sigma(F_4 - F_1)v}{1000\eta} \quad (3.24)$$

$$N = \frac{1,15(10412 - 6474) \cdot 1,6}{1000 \cdot 0,85} = 10,6$$

По величині розрахованої потужності вибираємо електродвигун 5A160S6 потужністю  $N_{дв} = 11$  кВт з частотою обертання  $n_{д} = 950$  об/хв, КПД = 88,5 %,  $\cos \varphi = 0,83$  по [4, ст.190]

Передаточне число редуктора визначається по формулі

$$u_2 = \frac{n_{д}}{n_1} = \frac{950}{50} = 19 \quad (3.25)$$

де  $n_{д} = 950$  об/хв - частота обертання двигуна

Приймаємо до встановлення редуктор двохступінчатий типу 1Ц2У-200 з передаточним числом 16, міжосьова відстань 125 мм, на швидкохідній передачі, 200 мм на тихохідній, обертовий момент на тихохідному валу 1568 Нм [4, ст.206]., коефіцієнт корисної дії 0,98, маса 170 кг.

Визначаємо реакції опор, в Н, вала, користуючись мал.2

$$R_A = R_B = \frac{G}{2} \quad (3.26)$$

де G - навантаження на вал в точці С, Н

$$G = F_1 + F_4 \quad (3.27)$$

$$G = 6474 + 10412 = 16886$$

Знайдену величину підставляємо у формулу:

$$R_A = R_B = \frac{16886}{2} = 8443$$

Згинаючий момент, в Нм визначається за формулою

$$M_{зг} = \frac{R_A L}{2} \quad (3.28)$$

$$M_{зг} = \frac{8443 \cdot 0,4}{2} = 1688$$

Крутний момент, в Н·м розраховується по формулі [3, ст.356].

$$M_{кр} = 9,55 \cdot \frac{P}{n} \quad (3.29)$$

$$M_{кр} = 9,55 \cdot \frac{11 \cdot 10^3}{38} = 2764$$

Сумарний момент, в Нм

$$M_{гр} = \sqrt{M_{кр}^2 + M_{зг}^2} \quad (3.30)$$

$$M_{np} = \sqrt{2764^2 + 1688^2} = 3238$$

Визначаємо осьовий момент опору круглого перерізу вала по формулі [3, ст.356].

$$W_x = \frac{M_{np}}{[\sigma_i]_{-1}} \quad (3.31)$$

де  $[\sigma_i]_{-1}$  - допустиме напруження, Па

Допустиме напруження визначається за формулою [3, ст.356].

$$[\sigma_i]_{-1} = \frac{\sigma_{-1}}{[n] \cdot K_\sigma} \quad (3.32)$$

де  $\sigma_{-1}$  - границя міцності при симетричному циклі напружень, Па, [3, ст.356].

$[n] = 2$  - коефіцієнт запасу міцності, [3, ст.356].

$K_\sigma = 1,5$  - ефективний коефіцієнт концентрації напружень, [3, ст.357].

Границя міцності, в МПа, при симетричному циклі напружень визначається за формулою [3, ст.358].

$$\sigma_{-1} = 0,43 \cdot \sigma_b = 0,43 \cdot 530 = 228 \quad (3.33)$$

де  $\sigma_b = 530$  МПа - для вала із сталі Ст 5 [3, ст.358].

Підставивши значення  $\sigma_{-1} = 228$  МПа у формулу 3.31 отримаємо

$$[\sigma_i]_{-1} = \frac{228}{2 \cdot 1,5} = 76$$

Знайдені величини підставляємо у формулу

$$W_x = \frac{323800}{76 \cdot 10} = 4260$$

Діаметр вала приводного барабана в мм, визначаємо за формулою [3, ст.359].

$$d = \sqrt{\frac{M_{np}}{0,1 \cdot [\sigma_{-1}]}} \quad (3.34)$$

$$d = \sqrt{\frac{3238}{0,1 \cdot 76}} = 20$$

Приймаємо вал діаметром 20 мм

Встановлюємо між редуктором і привідним барабаном флянцеву муфту. Фланці напівмуфт з'єднані двома болтами, три з яких встановлені у отвори без зазору і призначені для передачі крутного моменту, який рівний 895 Нм.

Для болтів визначаємо сталь Ст 4, границя текучості  $\sigma_T = 245$  МПа [3, с.359]

Допустиме напруження при роботі болта на зріз

$$[\tau_{зр}] = (0,25 \dots 0,3) \cdot \sigma_T \quad (3.35)$$

$$[\tau_{зр}] = (0,25 \dots 0,3) \cdot 245 = 61,4 \dots 73,6$$

Приймаємо  $[\tau_{зр}] = 67$  МПа

Розрахунковий момент, в Нм, визначаємо за формулою:

$$M_p = k_p \cdot M_{кр} = 2,5 \cdot 2764 = 6910 \quad (3.36)$$

де  $k_p = 2,5$  – коефіцієнт режиму роботи для приводу від електродвигуна [3, с.390].

