**ПОЛТАВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**Факультет інженерно-технологічний**

**Кафедра механічної та електричної інженерії**

# Пояснювальна записка

до *кваліфікаційної роботи* на здобуття ступеня вищої освіти

*бакалавр*

на тему: «Обґрунтування параметрів та режимів роботи зернової норії»

КРБ.133ГМбд_41.04.00.00.000 ПЗ

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

Керівник: канд. техн. наук, доцент
ЛЕВЧЕНКО Юлія

**Полтава – 2024 року**

# ВСТУП

Останнім часом Україна стрімко розвиває свій аграрний потенціал, внаслідок чого за останні роки масово збільшуються потужності елеваторних комплексів по всій території Україні. Звісно, спірне питання стосується того, що є «серцем» елеватора, але однозначно його «кровоносною» системою є внутрішнє транспортне обладнання, яке переміщує зерно між усіма ланками виробничого ланцюга. В арсеналі транспортного обладнання елеватора є машина, завдяки якій він, власне, й отримав свою назву. У перекладі з англійської “elevator” – ліфт, підіймач, і цими ліфтами, які підіймають зерно на потрібну висоту, без яких зараз не обходиться жоден елеватор, є зернові норії. Відомо, що норії поділяються на самонесучі і не самонесучі. За показниками швидкості руху ковшів норії класифікуються на два типи: тихохідні (до 1,25 м/с) та швидкохідні (до 4 м/с). У тихохідному обладнанні розвантаження ковшів зазвичай гравітаційне, у швидкохідному – відцентрове. За типом вантажонесучих робочих органів норії класифікуються на ланцюгові та стрічкові. Також, важливо звертати увагу на форму й типи ковшів (пластик, метал і т.ін.), типи стрічки (маслостійкість, кількість шарів тощо). На сучасному етапі розвитку машинобудування великого значення набуває проблема підвищення якості машин та їх експлуатаційної надійності. Вирішення проблеми надійності – це значний резерв підвищення ефективності виробництва, зменшення матеріальних затрат і запобігання виникненню відмов машин. Отже, проблема надійності є комплексною і потребує вирішення у сферах виробництва та експлуатації машин, акумулює і синтезує все те, що сприяє підвищенню працездатності машин.

В умовах механізованого і автоматизованого виробництва ефективність роботи підприємств і якість виготовленої ними продукції тісно пов’язані з технічним станом технологічного обладнання, а також електроприладів. Простої машин і апаратів через поломки, аварії і ремонт негативно впливають

на якість випущеної продукції, призводять до її браку, що погіршує економічні показники роботи підприємства. Правильна експлуатація, своєчасне і якісне технічне обслуговування і ремонт в значній мірі дозволяють забезпечити надійну і багаторічну службу машин і апаратів без аварій і простоїв через технічні та технологічні причини. Крім того, для ефективної і безпечної роботи обладнання велике значення має дотримання правил монтажу і випробування ново-встановленого на підприємстві, а також відремонтованого обладнання.

Загальновідомо, що витрати на експлуатацію всіх машин значно перевищують витрати на їх виготовлення. Зокрема, у сфері ремонту зайнято значно більше робітників, ніж на виробництві цих машин. Крім того, витрати металу та інших швидкозношуваних складових на ремонт за повний термін служби машини наближаються до маси самої машини, а вартість усіх заходів щодо підтримування машини в працездатному стані за той самий період у декілька разів перевищує вартість самої машини. Розглядаючи окремі елементи, які найбільше піддаються зношуванню, слід враховувати, що їх заміна, або ремонт не завжди є дешевими, швидкими і надійними.

Практично кожен відомий виробник обладнання для транспортування зерна пропонує достойне уваги обладнання. Варто орієнтуватися на співвідношення ціни та якості та тісно співпрацювати з виробничим та сервісним відділами компаній, які виробляють чи обслуговують таку продукцію. Можна зробити висновок, що на сьогоднішній день питання підвищення експлуатаційної надійності зернових норій елеваторного обладнання із урахуванням потреб виробництва для виконання певного технологічного процесу не втрачає своєї актуальності та потребує подальших наукових досліджень та розробок, що дозволить у подальшому зменшити затрати на обслуговування та прискорить окупність інвестицій. [1]

**Мета роботи** – розрахувати та обґрунтувати параметри та режими роботи зернової норії.

**Предметом дослідження** є зернова норія продуктивністю 250 т/год.

**Об'єктом досліджень** є проектування конструктивних параметрів норії та її приводу, обґрунтування конструктивних параметрів.

У кваліфікаційній роботі поставлені наступні завдання:

1. Провести аналіз існуючих конструкцій технологічного обладнання для вертикального транспортування зерно-продуктів.

2. Розглянути особливості проектування зернових норій, особливості їх конструкцій.

3. Провести розрахунки та обґрунтувати режими роботи транспортного обладнання, яке обране в роботі в якості предмету дослідження.

4. Проаналізувати існуючі небезпеки та заходи з охорони праці на зернопереробному підприємстві, розглянути правила безпечної експлуатації норії.

5. Виконати техніко-економічні розрахунки.

# РОЗДІЛ 1
# ЗАГАЛЬНИЙ

Зерно-заготівельні та зернопереробні підприємства відносяться до виробництв з вертикальною організацією багатостадійного технологічного процесу, з послідовним направленням продуктів відповідно до схеми технологічного процесу з однієї машини на іншу за допомогою стаціонарних транспортних механізмів.

Стаціонарне транспортне обладнання призначено для переміщення зерна та продуктів його переробки. В залежності від виду операцій, що виконують, внутрішньо-цеховий транспорт поділяється на: механічний, пневматичний та гравітаційний.

При обслуговуванні елеватора вручну від 45 до 80% робочого часу займають вантажно-розвантажувальні роботи; механізоване обладнання для транспортування зерна підвищує продуктивність підприємства. Правильно встановлене транспортне обладнання для елеваторів запобігає механічним пошкодженням зерна і сприяє підвищенню споживчої цінності продукту. Модельний ряд радує різноманітністю дизайнерських рішень і можливістю модифікацій; найчастіше на фермерських елеваторах встановлюють транспортерів для зерна трьох типів:

конвеєрні конвеєри – стрічкові, скребкові, шнекові;

норії для зерна – ковшові підйомники;

зерно-проводи і самопливні труби для зерна – це пристрої для швидкого переміщення великих обсягів зернової маси.

Поряд з транспортними установками на елеваторах використовуються складські споруди; наприклад, завальна яма для зерна призначена для збору зернової маси перед відвантаженням. Для запобігання нещасним випадкам транспортне обладнання для елеваторів оснащується системами аварійного відключення і захисними бар'єрами.

Рух зерна на елеваторі ділиться на три етапи: прийом, доставка до місця сушіння і транспортування до місця накопичення; при досягненні запланованого обсягу продукція відвантажується на конвеєр і відправляється на реалізацію або в перевалочні пункти. У конструкції популярних моделей трансспортерів реалізований широкий спектр ефективних способів переміщення зернової маси:

Норії – переміщують вантажі вгору-вниз на невеликі відстані.

Шнекові транспортери (шнеки) – переміщують вантажі шляхом обертання шнека по горизонтальній і плоскій площині під кутом до 45 градусів.

Скребкові або ланцюгові транспортери (редери) використовують ланцюги з металевими пластинами для транспортування зерна по прямій і криволінійній траєкторіях.

Конвеєрні стрічки – це горизонтальні конвеєри з можливістю підйому стрічки на 80 градусів.

Зерновопроводи – працюють за рахунок тиску або витрати повітря.

Зазвичай термін «переміщення матеріалів» включає ряд операцій, які можуть виконуватися вручну або за допомогою різних механічних пристроїв з єдиною метою полегшення праці людини. У останні декілька десятиліть переміщення матеріалів зазнало революційних перетворень та стало предметом повністю нової та складної організації ефективного планування переміщення матеріалів, так званої «техніки переміщення матеріалів». Цим терміном визначають управління засобами і доставку певного продукту у визначені місця в межах заданого часу та при мінімальній вартості. Продукти можуть транспортуватися від однієї точки до іншої або по обмеженому жорстко певному колу операцій в межах однієї точки. [2]

У зв’язку з розширенням обсягів вантажно-розвантажувальних робіт при виконанні різних технологічних операцій із зерновими матеріалами збільшується попит на високоефективні норії різної продуктивності та висоти.[3]

Основне призначення норій на елеваторах — вертикальне переміщення зерна. Вони мають компактну конструкцію і здатні підіймати вантаж на десятки метрів по вертикалі у безперервному режимі. Відповідно, особливу увагу слід звертати на якість виконання та надійність такого транспортного обладнання.[4]

Норії (ковшові елеватори) – механічні системи для вертикального транспортування зерна та продуктів його переробки, які застосовують у складі технологічного обладнання із тривалим режимом роботи на елеваторах, зерносховищах, зерносушильних і зерноочисних комплексах, млинах, лініях гранулювання, комбікормових заводах та інших зернопереробних підприємствах. Норії – транспортне обладнання безперервної дії з гнучким тяговим органом у вигляді гумової стрічки з прошарками тканини, на яких розміщені сталеві або пластмасові ковші.

Порівняно з іншими системами транспортування зерна, перевагами норії є здатність транспортувати зерно та інші сипкі матеріали на велику висоту, відносно невеликі енерговитрати, компактність будови, бережне переміщення й незначне (близько 0,2%) травмування зерна, надійність і довговічність конструкції, простота роботи та обслуговування, а також невисока вартість.

Несучою і огороджувальною частинами норії є зварний сталевий кожух із завантажувальним і розвантажувальним патрубками. Корпус норії складається з нижньої частини – натяжної станції (башмак), верхньої частини – приводної станції (голова) та коробів, якими рухається гумова стрічка з ковшами. Приводна станція в своєму складі має приводний барабан і мотор-редуктор, який встановлений безпосередньо на корпусі голови. Вал приводного барабана вставлений у мотор-редуктор та приводиться в рух без муфти. Товщина стінок корпусу голови норії становить 2 мм, а опорні швелери – 4 мм.

Принцип роботи норії досить простий. Після вмикання приводу починає обертатися приводний барабан, який починає рухати стрічку з ковшами. Вантаж у нижній частині захоплюється ковшами, піднімається вертикально

догори і висипається через патрубок горизонтально у верхній частині норії. Ковші повертаються зворотною шахтою вже порожніми.

Залежно від висоти піднімання зерна, яка може сягати 60 м, продуктивність норій може становити від 20 до 200 т/год. Поступальна швидкість руху стрічки із ковшами невисока – до 2,2 м/с, завдяки чому травмування зерна є незначним. Тож норії доцільно застосовувати під час робіт, пов'язаних із транспортуванням посівного матеріалу. Для зменшення пожежо- та вибухонебезпеки підвищена увага приділяється різним варіантам конструкції, основним вузлам, розміщенню устаткування та надійності роботи сучасних стрічок на розрив та синтетичних волокон, вже не є виключенням висота переміщення, регулювання пристроїв контролю та управління. Стрічкові норії особливо широко застосовують в харчовій промисловості для вертикального переміщення, наприклад, зерна, муки, зернових та побічних продуктів, тобто сухих, легкосипких, зернистих та таких, що не злипаються вантажів .

До переваг норії відносяться:

- низька вартість вертикального переміщення з високою ефективністю та прийнятною споживаною потужністю;

- економія виробничої площі.

До недоліків ковшової норії належить:

- дроблення зернівки при заборі продукту ковшами з башмака ковшового елеватора;

- змішування продуктів із-за наявності залишків в кутах башмака норії, особливо при частій зміні продуктів, що транспортуються;

- чутливість ковшового елеватора до перевантаження, що викликається розсипом зернівки з ковшів, що піднімаються вгору;

- значне виділення пилу усередині труб норій. [2]

Залежно від потужностей елеватора та потреб господарства підбираються різні норії, які можуть бути ковшовими, похилими, поличними та люлечними.

