

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Інженерії машин, споруд та технологій

(повна назва факультету)

Технічної механіки та сільськогосподарських машин

(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(назва освітнього ступеня)

на тему: **Підвищення ефективності розбирання рулонів сіна з розробкою пристрою для розмотування рулонів**

Виконав(ла): студент(ка) 4 курсу, групи МГ-41

спеціальності 208

Агроінженерія

(шифр і назва спеціальності)

Гошівський М.Р.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник

Олексюк В.П.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

Сташків М.Я.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

Бабій А.В.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Тернопіль
2026

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет Інженерії машин, споруд та технологій
(повна назва факультету)

Кафедра Технічної механіки та сільськогосподарських машин
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
Бабій А.В.
(підпис) (прізвище та ініціали)
« » 20__ р.

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня бакалавр
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 208 Агроінженерія
(шифр і назва спеціальності)

студенту Гошівському Максиму Романовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Підвищення ефективності розбирання рулонів сіна з розробкою пристрою для розмотування рулонів

Керівник роботи Олексюк Василь Петрович, к.т.н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від « 22 » січня 2026 року № 4/9-56

2. Термін подання студентом завершеної роботи 24 червня 2026 року

3. Вихідні дані до роботи Базова конструкція машини для розмотування рулонів, продуктивність – 900 кг/год, швидкість підготовчого транспортера – 7,-22 м/хв., встановлена потужність, приводу 5,4 кВт.

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)
Реферат. Вступ. 1. Оглядова частина. 2. Обґрунтування експлуатаційних характеристик розмотувача рулонів. 3. Проектна частина. 4. Безпека життєдіяльності, основи охорони праці. Загальні висновки

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)
1. Огляд технологій заготівлі пресованого сіна. 2. Огляд агрегатів для розбирання рулонів сіна. 3. Машина для розмотування рулонів. Принципова схема. 4. Технологічна схема роботи розмотувача рулонів. 5. Механізм розмотування рулонів. Складальне креслення. 6. Деталювання.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Безпека життєдіяльності, основи охорони праці	Лазарюк В.В., доцент		

7. Дата видачі завдання

22.01.2026 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Оглядова частина.	02.02.2026 р.	
2	Обґрунтування експлуатаційних характеристик розмотувача рулонів	09.02.2026 р.	
3	Проектна частина.	15.05.2026 р.	
4	Безпека життєдіяльності, основи охорони праці.	25.05.2026 р.	
5	Реферат. Вступ. Висновки.	05.06.2026 р.	
6	Ілюстративна частина. Додатки.	15.06.2026 р.	

Студент

_____ (підпис)

Гошівський М.Р.

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Олексюк В.П.

_____ (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Автор роботи – Гошівський Максим Романович.

Тема роботи – «Підвищення ефективності розбирання рулонів сіна з розробкою пристрою для розмотування рулонів».

Робота виконана на кафедрі технічної механіки та сільськогосподарських машин Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя.

Керівник роботи – Олексюк Василь Петрович, кандидат технічних наук, доцент кафедри технічної механіки та сільськогосподарських машин.

Актуальність теми роботи

Існуючі конструкції розмотувачів рулонів сіна часто не забезпечують стабільного та рівномірного відокремлення шарів сіна, особливо при роботі з рулонами підвищеної щільності або підвищеної вологості. Крім того, значні динамічні навантаження на робочі органи призводять до прискореного зношування деталей та збільшення витрат на технічне обслуговування машин.

Важливою проблемою є також значна трудомісткість процесу розбирання рулонів у невеликих та середніх господарствах, де рівень механізації кормоприготування часто залишається недостатнім. У таких умовах виникає потреба у створенні простих, надійних та енергоощадних технічних засобів, здатних забезпечувати ефективне розмотування рулонів із мінімальними втратами кормової маси.

У зв'язку з цим розробка пристрою для розмотування рулонів сіна, який забезпечить підвищення продуктивності процесу, зменшення витрат енергії та покращення якості підготовки кормів, є актуальним науково-технічним завданням.

Мета роботи

Основною метою кваліфікаційної роботи є підвищення ефективності процесу розбирання рулонів сіна шляхом розробки конструкції пристрою для їх розмотування.

Об'єкт, методи та джерела дослідження

Об'єкт дослідження. Технологічний процес розбирання рулонів сіна.

Предмет дослідження. Конструктивні та технологічні параметри пристрою для розмотування рулонів сіна.

Методи дослідження. Економіко-статистичний, порівняльний, математичного моделювання, теоретико-емпіричний.

Отримані результати:

- здійснено огляд технологій заготівлі пресованого сіна та їх порівняльний аналіз;
- проведено аналіз агрегатів для розбирання рулонів сіна, виявлено їх переваги та недоліки;
- розглянуто будову і провадження технологічного процесу розмотувача рулонів сіна;
- проведено розрахунки економічної ефективності застосування машини для розмотування рулонів;
- виконано обґрунтування конструкції пристрою для розмотування рулонів;
- проведено розрахунки стрічкового транспортера;
- здійснено розрахунки на міцність ведучого та веденого валів транспортера;
- виконано обґрунтування приводу механізму розмотування рулонів;
- розглянуто вимоги техніки безпеки під час збирання сіна та при експлуатації машини для розмотування рулонів.

Практичне значення отриманих результатів.

Практичне значення роботи полягає у розробці конструкції пристрою, який забезпечить підвищення продуктивності процесу розмотування рулонів, зниження енергетичних витрат та покращення якості підготовки кормів до згодовування.

Структура роботи. Робота складається з розрахунково-пояснювальної записки та графічної частини. Розрахунково-пояснювальна записка складається з вступу, 4 розділів, висновків, переліку посилань та додатків. Обсяг роботи: розрахунково-пояснювальна записка – 61, додатки – 3 арк. формату А4,

ілюстративний матеріал – 10 арк. формату А4.

Ключові слова: сіно, технологія пресування сіна, розмотування рулонів, тюк, прес-підбирач.

УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ

Розділ 2:

D_p – діаметр рулону сировини, м;

V – швидкість руху транспортера, м/с;

τ – коефіцієнт заповнення транспортера;

W – годинна продуктивність машини, т/год;

T – тривалість робочого дня, год;

$W_{зм}$ – продуктивність розмотувача за зміну, т/зм;

t_p – річне планове завантаження розмотувача, год;

D – максимально допустима кількість днів обробки, днів;

L – кількість людей, що обслуговують розмотувач, чол;

$V_{зб}, V_{зн}$ – затрати праці при роботі відповідно з базовим та новим розмотувачем, люд·год;

Q – річний обсяг робіт, т.

Розділ 3:

ρ – щільність стрічки, кг/м³;

B – ширина стрічки, мм;

δ – товщина стрічки, мм;

Z – кількість тягових тканинних прокладок;

$\delta_{п.т}$ – товщина тягової тканинної прокладки, мм;

$\delta_{п.з}$ – товщина захисної тканинної прокладки, мм;

δ_p – товщина гумової обклашки робочої поверхні конвеєрної стрічки, мм;

δ_n – товщина гумової обклашки неробочої поверхні конвеєрної стрічки, мм;

q_k^p – погонна маса рухомих частин конвеєра для робочої вітки, кг/м;

q_k^x – погонна маса рухомих частин конвеєра для холостої вітки, кг/м;

ω – коефіцієнт опору;

L_t – довжина транспортера, м;

q – погонна маса вантажу (стрічки сіна), кг/м;

q_k – погонна маса рухомих частин транспортера, кг/м;
 k_k – коефіцієнт, який враховує геометричні та конструктивні особливості транспортера;
 Z_{\min} – необхідна мінімальна кількість тягових прокладок.
 F_o – уточнене тягове зусилля конвеєра, Н;
 v – швидкість стрічки, м/с;
 $\eta_{\text{бар}}$ – к.к.д. привідного барабану;
 ω_b – коефіцієнт опору барабана;
 $D_{\text{пб}}$ – діаметр привідного барабана, м;
 ρ – щільність стрічки сіна;
 a – висота шару сировини, мм;
 l_p – крок роликів опор, мм;
 k_y – коефіцієнт, що враховує пружність тягового органу, завдяки якому не всі елементи приводяться в рух одночасно;
 k_c – коефіцієнт, який враховує зменшення швидкості частин конвеєра, які обертаються відносно швидкості тягового органу;
 $T_{\text{ср.п}}$ – середній пусковий момент проводу, Н·м;
 U – передаточне число приводу;
 $T_{\text{с.в}}$ – момент статичних опорів на привідному валу транспортера, Н·м.
 W – осьовий момент опору перерізу, мм³;
 W_p – полярний момент опору перерізу вала, мм³;
 σ_T – границя текучості матеріалу вала за нормальними напруженнями, МПа;
 $\tau_{.1}$ – границя текучості матеріалу вала за дотичними напруженнями, МПа;
 $[S]$ – гранично допустимий коефіцієнт запасу міцності.
 q – коефіцієнт діаметру черв'яка;
 $K_{\text{нб}}$ – коефіцієнт концентрації напруження;
 $K_{\text{нв}}$ – коефіцієнт динамічного навантаження;
 $[\sigma_n]$ – допустиме контактне напруження для зубів колеса, МПа;
 $\eta_{\text{зп}}$ – к.к.д., що враховує втрати зачеплення в зубчастій передачі;
 $\eta_{\text{вп}}$ – к.к.д., який враховує втрати в гвинтовій парі;

φ_T – приведений кут тертя;

Y_{F2} – коефіцієнт форми зубів черв'ячного колеса;

$K_{F\beta}$ і K_{Fv} – коефіцієнти, , що мають такі самі значення, як $K_{H\beta}$ і K_{Hv} ;

h_a^* – коефіцієнт висоти головки;

c^* – коефіцієнт радіального зазору;

x – коефіцієнт зміщення інструменту.

ЗМІСТ

Вступ	11
1. Оглядова частина	12
1.1. Огляд технологій заготівлі пресованого сіна	12
1.2. Аналіз агрегатів для розбирання рулонів сіна	16
1.3. Обґрунтування теми кваліфікаційної роботи бакалавра	20
2. Обґрунтування експлуатаційних характеристик розмотувача рулонів	22
2.1. Будова і технологічний процес розмотувача рулонів сіна	22
2.2. Економічна ефективність застосування машини для розмотування рулонів	28
3. Проектна частина	31
3.1. Розрахунки стрічкового транспортера	31
3.2. Розрахунок валів на міцність	37
3.2.1. Розрахунок веденого вала	37
3.2.2. Розрахунок ведучого вала	40
3.3. Розрахунки приводу механізму розмотування рулонів	42
4. Безпека життєдіяльності, основи охорони праці	50
4.1. Вимоги техніки безпеки при експлуатації машини для розмотування рулонів	50
4.2. Охорона праці під час збирання та зіготівлі сіна	54
Загальні висновки	57
Перелік посилань	58
Додатки	61

ВСТУП

Одним із найбільш поширених способів заготівлі грубих кормів у сучасному сільському господарстві є рулонна технологія пресування сіна, яка забезпечує зменшення втрат кормової маси, скорочення затрат праці та підвищення продуктивності кормозаготівельних процесів. Завдяки високій щільності рулонів значно покращуються умови транспортування та зберігання сіна, що робить дану технологію економічно вигідною для господарств різних форм власності.