Напруження на зріз визначається за формулою [3, с.255].

$$\tau_{зр} = \frac{4F_1}{\pi \cdot i \cdot z \cdot d_o^2} \leq [\tau_{зр}] \quad (3.37)$$

Згідно формули визначаємо діаметр  $d_o$  в м, не нарізані частини болта при  $i = 1$ ,  $x = 3$  і колові сили  $F_1 = F_{\text{ш}} = \frac{2T_p}{v_o}$

$$d_0 > \sqrt{\frac{8 \cdot M_p}{\pi \cdot i \cdot z \cdot D_o [\tau_{3p}]}} \quad (3.38)$$

$$d_0 > \sqrt{\frac{8 \cdot 6910}{3,14 \cdot 1 \cdot 5 \cdot 0,12 \cdot 67 \cdot 10^3}} = 26,15 \cdot 10^{-3}$$

Приймаємо болти М28.

## РОЗДІЛ 4.

### ЕКОНОМІКА, ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

#### Охорона праці на зернопереробному підприємстві.

Зернопереробні підприємства вважаються об'єктами підвищеної небезпеки, оскільки їхня робота супроводжується утворенням великої кількості пилу, підвищеним рівнем шуму, вібраціями, високою запиленістю повітряного середовища, нестійкістю обертових та рухомих частин обладнання, а також ризиком вибухів та пожеж. Саме тому питання охорони праці займає одне з ключових місць при проектуванні технологічного обладнання, зокрема, елеваторів, які широко використовуються в транспортних системах підприємств для вертикального переміщення зерна.

Під час проектування елеватора необхідно враховувати всі вимоги чинного законодавства України в галузі охорони праці, зокрема Закону України "Про охорону праці", а також відповідні санітарні, будівельні та протипожежні норми. Особлива увага приділяється створенню безпечних умов для обслуговуючого персоналу, а також запобігання нещасним випадкам, пов'язаним з технічним обслуговуванням та ремонтом транспортного обладнання.

Однією з основних небезпек, пов'язаних з експлуатацією елеваторів, є ризик травмування працівників рухомими частинами механізму - приводним барабаном, натяжним механізмом, ковшами, стрічкою та іншими елементами. Щоб уникнути контакту з небезпечними зонами, всі рухомі частини елеватора повинні бути надійно закриті захисними кожухами, які повинні відповідати вимогам ДСТУ. Огородження повинні мати знімну конструкцію для забезпечення доступу під час технічного обслуговування, але відкриватися можуть лише при повній зупинці обладнання.

Окрім механічних ризиків, значну небезпеку становить пил, що утворюється під час транспортування зерна. Пилові суміші у присутності повітря можуть утворювати вибухонебезпечні концентрації. Тому важливою умовою безпечної експлуатації елеватора є забезпечення ефективної системи аспірації – видалення пилу за допомогою вентиляційного обладнання. Системи аспірації повинні бути оснащені іскрогасниками або вибухобезпечними клапанами, а також повинні бути заземлені, щоб уникнути накопичення статичної електрики, яка може стати джерелом займання.

Вібрації та шум, що виникають під час роботи елеваторів, чинять значне навантаження на організм працівника. Тривалий вплив шуму понад 85 дБ може спричинити професійні захворювання слуху. Для зменшення цього впливу рекомендується встановлювати елеватори на віброізолюючі опори, використовувати шумоізолюючі кожухи, а також забезпечувати працівників засобами індивідуального захисту – навушниками або берушами.

Ще одним важливим аспектом безпеки праці є правильна організація робочого місця. Зони обслуговування, сходи та проходи до обладнання повинні бути обладнані поручнями, мати протиковзке покриття та бути вільними від сторонніх предметів. Освітлення повинно відповідати нормам, забезпечуючи достатню видимість у будь-який час доби, особливо в зонах з підвищеною небезпекою.

Під час обслуговування елеваторів та іншого обладнання працівники повинні проходити інструктаж з техніки безпеки, навчання безпечним методам роботи та мати відповідне посвідчення. Забороняється проводити ремонтні роботи під час роботи обладнання або без повного його знеструмлення. Для цього елеватор повинен бути оснащений блокувальними пристроями, що виключають можливість його запуску під час технічного обслуговування.

Також слід враховувати вимоги пожежної безпеки. На території зернопереробного підприємства має бути розроблений план евакуації,

встановлені вогнегасники, пісочниці, а також проведено інструктаж з пожежогасіння серед персоналу. Усі працівники повинні бути ознайомлені з розташуванням первинних засобів пожежогасіння та порядком дій у разі виникнення пожежі.

Важливим фактором, який безпосередньо впливає на здоров'я працівників, є дотримання санітарно-гігієнічних норм. Робочі приміщення повинні регулярно прибиратися, провітрюватися, а температура та вологість повітря повинні відповідати нормативним показникам. Працівники повинні мати доступ до санітарно-гігієнічних приміщень: душових, роздягалень, кімнат відпочинку та місць прийому їжі.

Враховуючи всі вищезазначені вимоги, проектування елеватора повинно базуватися на принципах мінімізації виробничих ризиків, підвищення ергономіки, безпеки та надійності конструкції. Такий підхід дозволяє не тільки забезпечити стабільну та ефективну роботу обладнання, але й створити умови, що відповідають сучасним стандартам безпеки праці на зернопереробних підприємствах.