Ковшові норії. До стрічки кріпляться ковші, які виготовляють з різних матеріалів – полімери, пластик або нержавіюча сталь, і кріпляться у шаховому порядку. Ковшові норії рухаються лише вертикально, а максимальна висота підйому становить 60 м.

Похилі норії. Являють собою стрічку, яка кріпиться під кутом (від 60 до 82 градусів) до основи. Такий пристрій зручно використовувати для будь-яких сипучих продуктів, не лише зерна.

Поличні та карусельні норії. Конструкція складається з кількох пластинчастих втулкових ланцюгів, які огинають зірочки, які жорстко закріплені. Пристрій напівавтоматичний, тому що вимагає ручного вивантаження матеріалу перед транспортуванням. Карусельні відрізняються від поличних тільки способом кріплення «люльок» - вони прикріплені шарнірами, що забезпечує їм постійне горизонтальне положення незалежно від напрямку руху. [5]

За показниками швидкості руху ковшів норії класифікуються на два типи: тихохідні (до 1,25 м/с), швидкохідні (до 4 м/с). У тихохідному обладнанні розвантаження ковшів зазвичай гравітаційне, у швидкохідному – відцентрове.

За розміщенням вантажонесучих органів на тяговому транспортерові норії виготовляються із розставленими та із зімкненими ковшами. Перші використовуються для транспортування дрібнофракційних матеріалів, і найчастіше вони є швидкохідними. Елеватори із зімкненими ковшами — це тихохідне обладнання із самопливним розвантаженням.

За типом вантажонесучих робочих органів норії класифікую-ться на ланцюгові та стрічкові.

Умовами нормальної роботи такого обладнання є правильний вибір форми і розмірів ковшів, швидкості руху, розмірів барабана та зірочок, форми і розміру верхньої (головка) та нижньої («башмак») частин елеватора.

Норії складаються із замкненого тягового органу — вантажонесучої стрічки або ланцюга, який огинає приводний та натяжний барабани або зірочки,

короба конвеєра, приводної головки та башмака. У комплекті можуть пропонуватися датчики, які контролюють роботу і технічний стан елементів конструкції.

До стрічок чи ланцюгів прикріплені ковші, які в башмаку автоматично завантажуються матеріалом у нижній частині елеватора, а розвантажуються крізь вікно у верхній його частині – голівці. Ковші вибирають залежно від продуктивності елеватора і типу насипного вантажу. Їх форма визначається способом розвантаження і характеристикою матеріалу.

Нижня частина норії – «башмак» представляє собою збірну конструкцію із металевих листів та профільованих металевих виробів, з'єднаних між собою за допомогою різьбових кріпильних деталей. Цей вузол слугує для забезпечення завантаження сипучих матеріалів до основного робочого органу – ковша та натяжки тягового органу стрічки чи ланцюга. Крім цього, він є важливим опорним елементом усієї конструкції норії.

Завантаження норії через завантажувальні патрубки башмака може провадитися як «за ходом руху ковша» (для легких та важкосипучих переміщуваних продуктів), так і проти (для добре сипких із великою насипною масою). З метою очищення «закутків» донної частини «башмака» від надлишкового зернового матеріалу або у випадку зупинки у нижній його частині конструктивно передбачено встановлення двох шиберів. Для контролю положення стрічки із ковшами на натяжному барабані в корпусі «башмака» передбачені інспекційні люки. Для регулювання завантаження норії, з метою недопущення перевантаження від надмірного надходження зерна в корпус, впускні патрубки «башмака» можуть оснащуватися регулювальними шиберами з ручним чи електричним приводами. Головка норії складається із двох основних частин – основи та кожуха. У внутрішній її частині розташовується ведучий приводний барабан, встановлений на опорних підшипниках, а зовні – вузли механізму його приводу та, на випадок аварійної зупинки норії, із наповненими продуктом ковшами, стопору зворотнього ходу.

Головним несучим елементом норії є норійні труби. Останні передають всі механічні навантаження від головки норії «башмаку». Вони огороджують стрічку з ковшами та з'єднують головку й «башмак» норії.

На робочій ланці норії над «башмаком» зазвичай встановлюється інспекційна (монтажна) труба, яка призначена для встановлення на стрічку ковшів та контролю їх стану і перевірки рівня заповнення їх продуктом. Через неї проводять заміну та встановлення стрічки з ковшами або усунення проблем, пов'язаних зі стрічкою і ковшами, які виникли в процесі експлуатації.

Стрічка з ковшами є основним вантажо-транспортувальним елементом норії, який забезпечує переміщення вантажу, рухаючись між натяжним та приводним барабанами. Для забезпечення руху кінці стрічки з'єднані між собою за допомогою спеціальних пристроїв чи самими ковшами. Останні прикріплюються до стрічки за рахунок спеціальних норійних болтів, таким чином, щоб головки болтів розміщувались із внутрішньої сторони конструкції, зі сторони барабанів. Навколо отворів для кріплення ковші мають заглиблення, у яке під час затискання входить плоска головка болта, «вдавлюючись» у стрічку, що не створює додаткового опору під час руху стрічки на барабані та не допускає контакту головки норійного болта із металом натяжного барабану. Стрічки норії виготовляються із міцного і стійкого до перепадів температур та розтягування, як правило, восьмишарового гумовотканинного матеріалу.

Норії можуть комплектуватися металевими або пластиковими ковшами. Для зменшення пошкодження зерна виробники норій застосовують типи ковшів, прийомна частина яких повторює траєкторію руху зернового продукту із завантажувального патрубка.

Найчастіше норії зернові комплектуються металевими ковшами, котрі виготовляються методом штампування із листового матеріалу, які мають плавні закруглені форми без місць налипання зерна. За масою металеві ковші завжди більші від аналогічних полімерних.

Як правило, норія сама не працює – управління нею, разом з іншим обладнанням має здійснюватися з пульту керування. Звідти може здійснюватися відключення приводу норії у таких випадках: розривання або пробуксовування стрічки; переповнення завантажуваної місткості; надлишкове накопичення зерна в корпусі «башмака» тощо.

Під час експлуатації норії може накопичуватись зерновий пил, котрий, нагріваючись, здатен спричинити виникнення пожежі та навіть руйнування в результаті вибуху. Тому важливо дотримуватись правил пожежо- і вибухонебезпеки. Підвищення температури може виникнути внаслідок тертя ковшів об стінки труб коробів, тертя стрічки об приводний барабан під час пробуксовування, нагрівання корпусів підшипників. [4]

Стрічка норії з ковшами проходить над барабанами в нижній та верхній частинах норії. Верхній барабан приводний, а нижній – натяжний. Переважно висхідна та низхідна частини стрічки проходять в трубі – окремо або разом. Труба встановлюється на башмаку норії, та на ній вмонтовується головка ковшового елеватора.

Башмак ковшового елеватора обладнаний одним або двома живильними пристроями. Головка ковшового елеватора закінчується розвантажувальним пристроєм, який направляє потік вивантажувального продукту. Продукт вивантажується самопливом або під дією відцентрової сили.

Метод навантаження ковшів внизу та вивантаження продукту у верхній частині значною мірою впливає на продуктивність ковшового елеватора. Місткість та форма ковшів, крок ковшів, швидкість норійної стрічки, діаметр барабанів є важливими характеристиками.

Продуктивність ковшового елеватора в основному залежить від швидкості переміщення, місткості ковшів, конструкції та кроку ковшів, способу навантаження та розвантаження ковшів та властивостей сипкого продукту. Якщо швидкість стрічки дуже низька, то розвантаження продукту стає важчим; якщо швидкість стрічки дуже висока, навантаження ковшів несприятливе.

Деякі проектувальники повністю відмовляються від норій шляхом використання стрічкових конвеєрів, що встановлюються зовні.

Норія з ковшами без дна в вертикальному та похилому положеннях. Вхід матеріалу в башмак ковшового елеватора можливий з обох боків. Для всіх продуктів можна використовувати однакову модель ковша.

Місткість ковша використовується повністю. Недоліком вважається те, що повне спорожнення башмака ковшового елеватора неможливе, якщо не встановити на стрічці через чотири, п'ять ковшів без дна один ківш з дном.

Стрічковий конвеєр з ковшами у вигляді мішка є внутрішнім розвантажувальним конвеєром, як відмінним засобом для безперервного, м'якого переміщення з невеликою швидкістю неабразивних гранульованих продуктів, наприклад насіння та гранул.

Норія з примусовим розвантаженням.

Ковші, встановлені з інтервалом на двох рядах ланцюгів, завантажуються вичерпанням продукту з башмака норії або подачею продукту в них. Після проходження над приводними зірочками ковші перевертаються над розвантажувальним носком. Натяжні елементи, встановлені в башмаку - гвинтові або вантажні.

Дисково-трубчастий конвеєр простої конструкції складається із сталевого дротяного каната з дисками, розташованими на ньому на однаковій відстані один від одного, та двома кінцевими зірочками спеціально розробленої форми. Корпус має трубчасту конструкцію. Продукт завантажується в конвеєр внизу, зазвичай з бункера або приймального патрубка, та входить між дисками. [2]

Визначення кінематично-конструктивних параметрів зачерпування норійних ковшів неможливо без наукового обґрунтування механіки сипких тіл та урахування процесів зсуву і витікання.

Існуючий досвід експлуатації норій в транспортуванні різних сипких матеріалів показує, що реальна продуктивність менше розрахункової. В окремих випадках ці втрати досягають до 20 %. Встановлено, що зниження

продуктивності визначається двома факторами: зворотнім сипом в башмак норії при розвантаженні ковшів в її голівці та неповним їх заповненням в процесі завантаження. Не дивлячись на простоту обидва процеси мають складний фізичний характер. Вважалось, що головні втрати продуктивності відбуваються при розвантаженні ковшів, як в тихохідних, так і швидкохідних норіях. Тому основний упор було зроблено на дослідження саме цього процесу, на основі отриманих результатів були вдосконалені і стандартизовані конструкції ковшів, головок норій і встановлені раціональні кінематичні режими роботі.

Однак до теперішнього часу домогтися 100% відповідності розрахункової і експлуатаційної продуктивності в багатьох випадках не вдається. Це пояснюється, не тільки нестабільністю фізико-механічних властивостей вантажів, але і, як вважають багато авторів, неповним завантаженням ковшів, процес якого малодосліджений. Наведені дослідні дані в довідковій літературі щодо залежності коефіцієнтів заповнення від швидкості стрічки, є досить приблизними і не враховують специфічних властивостей сипких вантажів і конструктивних особливостей живлячих норію пристроїв. Нечисленні дослідні роботи у цьому напрямі носять фрагментарний характер і являють собою лише академічну зацікавленість.

Проте, вивчення цих робот являється важливою необхідністю для побудови фізичних моделей, їх аналітичного рішення і відповідної експериментинтальної перевірки. Визначення кінетико-конструктивних параметрів зачерпування в норіях неможливе без науково обґрунтованих даних про фізико-механічні властивості сипких тіл, зокрема, пружності і опору зсуву зернового шару. [3]

# РОЗДІЛ 2
# ТЕХНОЛОГІЧНИЙ

## 2.1. Опис технологічної схеми підготовки зерна

Технологічна схема приймання зерна, використана у роботі, включає його очищення від легких і крупних домішок, сушіння (за необхідністю) та зберігання в силосах.

Зерно може надходити на підприємство як автомобільним, так і залізничним транспортом. Для контролю та обліку зерна, яке надійшло на елеватор автотранспортом, передбачено його попереднє зважування на автомобільних платформенних вагах.

Після зважування автомобілі направляються на приймальний пристрій для розвантаження автомобілів з причепами. Він оснащений автомобілерозвантажувачем (поз.1).