Разом із тим, процес використання рулонованого сіна у тваринництві супроводжується рядом технологічних труднощів. Однією з основних проблем є розбирання та розмотування рулонів перед подачею корму тваринам або перед подальшим подрібненням і змішуванням у кормових агрегатах. У більшості господарств ці операції виконуються за допомогою малоефективних або морально застарілих технічних засобів, що призводить до значних витрат енергії, підвищення трудомісткості процесу, нерівномірної подачі корму та додаткових втрат сіна.

Особливо актуальною дана проблема є при роботі з рулонами великої щільності, які формуються сучасними прес-підбирачами. Щільне пресування ускладнює процес розмотування рулону, збільшує навантаження на робочі органи машин та потребує застосування спеціалізованих пристроїв для ефективного руйнування структури рулону та рівномірного відокремлення кормової маси. Недостатня ефективність існуючих технічних рішень обумовлює необхідність удосконалення конструкцій машин і механізмів для розмотування рулонованого сіна.

Сучасні тенденції розвитку технічних засобів у кормовиробництві спрямовані на створення енергоощадних, надійних та високопродуктивних машин, здатних забезпечувати безперервність технологічного процесу та мінімізацію втрат кормів. Одним із перспективних напрямів удосконалення є розробка спеціалізованих пристроїв для розмотування рулонів сіна, які дозволяють автоматизувати процес розбирання рулонів, підвищити рівномірність подачі кормової маси та знизити енергетичні витрати.

1. ОГЛЯДОВА ЧАСТИНА

1.1. Огляд технологій заготівлі пресованого сіна

Заготівля пресованого сіна є однією з найважливіших технологічних операцій у кормовиробництві. Від правильності виконання технологічного процесу залежить якість корму, рівень втрат поживних речовин, собівартість продукції та ефективність тваринництва загалом. Сучасні технології передбачають комплекс механізованих операцій: скошування трав, сушіння, ворущіння, формування валків, підбирання та пресування сіна у тюки або рулони [14].

Пресоване сіно має ряд переваг порівняно з розсипним:

- зменшення втрат під час транспортування та зберігання;
- підвищення щільності корму;
- зниження затрат ручної праці;
- зручність механізованого навантаження;
- кращі умови довготривалого зберігання.

За сучасними вимогами вологість сіна при пресуванні повинна становити 14–18 %, а втрати листової маси - не перевищувати 2–4 %.

Сучасне кормовиробництво використовує три основні технології:

Технологія заготівлі сіна у малогабаритних прямокутних тюках

Технологія включає скошування трав, пров'ялювання маси, ворущіння, згрібання у валки, підбирання та пресування у прямокутні тюки, навантаження і транспортування.

Для виконання процесу використовують поршневі прес-підбирачі.

Перевагами технології є висока щільність тюків, зручність складування, простота ручного дозування корму, можливість транспортування на великі відстані.

Недоліки: складніша конструкція преса, значні ударні навантаження, нижча продуктивність, більша трудомісткість при ручному завантаженні.



Рисунок 1.1 - Заготівля сіна у малогабаритних прямокутних тюках

Поршневі прес-підбирачі формують тюки прямокутної форми шляхом циклічного ущільнення маси поршнем у пресувальній камері.

Технологія заготівлі сіна у рулонах

На сьогодні рулонна технологія є найбільш поширеною у світі. За даними виробників техніки, частка рулонних прес-підбирачів становить до 80 % ринку машин для заготівлі кормів.



Рисунок 1.2 - Заготівля сіна у рулонах

Послідовність операцій є наступною: скошування трав, підсушування у покосах, ворущіння, формування валків, підбирання валків, формування рулонів, обмотування шпагатом або сіткою, транспортування та складування.

Робочий процес рулонного прес-підбирача складається з таких етапів:

- підбирач піднімає валок;
- маса подається у пресувальну камеру;
- у камері формується рулон;
- після досягнення необхідного діаметра рулон обмотується;
- задня кришка відкривається і рулон вивантажується.

Сучасні машини оснащуються роторними подавачами, подрібнювальними ножами, автоматичними системами обмотування, датчиками вологості, електронними системами контролю.

Технологія заготівлі великогабаритних тюків

У великих господарствах широко використовують прес-підбирачі великогабаритних прямокутних тюків.

Особливостями технології є те, що тюки мають високу щільність та великі габарити, зручність транспортування автотранспортом при мінімальних втратах при логістиці.



Рисунок 1.3 - Заготівля сіна у великогабаритних тюках

Такі машини працюють безперервно, без зупинок на формування рулону, що забезпечує високу продуктивність.

Перевагами є висока продуктивність, ефективна логістика, менші витрати на транспортування. Недоліки - висока вартість техніки, потреба у потужних тракторах, складність ремонту.

Процес пресування є ключовим етапом усіх трьох технологій. При цьому основними параметрами виступають щільність пресування, вологість маси, продуктивність, ступінь подрібнення та якість обв'язування.

Щільність рулонів зазвичай становить 100–300 кг/м³.

Таблиця 1.1 - Порівняльний аналіз технологій заготівлі пресованого сіна

Показник	Малогабаритні тюки	Рулони	Великі тюки
Продуктивність	Низька	Середня	Висока
Щільність	Висока	Середня	Дуже висока
Вартість техніки	Невелика	Середня	Висока
Рівень механізації	Частковий	Високий	Максимальний
Зручність транспортування	Добра	Середня	Висока
Витрати праці	Значні	Менші	Мінімальні
Придатність для великих господарств	Обмежена	Висока	Найкраща

Технології заготівлі пресованого сіна постійно вдосконалюються у напрямі підвищення продуктивності, зниження втрат кормів та автоматизації процесів [16]. Найбільш поширеною нині є рулонна технологія, що характеризується універсальністю, високою продуктивністю та відносно невисокою вартістю техніки. Технологія великогабаритних тюків є найефективнішою для великих агропідприємств, однак потребує значних капіталовкладень. Малогабаритні тюки залишаються актуальними для

невеликих господарств і фермерських підприємств.

Подальший розвиток технологій пов'язаний із впровадженням автоматизованих систем керування, точного землеробства та інтелектуальних систем контролю якості кормів.

1.2. Аналіз агрегатів для розбирання рулонів сіна

Розбирання рулонів сіна є важливою технологічною операцією у процесі підготовки кормів до згодовування тваринам. Від ефективності виконання цієї операції залежить рівномірність подачі корму, зменшення втрат сіна, продуктивність праці та енергетичні витрати. У сучасному тваринництві для розбирання рулонів застосовують різноманітні агрегати та механізми, які відрізняються конструкцією, принципом дії та технологічними можливостями [14].

Основним призначенням агрегатів для розмотування та розбирання рулонів є руйнування щільної структури рулону, рівномірне відокремлення шарів сіна, подача корму до годівниць або транспортуючих систем, підготовка сіна до подрібнення чи змішування.

За принципом роботи агрегати поділяють на:

Розмотувачі рулонів пасивного типу

У таких машинах рулон обертається під дією зовнішнього приводу або власної ваги.

Конструкція включає опорну раму, барабани або ролики, механізм обертання рулону, напрямні елементи.

Перевагам є проста конструкція, низька вартість, невелика металоємність. Недоліки - недостатньо рівномірне розмотування, погана робота зі щільними рулонами, можливе заклинювання рулону.

Такі агрегати переважно використовуються у невеликих фермерських

господарствах.

Активні розмотувачі рулонів

У машинах активного типу застосовуються спеціальні робочі органи: ланцюгово-планчасті транспортери, зубчасті барабани, бітери, шнеки, роторні розпушувачі.

Робочі органи активно руйнують структуру рулону та забезпечують безперервну подачу корму.

Перевагами таких пристроїв є висока продуктивність, рівномірна подача сіна, можливість роботи з щільними рулонами, зменшення ручної праці. Недоліки - складніша конструкція, вищі енергетичні витрати, підвищений знос робочих органів.

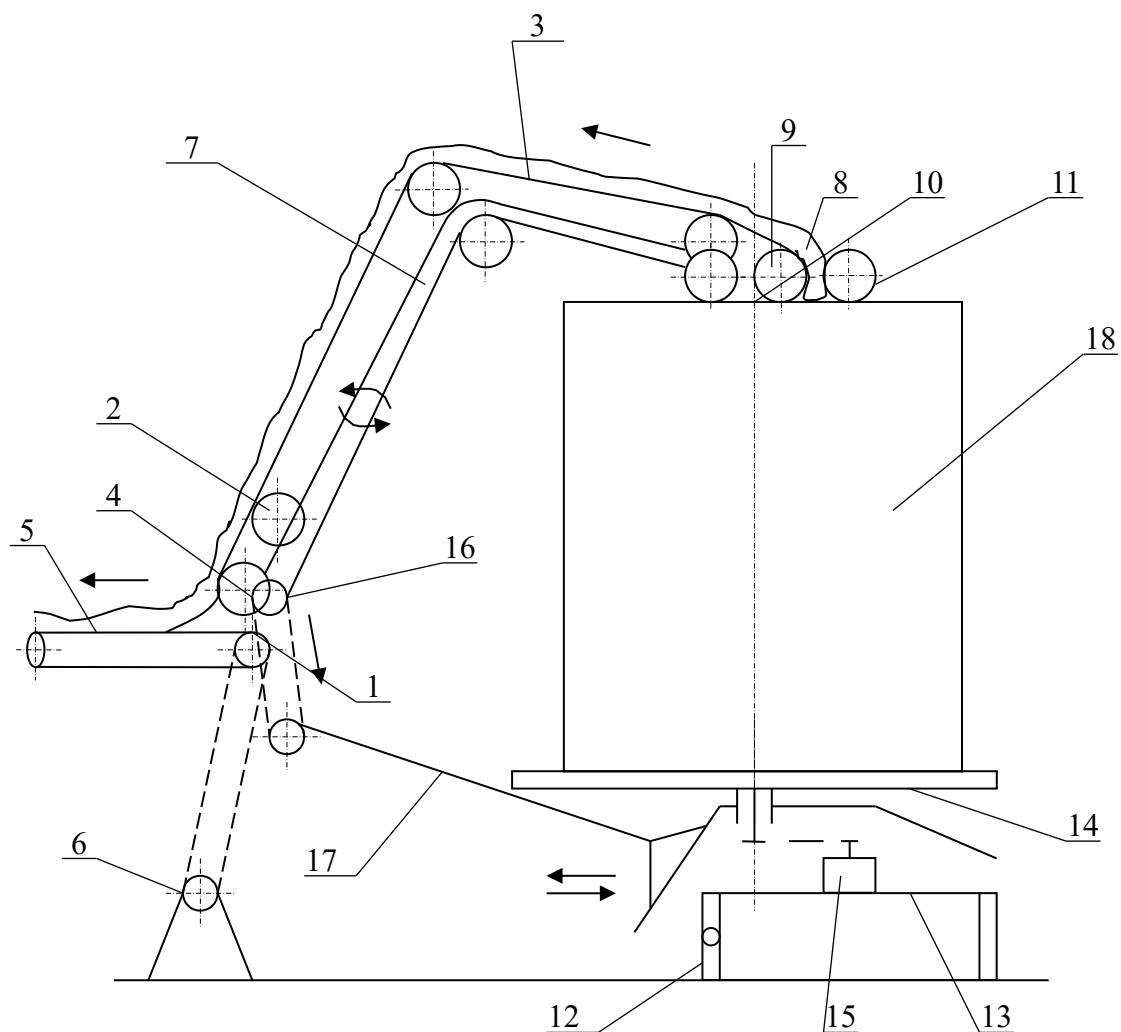


Рисунок 1.4 – Схема стаціонарного розбирача рулонів

Стаціонарний розбирач рулонів конструктивно складається з нерухомої рами 1, на якій за допомогою шарнірного з'єднання 2 встановлено консольний транспортер 3. До складу конструкції також входять жорстко закріплені відбійний барабан 4, відбійний транспортер 5 та привідний механізм 6. На вільному кінці рами 7 консольного транспортера розташовано барабан-розбивач 8, призначений для послідовного відокремлення шарів матеріалу від рулонної паковки.