### **Охорона праці під час роботи з норією**

Експлуатація норії на зернопереробних підприємствах пов'язана з підвищеним ризиком для працівників через наявність рухомих частин, високу продуктивність обладнання, зашквону атмосферу та потенційну вибухонебезпеку. Тому охорона праці під час роботи з норією є критично важливою складовою виробничого процесу. Основною метою заходів безпеки є запобігання травматизму, професійним захворюванням, аваріям, висухам та пожежам, а також створення безпечних та комфортних умов праці для обслуговуючого персоналу.

Норія, як елемент транспортної системи, складається з низки компонентів та механізмів, зокрема: приводного агрегату, натяжної частини, ковшової стрічки, вала та системи завантаження та розвантаження. Під час

обслуговування та нагляду за його роботою працівники можуть контактувати з джерелами небезпеки, такими як обертові барабани, рухомі стрічки, відкриті шківи або ремені, а також гарячі або запилені поверхні.

Однією з основних вимог безпеки є наявність надійних огорожень для всіх рухомих частин підйомника. Привідний барабан, ремінь, натяжний механізм та ковці повинні бути повністю закриті металевими кришками, що запобігають випадковому доступу працівника до зон, де можливе затягування або травмування. Усі кришки повинні мати таку конструкцію, щоб унеможлилювався як демонтаж без застосування інструментів, так і повторне вимкнення обладнання хоча б з одним не повернутим на місце елементом захисного огороження.

Перед початком роботи підйомник необхідно візуально оглянути на наявність сторонніх предметів, пошкоджень або порушень у з'єднанні. Працівник відповідальний за пуск, повинен переконатися, що всі запобіжники, блокувальні пристрої та сигнальні пристрої знаходяться на місці. Категорично заборонено перебувати в зоні обслуговування під час роботи підйомника, за винятком інспекційних зон, спеціально обладнаних для безпечного нагляду.

Особливу небезпеку під час роботи елеватора становить пил, що утворюється під час транспортування зерна. Пил не тільки забруднює повітря, ускладнюючи дихання, але й утворює вибухонебезпечні суміші в замкнених просторах. Тому елеватор повинен бути підключений до ефектної системи аспірації або пиловловлення. Усі вентиляційні системи повинні бути обладнані вибухобезпечними клапанами, а корпус елеватора повинен бути заземлений для запобігання накопиченню статичної електрики. Забороняється експлуатувати обладнання, коли система пиловловлення зупинена. З метою запобігання вибуху пилоповітряної суміші, елеватор обладнується системою блокування (знеструмлення), яка контролює параметри заземлення

та руху повітря у вентиляційній системі та спрацьовує при виході параметрів за межі штатних режимів.

Для запобігання професійним захворюванням, спричиненим шумом та вібрацією, рівень шуму у виробничих приміщеннях повинен відповідати встановленим санітарним нормам. У випадках, коли рівень шуму перевищує допустимий рівень (наприклад, 85 дБ), працівники зобов'язані використовувати індивідуальні засоби захисту слуху - шумоізоляційні навушники або беруші. Також доцільно використовувати віброгасильні опори для зменшення коливань, що передаються на будівельні конструкції та робочі місця.

Однією з умов безпечної експлуатації є регулярне технічне обслуговування та перевірка справності обладнання. При виявленні сторонніх шумів, вібрацій, перевантажень або зниження продуктивності ліфту необхідно негайно зупинити та провести позапланову діагностику. Всі роботи з огляду або ремонту ліфту допускаються лише за умови повного знеструмлення обладнання та ввіснування попереджувального знака «Не вмикати - працюють люди!». Перед відновленням електропостачання необхідно провести контрольний огляд та скласти акт про виконання робіт. Оператори, водії та обслуговуючий персонал повинні мати відповідну кваліфікацію, пройти навчання з техніки безпеки та мати допуск до роботи з механізмами підвищеної небезпеки. Періодичне навчання та перевірка знань є обов'язковими для всіх працівників, задіяних у технологічному процесі експлуатації ліфтів.

Особливу увагу необхідно приділяти роботі взимку або в умовах підвищеної вологості, коли поверхні можуть бути слизькими, а обладнання - обмерзати. У таких умовах перед запуском ліфту необхідно перевірити, чи немає обмерзання в завантажувальних або розвантажувальних отворах, у барабанах та інших компонентах. Працівники повинні використовувати спеціальне взуття з протиковзкими протекторами та утеплений одяг.

Пожежна безпека ще один важливий елемент охорони праці. Усі електродвигуни, пускове обладнання, електропроводка повинні бути захищені від перевантаження та короткого замикання. Необхідно стежити за справністю автоматичних вимикачів, перемикачів та ізоляції кабелів. У зоні розташування ліфта повинні бути вогнегасники, піскогасники або інші первинні засоби пожежогасіння, а персонал повинен бути навчений їх правильному використанню.

Для зменшення ризиків для здоров'я працівників робоча зона повинна бути забезпечена достатнім освітленням, вентиляцією та відповідати санітарно-гігієнічним умовам. Працівники повинні мати можливість своєчасно мити руки, змінювати спецодяг та користуватися побутовими приміщеннями для відпочинку та прийому їжі.