Неочищене зерно вивантажується в завальні ями (поз. 2). Під завальними ямами встановлені скребкові конвеєри (поз. 3). Далі зерно з будь-якого скребкового конвеєра надходить на стрічковий конвеєр (поз. 4). Да-ний конвеєр транспортує зерно на стрічкову норію (поз. 5), що подає зерно в проміжний над сепараторний бункер (поз. 6). Звідти зерно поступає на сепаратор (поз. 7), де зерно очищується від домішок, які йдуть в бункер відходів (поз. 10), з якого вони відвантажуються на автотранспорт. Також зерно після сепаратора може зразу ж відвантажуватись скребковим конвеєром на автотранспорт, якщо це є доцільним. [6]

Забруднене повітря після сепаратора прямує на очищення в пиловіддільник (поз. 9), в який поступає за рахунок роботи вентилятора (поз. 8).

Далі очищене зерно транспортується скребковим конвеєром (поз. 11) на стрічкову норію (поз. 12), якою його через поворотний розподільник (поз. 13) розділяють на дві потокові лінії.

Із розподільника зерно направляють на скребковий конвеєр (поз. 14), який перемістить його в проміжні бункери (поз.15) з яких за допомогою скребкового конвеєра (поз. 16) зерно поступить на стрічкову норію (поз. 17). Далі скребковим конвеєром (поз. 18) зерно направляють на зерносушарку (поз. 19). Очищене і сухе зерно після зерносушарки скребковим конвеєром (поз. 20) подається на стрічкову норію (поз. 21), з якої зерно подається на стрічковий конвеєр (поз. 22), і з нього воно задається в силоса (поз. 23), де воно зберігається до часу розвантаження.

Для відвантаження зерно з силосів поступає на стрічковий конвеєр (поз. 24), по якому воно переміщується до місця відвантаження.

## 2.2 Опис існуючих конструкцій та запроектованого обладнання

На сучасних елеваторах норії використовуються для вертикального транспортування сипких вантажів.

Тяговим елементом стрічкового елеватора є стрічка, яка охоплює верхній барабан в головці норії поз. 1, та нижній барабан в башмаку норії поз. 3. Робочим органом є ковші поз 8, закріплені болтами до стрічки. Нижній барабан розміщений в корпусі на підшипниках. Верхній барабан, розміщений також на підшипниках. Головка та башмак з'єднані між собою вертикальними норійними трубами, поз. 5. Для того, щоб під час роботи стрічка норії не ковзала по верхньому приводному барабанові і не розхитувалась використовують натяжний пристрій, поз. 10. Для цього нижній барабан з валом встановлюють в рухомих підшипника, які переміщаються у вертикальному напрямку по направляючих. Стрічка натягується при обертанні гвинта або вантажами, які встановлені на раму. [7]

Сипкі вантажі подаються в башмак норії через завантажувальну воронку поз 7. Ця воронка може бути встановлена з однієї або з обох сторін башмака. Вантажі захоплюються ковшами. При обертанні верхнього барабану, стрічка з наповненими ковшами піднімається на верхній барабан, де вантаж висипається із ковшів під дією відцентрованої сили і сили тяжіння. Вантаж відводиться від головки норії через воронку вивантаження. Верхній барабан норії приводний. Він отримує обертання від приводу поз 4. Приводом норії є асинхронний електродвигун, який муфтою з'єднаний з циліндричним редуктором. Вихідний вал редуктора також муфтою з'єднаний з валом верхнього барабану.

При раптовому вимиканні електродвигуна або при обриві стрічки з ковшами, навантажена гілка стрічки швидко опускається вниз, утворюючи «завал». Для запобігання обертання барабану у зворотньому напрямку використовують гальмівний пристрій поз. 9.

Норійні труби поз. 5 мають прямокутний переріз. Розміри труби необхідно вибирати такими, щоб під час руху стрічки ковші норії не зачіпалися за стінки. В поперечному перерізу труби розмір має бути 1,15-1,3 ширини стрічки, а у подовжньому 1,6-2,2 розміру висоти ковша. Норійні труби виготовляють з листової сталі товщиною 1,4-2 мм і довжиною 1,4-2 метри. На кінцях труб закріплені флянці. Для нагляду за роботою норії (стрічки з ковшами) у окремих трубах розміщують оглядові люки. Також одна із труб норії роз'ємна. Вона призначена для з'єднання стрічки норії або заміни ковшів.

Натягнення стрічки в башмаках норії проводиться ваговим або гвинтовим механізмами. Переваги вагового механізму полягають у тому, що на стрічку передається вага барабану з додатковим вантажем. Це забезпечує автоматичне постійне натягнення. При використанні гвинтового механізму проводиться обертання натяжних гвинтів, які піднімають або опускають рухомі підшипники з валом і барабаном башмака.

Для регулювання кількості сипкого вантажу, який поступає у носки, в них встановлені заслінки. Ці заслінки рухаються при допомозі зубчатого колеса і

зубчатої рейки. Башмаки й головки норій обладнані пристроями для підключення до аспіраційної мережі.

В конструкції башмака норії передбачені місця для встановлення датчика контролю швидкості обертання валу натяжного барабану, і попередження завалу башмака продуктом. [6]

Технічна характеристика

| | |
|---|---|
| Продуктивність, т/год | 250 |
| Швидкість руху стрічки, м/с | 1,6 |
| Ширина стрічки, мм | 680 |
| Місткість ковша , дм 3 | 52 |
| Крок розстановки ковшів, мм | 800 |
| Електродвигун | 4А132S4 |
| потужність, кВт | 7,5 |
| частота обертання, об/хв | 1000 |
| Габаритні розміри, мм | |
| довжина | 1082 |
| ширина | 1100 |
| висота | 27000 |

Збирання норії розпочинають з установки башмака. Башмак ставиться таким чином, щоб його повздовжня вісь вала співпадала з повздовжньою віссю, яка розміщена на підлозі. Перевірку проводять за допомогою відвідсів, які опущені з обох кінців вала на вісь, розмічену на підлозі.

Горизонтальність башмака перевіряють шляхом установки рівня на верхню площину башмака. Якщо існує відхилення під башмак встановлюють підкладки із полосової сталі. Потім перевіряється правильність установки барабана на валу відносно стінок башмака. Перевіряється переміщення підшипників вала барабана в направляючих натяжного пристрою. Тільки після усунення всіх виявлених дефектів приступають до встановлення норійних труб.

Труби розпочинають встановлювати з башмака норії і ведуть знизу вгору по шнурам чотирьох відвісів, які опущені з верхнього поверху. Замість відвісів

можна використовувати проволоку, яка натягнута строго вертикально. При встановленні труб між фланцями кладуть картон на сурику, при цьому фланці попередньо затягують половинною кількістю болтів. Коли труби встановлені, зверху на картонну прокладку до них кріплять головку норії. [8]

При встановленні верхнього барабана або блока також перевіряють їх кріплення на валу і відстань від кромок до вертикальних стінок кожуха головки. Головку норії кріплять до перекриття або стіни, після цього її перевіряють по відвісу і рівню. Горизонтальність вала перевіряють рівнем, який вкладають на барабан норії. Якщо є відхилення то під опорні поверхні підшипників вкладають підкладки.

Перед кінцевим закріпленням болтами фланців труб необхідно перевірити відвісами вертикальність труб і співпадання загальній вертикальні площині вісей барабанів башмака і головки норії.

Шків і приводний барабан перед встановленням повинні бути відбалансовані.

Нову норійну стрічку перед установкою примусово розтягують, щоб запобігти її розтягу під час роботи. Для цього стрічку опускають з верхнього поверху приміщення і підвішують до неї вантаж вагою від 500 до 750 кг. в такому положенні стрічка знаходиться від 3 до 5 діб. Після цього в стрічці по шаблону пробивають отвори під болти для кріплення ковшів.

Перед встановлення стрічки в норію до одного кінця стрічки прикріпляють дерев'яну планку, яка запобігає від скручування стрічки при проході через норійні труби. Потім стрічку через натяжний люк по норійним трубам піднімають тросом до барабана башмака. Після цього через натяжний люк опускають трос до барабана башмака, прикріпляють до неї кінець стрічки з направляючою планкою і піднімають його вгору до натяжного люка. Кінці стрічки, які знаходяться в натяжному люку стягують спеціальними пристроями і зшивають. [7]

Кріплення ковшів до стрічки проводять на барабані головки норії.

Під час випробування усувають збігання стрічки і зачіпання стрічки або ковшів за труби. При виявленні будь – яких дефектів норію потрібно зупинити і дефекти усунути. Після безперервної роботи на холостому ходу на протязі 8 – 12 годин норію запускають під навантаженням.

### 2.3 Ремонт і монтаж обдаднання

Ремонт кожухів башмаків і головки виконується за допомогою електрозварювання або виготовляють нові кожухи.

Ремонт труб норії заключається в усуненні щілин за допомогою шпаклівки або встановленням тимчасових манжет. Люки і двері виправляють і ставлять на нові прокладки. При незначному спрацюванні стрічок можна виправити не виймаючи її із труб, шляхом обшивки країв стрічки шпагатом або накладанням невеликих латок. При значному спрацюванні стрічки її заміняють на нову або вставляють ділянки із нової або малозношеної стрічки.

Ремонт окремих спрацьованих і деформованих ковшів виконують шляхом виправки і точкового зварювання. Несправні ковші можна замінити через натяжний люк.

Вимоги до змонтованих норій.

- фланці труб щільно з’єднані на картонних прокладках і стики промазані замазкою;
- вісі валів барабанів в башмаку і головці розміщені в загальній вертикальній площині і паралельні між собою;
- ковші прикріплені без перекосів і не зачіпаються за стінки башмака, головки і труб;
- гальмівний механізм забезпечує надійне гальмування тягового органа, не допускаючи зворотного його руху. [8]

# РОЗДІЛ 3
# КОНСТРУКТОРСЬКИЙ

Для розрахунку приймаємо швидкохідний стрічковий елеватор з відцентровим розвантаженням: зерна вологістю більше 17 %, та насипною вагою ρ = 750 кг/м$^3$, висотою підйому Н = 21 м, та паспортною продуктивністю 250 т/год.

Згідно таблиці ІІІ-2 [1 с.63] для розрахунку приймаємо елеватор FPK-250.

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

$$Q_д = Q_п \cdot К \tag{3.1}$$

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

К = 0,8 – коефіцієнт використання обладнання

$$Q_д = 250 \cdot 0,8 = 200$$

Приймаємо швидкість руху стрічки для норії заданої продуктивності V = 2,5 м/с [1 с.61]; при завантаженні зерна проти напрямку руху стрічки коефіцієнт заповнення ковша $\psi = 0,85$. [9]

## 3.1 Конструктивний розрахунок

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

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

$$\frac{i}{t} = \frac{1000 \cdot 200}{3,6 \cdot 2,5 \cdot 750 \cdot 0,85} = 35$$

де G – продуктивність норії, т/год;

v – швидкість руху стрічки, м/с;

$\rho = 750$ кг/м$^3$ - насипна вага;

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

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

Після вибору уточнюємо швидкість, в м/с, виходячи з формули:

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

$$v = \frac{200 \cdot 1000 \cdot 0{,}65}{3{,}6 \cdot 35 \cdot 750 \cdot 0{,}85} = 1{,}6$$

Ширина стрічки приймається по ширині ковшів, в мм

$$B = B_к + 100 = 500 + 100 = 600 \tag{3.4}$$

Приймаємо стандартну ширину стрічки B = 650 мм.

Маса вантажу на 1 м тягового елемента, в кг/м визначаємо за формулою [1, ст.84]

$$g = \frac{G}{3{,}6 \cdot v} \tag{3.5}$$

$$g = \frac{200}{3{,}6 \cdot 1{,}6} = 34{,}7$$

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

$$N = \frac{G \cdot H}{36 \cdot z}\left(A_н + B_н \cdot \frac{g_o}{G} + C_н' \cdot \frac{v^2}{H}\right) \tag{3.6}$$

де H = 21 м - висота норії;

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

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

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

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

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

$$g_o = k \cdot G = 0{,}4 \cdot 200 = 80 \text{ кг/м} \quad (3.7)$$

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

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

$$N = \frac{200 \cdot 21}{36 \cdot 7} \cdot (1{,}15 + 1{,}3 \cdot \frac{80}{200} + 0{,}6 \cdot \frac{1{,}6^2}{21}) = 7{,}5 \text{ кВт}$$

По розрахунковій потужності визначаємо максимальне розтягуючи зусилля, в Н, в тяговому елементі по формулі [1, ст.87]

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

$$S_{max} = \frac{1000 \cdot 7{,}5 \cdot 0{,}4 \cdot 1{,}84 \cdot 0{,}7}{1{,}6 \cdot 1{,}84} = 1312$$

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

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

α = 180° - кут обхвату приводного барабану.