На осі барабана-розбивача за допомогою шарнірного з'єднання 9 закріплено рамку 10 з опорними колесами 11, функцією яких є копіювання поверхні паковки та забезпечення стабільності технологічного процесу. Крім того, у конструкції передбачено пересувний візок, встановлений на роликівих опорах 12, на якому змонтовано платформу 14 з приводом 15, що забезпечує її обертальний рух.

Взаємодія між нерухомою частиною розбирача та пересувним візком реалізується через механізм центрування, до складу якого входять ланцюгова передача 16 і кривошипно-шатунний механізм 17. Зазначений механізм забезпечує горизонтальне переміщення візка відповідно до зміни положення консольного транспортера під час його опускання або піднімання, що сприяє підтриманню необхідних параметрів роботи обладнання та підвищенню ефективності процесу розбирання рулонів.

Робочий процес машини здійснюється таким чином. Циліндричну паковку 18 розміщують на обертівій платформі 14, після чого консольний транспортер 3 опускають до її поверхні та вмикають привідні механізми 6 і 15. У результаті узгодженого обертання платформи разом із паковкою та барабана-розбивача 8 відбувається поетапне відокремлення шарів матеріалу від основної маси рулону з подальшим їх переміщенням на консольний транспортер 3.

Надалі відокремлений шар матеріалу за допомогою відбійного барабана 4 спрямовується на відбійний транспортер 5, який забезпечує його транспортування до м'яльно-тріпального агрегату для подальшої технологічної обробки.

У процесі зменшення висоти паковки консольний транспортер разом із барабаном-розбивачем поступово опускаються, спираючись на колеса, що контактують із поверхнею паковки. При цьому відбувається поворот рами консольного транспортера на визначений кут відносно шарнірного з'єднання основної рами. Одночасно аналогічний кутовий поворот здійснює ведуча верхня зірочка ланцюгової передачі 16, жорстко з'єднана з рамою 7. Унаслідок кінематичного зв'язку елементів механізму приводиться в рух ведена зірочка, яка повертається на дещо більший кут, а також активується кривошипний механізм 17, що забезпечує узгоджене функціонування системи центрування та стабільність технологічного процесу розбирання паковки.

Агрегати з ланцюгово-планчастими транспортерами

Це одна з найбільш поширених конструкцій.

Рулон укладається у приймальну платформу. Ланцюгово-планчастий транспортер переміщує рулон до розмотувального барабана або бітерного механізму, який поступово відокремлює шари сіна.

Переваги: надійне транспортування рулону, можливість дозованої подачі, простота керування. Недоліками вважають значні тягові навантаження, розтягування ланцюгів, підвищений знос планок.

Такі системи широко застосовуються у кормороздавачах та стаціонарних лініях підготовки кормів.

Барабанні розмотувачі рулонів

У барабанних конструкціях основним робочим органом є барабан із зубцями або пальцями.

Під час обертання барабан захоплює шари сіна, розпушує рулон і далі подає корм до вивантажувального транспортера.

Перевагами є ефективне розпушування, стабільна подача корму та висока інтенсивність роботи. В якості недоліків виступають пошкодження структури сіна, підвищені енерговитрати і значне динамічне навантаження.

Шнекові агрегати для розбирання рулонів

Шнекові механізми використовують гвинтові робочі органи для

руйнування рулону. Шнек відокремлює шари сіна, подає масу у напрямку транспортера і частково подрібнює корм.

Перевагами є компактність, рівномірність подачі та можливість суміщення з подрібненням. Недоліки: значна потужність приводу, намотування сіна на шнек, складність очищення.

Аналіз агрегатів для розбирання рулонів сіна показує, що сучасні технічні засоби мають різноманітні конструктивні рішення, які відрізняються продуктивністю, енергоємністю та ефективністю роботи. Найпростішими є пасивні розмотувачі, однак вони не забезпечують достатньої продуктивності та якості роботи. Найбільш ефективними є активні роторні та комбіновані агрегати, які забезпечують рівномірне розпушування рулону та стабільну подачу корму.

Особливо складним є процес розмотування рулонів, сформованих прес-підбирачами зі змінною камерою пресування, оскільки вони характеризуються високою щільністю зовнішніх шарів.

Разом із тим існуючі конструкції мають ряд недоліків, пов'язаних із високими енергетичними витратами, складністю конструкції та нерівномірністю подачі корму.

Це обумовлює необхідність подальшого вдосконалення робочих органів та розробки нових технічних рішень для підвищення ефективності процесу розбирання рулонів сіна.

1.3. Обґрунтування теми кваліфікаційної роботи бакалавра

Одним із важливих напрямів розвитку сучасного тваринництва є підвищення ефективності процесів заготівлі, підготовки та роздавання кормів. У структурі кормової бази значну частку займають грубі корми, зокрема сіно, яке широко використовується у годівлі великої рогатої худоби, овець та інших

видів сільськогосподарських тварин. У сучасних умовах найбільш поширеним способом заготівлі сіна є рулонна технологія пресування, що забезпечує зниження втрат корму, покращення умов транспортування та зберігання, а також підвищення рівня механізації виробничих процесів.

Разом із перевагами рулонна технологія створює певні труднощі на етапі використання кормів. Однією з найбільш проблемних операцій є розбирання та розмотування рулонів сіна перед згодовуванням або подальшою механічною обробкою. Щільна структура рулонів, сформованих сучасними прес-підбирачами, значно ускладнює процес їх розпушування та рівномірної подачі кормової маси. У результаті виникають додаткові витрати енергії, збільшуються втрати корму, знижується продуктивність технологічного процесу та погіршується якість підготовки кормів.

У багатьох господарствах для розбирання рулонів використовуються технічні засоби, які мають недостатню продуктивність, значну енергоємність та низьку ефективність роботи. Існуючі конструкції розмотувачів часто не забезпечують стабільного та рівномірного відокремлення шарів сіна, особливо при роботі з рулонами підвищеної щільності або підвищеної вологості. Крім того, значні динамічні навантаження на робочі органи призводять до прискореного зношування деталей та збільшення витрат на технічне обслуговування машин.

Важливою проблемою є також значна трудомісткість процесу розбирання рулонів у невеликих та середніх господарствах, де рівень механізації кормоприготування часто залишається недостатнім. У таких умовах виникає потреба у створенні простих, надійних та енергоощадних технічних засобів, здатних забезпечувати ефективне розмотування рулонів із мінімальними втратами кормової маси.

У зв'язку з цим розробка пристрою для розмотування рулонів сіна, який забезпечить підвищення продуктивності процесу, зменшення витрат енергії та покращення якості підготовки кормів, є актуальним науково-технічним завданням.

2. ОБГРУНТУВАННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ХАРАКТЕРИСТИК РОЗМОТУВАЧА РУЛОНІВ

2.1. Будова і технологічний процес розмотувача рулонів сіна

Пристрій для розмотування рулонів (рис. 2.1) призначений для механізованого розмотування рулонів сіна та соломи з метою їх подальшого використання у виробничих процесах. Обладнання знаходить широке застосування у сільськогосподарському виробництві, зокрема на тваринницьких комплексах та підприємствах комбикормової галузі, де забезпечує підготовку кормової сировини до наступних технологічних операцій.

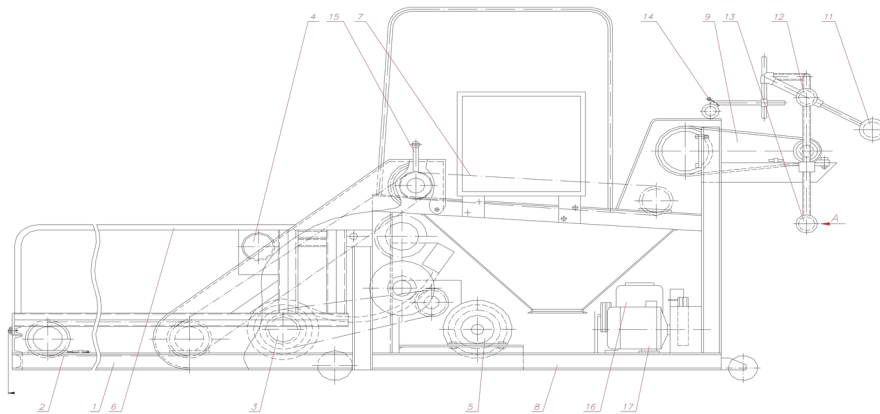


Рисунок 2.1 – Загальний вигляд пристрою для розмотування рулонів сіна

Агрегат забезпечує виконання комплексу технологічних операцій, необхідних для ефективного розмотування рулонованих кормових матеріалів. До основних функціональних процесів належать:

- здійснення підготовчих операцій, спрямованих на підготовку рулону до процесу розмотування;
- піднімання рулонів та їх подача до механізму розмотування;
- розмотування рулонованого матеріалу з одночасним змотуванням шпагату на приймальну котушку.

Експлуатація розмотувача передбачена в усіх кліматичних зонах України за умови температури навколишнього середовища не нижче 15 °С та відносної вологості повітря до 95 %. Агрегат функціонує у стаціонарному режимі в закритих виробничих приміщеннях і призначений для виконання процесу розмотування рулонів у безперервному технологічному циклі.

Конструктивно розмотувач рулонів включає низку функціонально взаємопов'язаних складальних одиниць, до яких належать механізм розмотування шпагату, механізм піднімання рулонів, механізм розмотування рулонованого матеріалу, механізм змотування шпагату, бункер та електрообладнання.

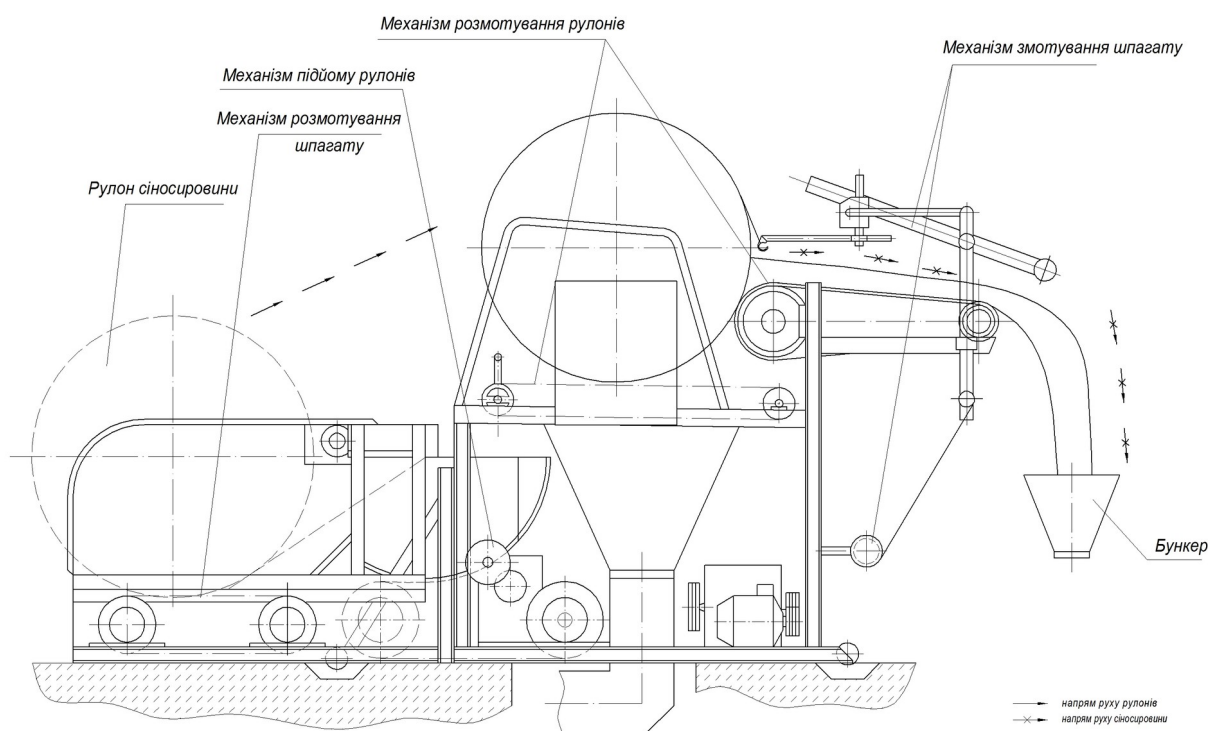


Рисунок 2.2 – Функціональна схема пристрою для розмотування рулонів сіна

Механізм розмотування шпагату призначений для виконання підготовчої операції перед початком процесу розмотування рулону. Конструктивно він складається з ланцюгово-планчастого транспортера, змонтованого на несній рамі, та опорного ролика, розташованого на підйомній рамці.