Таким чином, безпечна експлуатація норії можлива лише за умови дотримання комплексу організаційних, технічних та санітарних заходів, своєчасного обслуговування обладнання та відповідального ставлення персоналу до вимог безпеки праці. Такий підхід не тільки знижує ризик виробничого травматизму, але й сприяє підвищенню ефективності технологічного процесу в цілому.

### **Охорона праці під час монтажу норії.**

Процес встановлення норії на зернопереробному підприємстві супроводжується великою кількістю механізованих та ручних операцій, що несуть підвищений рівень небезпеки для працівників. До таких робіт належать підйом та встановлення металевих конструкцій, встановлення приводних та натяжних барабанів, натягування стрічки, встановлення кошів, зварювання, електромонтажні роботи, випробування компонентів та систем. Тому під час монтажу слід приділяти особливу увагу заходам охорони праці, дотриманню правил безпеки, навчанню персоналу та організації робочого місця.

Перед початком монтажних робіт відповідальна особа (інженер з охорони праці або керівник монтажної бригади) повинна провести інструктаж з охорони праці для всіх залучених працівників. Інструктаж повинен включати ознайомлення з можливими ризиками, правилами роботи на висоті, використання інструментів, підйомних механізмів, засобів індивідуального захисту (ЗІЗ), а також порядком дій у надзвичайних ситуаціях. До монтажу

не можуть залучатися особи, які не пройшли інструктаж або не мають дозволу на виконання відповідних видів робіт.

Оскільки монтаж норії часто здійснюється на висоті – у баштових конструкціях, силосах або шахтах ліфтів – працівники зобов'язані використовувати засоби індивідуального захисту під час виконання робіт на висоті: запобіжні пояси, запобіжні троси, каски, рукавички та спеціальне взуття з протиковзким протектором. Робочі платформи та риштування повинні бути у справному стані, мати огорожу по периметру та відповідати нормам безпеки будівель. Забороняється виконувати монтаж на нестійких або ненадійних поверхнях.

Монтаж важких компонентів норії (наприклад, приводного барабана або верхньої головки) передбачає використання підйомних механізмів – кранів, тельферів, лебідок тощо. Такі механізми повинні бути перевірені, мати технічний паспорт та бути допущені до експлуатації. Стропування вантажів повинно виконуватися спеціально навченими працівниками – стропальниками. Підйом конструкцій дозволяється лише за сигналом керівника робіт. Під час переміщення вантажів заборонено перебувати в зоні підйому або під підвішеним вантажем.

Весь інструмент та монтажне обладнання повинні бути у справному стані, мати цілі ручки, ізоляцію та відповідати вимогам електробезпеки. Забороняється використовувати несправні або саморобні пристрої. Якщо під час монтажу виконуються зварювальні роботи, зварювальники повинні мати відповідну кваліфікацію, захисний щиток, спецодяг та мати при собі первинні

засоби пожежогасіння (вогнегасник, пісочницю, ковдру з негорючого матеріалу).

Під час монтажу обов'язкове дотримання правил електробезпеки. Усі тимчасові лінії електропередач повинні бути прокладені відповідно до правил улаштування електроустановок (ПУЕ) та захищені від механічних пошкоджень. Підключення електричних інструментів дозволяється лише до справних, заземлених розеток. Забороняється використовувати електричні інструменти з пошкодженим кабелем, вилкою або без корпусу. Зона монтажу повинна бути забезпечена штучним освітленням у разі недостатнього природного освітлення, особливо у вечірній час або в закритих приміщеннях.

Під час монтажу шахт силосів необхідно уникати накопичення металевих відходів, інструментів та матеріалів на робочих поверхнях. Всі відходи слід регулярно видаляти, а прохідні зони повинні бути вільними для евакуації. Особливо важливо, щоб жодні роботи не проводилися одночасно під або над іншими працівниками без дотримання запобіжних заходів. Якщо така ситуація виникає, обов'язковим є використання захисного покриття для підлоги або захисних касок.

Пожежна безпека під час монтажу має вирішальне значення, враховуючи можливість виникнення пожежі від зварювання, гідрування або іскріння. Куріння в зоні монтажу заборонено. Легкозаймисті матеріали повинні зберігатися у спеціально відведених місцях, а робоча зона повинна бути обладнана протипожежними щитами, вогнегасниками та мати вільний доступ до джерел води.

Після завершення монтажних робіт проводиться ретельна перевірка всіх компонентів та з'єднань на міцність, наявність огорожень, цілісність ізоляції, а також пробний запуск обладнання в режимі холостого ходу. Персонал повинен знаходитися на безпечній відстані. Тільки після позитивного результату випробування та оформлення відповідного акта кран можна вводити в експлуатацію.

Таким чином, безпечний монтаж крана можливий лише за умови чіткої організації роботи, належної технічної підготовки, використання справного обладнання та засобів індивідуального захисту. Дотримання вимог охорони праці під час монтажу не тільки запобігає травмуванню працівників, але й забезпечує надійність та довговічність встановленого обладнання.