Для гладких чавунних барабанів з кутом обхвату α = 180° значення $\frac{e^{fa}}{e^{fa}-1}$ = 1,84. Орієнтовно число прокладок, шт., [1, ст.84]:

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

Отримане число прокладок округлюємо до Z =4.

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

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

$$g_л = 1,1 \cdot 0,6 \cdot (1,25 \cdot 4 + 4 + 2) = 7,26$$

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 Gк визначається по формулі [2, ст.94]

$$g_k = \frac{G_k}{t} \tag{3.11}$$

де t = 0,65 м - крок ковшів

Визначаємо масу одного ковша, в кг

$$G_k = \frac{i}{a} \cdot t \cdot \rho \tag{3.12}$$

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

де $\frac{i}{a}$ = 0,018 м$^3$/м - ємність ковша на 1 м тягового елемента, із 4.5.

Знайдені величини підставляємо у формулу:

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

Навантаження на робочу гілку норії, в Н/м

$$g_o' = g + g_л + g_к \tag{3.13}$$

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

Навантаження на холосту гілку, в Н/м

$$g_o'' = g_л + g_к \tag{3.14}$$

$$g_o'' = 7,26 + 13,3 = 20,5. \text{ [10]}$$

### 3.2 Тяговий розрахунок

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

$$W_3 = K_{уд} \cdot g \cdot D_б \qquad (3.15)$$

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

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

D = 0,8 м - прийнятний діаметр нижнього барабана.

Натяг стрічки у точці 3, в Н

$$F_3 = \Sigma F_2 + W_3 = 1{,}06\, F_2 + 47{,}1 \qquad (3.16)$$

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

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

$$F_4 = 1{,}06F_2 + 47{,}1 + 9{,}81 \cdot 73{,}2 \cdot 21 = 1{,}06F_2 + 9305$$

де Н = 21 - висота норії.

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

$$F_1 = F_2 + W_{2\text{-}1} = F_2 + g_o'' \cdot H \qquad (3.18)$$

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

Користуючись формулою $F_{нб} \leq F_{2б\text{-}е}$ , 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 і $h_1 = 0{,}1$ м для даного типу ковшів показує, що величина $F_3$ достатня для забезпечення попереднього натягу тягового елементу.

По знайденому значенню $F_4 = F_{max}$ уточняємо величину по формулі:

$$z = \frac{10412 \cdot 9{,}5}{65 \cdot 305} = 3{,}7 = 4 \quad (3.20)$$

Знайдене число прокладок стрічки співпадає з початково вибраним, тому знову робити тяговий розрахунок не слід. [9]

### 3.3 Кінематичний розрахунок

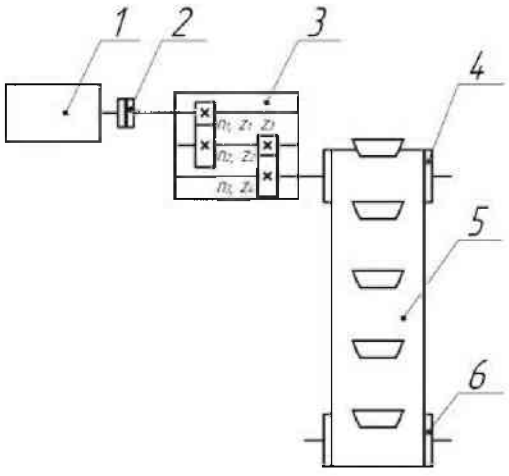


Рисунок 4.1 – Кінематична схема

*1– двигун, 2 – муфта, 3 – редуктор, 4 – барабан приводний; 5 – стрічка; 6 – барабан натяжний.*

Визначаємо діаметр приводного барабану в залежності від швидкості руху стрічки, в м по [1 ст.60]

$$D_б \leq 0{,}204 \cdot v^2 = 0{,}204 \cdot 1{,}6 = 0{,}6 \quad (3.21)$$

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

Звідси приймаємо $D_б = 0{,}6$ 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 полюсної 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]

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

$$N = \frac{1{,}15(10412 - 6474) \cdot 1{,}6}{1000 \cdot 0{,}85} = 7{,}2 \text{ кВт}$$

Електродвигун вибирають за потужністю $P_{дв}$ та частотою обертання $n_{дв}$.

Потужність двигуна $P_{\text{дв}}$ повинна бути більшою від потужності ведучого вала $P_{\text{в}}$ на величину загальних втрат: $P_{\text{дв}} = \frac{P_{\text{в}}}{\eta_{\text{заг}}}$.

За умовами задачі, $\eta_{\text{заг}} = \eta_{\text{з.ц.}} \cdot \eta_{\text{м}}$ , де $\eta_{\text{з.ц.}}$ – ККД зубчастої циліндричної передачі, $\eta_{\text{м}}$ – ККД муфти.

$\eta_{\text{заг}} = 0{,}97 \cdot 0{,}98 = 0{,}95.$

Значення потужності на ведучому валі, згідно з умовою $P_{\text{в}} = 6{,}5$ (кВт);

$$P_{\text{дв}} = \frac{P_{\text{в}}}{\eta_{\text{заг}}} = \frac{6500}{0{,}95} = 7197{,}67 \text{ (Вт)}.$$

Визначаємо частоту обертання електродвигуна

$$n_{\text{дв}} = n_{\text{в}} \cdot u_{\text{заг}} = n_{\text{в}} \cdot (u_{1\,min} \dots u_{1max}) \cdot (u_{2\,min} \dots u_{2\,max}) \cdot \dots \cdot (u_{i\,min} \dots u_{i\,max});$$

За умовою $n_{\text{в}} = 152$ (об./хв.);

$(u_{i\,min} \dots u_{i\,max})$ – передаточні числа кінематичних пар.

У нашому випадку: $u_{\text{заг}} = u_{\text{пас}} \cdot u_{\text{з.ц.}} \cdot u_{\text{м}}$.

$u_{\text{заг}} = (2 \dots 4) \cdot (3{,}15 \dots 5) \cdot 1 = (6{,}3 \dots 20);$

$n_{\text{дв}} = n_{\text{в}} \cdot u_{\text{заг}} = 152 \cdot (6{,}3 \dots 20) = 957{,}6 \dots 3040$ (об./хв.).

Знаючи значення потужності $P_{\text{дв}}$ і частоти обертання $n_{\text{дв}}$ , підбирають необхідний електродвигун. Як правило, приймають закриті двигуни з обдуванням серії 4А відповідно до стандарту.

Виберемо двигун серії 4А132S4/1445 з $P_{\text{ном}}$ = 7,5 кВт та асинхронною частотою обертання $n_{\text{дв}}$ = 1000 об/хв.

Величину навантаження визначають за формулою:

$$H = \frac{(P_{\text{ном}} - P_{\text{дв}})}{P_{\text{ном}}} \cdot 100\%,$$

де $P_{\text{дв}}$ – розрахункова потужність двигуна.

$$H = \frac{(7{,}5 - 7{,}2)}{7{,}5} \cdot 100\% = 4\%,$$

тобто двигун працює з недовантаженням 4%.

Вибравши електродвигун, визначають загальне передатне число привода:

$$u_{\text{заг}} = \frac{n_{\text{дв}}}{n_{\text{в}}} = \frac{1000}{152} = 9{,}57.$$

Вибираємо передатне число редуктора за рядом стандартних значень передатних чисел: $u_{\text{ред}} = 4{,}0$.

Передаточне число двоступінчастого редуктора визначають за співвідношенням:

$$u_{\text{п}} = \frac{u_{\text{заг}}}{u_{\text{ред}}} = \frac{9{,}57}{4} = 2{,}39.$$

Після розбивання передаточного відношення за ступенями визначаємо для кожного вала привода потужність P (кВт), частоту обертання n (об./хв.), кутову швидкість ω (рад/с) і обертовий момент T (Н·м).

$$P_1 = P_{\text{дв.розр.}} = 7{,}2 \text{ кВт};$$

$$P_2 = P_1 \cdot \eta_{\text{з.ц.}} = 7{,}2 \cdot 0{,}97 = 6{,}98 \text{ (кВт)};$$

$$P_3 = P_2 \cdot \eta_{\text{м}} = 6{,}98 \cdot 0{,}98 = 6{,}84 \text{ (кВт)};$$

$$n_1 = n_{\text{дв}} = 1000 \text{ об./хв.};$$

$$n_2 = n_1/u_{\text{з.ц.}} = 1000/4 = 250 \text{ (об./хв.)};$$

$$n_3 = n_2/u_{\text{м}} = 250/1 = 250 \text{ (об./хв.)}.$$

$$\omega_1 = \frac{\pi \cdot n_1}{30} = \frac{3{,}14 \cdot 1000}{30} = 104{,}7 \left(\frac{\text{рад.}}{\text{с}}\right);$$

$$\omega_2 = \frac{\pi \cdot n_2}{30} = \frac{3{,}14 \cdot 152{,}2}{30} = 26{,}16 \left(\frac{\text{рад.}}{\text{с}}\right);$$

$$\omega_3 = \frac{\pi \cdot n_3}{30} = \frac{3{,}14 \cdot 250}{30} = 26{,}16 \left(\frac{\text{рад.}}{\text{с}}\right).$$

$$T_1 = P_1/\omega_1 = 7{,}2 \cdot 10^3/104{,}7 = 68{,}76 \text{ (Н} \cdot \text{м)};$$

$$T_2 = P_2/\omega_2 = 6{,}98 \cdot 10^3/26{,}16 = 266{,}81 \text{ (Н} \cdot \text{м)};$$

$$T_3 = T_{\text{в}} = P_3/\omega_3 = 6{,}84 \cdot 10^3/26{,}16 = 261{,}47 \text{ (Н} \cdot \text{м)}.$$

Перевірка: обертовий момент на валу привода норії можна визначити з умови завдання:

$$T = \frac{P}{\omega};$$

$$\omega = \frac{\pi \cdot n}{30} = \frac{3{,}14 \cdot 152}{30} = 15{,}9;$$

$$T = \frac{6500}{15,9} = 408,8.$$

Отже розрахунки виконано правильно так як обертові моменти розраховані двома способами мають незначну різницю.

*Розрахунок закритої циліндричної косозубої зубчастої передачі*

Вихідні дані:

- потужність $P_1$ = 6,84 кВт;
- частота обертання: $n_1$ = 1000 об./хв., $n_2 = 250$ об./хв.;
- передатне число u = 4;
- обертовий момент $T_1$ = 107,34 Н·м;
- передача нереверсивна;
- режим навантаження – П (постійний);
- строк служби передачі h = 10500 год.

*Вибираємо марку матеріалу зубчастих коліс*

Для виготовлення шестерні та колеса вибираємо відносно дешеву леговану сталь 40Х. Для шестерні твердість поверхні зубців $H_1$= 269…302 НВ (найбільш імовірна твердість $H_1$ = 280 НВ). Для колеса твердість поверхні зубців $H_2$ = 235…262 НВ (найбільш імовірна твердість $H_2$ = 245 НВ).

*Обчислення допустимих контактних напружень*

Розрахунки проводимо окремо для шестірні $[\sigma_{H_1}]$ та колеса $[\sigma_{H_2}]$ за формулою: $[\sigma_H] = \sigma_{H\lim b} \cdot \frac{K_{HL}}{S_H}$.