Механізм піднімання рулонів виконує функцію подачі рулону до механізму розмотування. До його конструкції входять підйомна поворотна рамка, два гнучкі канати для фіксації та утримання рулону під час піднімання, проміжний ролик, барабан намотування каната та канатна система

Механізм розмотування рулонів призначений для безпосереднього виконання процесу розмотування рулонової сировини. Його конструкція включає ланцюгово-пластинчастий транспортер, встановлений на рамі з незначним кутом нахилу вперед, а також стрічковий транспортер.

Механізм змотування шпагату забезпечує намотування відокремленого шпагату на приймальну котушку, що дозволяє підтримувати належний санітарно-технологічний стан робочої зони та спрощує подальшу утилізацію або зберігання використаного матеріалу.

Бункер виконує функцію накопичення рослинних і мінеральних домішок, які утворюються під час роботи агрегату та надалі спрямовуються на утилізацію.

Привід ланцюгово-планчастих транспортерів реалізований через редукторний механізм від електродвигуна, що забезпечує надійну передачу крутного моменту та стабільність функціонування робочих органів машини.

Розмотувач рулонів може бути використаний у технологічному процесі підготовки сіна та соломи до згодовування на тваринницьких комплексах, а також у виробничих лініях комбікормових підприємств.

За необхідності рулони рослинної сировини попередньо піддають сушінню у спеціалізованих сушильних установках для доведення матеріалу до необхідних параметрів вологості. Після завершення підсушування рулон за допомогою вантажопідйомних засобів встановлюють на транспортер

підготовчого механізму. Після фіксації рулону здійснюють розрізання зовнішньої обв'язки, після чого через муфту приводу вмикають транспортер підготовчого механізму. У процесі переміщення та прокатування рулону відбувається видалення зовнішньої обмотки та часткове зняття верхніх шарів сировини. Кінець шпагату, що залишається після виконання зазначених операцій, фіксують на поверхні рулону для подальшого технологічного циклу.

На наступному етапі транспортер підготовчого механізму відключають і активують механізм піднімання рулону. За допомогою двох гнучких канатів, закріплених на підйомній рамці, рулон переміщується до механізму розмотування та подається на транспортер робочої зони. Спираючись на барабан стрічкового транспортера, рулон починає обертальний рух, що забезпечує умови для подальшого розмотування матеріалу.

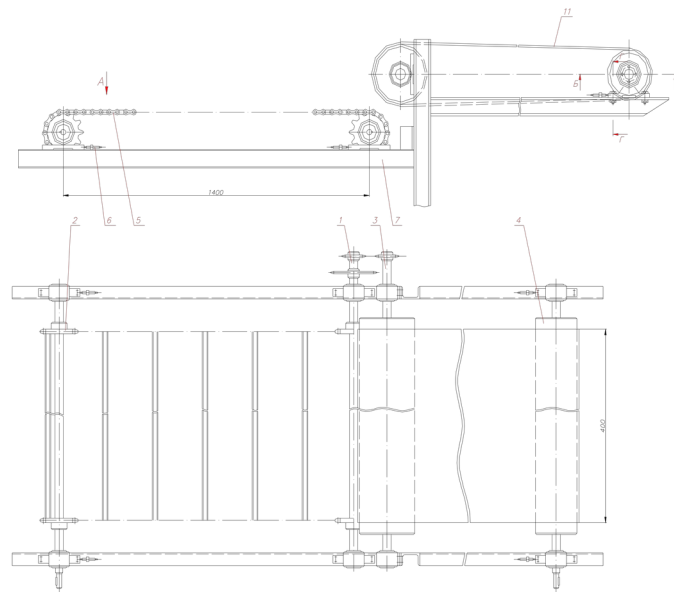


Рисунок 2.3 – Механізм розмотування рулонів сіна

Після досягнення кінцем шпагату верхнього положення відносно рулону

основний механізм тимчасово зупиняють, а кінець шпагату відокремлюють від поверхні рулону. Надалі шпагат протягують через напрямний ролик і закріплюють на приймальній катушці механізму змотування, що забезпечує його впорядковане намотування та підтримання безперервності технологічного процесу.

Для забезпечення утримання шару сировини використовується спеціальна стрічка, один кінець якої фіксується на гачку, тоді як інший перекидається через поверхню рулону. Після виконання зазначеної операції вмикається механізм розмотування, внаслідок чого рулон починає здійснювати обертальний рух і поступово розмотуватись.

У процесі обертання рулону вільний кінець стрічки переміщується разом із ним, а в подальшому разом із відокремленим шаром сировини проходить по стрічковому транспортеру та вільно звисає з його поверхні, перебуваючи в натягнутому стані. Завдяки створеному натягу шпагату відбувається поступове відділення шару матеріалу від загальної маси рулону.

Відокремлений шар сировини за допомогою стрічкового транспортера переміщується до наступної технологічної операції, де здійснюється його подальша переробка або використання відповідно до виробничого процесу.

Після завершення розмотування залишкову частину рулону, на якій відсутній шпагат, видаляють із розмотувального пристрою та разом із раніше відокремленими зовнішніми шарами матеріалу направляють на подальше технологічне обладнання. Одночасно з цим виконують підготовчі операції для подачі та розмотування наступного рулону, що забезпечує безперервність виробничого процесу та підвищує ефективність функціонування обладнання.

Привід робочих органів розмотувача реалізований за допомогою електродвигунів (рис. 2.4), які забезпечують функціонування основних механізмів агрегату та узгодженість виконання технологічного процесу.

Один із електродвигунів через систему передач, що включає пасову передачу, редуктор та ланцюгові передачі, забезпечує привод транспортера механізму розмотування шпагату

Другий електродвигун через послідовно з'єднані пасову передачу, варіатор, додаткову пасову передачу, редуктор і систему ланцюгових передач передає крутний момент до основних робочих вузлів механізму розмотування рулонів. Від зазначеного приводу здійснюється робота ланцюгово-планчастого та стрічкового транспортерів, а також приводиться в дію котушка механізму змотування шпагату.

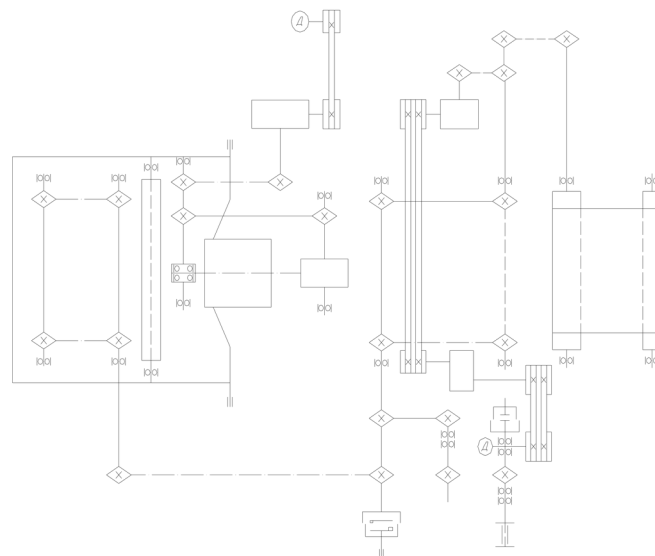


Рисунок 2.4 – Кінематична схема пристрою для розмотування рулонів сіна

Зазначена послідовність кінематичних ланок забезпечує передачу руху до всіх основних і допоміжних робочих органів агрегату за умови мінімізації кількості передавальних механізмів та джерел приводу. Раціональне компонування кінематичної схеми сприяє спрощенню конструкції, зменшенню складності силових контурів та формуванню ефективних кінематичних взаємозв'язків між елементами системи.

Технічна характеристика розмотувача рулонів сіна

Продуктивність, кг/год.....	не менше 900
Швидкість підготовчого транспортера, м/хв.....	7,3-22
Швидкість підйому рулону, м/хв.....	10-15
Швидкість основного транспортера, м/хв.....	8-24
Встановлена потужність, кВт.....	не більше 5,4
Середнє споживання електроенергії, кВт·год.....	не більше 4,2
Номинальна напруга мережі живлення, В.....	380
Площа, яку займає машина, м ²	не більше 7,98
Коефіцієнт технічного використання	не менше 0,85
Встановлено строк служби до капітального ремонту, міс	36
Габаритні розміри, мм	не більше
Довжина	4155
Ширина	1850
Висота	1850
Маса, кг	не більше 1650

2.2. Економічна ефективність застосування пристрою для розмотування рулонів

Продуктивність пристрою для розмотування рулонів за одиницю часу, зокрема за одну годину роботи, визначається за аналітичною залежністю:

$$W=0,36 \cdot D_p \cdot V \cdot \tau, \quad \text{т/год.} \quad (2.1)$$

Розмотувач рулонів сіна нової конструкції:

$$W_H = 0,36 \cdot 1,5 \cdot 2,65 \cdot 0,85 = 1,22 \text{ т/год.}$$

Розмотувач рулонів сіна базової конструкції:

$$W_6 = 0,36 \cdot 1,5 \cdot 1,4 \cdot 0,85 = 0,64 \text{ т/год.}$$

Продуктивність розмотувача за зміну:

$$W_{зм} = W \cdot T, \text{ т/зм.} \quad (2.2)$$

Новий розмотувач:

$$W_{зм.н} = 1,22 \cdot 12 = 14,64 \text{ т/год.}$$

Базовий розмотувач:

$$W_{зм.б} = 0,64 \cdot 12 = 7,69 \text{ т/год.}$$

Знайдемо річний обсяг роботи розмотувача рулонів:

$$Q = W_{зм} \cdot t_p, \text{ т/рік,} \quad (2.3)$$

де

$$t_p = T \cdot D, \text{ год.} \quad (2.4)$$

Новий розмотувач рулонів:

$$t_{p.н} = 12 \cdot 40 = 480 \text{ год.}$$

Базовий розмотувач рулонів:

$$t_{p.б} = 12 \cdot 60 = 720 \text{ год.}$$

Річний обсяг виконуваних робіт для базового та модернізованого розмотувачів визначається відповідно до залежності (2.3).