### **Охорона праці при ремонті норії**

Ремонт норії є важливою складовою його експлуатаційного циклу, що забезпечує надійну та безперебійну роботу обладнання. Однак ремонтні роботи пов'язані з підвищеним рівнем небезпеки для працівників, оскільки включають демонтаж компонентів, роботу з електрообладнанням, механічне втручання в рухомі частини, а також виконання робіт на висоті, в обмежених або замкнутих просторах. З огляду на це, організація охорони праці під час ремонту крана повинна здійснюватися з урахуванням усіх можливих ризиків та з суворим дотриманням заходів безпеки.

Перед початком будь-яких ремонтних робіт необхідно провести детальний інструктаж персоналу щодо умов роботи, можливих небезпек, використання засобів індивідуального захисту та алгоритму дій у разі виникнення надзвичайної ситуації. Інструктаж проводить відповідальна особа - інженер з охорони праці або виконроб ділянки, з обов'язковим записом у журналі.

Обов'язковою умовою перед початком ремонту є повне знеструмлення норії. Живлення має бути відключене від головного розподільного щита, після чого на пускових пристроях вивішується попереджувальний плакат або табличка з написом: «Не вмикати - працюють люди!». Персонал, який виконує ремонт, повинен переконатися у відсутності напруги за допомогою тестера або індикатора напруги. У разі електромонтажу або ремонтних робіт на електрообладнанні до роботи допускаються лише працівники з відповідною кваліфікаційною групою з електробезпеки.

Оскільки норії часто встановлюються вертикально, ремонтні роботи передбачають переміщення працівників у шахтах або підйом на висоту. У таких випадках обов'язкове використання індивідуальних засобів захисту від падіння - запобіжних поясів, стрічок, касок та відповідного взуття з нековзною підошвою. Робота на висоті дозволяється лише за наявності безпечних платформ, риштувань або драбин, які повинні бути закріплені та перевірені на міцність. Забороняється використовувати несправне або саморобне підйомне обладнання.

Під час демонтажу або заміни приводного барабана, ременя, ковшів або натяжних вузлів можуть бути задіяні підйомні механізми - ручні або електричні лебідки, крани, талі. До роботи з такими пристроями допускаються лише працівники, які мають відповідні посвідчення. Усі вантажі повинні бути надійно закріплені, а переміщення повинні здійснюватися повільно з попередженням усього персоналу, що знаходиться в робочій зоні.

Під час ремонту норії або її шахтах існує ризик недостатньої вентиляції, особливо в старих конструкціях або при великій кількості зернового пилу. Робоче місце необхідно провітрити перед початком робіт. У разі підвищеного рівня запиленості працівники повинні використовувати респіратори або пилозахисні маски. Забороняється виконувати зварювальні або шліфувальні роботи у вибухонебезпечному середовищі без попереднього очищення робочої зони від пилу та залишків зерна.

Зварювальні роботи можна виконувати лише за наявності письмового допуску до роботи. Зона зварювання повинна бути огорожена та обладнана вогнегасниками, пісочницями або негорючими ковдрами. Під час таких робіт легкозаймисті матеріали необхідно прибрати в радіусі не менше 5 метрів.

Під час ремонту працівники використовують різні інструменти - гайкові ключі, викрутки, молотки, електроінструменти. Усі інструменти повинні бути справними, а електроінструменти повинні мати цілісну ізоляцію, заземлення та пристрої захисту від короткого замикання. Забороняється використовувати

інструменти з пошкодженими ручками, відсутніми кріпленнями або гострими задірками.

Для запобігання нещасним випадкам у зоні ремонту необхідно організувати належне освітлення, особливо під час виконання робіт у шахті ліфта або під час ремонту в темний час доби. Якщо використовуються переносні лампи, вони повинні працювати на безпечній напрузі (12...42 В) та мати захищений корпус.

Після завершення ремонтних робіт проводиться контрольна перевірка всіх вузлів, відновлюються огорожі, а попереджувальні знаки знімаються лише після дозволу керівника робіт. Пробний запуск елеватора проводиться лише у присутності відповідальної особи та з дотриманням усіх заходів безпеки. Під час першого запуску працівники повинні знаходитися поза зоною рухомих частин та бути готовими негайно вимкнути обладнання у разі несправності.

Ще однією важливою умовою є ведення журналу технічного обслуговування та ремонту, в якому фіксуються всі виконані види робіт, дата, відповідальні особи та результати перевірки.

Таким чином, забезпечення безпеки праці під час ремонту крана базується на своєчасній організації роботи, правильному використанні засобів індивідуального захисту, дотриманні вимог безпеки при роботі з електрикою, механізмами та на висоті. Це не тільки запобігає виробничому травматизму, але й гарантує якісне обслуговування обладнання та подальшу надійну роботу крана у складі зернопереробної лінії.

**Охорона навколишнього середовища на зернопереробному підприємстві.**

Робота зернопереробних підприємств тісно пов'язана з впливом на навколишнє середовище, оскільки технологічні процеси спричиняють викиди пилу, шумове забруднення, споживання великої кількості енергоресурсів та

утворення відходів. З огляду на це, питання охорони навколишнього середовища набуває особливої ваги та є обов'язковим до врахування під час проектування, реконструкції та експлуатації обладнання, зокрема такого транспортного агрегату, як норія.