Границі контактної витривалості зубців:

- шестірні – $\sigma_{H\lim b_1} = 2H_1 + 70 = 2 \cdot 280 + 70 = 630$ (МПа);
- колеса – $\sigma_{H\lim b_2} = 2H_2 + 70 = 2 \cdot 245 + 70 = 560$(МПа).

$S_H$ – коефіцієнт небезпеки, для коліс із однорідною структурою $S_H = 1,1$;

$K_{HL}$ – коефіцієнт довговічності, який ураховує можливості збільшення допустимих навантажень: $K_{HL} = \sqrt[6]{\frac{N_{HO}}{N_{HE}}}$, де $N_{HO}$ – база випробувань;

- для шестірні $N_{HO_1} = 30H_1^{2,4} = 30 \cdot 280^{2,4} = 22,4 \cdot 10^6$;

- для колеса $N_{HO_2} = 30H_2^{2,4} = 30 \cdot 245^{2,4} = 16{,}26 \cdot 10^6$.

$N_{HE}$ – еквівалентне число циклів навантаження зубців за строк служби передачі: $N_{HE} = N_\Sigma \cdot K_{HE}$,

де $N_\Sigma$ – сумарне число циклів навантаження зубців шестірні або колеса за строк служби передачі: $N_\Sigma = 60 \cdot n \cdot h$,

де n – частота обертання шестірні або колеса, об./хв.; h – строк служби передачі, год.

Для шестірні – $N_{\Sigma_1} = 60 \cdot 608{,}79 \cdot 10500 = 383{,}5 \cdot 10^6$;

Для колеса - $N_{\Sigma_2} = 60 \cdot 152{,}2 \cdot 10500 = 95{,}89 \cdot 10^6$.

$K_{HE}$ – коефіцієнт еквівалентності.

Вибираємо для постійного режиму навантаження (П) $K_{HE}$ = 1,00. Визначимо $N_{HE}$ за одержаними даними $N_\Sigma$ та $K_{HE}$.

Для шестірні - $N_{HE_1} = N_{\Sigma_1} \cdot K_{HE} = 383{,}5 \cdot 10^6 \cdot 1{,}00 = 383{,}5 \cdot 10^6$.

Для колеса - $N_{HE_2} = N_{\Sigma_2} \cdot K_{HE} = 95{,}89 \cdot 10^6 \cdot 1{,}00 = 95{,}89 \cdot 10^6$.

Тоді $K_{HL_1} = \sqrt[6]{\frac{N_{HO_1}}{N_{HE_1}}} = \sqrt[6]{\frac{22{,}4 \cdot 10^6}{383{,}5 \cdot 10^6}} = 0{,}623$;

$K_{HL_2} = \sqrt[6]{\frac{N_{HO_2}}{N_{HE_2}}} = \sqrt[6]{\frac{16{,}26 \cdot 10^6}{95{,}89 \cdot 10^6}} = 0{,}744$.

$K_{HL_1} = 1$ і $K_{HL_2} = 1$ тому, що $1 \le K_{HL} \le 2{,}6$.

Обчислюємо допустимі контактні напруження:

Для шестерні – $[\sigma_{H_1}] = \sigma_{H\,\lim\,b_1} \cdot \frac{K_{HL1}}{S_H} = 630 \cdot \frac{1}{1{,}1} = 572{,}727$ (МПа).

Для шестерні – $[\sigma_{H_2}] = \sigma_{H\,\lim\,b_2} \cdot \frac{K_{HL2}}{S_H} = 560 \cdot \frac{1}{1{,}1} = 509{,}091$ (МПа).

Для косозубих передач, якщо твердість зубців хоча б одного колеса НВ < 350НВ, за розрахункове беруть: $[\sigma_H] = 0{,}45([\sigma_{H1}] + [\sigma_{H2}])$ із виконанням умов $[\sigma_H] \le 1{,}23[\sigma_H]_{min}$, де $[\sigma_H]_{min}$ – менше з двох значень $[\sigma_{H_1}]$ та $[\sigma_{H_2}]$,

$[\sigma_H] = 0{,}45 \cdot ([\sigma_{H1}] + [\sigma_{H2}]) = 0{,}45 \cdot (572{,}727 + 509{,}091) = 486{,}82$ (МПа);

$[\sigma_H] \le 1{,}23[\sigma_H]_{min};\ 486{,}82 \le 1{,}23 \cdot 509{,}091;\ 486{,}82 \le 626{,}18.$

*Обчислюємо допустимі напруження на згин*

Допустиме напруження визначають окремо для зубців шестірні $[\sigma_{F1}]$ та зубців колеса $[\sigma_{F2}]$, МПа за формулою $[\sigma_F] = \frac{\sigma_{F\lim b} \cdot K_{FC} \cdot K_{FL}}{S_F}$, де $\sigma_{F\lim b}$ – границя витривалості зубців при згині, $\sigma_{F\lim b} = 1{,}8 \cdot HB$;

$\sigma_{F\lim b_1} = 1{,}8 \cdot 280 = 504$ Мпа; $\sigma_{F\lim b_2} = 1{,}8 \cdot 245 = 441$ Мпа.

$K_{FC}$ – коефіцієнт впливу напряму прикладання навантаження на зубці: $K_{FC} = 1{,}0$; передача нереверсивна.

$K_{FL}$ – коефіцієнт довговічності: $K_{FL} = \sqrt[6]{N_{FO}/N_{FE}}$, де $N_{FO}$ – базове число циклів $N_{FO} = 4 \cdot 10^6$; $N_{FE}$ – еквівалентне число циклів: $N_{FE} = N_\Sigma \cdot K_{FE}$,
де $N_\Sigma$ – сумарне число циклів.

$K_{FE} = 1{,}0$ при постійному режимі роботи (П).

Для шестірні: $K_{FL_1} = \sqrt[6]{\frac{4 \cdot 10^6}{N_{\Sigma_1} \cdot K_{FE}}} = \sqrt[6]{\frac{4 \cdot 10^6}{383{,}5 \cdot 10^6 \cdot 1{,}0}} = 0{,}467$;

Для колеса: $K_{FL_2} = \sqrt[6]{\frac{4 \cdot 10^6}{N_{\Sigma_1} \cdot K_{FE}}} = \sqrt[6]{\frac{4 \cdot 10^6}{95{,}89 \cdot 10^6 \cdot 1{,}0}} = 0{,}589$.

$S_F$ – коефіцієнт небезпеки, $S_F$ =1,75 – при ймовірності надійності зубців 90%. $K_{FL_1} = 1$ і $K_{FL_2} = 1$ тому, що $1 \le K_{FL} \le 2{,}08$.

Обчислюємо допустимі навантаження на згин:

- для шестерні – $\left[\sigma_{F_1}\right] = \sigma_{F\lim b_1} \cdot \frac{K_{FC} \cdot K_{FL1}}{S_F} = 504 \cdot \frac{1 \cdot 1}{1{,}75} = 288$ (МПа);
- для шестерні – $\left[\sigma_{F_2}\right] = \sigma_{F\lim b_2} \cdot \frac{K_{FC} \cdot K_{FL2}}{S_F} = 441 \cdot \frac{1 \cdot 1}{1{,}75} = 251{,}9$ (МПа).

*Обчислюємо потрібну міжосьову відстань*

$$A_{W\,min} = K_a \cdot (u + 1) \cdot \sqrt[3]{\frac{T_1 \cdot K_{Hb}}{u \cdot K_{ba} \cdot [\sigma_H]^2}},$$

де $K_a$ – допоміжний коефіцієнт, який ураховує параметри передачі, які не можуть бути завчасно і точно визначені: $K_a = 430$ – для косозубих передач;

$K_{ba}$ – коефіцієнт ширини вінця: $K_{ba} = 0{,}315$ – при не симетричному розміщенні колеса відносно опор вала.

$K_{Hb}$ – коефіцієнт, що враховує нерівномірність розподілу навантаження за шириною зубчастих вінців.

Необхідно розрахувати значення відносної ширини шестірні $K_{bd}$ за формулою: $K_{bd} = 0{,}5 \cdot K_{ba} \cdot (u+1)$:

$K_{bd} = 0{,}5 \cdot 0{,}315 \cdot (4+1) = 0{,}79$; виходячи з розрахунку приймаємо $K_{Hb} = 1{,}44$.

Обчислюємо потрібну міжосьову відстань $A_W$, мм за допомогою одержаних даних:

$$A_{W\,min} = 430 \cdot (4+1) \cdot \sqrt[3]{\frac{107{,}34 \cdot 1{,}44}{4 \cdot 0{,}315 \cdot 486{,}82^2}} = 172{,}628 \text{ (мм)}.$$

Вибираємо стандартне значення міжосьової відстані $A_W = 180$ мм.

Визначаємо модуль зубчастої передачі за формулою:

$$m = (0{,}01 \ldots 0{,}02) \cdot A_W;$$

$$m = (0{,}01 \ldots 0{,}02) \cdot 180 = 1{,}8 \ldots 3{,}6.$$

Значення m округляють до найближчого стандартного значення, вибираємо середнє значення $m_n = 2{,}75$.

Обчислюємо сумарне число зубців передачі, попередньо визначивши кут нахилу лінії зуба з рекомендованих значень $\beta = 8 \ldots 12^\circ$.

Кут $\beta = 10^\circ$ обираємо довільно.

$$Z_\Sigma = \frac{2 \cdot A_W \cdot \cos\beta}{m_n};\ Z_\Sigma = \frac{2 \cdot 180 \cdot \cos 10^\circ}{2{,}75} = 128{,}92.$$

Значення $Z_\Sigma$ округляється до меншого цілого числа, отже $Z_\Sigma = 129$.

Фактичний кут нахилу лінії зубців:

$$\cos\beta = m_n \cdot \frac{Z_\Sigma}{2 \cdot A_W};\ \cos\beta = 2{,}75 \cdot \frac{129}{2 \cdot 180} = 0{,}9854;\ \beta = 9{,}8^\circ.$$

Обчислюємо значення $Z_1$ і $Z_2$: $Z_1 = \frac{Z_\Sigma}{(u+1)}$, $Z_2 = Z_\Sigma - Z_1$.

$$Z_1 = \frac{129}{4+1} = 25{,}8 \approx 26;\ Z_2 = 129 - 26 = 103.$$

Визначаємо розмір колового модуля: $m_t = \frac{m_n}{\cos\beta}$, $m_t = \frac{2{,}75}{0{,}9854} = 2{,}79$.

Обчислене значення $m_t$ не округляється.

Знаходимо ділильні діаметри $d$, діаметри вершин зубців $d_a$ і западин $d_f$ шестерні та колеса (мм):

$$d = m_t \cdot Z;\ d_a = d + 2 \cdot (1 + x) \cdot m_n;\ d_f = d - 2 \cdot (1{,}25 - x) \cdot m_n$$

Ділильні діаметри:

$d_1 = m_t \cdot Z_1 = 2{,}79 \cdot 26 = 72{,}54$ (мм);

$d_2 = m_t \cdot Z_2 = 2{,}79 \cdot 103 = 287{,}37$ (мм).

Діаметри вершин зубців:

$d_{a_1} = d_1 + 2 \cdot (1 + x) \cdot m_n = 72{,}54 + 2 \cdot (1 + 0) \cdot 2{,}75 = 78{,}04$ (мм);

$d_{a_2} = d_2 + 2 \cdot (1 + x) \cdot m_n = 287{,}37 + 2 \cdot (1 + 0) \cdot 2{,}75 = 292{,}87$ (мм).

Діаметри западин зубів шестерні та колеса:

$$d_{f_1} = d_1 - 2 \cdot (1{,}25 - x) \cdot m_n = 72{,}54 - 2(1{,}25 - 0) \cdot 2{,}75 = 65{,}67 \text{ (мм)};$$

$$d_{f_2} = d_2 - 2 \cdot (1{,}25 - x) \cdot m_n = 287{,}37 - 2(1{,}25 - 0) \cdot 2{,}75 = 280{,}5 \text{(мм)}.$$

Уточнюємо міжосьову відстань:

$A_W = \frac{(d_1 + d_2)}{2};\ A_W = \frac{(72{,}54 + 287{,}37)}{2} = 179{,}96$ (мм).