Новий розмотувач:

$$Q_n = 14,64 \cdot 480 = 7027,2 \text{ т.}$$

Базовий розмотувач:

$$Q_6 = 7,68 \cdot 720 = 5529 \text{ т.}$$

Прийmemo величину річного обсягу робіт $Q_n = Q_6 = 7027 \text{ т.}$

Витрати праці, необхідні для забезпечення функціонування розмотувачів, визначаються розрахунковою залежністю:

$$V_3 = \frac{L}{W}, \quad \text{люд} \cdot \text{т/год.} \quad (2.5)$$

Нова конструкція розмотувача:

$$V_{3.н} = \frac{2}{1,22} = 1,64 \quad \text{люд} \cdot \text{т/год.}$$

Базова конструкція розмотувача:

$$V_{3.б} = \frac{2}{0,64} = 3,13 \quad \text{люд} \cdot \text{т/год.}$$

Річна економія витрат праці при використанні розробленого розмотувача:

$$V_{з.еп} = (V_{3б} - V_{3н}) \cdot Q, \quad \text{люд} \cdot \text{год}; \quad (2.6)$$

$$V_{з.еп} = (3,13 - 1,64) \cdot 7027 = 10470 \text{ люд} \cdot \text{год.}$$

3. ПРОЕКТНА ЧАСТИНА

Розмотувач рулонів сіна є комплексним технічним засобом, до складу якого входить низка функціональних механізмів. Одним з основних вузлів є механізм розмотування рулонів, конструктивно виконаний у вигляді двох транспортерів — ланцюгово-планчастого та стрічкового.

Приведення механізмів у дію здійснюється від електродвигуна потужністю $N = 30$ кВт через систему пасових і ланцюгових передач та редуктор.

3.1. Розрахунки стрічкового транспортера

Стрічковий транспортер призначений для переміщення розмотаної стрічки сіна до наступної технологічної операції. Об'ємна щільність транспортованого матеріалу становить $0,10 \dots 0,12$ т/м³, а продуктивність транспортера — $0,9$ т/год. Довжина робочої ділянки транспортера приймається $L = 1,5$ м, при цьому передача руху здійснюється через головний барабан.

Відповідно до джерела [9] швидкість руху стрічки приймаємо $v = 1,25$ м/с. Необхідна ширина стрічки становить $B = 1,4$ м.

З урахуванням методики проектування стрічкових конвеєрів із [9] приймаємо конвеєрну стрічку загального призначення типу 4 шириною $B = 1400$ мм. Стрічка має дві кордові прокладки з тканини БКНЛ-100, міцність яких становить 100 Н/мм. Допустиме робоче навантаження стрічки дорівнює $k_p = 7$ Н/мм. За класом міцності приймається стрічка класу С з товщиною гумової обкладки робочої поверхні $\delta_p = 2$ мм та неробочої поверхні $\delta_n = 1$ мм.

Конвеєрна стрічка: Стрічка 4-1400-3-БКНЛ-100-2-1-С ГОСТ 20-76.

Маса погонного метра стрічки:

$$q_c = \rho \cdot B \cdot \delta, \quad (3.1)$$

де $\rho = 110$ кг/м³.

Знайдемо товщину стрічки:

$$\delta = Z \cdot \delta_{п.т} + \delta_{п.з} + \delta_p + \delta_n, \quad (3.2)$$

де $Z = 2$; $\delta_{п.т} = 1,3$ мм;
 $\delta_{п.з} = 0$ мм; $\delta_p = 3$ мм;
 $\delta_n = 2$ мм.

$$\delta = 2 \cdot 1,3 + 3 + 2 = 7,6 \text{ мм.}$$

Тоді

$$q_c = 1100 \cdot 1,4 \cdot 0,0076 = 14,63 \text{ кг.}$$

Виходячи із рекомендацій [9] приймемо діаметр опорних роликів конвеєра $d_p = 159$ мм.

Загальна маса погонного метра опорних роликів [9]:

- Робоча вітка

$$q_p^p = 42 \text{ кг/м.}$$

- Холоста вітка

$$q_p^x = 16,7 \text{ кг/м.}$$

Маса погонного метра рухомих частин транспортера:

$$q_k = q_k^p + q_k^x, \quad (3.3)$$

$$q_k^p = q_c + q_p^p;$$

$$q_k^x = q_c + q_p^x.$$

Отже:

$$q_k^p = 14,63 + 42 = 56,63 \text{ кг/м};$$

$$q_k^x = 14,63 + 16,7 = 31,33 \text{ кг/м};$$

$$q_k = 56,63 + 31,33 = 87,96 \text{ кг/м}.$$

Знайдемо значення тягової сили транспортера:

$$F'_o = \omega L_T (q + q_k) + q k_k, \quad (3.4)$$

$$k_k = k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5, \quad (3.5)$$

де: $k_1 = 1,5; \quad k_2 = 1; \quad k_3 = 1;$
 $k_4 = 1 + 0,027 = 1,1; \quad k_5 = 1.$

$$k_k = 1,5 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,1 \cdot 1 = 1,65.$$

Тоді

$$F'_o = 0,025 \cdot 1,5 \cdot (30 + 87,96) \cdot 10 \cdot 1,65 = 735 \text{ Н}.$$

Коефіцієнт зчеплення між гумотканинною стрічкою та сталевим приводним барабаном приймається $f = 0,3$. За умови прийнятого кута обхвату стрічкою привідного барабана $\alpha = 200^\circ$ визначається коефіцієнт тягової здатності системи $k_s = 2,095$.

Значення максимального статичного натягу стрічки:

$$F_{\max} = k_s \cdot F'_o = 2,095 \cdot 735 = 1540 \text{ Н}. \quad (3.6)$$

Перевіримо мінімально необхідну кількість тягових прокладок у конвеєрній стрічці, що забезпечує її достатню міцність та надійну роботу під час транспортування розмотаної маси сіна:

$$Z \geq Z_{\min} = \frac{F_{\max}}{k_p \cdot B}, \quad (3.7)$$

$$Z_{\min} = \frac{1540}{12 \cdot 1400} = 0,16.$$

Умова забезпечується, так як $2 > 0,16$.

Діаметр привідного барабана приймається відповідно до номінального ряду типорозмірів, регламентованого стандартом ГОСТ 22644-77 : $D_{\text{пб}}=250$ мм.

Величина потужності на привідному валу транспортера:

$$P_o = \frac{F_o \cdot v}{10^3 \cdot \eta_{\text{бар}}}, \quad (3.8)$$

$$\eta_{\text{бар}} = \frac{1}{1 + \omega_6(2K_s - 1)}, \quad (3.9)$$

де $\omega_6=0,03..0,05$.

$$\eta_{\text{бар}} = \frac{1}{1 + 0,05 \cdot (2 \cdot 2,095 - 1)} = 0,86;$$

$$P_o = \frac{735 \cdot 1,25}{10^3 \cdot 0,86} = 1,07 \text{ кВт.}$$

Знайдемо частоту обертання валу привідного барабана:

$$n_{\text{п.в}} = \frac{60v}{\pi D_{\text{пб}}}, \quad (3.10)$$

$$n_{пв} = \frac{60 \cdot 1,25}{3,14 \cdot 0,250} = 95,5 \text{ хВ}^{-1}.$$

Необхідне передаточне число між валом планчастого транспортера та валом привідного барабана визначається з урахуванням співвідношення їхніх частот обертання:

$$U = \frac{n}{n_{п.в}} = \frac{125,4}{95,5} = 1,3. \quad (3.11)$$

Уточнене значення продуктивності конвеєра:

$$Q = k \cdot k_{\beta} \cdot (0,9B - 0,05)^2 \cdot v_p \cdot a, \quad (3.12)$$

де

$$k = 240; \quad k_{\beta} = 1.$$

$$Q = 240 \cdot 1 \cdot (0,9 \cdot 1,4 - 0,05)^2 \cdot 0,25 \cdot 0,1 \cdot 0,1 = 0,9 \text{ т/год.}$$

Величину діаметру натяжного барабана знайдемо згідно формули:

$$D_H = 0,8 \cdot D_{пб} = 0,8 \cdot 250 = 200 \text{ мм.} \quad (3.13)$$

Найменше допустиме значення натягу тягового органа:

$$F_{\min} = (50 \dots 100) (q + q_c) \cdot l_p; \quad (3.14)$$

$$F_{\min} = (50 \dots 100) (30 + 14,63) \cdot 1,5 = 6694,5 \text{ Н.}$$

Час, що затрачається на пуск транспортера:

$$t_{\Pi} = \frac{\delta \cdot T_{\Pi}}{9,55 \cdot (T_{\text{ср.п}} - T_c)} + \frac{c}{n(T_{\text{ср.п}} - T_c) \cdot \eta}, \quad (3.15)$$

де

$$c = 9,55 \cdot k_y [(q + q_c)L + q_c L^x + (q_p^p \cdot L_p^p + q_p^x \cdot L_p^x + m\delta)] \cdot v^2, \quad (3.16)$$

де $k_y = 0,5 \dots 0,7$;

$k_c = 0,7$;

$T_{\text{ср.п}} = \psi \cdot T_{\text{ном}}$.

Момент статичних опорів на привідному валу конвеєра визначається як розрахунковий параметр, що характеризує сумарний опір руху робочих органів механізму під час його функціонування:

$$T_c = T_{\text{с.в}} \cdot \frac{\varphi}{U \cdot \eta}, \quad (3.17)$$

де $U = 1,3$.

$$T_c = 91,8 \cdot \frac{1}{1,3 \cdot 0,86} = 82,2 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

$$T_{\text{с.в}} = 0,5 F_0 D, \quad (3.18)$$

$$T_{\text{с.в}} = 0,5 \cdot 735 \cdot 0,25 = 91,8.$$

Значення моменту сил інерції на веденому валу:

$$T_{\text{ін}} = T_{\text{ср.п}} \cdot T_c = (1,8 \cdot 473,8) - 82,2 = 770 \text{ Н}\cdot\text{м}. \quad (3.19)$$

Значення моменту сил інерції на привідному валу:

$$T_{\text{інв}} = T_{\text{ін}} U \eta = 770 \cdot 1,3 \cdot 0,86 = 861,5 \text{ Н} \cdot \text{м}. \quad (3.20)$$

Маса барабана:

$$m_b = m_{\text{п.б}} + m_{\text{н}} = 180 + 50 = 230 \text{ кг}. \quad (3.21)$$

$$C = 9,55 \cdot 0,5 \cdot [(30 + 14,63) \cdot 1,5 + 14,63 \cdot 1,5 + 230 \cdot 0,7] \cdot 1,25^2 = 1864,4.$$

Тоді

$$t = \frac{1,2 \cdot 0,345 \cdot 95,5}{9,55} + \frac{1864,4}{95,5 \cdot 770 \cdot 0,86} = 0,2 \text{ с}.$$

3.2. Розрахунок валів на міцність

3.2.1. Розрахунок веденого вала

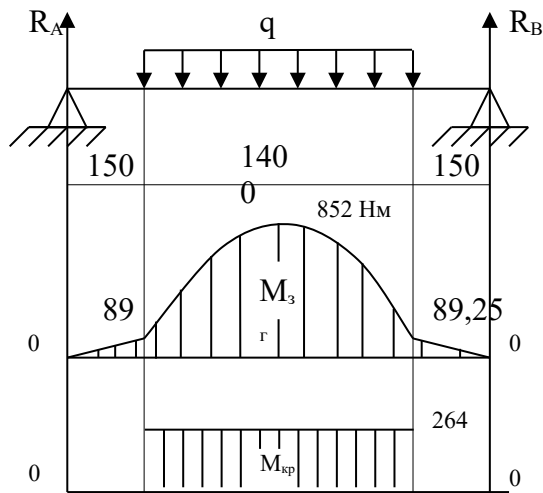
Розглянемо ведений вал барабана.