Норії, будучи основним вертикальним транспортом для переміщення зерна, відіграють важливу роль у технологічному ланцюгу, але водночас є джерелами пилу, вібрацій та шуму, а також можуть спричиняти вторинне забруднення навколишнього середовища, якщо не дотримуються експлуатаційних норм. Основними джерелами негативного впливу в межах норії є вантажно-розвантажувальні агрегати, герметичність валів, стан стрічки, пил, що утворюється в результаті транспортування зерна, та енергоспоживання.

Одним з ключових екологічних аспектів є боротьба із запиленістю повітря. Під час руху зерна в ковшах елеватора утворюється велика кількість дрібнодисперсного органічного пилу, який може поширюватися по всьому виробничому приміщенню. Цей пил не тільки шкідливий для здоров'я працівників, але й негативно впливає на навколишнє середовище, особливо при потраплянні в атмосферу через вентиляційні системи. Тому підприємство повинно впроваджувати ефективні аспіраційні системи, що забезпечують локальне відкачування повітря із заплених зон. Для очищення повітря використовуються циклони, рукавні фільтри, скрубери, які повинні відповідати чинним екологічним нормам. Усі аспіраційні системи повинні бути герметичними, оснащеними приладами контролю стану фільтрів, забезпечувати можливість очищення та обслуговування.

Окрім забруднення повітря, важливим фактором є шумове забруднення. Робота електродвигунів, обертання барабанів та рух стрічки з ковшами спричиняють постійне шумове забруднення. Для зниження його рівня використовуються звукоізоляційні кожухи, віброгасильні опори та шумопоглинаюча обшивка стін у зоні встановлення елеваторів. Це дозволяє не

тільки зменшити вплив шуму на працівників, але й уникнути його поширення за межі виробничих приміщень.

Особливу увагу потрібно приділити раціональному використанню енергоресурсів. Елеватори оснащені електродвигунами, які споживають значну кількість електроенергії. Необхідно впроваджувати заходи енергоефективності: використання перетворювачів частоти, що регулюють швидкість обертання залежно від навантаження, використання двигунів класу енергоефективності ІЕ3 і вище, контроль холостого ходу обладнання. Зменшення споживання енергії безпосередньо пов'язане зі зменшенням загального вуглецевого сліду підприємства.

Не менш важливим аспектом охорони навколишнього середовища є відповідальне поводження з відходами. Під час транспортування та очищення зерна утворюються органічні залишки - пил, солома, биті зерна, які накопичуються в елеваторах або системах аспірації. Ці відходи потребують належного збору, тимчасового зберігання та утилізації. Їх можна використовувати як сировину для кормової промисловості або компостування, що зменшує навантаження на навколишнє середовище. Підприємство має бути оснащене спеціальними контейнерами для збору органічних залишків, які регулярно очищаються відповідно до санітарних норм.

Ще один напрямок – заходи з запобігання вторинного забруднення ґрунтів та водних ресурсів. У разі пошкодження герметичності обладнання зерно може висипатися або пил може потрапити у зливову каналізацію. Це може призвести до розмноження гризунів, появи патогенних мікроорганізмів та забруднення ґрунту органічними залишками. Для запобігання таких наслідків планується облаштування герметичних транспортних каналів бетонних або металевих лотків, герметичних люків. Також важливо обладнати системи збору зливових та промивних вод з подальшим їх очищенням перед зливанням до загальної каналізаційної системи.

Важливим фактором загальної системи охорони навколишнього середовища є екологічна свідомість працівників. Підприємство повинно навчати персонал екологічній безпеці, інформувати про вимоги до поводження з відходами, ресурсозбереження та дотримання норм експлуатації пілозбірних споруд. Формування екологічної культури у працівників підвищує рівень відповідальності та сприяє зменшенню загального впливу виробництва на навколишнє середовище.

Таким чином, охорона навколишнього середовища на зернопереробному підприємстві, зокрема під час проектування та експлуатації зернового елеватора, повинна здійснюватися комплексно шляхом технічного вдосконалення обладнання, застосування систем очищення повітря, зниження шуму та енергоспоживання, організації належної системи управління відходами та підвищення екологічної відповідальності персоналу. Такі заходи дозволяють забезпечити сталий розвиток підприємства, зменшити антропогенне навантаження на навколишнє середовище та дотримуватися чинного екологічного законодавства України.

#### 4.3 Розрахунок економічної ефективності норії

Вихідні дані для розрахунку економічної ефективності застосування зернової норії продуктивністю 250 тон/год., зібрані на базовому підприємстві і визначені завданням, приведені в таблиці 3.1.

За базу порівняння взято зернову норію НС 175-13.

Таблиця 3.1 – Вихідні дані

Показники	Значення
1. Продуктивність норії, т/год.	
- базовий варіант	175
- розрахунковий варіант	250
2. Кількість обладнання, шт.	