Визначаємо ширину вінців зубчастих коліс (мм):

$b_2 = K_{ba} \cdot A_W, b_1 = b_2 \cdot 1{,}12$ ,

$b_2 = 0{,}315 \cdot 179{,}96 = 56{,}69 \approx 57$ (мм),

$b_1 = 57 \cdot 1{,}12 = 63{,}84 \approx 64$(мм).

Визначаємо колову швидкість (м/с) і призначаємо ступінь точності передачі:

$$V = \frac{\pi \cdot n_1 \cdot d_1}{60} = \frac{3{,}14 \cdot 608{,}79 \cdot 72{,}54 \cdot 10^{-3}}{60} = 2{,}311 \text{ (м/с)}.$$

Таким чином, передача має 9 – знижений ступінь точності.

Обчислюємо сили, які діють у зчепленні (Н):

- колова сила $F_t = \frac{2 \cdot T_1}{d_1};\ F_t = \frac{2 \cdot 107{,}34}{72{,}54 \cdot 10^{-3}} = 2{,}96 \cdot 10^3 (H)$;

- осьова сила $F_a = F_t \cdot tg\beta;\ F_a = 2{,}96 \cdot 10^3 \cdot tg\ 9{,}8^{\circ} = 511{,}28\ (H)$;

- радіальна (розпірна сила) $F_r = \frac{F_t \cdot tg\ \alpha}{\cos\beta};\ F_r = \frac{2{,}96 \cdot 10^3 \cdot tg\ 20^{\circ}}{\cos 9{,}8^{\circ}} = 1093{,}31\ (H)$.

Розрахунок активних поверхонь зубців на контактну втому

Визначимо розрахункове контактне напруження $\sigma_H$, (МПа):

$$\sigma_H = Z_M \cdot Z_H \cdot Z_e \cdot \sqrt{F_t \cdot K_{Ha} \cdot K_{Hb} \cdot K_{HV} \cdot \frac{(u+1)}{b_2 \cdot d_1 \cdot u}},$$

де $F_t$ – (Н); $b_2$ – (мм); $d_1$ – (мм);

$Z_M$ – коефіцієнт, що враховує механічні властивості матеріалів зубчастих коліс (найбільш імовірне значення $Z_M$ = 275 МПа);

$Z_H = 1{,}77 \cdot \cos\beta$ – коефіцієнт форми спряжених поверхонь зубців:

$Z_H = 1{,}77 \cdot \cos 9{,}8^{\circ} = 1{,}74.$

$Z_e$ – коефіцієнт сумарної довжини контактних ліній, визначається відповідно до значення коефіцієнта осьового перекриття $E_b$:

$E_b = \frac{b_2 \cdot \sin\beta}{\pi \cdot m}$; $b_2$ – мм: $E_b = \frac{57 \cdot \sin 9{,}8^{\circ}}{3{,}14 \cdot 2{,}75} = 1{,}12$;

$Z_e = \sqrt{1/E_a}$ при $E_b > 0{,}9$;

$E_a = \left[1{,}88 - 3{,}2 \cdot \left(\frac{1}{Z_1} + \frac{1}{Z_2}\right)\right] \cdot \cos\beta$ – коефіцієнт торцевого перекриття;

$E_a = \left[1{,}88 - 3{,}2 \cdot \left(\frac{1}{26} + \frac{1}{103}\right)\right] \cdot \cos 9{,}8^{\circ} = 1{,}7$;

$E_b > 0{,}9$; тому $Z_e = \sqrt{1/E_a} = \sqrt{1/1{,}7} = 0{,}77$;

$K_{Hb}$ = 1,44 – враховує розподіл навантаження за шириною зуба.

$K_{Ha}$ = 1,16 – враховує розподіл навантаження між зубцями.

$K_{HV}$ = 1,03 – коефіцієнт динамічного навантаження.

Розраховуємо активні поверхні зубців на контактну втому:

$$\sigma_H = 275 \cdot 1{,}74 \cdot 0{,}77 \cdot \sqrt{2{,}96 \cdot 10^3 \cdot 1{,}16 \cdot 1{,}44 \cdot 1{,}03 \cdot \frac{(4+1)}{57 \cdot 72{,}54 \cdot 4}} =$$

457,2 (МПа).

Допускається розрахункове контактне напруження у межах:

$$1{,}05 \cdot [\sigma_H] \geq \sigma_H \geq 0{,}9 \cdot [\sigma_H];$$

$$1{,}05 \cdot 486{,}82 > 457{,}2 > 0{,}9 \cdot 486{,}82; \quad 511{,}16 > 457{,}2 > 438{,}14.$$

Розрахунок зубців на втому і міцність при згині

Розрахункове напруження згину $\sigma_f$, (МПа), у зубцях шестірні та колеса визначаємо за формулою:

$$\sigma_f = Y_f \cdot Y_e \cdot Y_b \cdot \frac{F_t}{b_2 \cdot m} \cdot K_{fa} \cdot K_{fb} \cdot K_{fV},$$

де $F_t$ – (Н); $b_2$ – (мм);

$Y_f$ – коефіцієнт форми зубців (залежно від приведеної кількості зубців $Z_V$, у випадку некоригованого зчеплення коефіцієнт зміщення x=0).

Визначимо значення $Z_V = Z/\cos^3\beta$:

$Z_{V1} = \frac{26}{0{,}9854^3} = 27{,}17;\ Z_{V1} = \frac{103}{0{,}9854^3} = 107{,}65;$

тоді враховуючи, що x=0:

$y_{f1} = 3{,}96;\ y_{f2} = 3{,}75.$

$K_{fa} = 1{,}35;\ K_{fb} = 1{,}27;\ K_{fV} = 1{,}07.$

$Y_e$ – коефіцієнт перекриття зубців, можна наближено брати $Y_e = 1$;

$Y_b$ – коефіцієнт нахилу зубців;

$Y_b = 1 - \frac{\beta}{140}$ – для косозубих, отже $Y_b = 1 - \frac{9{,}8^\circ}{140} = 0{,}93.$

Розраховуємо зубці на втому і міцність при згині:

$$\sigma_{f1} = 3{,}96 \cdot 1 \cdot 0{,}93 \cdot \frac{2{,}96 \cdot 10^3}{57 \cdot 2{,}75} \cdot 1{,}35 \cdot 1{,}27 \cdot 1{,}07 = 127{,}58 \text{ (МПа)}$$

$$\sigma_{f2} = 3{,}75 \cdot 1 \cdot 0{,}93 \cdot \frac{2{,}96 \cdot 10^3}{57 \cdot 2{,}75} \cdot 1{,}35 \cdot 1{,}27 \cdot 1{,}07 = 120{,}81 \text{ (МПа)}$$

Наносимо положення осей за міжосьовими відстанями, потім спрощено зображуємо зубчасту циліндричну ступінь за параметрами $d_1 = 72{,}54;\ b_1 = 64;\ d_2 = 287{,}37;\ b_2 = 57$; ураховуючи, що найменша відстань між колесами суміжних ступенів $e_2 = (0{,}5\ldots1{,}0) \cdot \delta = 1{,}0 \cdot 8 = 8$ мм, де δ - товщина стінки корпусу; $\delta > 8;\ \delta = 0{,}025 \cdot A_W + 3 = 0{,}025 \cdot 180 + 3 = 7{,}5$ (мм). Товщину стінки δ приймаємо рівною 8 мм за умовою.

Наносимо контур внутрішньої стінки корпусу за параметрами:

а) найменша відстань між внутрішньою стінкою корпусу та бічною поверхнею зубчастого колеса: $b = 1{,}25 \cdot \delta = 1{,}25 \cdot 8 = 10(\text{мм})$ ;

6) найменша відстань між внутрішньою стінкою корпусу та торцем зубчастого колеса: $e_1 = (1{,}0 \ldots 1{,}2) \cdot \delta = 1{,}2 \cdot 8 = 9{,}6\ (\text{мм})$ ;

7.5. Орієнтовний розрахунок діаметра вала роблять на кручення за значно зниженими допустимими дотичними напруженнями:

$[\tau_K] = 15 \ldots 30\ M\text{Па}$ допустиме напруження на кручення для валів з вуглецевої сталі. Менші значення — для швидкохідних, більші — для тихохідних.

Низькі значення допустимого дотичного напруження пояснюються тим, що не враховується згин вала, не беруть до уваги змінність у часі виникаючих напружень, не враховується концентрація напружень.

Діаметр вала $d$ (мм) за обертовим моментом $T_{об}$ $(\text{Н} \cdot \text{м})$:

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{T_{об} \cdot 1000}{0{,}2 \cdot [\tau_K]}},\ [\tau_K] - \text{МПа}.$$

Розраховуємо діаметри:

- вхідний вал $d \geq \sqrt[3]{\frac{107{,}34 \cdot 1000}{0{,}2 \cdot [20]}} = 29{,}94\ (\text{мм})$

Приймаємо діаметр вала 30 мм.

- вихідний вал $d \geq \sqrt[3]{\frac{416{,}2 \cdot 1000}{0{,}2 \cdot [25]}} = 43{,}66\ (\text{мм})$

Приймаємо діаметр вала 45 мм.

Для визначення розмірів параметрів зубчастих коліс використовуємо емпіричні співвідношення:

Для зубчастого колеса вхідного валу:

Діаметр маточини $d_{\text{м}} = 1{,}6 \cdot d_{\text{в}} = 1{,}6 \cdot 30 = 72\ (\text{мм})$

Довжина маточини $l_{\text{м}} = (1{,}0 \ldots 1{,}5) \cdot d_{\text{в}} = 1{,}5 \cdot 30 = 45\ (\text{мм})$

Товщина диска $\text{С} \approx 0{,}3 \cdot d_{\text{в}} = 0{,}3 \cdot 30 = 9\ (\text{мм})$

Товщина обода $S \approx (2{,}5 \ldots 3{,}0) \cdot m = 3 \cdot 3 = 9(\text{мм})$

Штампувальний ухил $a \geq 7°$

Радіус скруглень $r \geq 6$ мм

Фаски на торцях $f \approx 0{,}5 \cdot m = 0{,}5 \cdot 3 = 1{,}5$ (мм)

Відстань між западиною зуба та шпонковим пазом

$x \geq 2{,}5 \cdot m = 2{,}5 \cdot 3 = 7{,}5$(мм)

Діаметр отворів $d_0 = 0{,}4 \cdot x = 0{,}4 \cdot 8 = 3{,}2$(мм)

Проводимо аналогічні розрахунки для іншого зубчастого колеса.

Розміри кінців валів (ведучого і веденого) приймають згідно з таблицею 7.2.(методичні вказівки).

Для веденого вала приймаємо 58 мм.

Для ведучого вала приймаємо 80 мм.

Так, як у нашій передачі на вихідному валу діє значний крутний момент, то ми заздалегідь вибираємо зубчасту муфту, адже лише даний тип муфт задовольняє наші технологічні умови.

Конкретний типорозмір муфти вибирається в залежності від умов експлуатації відповідно до залежності:

$T_\text{р} = \text{к}_\text{з} \cdot T_\text{н} \leq T,$

де $T_\text{р}$ – розрахунковий обертовий момент; $\text{к}_\text{з}$ – коефіцієнт запасу, що залежить від типу привода ($\text{к}_\text{з} = 1{,}5 \ldots 2$); $T_\text{н}$ – номінальний обертовий момент на валу.

$T_\text{р} = 2 \cdot 416{,}2 \leq T$ (Н · м). $T_p = 832{,}4 \leq T.$

Отже з розрахунку можемо підібрати муфту з такими параметрами:

$d = 58$; $d_k = 57$; $n_{max} = 5400 \frac{\text{об}}{\text{хв}}$; А = 95 мм; $D = 145$ мм; $D_1 = 105$ мм; $D_2 = 60$ мм; $L = 174$ мм; $B = 40$ мм; $l = 82$ мм; $l_k = 80$; $c = 2{,}5$ мм; $\text{c}_1 = 13$ мм; $c_2 = 25$ мм; е = 18 мм; $b = 12$; число зубців $Z = 30$; модуль зчеплення $m = 2{,}5$ мм.