Визначимо значення згинальних моментів у характерних перерізах вала, а також реакції в його опорах.

$$\Sigma M_A = 0.$$

$$\Sigma M_A = R_B (1400 + 150 + 150) - q \cdot 1400 \cdot (700 + 150) = 0.$$

$$R_B = \frac{q \cdot 1400 \cdot 850}{1700} = 595 \text{ Н}.$$



$$\Sigma M_B = 0.$$

$$\Sigma M_B = q \cdot 1400(700 + 150) - R_A(1400 + 150 + 150) = 0$$

$$R_A = \frac{q \cdot 1400 \cdot 850}{1700} = 595 \text{ Н.}$$

На основі розрахунків будуємо епюри (рис.3.1).

Рисунгк 3.1 – Епюри згинних та крутних моментів

У найбільш навантаженому (небезпечному) перерізі вала нормальне напруження визначається за залежністю:

$$\sigma = \frac{\sqrt{M_{зг}^2 + M_{кр}^2}}{W}, \text{ МПа} \quad (3.22)$$

де $W = 0,1d^3$

$$W = 0,1 \cdot 40^3 = 6400 \text{ мм}^3.$$

Тоді

$$\sigma = \frac{\sqrt{(852^2 + 264^2) \cdot 10^3}}{6400} = 139 \text{ МПа.}$$

Знайдемо дотичні напруження:

$$\tau = \frac{M_{кр}}{W_p}, \text{ МПа,} \quad (3.23)$$

де $W_p=0,2d^3$

$$W=0,2 \cdot 40^3=12800 \text{ мм}^3.$$

$$\tau = \frac{264 \cdot 10^3}{12800} = 20,6 \text{ МПа.}$$

Нормальні напруження, запас міцності:

$$S_\sigma = \frac{\sigma_T}{K_n \cdot \sigma}, \quad (3.24)$$

$$S_\sigma = \frac{650}{2 \cdot 139} = 2,35.$$

Дотичні напруження, запас міцності:

$$S_\tau = \frac{\tau_{-1}}{K_n \cdot \tau}, \quad (3.25)$$

Значення загального коефіцієнта запасу міцності:

$$S = \frac{S_\sigma \cdot S_\tau}{\sqrt{S_\sigma + S_\tau}}; \quad (3.26)$$

$$S = \frac{2,35 \cdot 5,6}{\sqrt{2,35 + 5,6}} = 2,2.$$

Умова міцності вала:

$$S > [S]. \quad (3.27)$$

Умова виконується, оскільки $[S]=1,5$.

3.2.2. Розрахунок ведучого вала

При розрахунку в якості матеріалу для вала обираємо сталь 45. вал сприймає рівномірне навантаження від барабана.

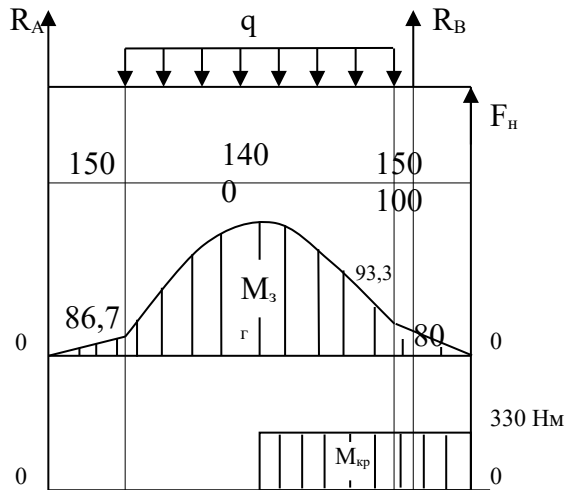


Рисунок 3.2 – Епюри згинальних і кутних моментів

$$\Sigma M_A = 0.$$

$$\Sigma M_A = (q \cdot 1400) \cdot (700 + 150) + R_B \cdot (1400 + 150 + 150) - F_H \cdot (1400 + 150 + 150 + 100) = 0$$

$$R_B = \frac{(-0,87 \cdot 1400 + 850) \cdot 800 \cdot 1800}{1700} = 238 \text{ Н.}$$

$$\Sigma M_B = 0.$$

$$\Sigma M_B = R_A \cdot (1400 + 150 + 150) + q \cdot 1400 \cdot (700 + 150) + F_H \cdot 100 = 0$$

$$R_A = \frac{0,87 \cdot 1400 \cdot 800 + 800 \cdot 100}{1700} = 578 \text{ Н.}$$

Згідно отриманих даних будуємо епюри (рис.3.2).

Величина крутного моменту вздовж осі вала:

$$M_k = \frac{P}{\omega}, \text{ Н}\cdot\text{м}; \quad (3.28)$$

$$M_k = \frac{0,5 \cdot 10^{-3}}{1,5} = 330 \text{ Н}\cdot\text{м.}$$

Значення еквівалентного напруження складатиме:

$$\sigma_{\text{екв}} = \frac{\sqrt{M^2 + M_{\text{кр}}^2}}{W} \text{ МПа}; \quad (3.29)$$

$$W=0,1 \cdot 40^3=6400 \text{ мм}^3.$$

Тоді

$$\sigma_{\text{екв}} = \frac{\sqrt{(852^2 + 330^2)} \cdot 10^3}{0,1 \cdot 6400} = 142,8 \text{ МПа.}$$

За коефіцієнта перевантаження $k_{\text{п}} = 2$ коефіцієнт запасу міцності складатиме:

$$S_{\sigma} = \frac{\sigma_{\tau}}{k_{\text{п}} \cdot \sigma_{\text{екв}}}; \quad (3.30)$$

$$S_{\sigma} = \frac{650}{2 \cdot 142,8} = 2,28.$$

В небезпечному перерізі виникатимуть напруження кручення:

$$\tau = \frac{M_{\text{кр}}}{W_{\text{р}}}, \text{ МПа,} \quad (3.31)$$

де

$$W=0,2 \cdot 40^3=12800 \text{ мм}^3.$$

$$\tau = \frac{330 \cdot 10^3}{12800} = 25,8 \text{ МПа.}$$

Знайдемо величину коефіцієнта запасу міцності за допустимими напруженнями кручення при значенні коефіцієнта перевантаження $k_{\text{п}}=2$:

$$S_{\tau} = \frac{\tau_{-1}}{k_{\text{п}} \cdot \tau}; \quad (3.32)$$

$$S_{\tau} = \frac{230}{2 \cdot 25,8} = 4,45.$$

Величина загального коефіцієнта запасу міцності:

$$S = \frac{S_{\sigma} \cdot S_{\tau}}{\sqrt{S_{\sigma}^2 + S_{\tau}^2}} = \frac{2,28 \cdot 4,45}{\sqrt{2,28^2 + 4,45^2}} = 3,8. \quad (3.33)$$

Умова задовольняється, так як $S > [S]$.

3.3. Розрахунки приводу механізму розмотування рулонів

Механізм розмотування рулонів приводиться в дію від електродвигуна через систему пасових передач, черв'ячний редуктор і ланцюгові передачі. Для обґрунтування параметрів приводу виконаємо розрахунок черв'ячної циліндричної передачі редуктора за умови, що потужність, яка передається редуктором, становить $P = 20$ кВт, а кутова швидкість ведучого вала дорівнює $\omega_1 = 120$ рад/с. Режим навантаження передачі приймається постійним, а розрахунковий термін служби становить 1500 год.

Для передачі передбачається застосування зачеплення без зміщення. Матеріалом черв'яка приймається покращена сталь 40Х із твердістю HRC 30... 35. Вінець черв'ячного колеса виготовляється з бронзи БрАЖ9-4Л, а основа колеса — із сірого чавуну СЧ 15. За точністю виготовлення приймається 8-й ступінь точності. Передаточне відношення передачі становить $i = 12,5$.

Оскільки мінімальна кількість зубців черв'ячного колеса повинна бути не меншою ніж 14, то за заданого передаточного відношення мінімально допустима кількість заходів черв'яка становить $Z_1=2$.

У цьому випадку кількість зубців черв'ячного колеса визначається

відповідно до передаточного відношення передачі:

$$Z_2=2 \cdot 12,5=25.$$

Знайдемо кутову швидкість колеса:

$$\omega_2=\omega_1/u=120/12,5=9,6 \text{ рад/с.} \quad (3.34)$$

Приймаємо ККД передачі $\eta = 0,82$.

Потужність, що передається черв'ячним колесом, визначається з урахуванням втрат енергії в зачепленні та коефіцієнта корисної дії черв'ячної передачі.

$$P=P_1 \cdot \eta \text{ Вт;} \quad (3.35)$$

$$P = 20 \cdot 10^3 \cdot 0,82=16,4 \cdot 10^3 \text{ Вт.}$$

$$T_2=P_2/\omega_2, \text{ Нм;} \quad (3.36)$$

$$T_2= 16,4 \cdot 10^3/9,6 = 1700 \text{ Нм.}$$

Проведемо розрахунки зубів черв'ячного колеса на контактну міцність.

Міжосьова відстань:

$$a_w = \left(\frac{Z_2}{q} + 1 \right) \cdot \sqrt[3]{ \left[\frac{170}{(Z_2/q) \cdot [\sigma_H]} \right]^2 \cdot K_{H\beta} \cdot K_{H\alpha} \cdot T_2 }, \quad (3.37)$$

де $K_{H\beta}=1$; $K_{H\alpha}=1$;
 $[\sigma_H]=200 \text{ МПа}$ [9].

$$a_w = \left(\frac{25}{8} + 1 \right) \cdot \sqrt[3]{ \left[\frac{170}{(25/8) \cdot 200} \right]^2 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1700 } = 82 \text{ мм.}$$

Згідно ГОСТ 2144-76 [9] прийємо $a_w = 80$ мм при куті підйому лінії черв'яка $\gamma = 14^\circ 02'$.

Модуль зачеплення:

$$m = 2a_w / (q + Z_2) = 2 \cdot 80 / (8 + 25) = 4,5. \quad (3.38)$$

Прийємо відповідно ГОСТ 19672-74 $m = 5$.