Продовження таблиці 4.1

- базовий варіант	2
розрахунковий варіант	1
3. Режим роботи підприємства в рік, діб	300
4. Вартість придбання обладнання, грн.	
- базовий варіант	181710
- розрахунковий варіант	218605
5. Річна норма амортизаційних відрахувань, %	15
6. Витрати на ремонт та утримання обладнання, % до суми	50
7. Сумарна потужність електродвигунів, кВт	
- базовий варіант	40
- розрахунковий варіант	38
8. Режим роботи на протязі доби, змін	2
9. Тривалість зміни, годин	12
10. Тариф за 1 кВт*год електроенергії, грн.	1,325
11. Площа під обладнанням, м кв.	
- базовий варіант	10
- розрахунковий варіант	8
12. Вартість 1 м кв. площі, грн.	14,20
13. Витрати на утримання та амортизацію площі, % до вартості	0,5
14. Нормативний коефіцієнт економічної ефективності	0,15
15. Коефіцієнт використання обладнання	
- базовий варіант	0,92
- розрахунковий варіант	0,847

Розрахунок одноразових витрат

Розрахунок річної продуктивності ноки (П) визначаємо по формулі:

$$P = p \cdot K_0 \cdot T_{зм} \cdot K_3 \cdot T \cdot K_B, \quad (4.1)$$

де  $p$  – продуктивність ноки, т/год.;

$K_0$  – кількість обладнання, шт.;

$T_{зм}$  – тривалість зміни, год.;

$K_3$  – режим роботи на протязі доби, змін;

$T$  – режим роботи підприємства в рік, діб;

$K_b$  – коефіцієнт використання обладнання;

Базовий варіант

$$П = 250 \cdot 2 \cdot 12 \cdot 2 \cdot 300 \cdot 0,92 = 2318400 \text{ т/рік};$$

Розрахунок капітальних витрат

Певна первісна вартість обладнання визначається по формулі:

$$K = K_0 + K_T + K_C + K_M + K_{пр}, \quad (4.2)$$

де  $K_0$  – вартість придбання обладнання, грн.;

$K_T$  – транспортні витрати, грн. (5% до  $K_0$ );

$K_C$  – заготівельно-складські витрати, грн. (1,25% до  $K_0$ );

$K_M$  – монтажні роботи, грн. (25% до  $K_0$ );

$K_{пр}$  – проектні роботи, грн. (4% до  $K_0$ ).

Базовий варіант

$$K_0 = 181710 \cdot 2 = 363420 \text{ грн.};$$

$$K_T = 363420 \cdot 0,05 = 18171 \text{ грн.};$$

$$K_C = 363420 \cdot 0,0125 = 4542,75 \text{ грн.};$$

$$K_M = 363420 \cdot 0,25 = 90855 \text{ грн.};$$

$$K_{пр} = 363420 \cdot 0,04 = 14536,8 \text{ грн.};$$

$$K_6 = 363420 + 18171 + 4542,75 + 90855 + 14536,8 = 491525,55 \text{ грн.}$$

Розрахунковий варіант

$$K_0 = 218605 \text{ грн.};$$

$$K_T = 218605 \cdot 0,05 = 10930,25 \text{ грн.};$$

$$K_C = 218605 \cdot 0,0125 = 2732,56 \text{ грн.};$$

$$K_m = 218605 \cdot 0,25 = 54651,25 \text{ грн.};$$

$$K_{пр} = 218605 \cdot 0,04 = 8744,2 \text{ грн.};$$

$$K_p = 218605 + 10930,25 + 2732,56 + 54651,25 + 8744,2 = 295663,3 \text{ грн.}$$

Питомі капіталовкладення ( $K_{п}$ ) визначаються за формулою:

$$K_{п} = K/p \text{ грн.}, \quad (4.3)$$

де  $K$  – повна первісна вартість обладнання, грн.;

$p$  – річна продуктивність воріт, т/рік;

Базовий варіант

$$K_{пб} = 491525,5/2318400 = 0,21 \text{ грн.}$$

Розрахунковий варіант

$$K_{пр} = 295663,3/2318400 = 0,13 \text{ грн.};$$

*Розрахунок змінних поточних витрат*

Витрати на електроенергію ( $V_e$ ) визначаються по формулі.

$$V_e = N_{дв} \cdot T \cdot K_{зб} \cdot K_{інт} \cdot C_e / \cos\phi, \text{ грн.}, \quad (4.4)$$

Де  $N_{дв}$  – сумарна потужність електродвигунів, кВт.