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 Нм розраховується по формулі [3, ст.356].

$$M_{кр} = 9{,}55 \cdot \frac{P_2}{n} \quad (3.29)$$

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

Сумарний момент, в Нм

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Kσ = 1,5 - ефективний коефіцієнт концентрації напружень, [3, ст.357].

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

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

де $\sigma_в$ = 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

$$W_X = \frac{323800}{7{,}6\cdot 10} = 4260$$

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

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

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

Приймаємо вал діаметром 20 мм.

Встановлюємо між редуктором і привідним барабаном флянцеву муфту. Флянці напівмуфт з'єднані шістьма 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

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

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

Приймаємо $[\tau_{зр}] = 67$ МПа

Розрахунковий момент, в Нм, визначаємо за формулою:

$$M_р = к_р \cdot M_{кр} = 2{,}5 \cdot 2764 = 6910 \qquad (3.36)$$

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

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

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

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

$$d_o > \sqrt{\frac{8 \cdot M_p}{\pi \cdot i \cdot z \cdot D_o [\tau_{зр}]}} \qquad (3.38)$$

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

Приймаємо болти М28. [11]

РОЗДІЛ 4

ЕКОНОМІКА, ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

## 4.1 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. | |
| - 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. | 1420 |
| 13. Витрати на утримання та амортизацію площ, % до вартості | 0,5 |
| 14. Нормативний коефіцієнт економічної ефективності | 0,15 |
| 15. Коефіцієнт використання обладнання | |

Продовження таблиці 4.1

| Показники | Значення |
|---|---|
| - базовий варіант | 0,92 |
| - розрахунковий варіант | 0,847 |

Розрахунок одноразових витрат

Розрахунок річної продуктивності норії (П) визначаємо по формулі:

$$П = п \cdot К_о \cdot Т_{зм} \cdot К_з \cdot Т \cdot К_в, \quad (4.1)$$

де п – продуктивність норії, т/год.;

$К_о$ – кількість обладнання, шт.;

$Т_{зм}$ – тривалість зміни, год.;

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

Т – режим роботи підприємства в рік, діб;

$К_в$ – 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:

$$К = К_о + К_т + К_с + К_м + К_{пр}, \quad (4.2)$$

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

$К_т$ – транспортні витрати, грн. (5% до $К_о$);

$К_с$ – заготівельно-складскі витрати, грн. (1,25% до $К_о$);

$К_м$ – монтажні роботи, грн. (25% до $К_о$);

$К_{пр}$ – проектні роботи, грн. (4% до $К_о$).

Базовий варіант

$К_о = 181710 \cdot 2 = 363420$ грн.;

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

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

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

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

$К_б = 363420 + 18171 + 4542,75 + 90855 + 14536,8 = 491525,5$ грн.

Розрахунковий варіант

$К_о = 218605$ грн.;

$Кт = 218605 \cdot 0,05 = 10930,25$ грн.;

$Кс = 218605 \cdot 0,0125 = 2732,56$ грн.;

$Км = 218605 \cdot 0,25 = 54651,25$ грн.;

$Кпр = 218605 \cdot 0,04 = 8744,2$грн.;

$Кр = 218605 + 10930,25 + 2732,56 + 54651,25 + 8744,2 = 295663,3$ грн.

Питомі капіталовкладення (Кп) визначаються за формулою:

$$К_п = К/п, \text{ грн.,} \quad (4.3)$$

де К – повна первісна вартість обладнання, грн.;

п – річна продуктивність норії, т/рік;

Базовий варіант

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

Розрахунковий варіант

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

*Розрахунок змінних поточних витрат*

Витрати на електроенергію (Ве) визначаються по формулі:

$$В_е = N_{дв} \cdot Т \cdot К_{зб} \cdot К_{інт} \cdot Ц_е/cos\varphi, \text{ грн.,} \quad (4.4)$$

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

Т – річний фонд робочого часу обладнання, годин;

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

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

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

cosφ – ККД електродвигунів, (0,92);

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

$$Т = Т_р \cdot Р \cdot Т_{зм}, \text{ год.}, \quad (4.5)$$

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

Р – режим роботи на протязі доби, змін;

$Т_{зм}$ – тривалість зміни, год.;

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

Базовий варіант

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

Розрахунковий варіант

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

Річна сума амортизаційних відрахувань (А) визначаються за формулою:

$$А = К \cdot Н_а/100, \text{ грн.}, \quad (4.6)$$

де $Н_а$ – річна норма амортизаційних відрахувань, %

Базовий варіант $А_б = 491525,5 \cdot 15/100 = 73728,8$ грн.;

Розрахунковий варіант $А_р = 295663,3 \cdot 15/100 = 44349,5$ грн.;

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

$$В_р = А \cdot Нр/100, \text{ грн.}, \quad (4.7)$$

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

Базовий варіант

$Врб = 73728,8 \cdot 50/100 = 36,864,3$ грн.;

$Врр = 44349,5 \cdot 50/100 = 22174,7$ 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 (Ер) визначаються по формулі:

$$Е_р = [(С_б + Е_н * К_{пб}) - (С_р + Е_н * К_{пр})] * П_р, \quad (4.8)$$

де Ен – нормативний коефіцієнт економічної ефективності;

$$Ер = [(0{,}196 + 0{,}15 \cdot 0{,}21) - (0{,}169 + 0{,}15 \cdot 0{,}13)] \cdot 2318400 = 90417{,}6 \text{ грн}$$

## 4.2 Охорона праці та правила безпечної експлуатації

Виробничі процеси повинні відповідати затвердженим проектам, технологічній документації та іншим нормативним правовим актам. Вимоги безпеки до технологічних процесів мають бути викладені у технологічних документах, затверджених у встановленому порядку. Технологічна документація повинна містити вимоги безпеки основних та допоміжних процесів.

Технологічні процеси, машини, механізми, виробниче обладнання повинні відповідати вимогам нормативних правових актів та нормативних технічних документів щодо пожежної, електро- та вибухобезпеки, затверджених у встановленому порядку.

Заходи захисту від небезпек, вимоги безпеки повинні викладатися у технологічній документації у вигляді вказівок, приписів на безпечне виконання роботи, а також застосування засобів захисту працівників.

Доставка, приймання, зберігання та переробка зерна повинні відповідати вимогам проектів, технологічної документації, затвердженим у встановленому порядку. [12]

При пересуванні та знаходженні на території виробничого (будівельного) майданчика працівники, які обслуговують норії, зобов'язані дотримуватися таких заходів безпеки:

- бути уважним до всіх попереджувальних знаків та сигналів, що подаються транспортними засобами та обладнанням;
- ходити пішохідними доріжками, переходити автомобільні дороги і залізничні колії у встановлених місцях, проходячи дорогою, йти узбіччям назустріч транспорту, що рухається. [13]

Щоб виробництво у цеху проходило безпечно, звертають увагу на покращення умов роботи на відведених місцях, саме на:

- хороше вентиляційне забезпечення приміщення на виробництві, достатня освітленість цехів, видалення пилюки на робочих місцях, вчасне видалення відходів на виробництві, дотримання правильної температури у цеху, та на робочому місці;

- при роботі усього обладнання, вчасне виявлення та усунення можливих несправностей, витік кислоти, викиди металу, та виникнення полум’я при нагріванні пристроїв, удар струмом, неправильного старту електро установок та інш.;

- залучення нових працівників до ознайомлення , з усіма нормами, правилами щодо поводження себе на виробництві, та технікою безпеки, періодично повинні відбуватися навчання, а також атестації, щоб перевірити знання працівників.

Працівники, які обслуговують норії повинні знати:

- будову, принцип дії, режими роботи, правила управління норією та порядок її обслуговування;

- вплив на людину небезпечних та шкідливих виробничих факторів, які можуть виникнути під час роботи, та заходи захисту від їх впливу;

- вимоги охорони праці, електробезпеки, виробничої санітарії, пожежної та промислової безпеки під час експлуатації норії;

- сигнали оповіщення про пожежу, місце розташування протипожежного обладнання та первинних засобів пожежогасіння;

- місце зберігання аптечки.

У будь-якому підприємстві наявні свої правила, та техніка безпеки, без яких коректний процес на виробництві неможливий і їх варто дотримуватися:

- до обслуговування норій допускаються працівники не молодші 18 років, які пройшли медичний огляд, навчання за відповідними програмами, перевірку знань в обсязі інструкції з охорони праці за професією (професіями, що поєднуються) та інструктаж на робочому місці з безпечного виконання робіт.

- якщо працівник виконує завдання, яке йому не доручали раніше, потрібно провести усі необхідні додаткові інструктажі, які стосуються охорони праці, для безпечного виконання завдання;

- у процесі виконання роботи, слід пильно слідкувати за робочим процесом, та непотрібно перемикати увагу, на якісь сторонні, непотрібні фактори, турбувати інших працівників, перебувати на проїздній ділянці.

Працівники, які обслуговують норії, повинні:

- застосовувати у процесі роботи обладнання та механізми за призначенням відповідно до інструкцій заводів-виробників;

- підтримувати порядок на робочих місцях, очищати їх від сміття, снігу, льоду, не допускати порушень правил складування продукції, матеріалів та виробів;

- дотримуватись правил внутрішнього трудового розпорядку та встановлений режим праці та відпочинку;

- виконувати роботу, що входить до його обов'язків або доручену адміністрацією, за умови, що він навчений правил безпечного виконання цієї роботи;

- утримувати у справному стані та чистоті норії, обладнання, інструмент, пристрої, інвентар та засоби індивідуального захисту;

- виконувати роботу, що входить до його обов'язків або доручена майстром;

- застосовувати безпечні прийоми виконання;

- вміти користуватися первинними засобами пожежогасіння;

- виконувати вимоги заборонних, попереджувальних та вказівних знаків безпеки та написів, а також сигналів, що подаються водіями транспортних засобів та машиністами інших вантажопідіймальних машин та механізмів;

- обходити на безпечній відстані місця, де ведуться роботи на висоті;

- вміти надавати першу допомогу постраждалим. [12]

У цехах, адміністративних та виробничих приміщеннях потрібно дотримуватися таких вимог:

– категорично заборонено працівникам перебувати у не своїх цехах, без вагомої причини;

– потрібно пильно стежити за сигналом, який подає водій, що переміщується на підприємстві або за електрокранами;

– категорично забороняється знаходитися під вантажем який був піднятий, та потрібно по можливості оминати місця де навантажують або вивантажують товар;

– не дозволяється без спеціальних навичок відчиняти електрошафи, збірки та торкатися клем, електроустановок, електропроводів, та загально освітлюючої арматури;

– якщо, у працівника немає доручення працювати з механізмом, верстатом чи машиною, то у нього немає права якось взаємодіяти з цим обладнанням, включати та працювати на ньому.

На підприємстві також присутні вимоги для безпеки, які можна назвати спеціальними. Коли працівник приходить на роботу, йому потрібно:

– доглядати засвоїм робочим одягом: правильно його одягати, заправляти, не повинні бути предмети, які б теоретично могли зачепитися за щось, зачіска має бути зібрана у головний убір;

– одягнути взуття для роботи, адже забороняється працювати у невідповідному взутті, у ньому можливо отримати травму;

– оглядати місце роботи, навести у ньому порядок, зайві речі прибрати, а потрібні інструменти залишити у зручному та безпечному місці, переконатися у тому, що інструмент справний;

– впевнитися, що покриття підлоги робочого місця справне, без слизької поверхні, вибоїн, та що усі місця які становлять небезпеку, огороджені;

– за роботи із машинами для підіймання великого вантажу, потрібно постійно перевіряти їх на справність, та впевнитись у правильному функціонуванню гальм, органів які захоплюють вантаж, строп та ланцюгів.