Знайдемо ділительний діаметр черв'яка:

$$d_1 = q \cdot m; \quad (3.39)$$

$$d_1 = 8 \cdot 5 = 40 \text{ мм.}$$

Ділительний діаметр черв'ячного колеса:

$$d_2 = m \cdot z_2; \quad (3.40)$$

$$d_2 = 5 \cdot 25 = 125 \text{ мм.}$$

Величина колової швидкості черв'яка:

$$v_1 = \omega_1 \cdot d_1 / 2, \text{ м/с}; \quad (3.41)$$

$$v_1 = 120 \cdot 0,04 / 2 = 2,4 \text{ м/с.}$$

Величина швидкості ковзання:

$$v_{\text{ков}} = v_1 / \cos \gamma, \text{ м/с}; \quad (3.42)$$

$$v_{\text{ков}} = 2,4/0,97 = 2,47 \text{ м/с.}$$

ККД черв'ячної передачі:

$$\eta = \eta_{\text{зп}} \cdot \eta_{\text{вп}} = \eta_{\text{зп}} \cdot \text{tg} \gamma / [\text{tg}(\gamma + \varphi')], \quad (3.43)$$

$$\eta = 0,97 \cdot 0,25 / 0,29 = 0,83.$$

Знайдемо значення потужності та крутного моменту що передається колесом:

$$P = P_1 \cdot \eta, \text{ Вт}; \quad (3.44)$$

$$P = 20 \cdot 10^3 \cdot 0,83 = 16,6 \cdot 10^3 \text{ Вт.}$$

$$T_2 = P_2 / \omega_2, \text{ Нм}; \quad (3.45)$$

$$T_2 = 16,6 \cdot 10^3 / 9,6 = 1730 \text{ Нм.}$$

Розрахуємо зуби черв'ячного колеса на згин:

$$\sigma_{F2} = \frac{1,5 \cdot Y_{F2} \cdot K_{F\beta} \cdot K_{Fv} \cdot \cos \gamma \cdot T_2}{d_1 \cdot d_2 \cdot m} \leq [\sigma_{F2}], \quad (3.46)$$

Еквівалентне число зубів колеса:

$$Z_v = \frac{Z_2}{\cos^3 \gamma}; \quad (3.47)$$

$$Z_v = \frac{25}{0,97^3} = 27,3.$$

Значення коефіцієнта форми зубів колеса (при $Z_v = 28$) $Y_{F2} = 1,76$.
Коефіцієнти $K_{F\beta} = 1$, і $K_{Fv} = 1$.

В кінцевому випадку отримаємо:

$$\sigma_{F2} = \frac{1,5 \cdot 1,76 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,97 \cdot 1730 \cdot 10^3}{40 \cdot 125 \cdot 5} = 17,7 \text{ МПа.}$$

Отриманий результат має бути меншим за $[\sigma_{F3}]$.

$$[\sigma_{F2}] = (0,25 \cdot \sigma_T + 0,08 \cdot \sigma_B) K_{FL}. \quad (3.48)$$

Для бронзи БрАЖ9-4 згідно [9] $\sigma_T = 200$ МПа; $\sigma_B = 400$ МПа.

Коефіцієнт довговічності:

$$K_{FL} = \sqrt[9]{\frac{N_0}{N_E}}. \quad (3.49)$$

Базове число циклів напружень складає $N_0 = 10^6$.

Знайдемо еквівалентне число циклів напружень:

$$N_E = 60n_2t. \quad (3.50)$$

Частота обертання черв'ячного колеса:

$$n_2 = \frac{n_1}{i}, \quad (3.51)$$

$$n_2 = \frac{1140}{12,5} = 91,7 \text{ ХВ}^{-1}.$$

$$N_E = 60 \cdot 91,7 \cdot 15 \cdot 10^3 = 82,5 \cdot 10^6.$$

$$K_{FL} = \sqrt[9]{\frac{10^6}{82,5 \cdot 10^6}} = 0,65.$$

$$[\sigma_{F2}] = (0,25 \cdot 200 + 0,08 \cdot 400)0,65 = 54 \text{ МПа.}$$

Умова $\sigma_{F2} \leq [\sigma_{F2}]$ виконується. Тому міцність зубів колеса достатня.

Основні геометричні параметри черв'яка та колеса.

Знайдемо діаметр вершин витків черв'яка:

$$d_{a1} = d_1 + 2 h_a^* m, \quad (3.52)$$

де $h_a^* = 1$.

$$d_{a1} = 40 + 2 \cdot 1 \cdot 5 = 50 \text{ мм.}$$

Знайдемо діаметр впадин черв'яка:

$$d_{f1} = d_1 - 2(h_a^* + c^*)m, \quad (3.53)$$

де $c^* = 0,2$.

$$d_{f1} = 40 - 2(1 + 0,2)5 = 28 \text{ мм.}$$

Знайдемо початковий діаметр черв'яка:

$$d_w = (q + 2x)m, \quad (3.54)$$

$$x = \frac{a_w}{m} - 0,5(q + z_2); \quad (3.55)$$

$$x = \frac{80}{5} - 0,5(8 + 25) = -0,5.$$

$$d_w = (8 + 2(-0,5))5 = 35 \text{ мм.}$$

Знайдемо довжину нарізної частини черв'яка:

$$b_1 \geq (11 + 0,06 \cdot Z_2) \cdot m;$$

$$b_1 \geq (11 + 0,06 \cdot 25) \cdot 5 = 62,5 \text{ мм.}$$

Знайдемо крок черв'яка:

$$P = \pi m = 3,14 \cdot 5 = 15,7 \text{ мм.} \quad (3.56)$$

Величина середнього діаметра вершин зубів черв'ячного колеса:

$$d_{a2} = d_2 + 2m(h_a^* + x); \quad (3.57)$$

$$d_{a2} = 125 + 2 \cdot 5(1 - 0,5) = 130 \text{ мм.}$$

Величина середнього діаметра впадин черв'ячного колеса:

$$d_{f2} = d_2 - 2m(h_a^* + c^* - x); \quad (3.58)$$

$$d_{f2} = 125 - 2 \cdot 5(1 + 0,2 + 0,5) = 108 \text{ мм.}$$

Величина найбільшого діаметра черв'ячного колеса:

$$d_{am2} \leq d_{a2} + \frac{6m}{z_1 + 2}; \quad (3.59)$$

$$d_{am2} \leq 130 + \frac{6 \cdot 5}{2 + 2} = 137,5 \text{ мм.}$$

Значення ширини вінця черв'ячного колеса:

$$b_2 \leq 0,75d_{a1};$$

$$b_2 \leq 0,75 \cdot 50 = 37,5 \text{ мм.}$$

4. БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1. Вимоги техніки безпеки при експлуатації машини для розмотування рулонів

Розмотувач рулонів призначений для експлуатації в приміщеннях категорія виробництв “В” класу II-II згідно “Правил будови електроустановок”.

Машина для розмотування рулонів сіна має забезпечувати високоякісне виконання операцій при відділенні шару сіна. Використання нової машини повинно приводити до покращення умов та продуктивності праці. Керування машиною має бути максимально автоматизоване.

Привід машини повинен мати запобіжні пристрої для захисту від пошкоджень полумок робочих органів при перевантажуванні.

Для забезпечення належного рівня вібрацій всі деталі які обертаються в машині, необхідно відбалансувати і зрівноважити.

Конструкція розмотувача повинна забезпечувати його пожежну безпеку.

Монтаж розмотувача, його експлуатація, а також виробниче приміщення в якому він розміщений повинен відповідати вимогам техніки безпеки та виробничої санітарії, а також вимогам викладених в документах “Правила будови електроустановок”, “Правила технічної експлуатації електроустановок”.

Підвід живлення та подача напруги на електрообладнання розмотувача повинні бути виконані у відповідності із правилами техніки безпеки згідно ПУЕ.

Електродвигуни повинні бути заземлені відповідно монтажній схемі. Після чого повинно проводитись підключення розмотувача до електромережі.

До першого пуску розмотувача і перед кожним наступним його пуском після тривалої зупинки повинна бути перевірена справність та правильність дії вимикачів аварійної зупинки.

Регулювання вузлів, очистку розмотувача, змащення окремих частин, проводиться тільки при включеному приводі і повній зупинці машини.

До роботи з розмотувачем рулонів допускаються особи, які пройшли спеціальну підготовку та інструктаж по техніці безпеки, які знають

конструкцію і правила роботи.

Працювати дозволяється тільки в застібнутій одежі. Рекомендується працювати в комбінезонах. Біля розмотувача, на видному місці, повинен бути поміщений інструктаж щодо безпечних методів роботи і обслуговування машини.

При будь-якій несправності необхідно зупинити розмотувач і сповістити про це майстра. Рухомі частини і частини які обертаються, повинні бути захищені і не повинні створювати небезпеку для обслуговуючого персоналу.

За своїми естетичними показниками: інформативність форми, композиційне рішення, гармонійність форми, якість виробничого виконання зовнішнього вигляду, конструктивно-компоновочна схема розмотувача повинні відповідати існуючим тенденціям конструкцій машини схожого типу.

Всі матеріали та комплектуючі вироби за найменуванням та марками повинні відповідати закладеним в технічну документацію на розмотувач вимогам і відповідати ДСТУ, ТУ та іншим нормативним документам на них.

Вибір матеріалів та комплектуючих виробів повинен забезпечити виконання показників призначення, експлуатації та інших вимог. Матеріали, що використовуються для виготовлення розмотувача, повинні відповідати діючим стандартам.

В період експлуатації види та періодичність технічних обслуговувань повинні бути наступні:

- щоденне технічне обслуговування, трудомісткість 0,25 люд/год.
- технічне обслуговування (ТО-1), через 120 годин роботи трудомісткість 4 люд\год.

Конструкція розмотувача повинна забезпечити проведення ремонтів у господарствах, на комбикормових заводах, в умовах ремонтних майстерень.

Умови експлуатації машини повинні забезпечити її роботу із заданими технічними показниками. Для перевірки правильності збирання та регулювання механізмів, а також для припрацювання поверхонь, що труться, зібрана машина повинна пройти обкатку.

Під час роботи на машині потрібно слідкувати за роботою всіх вузлів машини. Після закінчення експлуатації машини потрібно провести очистку всіх

вузлів машини.

Транспортування агрегату з підприємства-виробника до споживача здійснюється залізничним, водним, автомобільним транспортом. Спосіб завантаження, розміщення та кріплення вантажних місць повинні забезпечувати збереженість агрегату і бути узгоджені з транспортними організаціями.

Розвантаження агрегату в господарстві чи комбикормовому заводі проводять за допомогою піднімально-транспортних засобів. Після розвантаження агрегату потрібно перевірити його комплектність згідно товаросупроводжувальної документації. Якщо при прийманні будуть виявлені несправності, недостача чи пошкоджена упаковка, то в присутності представника транспортної організації і за його підписом складається рекламацийний акт за встановленою формою, яка є у транспортній організації. Відповідальність за втрати або поломку в дорозі несе транспортна організація.

В конструкції розмотувача є ряд механізмів, які можуть призвести до травматизму.

По перше це електродвигуни, розміщені на машині, ряд транспортерів, зокрема ланцюговий та пластинчастий. Також можуть бути причиною нещасного випадку пасові та ланцюгові передачі. Електродвигуни можуть стати причиною ураження електричним струмом. Транспортери можуть затягнути одяг робітника і тим самим призвести до травмування кінцівок.

Вібрація може призвести до віброхвороби, серцевих захворювань та захворювань центральної нервової системи.

Працюючи на пункті сушіння рулонів на працюючих діє, ще один негативний фактор – підвищена запиленість повітря робочої зони. При роботі на протязі тривалого часу, частинки пилу нагромаджуються в органах дихання.

Пил потрапляє як у верхні так і у нижні ділянки органів дихання, викликаючи кашель, задуху.

З часом це може призвести до захворювань дихальної системи.

Для того, щоб уникнути ураження електричним струмом всі двигуни заземлюються згідно монтажною схемою.

Для запобігання виникненню нещасних випадків розробляють ряд

спеціальних технічних і організаційних заходів.

Для того, щоб не було нещасного випадку пов'язаного із затягуванням одягу в обертові вузли, робітник повинен працювати тільки в застібнутому одязі. Рекомендується працювати в комбінезонах. Там, де це можливо, обертові вузли закривають захисними кожухами.