$T$  – річний фонд робочого часу обладнання, годин;

$K_{зб}$  – коефіцієнт, що враховує втрати електроенергії в мережі заводу, (1,06);

$K_{інт}$  – коефіцієнт використання продуктивності обладнання, (0,8);

$C_e$  – тариф за 1 кВт\*год. електроенергії, грн.;

$\cos\phi$  – ККД електродвигунів, (0,92);

Річний фонд робочого часу обладнання, годин, визначається за формулою:

$$T = T_p \cdot P \cdot T_{зм}, \text{ год.}, \quad (4.5)$$

де  $T_p$  – режим роботи підприємства в рік, діб;

$P$  – режим роботи на протязі доби, змін;

$T_{зм}$  – тривалість зміни, год.;

$$T = 300 \cdot 2 \cdot 12 = 7200 \text{ годин.}$$

Базовий варіант

$$B_{еб} = 40 \cdot 7200 \cdot 1,06 \cdot 0,8 \cdot 1,325 / 0,92 = 351735,6 \text{ грн.};$$

Розрахунковий варіант

$$B_{р} = 38 \cdot 7200 \cdot 1,06 \cdot 0,8 \cdot 1,325 / 0,92 = 334148,9 \text{ грн.};$$

Річна сума амортизаційних відрахувань ( $A$ ) визначаються за формулою:

$$A = K \cdot N_a / 100, \text{ грн.}, \quad (4.6)$$

де  $N_a$  – річна норма амортизаційних відрахувань, %

$$\text{Базовий варіант } A_{б} = 491525,5 \cdot 15 / 100 = 73728,8 \text{ грн.};$$

$$\text{Розрахунковий варіант } A_{р} = 295663,3 \cdot 15 / 100 = 44349,5 \text{ грн.};$$

Витрати на ремонт та утримання обладнання ( $B_p$ ) визначаються по формулі:

$$B_p = A \cdot N_p / 100, \text{ грн.}, \quad (4.7)$$

де  $N_p$  – витрати на ремонт та утримання обладнання, %;

Базовий варіант

$$B_{рб} = 73728,8 \cdot 50 / 100 = 36864,3 \text{ грн.};$$

$$B_{рр} = 44349,5 \cdot 50 / 100 = 22174,7 \text{ грн.};$$

Загальна сума змінних поточних витрат приведена в табл. 3.3.

Таблиця 4.2

Статті витрат	Базовий варіант		Розрахунковий варіант		Зміна витрат на 1 т
	Всього	На 1т (Сб)	Всього	На 1т (Ср)	
Електроенергія	351735,6	0,15	334148,9	0,14	-0,01
Амортизаційні відрахування	73728,3	0,03	44349,5	0,02	-0,01
Витрати на ремонт та утримання обладнання	36864,3	0,016	22174,7	0,009	-0,007
Всього	462328,7	0,196	400673,1	0,169	-0,027

Розрахунок показників економічної ефективності капітальних вкладень

Річний економічний ефект ( $E_p$ ) визначаються по формулі:

$$E_p = [(C_b + E_n \cdot K_{пб}) - (C_r + E_n \cdot K_{пр})] \cdot P_p, \quad (4.8)$$

де  $E_n$  – нормативний коефіцієнт економічної ефективності;

$$E_p = [(0,196 + 0,15 \cdot 0,21) - (0,169 + 0,15 \cdot 0,13)] \cdot 2318400 = 904173 \text{ грн}$$

## ВИСНОВКИ

1. Норії є важливим елементом у складі зернопереробних потокових ліній, оскільки виконують функції вертикального транспортування зерна, продуктів його переробки, а також іншого насіння до наступних етапів технологічного процесу на підприємстві. Їх правильний вибір, монтаж та експлуатація напояму впливають на надійність, енергоефективність і безпеку цього технологічного процесу. Для потокової лінії приймання зерна рекомендовано використовувати стрічкові норії з полімерними ковшами та автоматизованим управлінням, які забезпечують високу продуктивність і збереження якості зерна.

2. У ході виконання дипломної роботи проведено аналіз конструктивних рішень існуючого обладнання для вертикального транспортування зернопродуктів. Розглянуто особливості проектування та будови зернових норій. Проведено технічні розрахунки та обґрунтовано режими роботи обраного транспортного обладнання, що виступає об'єктом дослідження. Визначено потенційні небезпеки при експлуатації норії на зернопереробному підприємстві та запропоновано заходи з охорони праці, а також дотримання правил безпечної експлуатації. У процесі розробки проекту розраховано конструктивні параметри й режими функціонування норії.

3. У загальному розділі надано стислий аналіз сучасного стану об'єкта та предмета дослідження, обґрунтовано актуальність роботи, визначено її мету, практичну цінність та можливості застосування отриманих результатів.

4. У технологічному розділі викладено схему приймання, очищення, сушіння та зберігання зерна, розглянуто конструктивні особливості норії, а також наведено вимоги до її монтажу та експлуатації.

5. У конструкторському розділі проведено комплекс кінематичних, технологічних, енергетичних, тягових і конструктивних розрахунків; визначено основні конструктивні й режимні параметри норії, для обраної кінематичної схеми підібрано електродвигун та розраховано редуктор.

6. У розділі, присвяченому економіці, охороні праці та захисту навколишнього середовища, обґрунтовано економічну доцільність впроваджених технічних рішень, наведено пропозиції щодо створення безпечних умов праці оператора, а також заходи з мінімізації негативного впливу обладнання на довкілля.

7. Розроблена норія придатна для експлуатації на зерноприймальних елеваторах у складі транспортної системи для підйому зерна ( $t \setminus год$ ) на висоту (Н)м.

8. Отримані результати роботи підтверджують доцільність і ефективність запропонованих технічних рішень, можуть бути застосовані у сфері виробництва засобів малої механізації для сільського господарства.