Якщо виконувати, описанні вимоги безпеки, можливо мінімізувати ймовірність отримання травми, пошкодження працівника у процесі виконання своїх посадових завдань на виробництві. [13]

Правила техніки безпеки при роботі з норією:

- з трьох сторін башмака для його обслуговування залишають на відстані 0,7 м від норії вільну площадку;

- всі рухомі частини норії повинні бути огороджені, а всі з'єднання труб і кожухів – пиленепроникні;

- норію необхідно аспирирувати, а електрообладнання – надійнозаземлити;

- на помості для обслуговування головки норії, якщо вона розташована не на підлозі, роблять перила висотою не менше 1000 мм із суцільним зашиттям їх знизу на висоту 200 мм.

- для зручності спорожнення башмака відстань від його нижньої частини до підлоги повинно бути не менше 150 мм;

- ні в якому разі не можна просовувати руки в оглядові та вигрібні люки навіть при нерухомій стрічці, знімати огородження, кожухи. Відкривати люки під час роботи норії забороняється.

- без інструктажу з техніки безпеки не можна допускати працівників до роботи з норією;

- заходити за огородження небезпечних місць;

- розпочинати виконання нової, не пов'язаної з його прямими обов'язками роботи без отримання від майстра інструктажу про безпечні прийоми її виконання;

- допускати на територію будівельного (виробничого) майданчика, робочі місця у виробничі та побутові приміщення сторонніх осіб, а також працівників у нетверезому стані;

- перебувати на роботі у стані алкогольного, наркотичного чи іншого токсичного сп'яніння. [14]

Перед тим як запустити норію в роботу необхідно провести її зовнішній огляд, перевірити чи норія має заземлення, справність електрообладнання.

Перед експлуатацією норії її випробовують на холостому ходу, перевіряючи чи всі неполадки усунені і чи спрацьовують аварійні вимикачі. Усунувши всі виявлені дефекти приступають до випробування норії під навантаженням.

Для миттєвої зупинки в місцях розвантаження та завантаження норії встановлюються аварійні кнопки „Стоп". На норії встановлюється звукова сирена, для подачі попереджувального сигналу перед пуском норії. Пуск передбачається тільки з одного місця.

Під час зупинки норії вимикають електродвигун та вішають табличку „Не вмикати працюють люди !" після чого проводять натяг стрічки, очищення завантажувальних воронок, змащення поверхонь та їх очищення, наладку та

регулювання вузлів. Норії обов'язково повинні мати витяжні вентиляції та аспіраційні системи.

У випадку коли норія не має датчиків підпору та реле контролю швидкості, до роботи норія не допускається. Ширина ковшів норії повинна бути менша ширини стрічки на 0,025 – 0,030 м. Не допускається, щоб стрічка та ковші торкалися головки та башмака норії, внутрішніх стінок труб та кожухів.

Для уникнення травмування людей всі рухомі частини норії, до яких можливий доступ обслуговуючого персоналу і осіб, які працюють поблизу норії повинні бути огороджені сіткою або металевими гратами. Категорично забороняється проводити змащення, регулювання, ремонт вузлів норії при ввімкненому двигуну. Головка та башмак повинні бути під'єднані до аспіраційної системи. Під час роботи норії оглядові дверцята та люки на башмаку та головці повинні бути зачинені. Бункери для засипання повинні мати пусковий пристрій з блокуванням та запобіжні грати. [12]

Праця робітників вимагає напруження м'язів рук та ніг, а висока температура, підвищена вологість, забруднене повітря, велика кількість різноманітного обладнання створюють додаткові труднощі. Тому дотримання правил санітарії та гігієни дає змогу забезпечити захист здоров'я працівника від дії шкідливих факторів і підвищити працездатність

Важливе значення для створення комфорту на робочому місці має пониження рівня шуму за рахунок беззвучних двигунів, зменшення вологості та забрудненості повітря, зниження температури виробничого приміщення завдяки повітряно-витяжних вентиляцій та ін. [14]

Особи, які обслуговують норію зобов'язані пройти інструктаж з охорони праці.

У разі отримання травми, захворювання або погіршення здоров'я працівник повинен припинити роботу, сповістити про нещасний випадок (захворювання, погіршення здоров'я) свого безпосереднього керівника (майстра) та звернутися за допомогою до медпункту або найближчого

медичного закладу. У разі отримання травми іншим працівником необхідно припинити роботу, вжити заходів щодо надання першої допомоги потерпілому та негайно сповістити про нещасний випадок майстра або вищого керівника.

Вантажно-розвантажувальні роботи повинні виконуватись відповідно до вимог технологічної документації, затвердженої в установленому порядку. Фізичне навантаження під час виконання вантажних і розвантажувальних робіт вручну має відповідати гігієнічним нормам, затвердженим у порядку

Відходи виробництва, що становлять небезпеку для людини та навколишнього середовища, повинні видалятися з робочих місць та з приміщень у міру їх накопичення та знешкоджуватись способами, передбаченими чинним законодавством.

Системи контролю та управління технологічними процесами повинні забезпечувати надійний захист працівників від можливого прояву небезпечних чи шкідливих виробничих факторів, а також аварійне відключення виробничого обладнання. [15]

### 4.3 Охорона навколишнього середовища

У нашій країні охорона навколишнього середовища регламентується Основним законом - Конституцією України. Комплекс науково-технічних, організаційних і громадських заходів покликаний вирішити найгострішу і актуальну проблему людства - збереження природи для сучасного і майбутніх поколінь.

Виробничий процес хлібоприймальних та зернопереробних підприємств істотно впливає на стан навколишнього середовища. Цей вплив характеризується наступними основними напрямками: забруднення повітря за рахунок викиду пилу і токсичних речовин, забруднення зернопродуктів, виделення стічних вод, виробничий шум.

В процесі очищення зерна від домішок і сухого очищення його поверхні, а також при переміщеннях зерна утворюється значна кількість мінерального та органічного пилу. При подрібненні і сортуванні зерна і проміжних продуктів також утворюється пил, яка в ряді випадків представляє цінну високобілкову фракцію борошна, втрата її неприпустима.

Для запобігання виносу пилу в атмосферу і забруднення прилеглої до підприємства місцевості на заводі передбачена система аспірації з певною кількістю відсмоктується повітря з усіх точок пиловиділення.

Повітря надійно очищається від пилу в пиловідокремлювачі різних конструкцій. Викиди пилу в атмосферу на нових борошномельних заводах, як правило, нижче встановлених норм. Порядок визначення гранично допустимих концентрацій (ГДК) викидів шкідливих речовин в атмосферу регламентується ДСТУ ГОСТ 17.2.02-78 «Охорона природи. Атмосфера. Правила встановлення граничних викидів шкідливих речовин промисловими підприємствами».

Методика визначення обсягу викидів, витрати повітря і концентрації пилу, розроблена ВНДІЗ встановлює порядок контролю сумарної і одиничної потужності викидів пилу (кількості пилу, викидається в атмосферу за одиницю часу) аспіраційними та пневмотранспортними установками і підприємствами зі зберігання та переробки зерна.

Відповідно до діючих норм концентрація пилу в повітрі, що викидається в атмосферу, не повинна перевищувати допустиму концентрацію пилу в повітрі робочих зон більш ніж в 15 разів, т. Е. Не більше 60 мг / м3 для зернового пилу і 100 мг / $м^3$ - для борошняний. Для підприємств системи хлібопродуктів в повітрі робочої зони виробничих приміщень ГДК зернового пилу повинна складати 4 мг / $м^3$.

Крім негативних наслідків забруднення атмосферного повітря, зерновий і борошняний пил є причиною виникнення вибухів на хлібоприймальних, і зернопереробних підприємствах. Вибух пилоповітряної суміші відбувається

при наявності певної концентрації (вибухонебезпечної) і джерела запалювання з температурою і енергією, достатньою для займання.

Запиленість повітря в виробничих приміщеннях значною мірою залежить від герметизації обладнання, від режимів відсмоктування повітря аспіраційних машин і інших точок пиловиділення, від конструктивного виконання, стану і режимів роботи робочих органів машин.

Поряд із забрудненням повітря в результаті пиловиділення практика хімічного захисту зернопродуктів від шкідників пов'язана з викидом токсичних речовин в атмосферу. Препарати, що застосовуються для цієї мети (пестициди), є потенційним джерелом забруднення навколишнього середовища: повітря, води, грунту і зернопродуктів. Токсичність пестицидів, характер їх впливу, залишковий вміст в зернопродуктах строго регламентуються і контролюються з точки зору техніки безпеки і охорони навколишнього середовища. Наприклад, допустимий залишковий вміст бромистого метилу, що застосовується для газації, становить 35 мг / кг в зерна, 10 мг / кг в борошні, 3 мг / кг в хлібі і 1 мг / м3 в повітрі робочої зони.

Тому кожен препарат, запроваджуваний для боротьби зі шкідниками зернопродуктів, ретельно вивчають і встановлюють умови його застосування, норми витрат, оцінюють можливі негативні наслідки застосування, гранично допустимі концентрації його в зернопродуктах, повітрі, воді і на грунті, а також заходи безпеки при роботі з ним.

На борошномельних заводах щорічно проводять газацію всіх виробничих приміщень. При підготовці до газації необхідно суворе дотримання її технології, забезпечення герметичності і чистоти приміщень, попередня оцінка метеорологічних умов періоду газації та дегазації (вологість, температура, тиск повітря). Контроль за проведенням процесу газації і повнотою дегазації після хімічної обробки приміщень, визначення залишкового вмісту пестицидів, порядок здачі об'єктів після газації гарантують безпеку цих заходів для людей і знижують рівень забруднення навколишнього середовища.

Зернопереробні підприємства використовують воду для виробничих (технологічних) потреб, на господарсько-побутові цілі і пожежогасіння. На борошномельних заводах воду витрачають на обробку зерна в машинах мокрого лущення, апаратах і машинах для зволоження зерна, для охолодження вальців вальцьових верстатів і для обробки повітря в кондиціонерах.

Витрати визначаються з урахуванням води в оборотній системі водопостачання: в системі охолодження вальців і рециркуляції в промивних камерах кондиціонерів. У відповідності з цим в побутову і виробничу каналізацію відводиться до 6 м3 / год стічних вод.

Виробничі стічні води поділяють на незабруднені (в основному охолоджуючі) і забруднені після машин мокрого лущення. У стічних водах після машин мокрого лущення містяться частинки органічного і мінерального походження, мікроорганізми. Ці води фільтрують через сита в спеціальних сепараторах, мокрі відходи віджимають, просушують і використовують для кормових цілей. Ступінь очищення води від домішок досягає 55%. Вода виводиться в каналізацію для подальшого очищення і обеззараження в системі очисних споруд стічних вод до установлених водоохоронної норми.

# ВИСНОВКИ

Проведено аналіз існуючих конструкцій технологічного обладнання для вертикального транспортування зернопродуктів. Розглянув особливості проектування зернових норій, особливості їх конструкцій. Проведено розрахунки та обґрунтував режими роботи транспортного обладнання, яке обрав в роботі в якості предмету дослідження. Проаналізовано існуючі небезпеки та заходи з охорони праці на зернопереробному підприємстві, розглянув правила безпечної експлуатації норії.

Розраховано та обґрунтував параметри та режими роботи зернової норії.

У загальному розділі наведено стислу оцінка сучасного стану предмету і об'єкту розробки; обґрунтував 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 норії, правила монтажу та експлуатації норії

У конструкторському розділі розраховано конструктивні та режимні параметри норії, розглянув особливості кінематичної схеми, підібрав електродвигун та розрахував відповідний редуктор.

У розділі економіки, охорони праці та навколишнього середовища розрахував економічну ефективність використаних технічних рішень, запропонував безпечні умови праці оператора, а також заходи щодо усунення шкідливого впливу машини на довкілля.

Розрахована норія може бути використана в умовах роботи зерноприймального елеватора в системі транспортного обладнання.

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

Графічна частина проекту становить 4 аркуші формату А1.