Для зменшення шуму необхідно раціонально розміщувати технологічне обладнання, машини та механізми, утворювати шумозахисні зони в місцях знаходження людей. В якості акустичних засобів захисту від шуму застосовують засоби звукоізоляції, засоби звукопоглинання. Застосовують також засоби демпфування. Інколи застосовують засоби індивідуального захисту від шуму – протишумові вкладиші або навушники.

Для того, щоб зменшити забруднення людських органів пилом, застосовують вентиляційну та витяжні системи. У разі необхідності робітника оснащують респіратором та полезахисними окулярами. Для усунення нещасних випадків потрібно дотримуватись вимог правил безпеки:

- всі пасові, ланцюгові передачі, а також деталі, що обертаються повинні бути надійно закриті металевими кожухами жовтого кольору;
- технічне обслуговування, ремонт та регулювання проводити при вимкненому обладнанні і відключеному живленні електродвигунів;
- корпуси розмотувача та електродвигунів повинні бути надійно заземлені;
- до обслуговування розмотувача слід допускати осіб компетентних в даному виді обслуговування, що пройшли медичний огляд, інструктаж з техніки безпеки та навчались за програмою оператора розмотувача;
- кабелі та проводи електрообладнання розмотувача повинні бути прокладені в середині трубок з ізоляційного матеріалу не менше ніж на відстані 0,5 м від деталей, що нагріваються в процесі роботи машини. [9].

4.2. Охорона праці під час збирання та заготівлі сіна

Основні вимоги щодо безпеки під час збирання та заготівлі соломи, сіна, сінажу визначені в Правилах охорони праці у сільськогосподарському виробництві.

Зернозбиральні комбайни і транспортні засоби повинні бути обладнані автоматичною зчіпкою, яка дозволяє від'єднувати наповнений причіп і приєднувати порожній під час руху агрегату без участі допоміжного працівника.

Погодження дій трактористів при розчепленні волокуші з трактором і початку руху машин після розчеплення необхідно здійснювати за умови наявності допоміжного працівника (сигнальника). Працівник повинен знаходитись попереду агрегату в зоні видимості обох трактористів. Трактористи повинні починати рух тільки після сигналу допоміжного працівника (свистком, прапорцем тощо).

Працівникам не дозволяється перебувати на копицях, які переміщують.

На період скиртування працівники повинні бути забезпечені справними вилами, страхувальним знаряддям, засобами сигналізації (свистками, прапорцями).

Скиртування дозволяється проводити у світлий час доби, за швидкості вітру не більше 6 м/с. Не дозволяється виконувати скиртувальні роботи під час грози.

Під час скиртування необхідно дотримуватися таких вимог:

- кількість скиртоправів, що одночасно перебувають на скирті, не повинна перевищувати шістьох з розміщенням їх не ближче ніж за 1,5 м від краю скирти;

- після досягнення скиртою висоти 2 м навколо неї необхідно вистелити шар соломи шириною 2 м і висотою 1 м (для пом'якшення удару внаслідок падіння працівника зі скирти);

- не допускається використання скиртоукладача для піднімання на скирту і спускання з неї;

- для завершення формування скирти на ній мають залишитися не більше

двох скиртоправів;

– скиртоправи не повинні перебувати ближче 3 м від грабельної решітки під час подавання соломи (сіна) скиртоукладачем на скирту;

– для піднімання та опускання працівників зі скирти потрібно застосовувати приставні або мотузяні драбини, які у верхній частині необхідно закріплювати страхувальними мотузками, з'єднаними з металевим стрижнем, уведеним горизонтально в нижню частину скирти зі зворотного боку на глибину не менше 1 м.

Вкладати тюки у скирту, склади для сіна або кузов транспортного засобу необхідно у перев'язку. Тюки необхідно подавати узгоджено, укладачам не дозволяється наближатися до краю скирти (кузова) ближче ніж на 1,5 м.

Вкладати рулони необхідно механізованим способом вертикально у шаховому порядку.

Під час укладання рулонів і тюків не можна допускати нахилу штабеля. Нахилений штабель необхідно закріпити упорами або відтяжками до остаточного розбирання штабеля.

Працівникам не дозволяється перебувати під піднятими рулонами і тюками та у радіусі дії стріли навантажувальної машини під час укладання рулонів і тюків за допомогою кранів або навантажувачів.

Розрізання скирт скирторізом дозволяється виконувати за умови наявності допоміжного працівника (сигнальника), який повинен перебувати за межами зони можливого падіння пиляльного ланцюга у разі його пошкодження чи відмови.

Не дозволяється перебування працівників поблизу потоку подрібненої маси та робочих органів машин для навантажування соломи і сіна зі скирт з одночасним подрібненням і пневматичним завантаженням у транспортні засоби.

Не дозволяється виконання робіт під навислими козирками, які утворились при розбиранні скирт.

Під час роботи прес-підбирача не дозволяється:

– перебувати на прес-підбирачі;

– заглядати до пресувальної камери;

- вправляти руками в'язальний шпагат у в'язальному апараті;
- перебувати у зоні обертання маховика;
- проштовхувати руками масу до приймальної камери.

Під час роботи тюкоукладача працівникам не дозволяється перебувати ближче 1 м від робочих ланцюгів підбирача і поперечного транспортера та проштовхувати тюки у підбирач під час його руху.

Докладати тюки, що обвалилися, вручну дозволено тільки після зупинення агрегату.

Перед вивантаженням штабеля необхідно впевнитися, що у небезпечній зоні не перебувають працівники. Під час розвантаження поправляти штабель вручну не допускається.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Основною метою кваліфікаційної роботи є підвищення ефективності процесу розбирання рулонів сіна шляхом розроблення та конструктивного обґрунтування пристрою для їх механізованого розмотування.

У межах кваліфікаційної роботи проведено аналіз сучасних технологій заготівлі пресованого сіна та виконано їх порівняльне оцінювання. Здійснено огляд технічних засобів для розбирання рулонів сіна, визначено їх конструктивні особливості, встановлено основні переваги та недоліки, а також обґрунтовано актуальність і доцільність обраного напрямку досліджень.

У пояснювальній записці розглянуто конструкцію машини для розмотування рулонів сіна та особливості реалізації технологічного процесу її роботи. Проведено оцінювання економічної ефективності впровадження запропонованого технічного рішення, що дозволило визначити перспективність його практичного застосування.

У проєктній частині роботи виконано конструктивне обґрунтування пристрою для розмотування рулонів, проведено інженерні розрахунки стрічкового транспортера, здійснено перевірочні розрахунки ведучого та веденого валів на міцність, а також обґрунтовано параметри приводу механізму розмотування рулонів.

Окрему увагу приділено питанням охорони праці та безпеки виробничих процесів. Розглянуто основні вимоги техніки безпеки під час заготівлі сіна та експлуатації обладнання для розмотування рулонів.

Розроблена конструкція машини для розмотування рулонів сіна сприятиме підвищенню рівня механізації технологічних операцій, скороченню обсягів ручної праці та зростанню продуктивності виробничих процесів на тваринницьких підприємствах. Реалізація запропонованого технічного рішення забезпечить зниження виробничих витрат, зменшення собівартості продукції та підвищення економічної ефективності функціонування господарств.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Гречкосій В.Д. Довідник сільського інженера. Київ: «Урожай», 1988. 354 с.
2. Гудь, М., Ворошук, В., Олексюк, В., Гагалюк, А. (2024). Оцінка впливу фізико-механічних параметрів наповнювача на динамічну поведінку циліндричної оболонки. Herald of Khmelnytskyi National University. Technical Sciences, 345 №6(2), 248-253.
3. Енергетичні засоби сільськогосподарського виробництва. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт для студентів денної та заочної форм здобуття освіти за освітньо-професійною програмою 208 «Агроінженерія» / Олексюк В.П., Брошак І.С., Мартинюк В.В. Тернопіль: ТНТУ ім. І. Пулюя, 2024. 71 с.
4. Заїка П.М. Теорія сільськогосподарських машин. Т.1 (частина1) Машини та знаряддя для обробітку ґрунту. Харків: ОКО, 2001. 444 с.
5. Гевко Р. Б., Ткаченко І. Г., Павх І. І. Машини сільськогосподарського виробництва. Тернопіль, 2005. 228 с.
6. Методичний посібник до дипломного проектування для студентів денної та заочної форм навчання напряму підготовки–6.050503 «Машинобудування» з професійним спрямуванням на спеціальність «Машини та обладнання сільськогосподарського виробництва»(7.05050312, 8.05050312) для здобуття освітньо-кваліфікаційних рівнів «бакалавр»,«спеціаліст»,«магістр»/Н. І. Хомик, МЯ Сташків, ВП Олексюк. Тернопіль: ФОП Паляниця ВА, 2016. 172 с.
7. Олексюк В.П. Енергетичні засоби сільськогосподарського виробництва. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт для студентів денної та заочної форм здобуття освіти за освітньо-професійною програмою 208 «Агроінженерія» / Олексюк В.П., Брошак І.С., Мартинюк В.В. Тернопіль: ТНТУ ім. І. Пулюя, 2024. 71 с.
8. Охорона праці в сільському господарстві [Електронний ресурс]: Режим доступу вільний: http://ipal.at.ua/publ/okhorona_praci/mozhlivi.

9. Павлице В.Т. Основи конструювання та розрахунків деталей машин. К.: Вища школа, 1993. 556 с.

10. Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку: Підручник / Д.Г. Войтюк, В.М. Барановський, В.М. Булгаков та ін.; За ред. Д.Г. Войтюка. К.: Вища освіта, 2005. 464 с.

11. Технічний сервіс та ремонт машин агровиробництва. Методичні вказівки до виконання розрахункових робіт для студентів денної та заочної форм здобуття освіти за освітньо-професійною програмою 208 «Агроінженерія» / Олексюк В.П., Сташків М.Я. Тернопіль: ТНТУ ім. І. Пулюя, 2023. 39 с.

12. Хомик Н.І. Основи агрономії: навчальний посібник (курс лекцій) / Н. І. Хомик, Г. Б. Цьонь, Т. А. Довбуш, В. П. Олексюк. Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2021. 232 с.

13. Хомик Н.І. Методичний посібник до виконання кваліфікаційної роботи для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти спеціальності Агроінженерія / Н. І. Хомик, В. П. Олексюк, М. Я. Сташків, А. В. Бабій, Т. А. Довбуш. Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2025. 180 с.

14. https://propozitsiya.com/articles/tekhnika-ta-obladnannya/suchasni-tekhnologiyi-ta-mashyny-dlya-zahotivli-sina?utm_source=chatgpt.com "Сучасні технології та машини для заготівлі сіна | Пропозиція – Головний журнал з питань агробізнесу"

15. https://www.fendt.com/ua/pres-pidbirachi-fendt/rotana-fixed-chamber-round-balers-osnovni-visnovki?utm_source=chatgpt.com "Рулонні прес-підбирачі Fendt Rotana з фіксованою камерою I Прес-підбирачі"

16. https://www.kuhn.ua/node/185988?utm_source=chatgpt.com "Заготівля пресованого сіна | KUHN"

17. Pidgurskyi M., Stashkiv M., Pidgurskyi I., Oleksyuk V., Pidluzhnyi O., Bykiv D., Borys I., Bulaienko R., Stashkiv V., Mushak A. (2024) Methodology of experimental and analytical research of technical systems. Scientific Journal of TNTU (Tern.), vol 116, no 4, pp. 50–58.

18. [Sustainable and smart logistics centers: Challenges and opportunities for Ukraine's transport system](#). Y Vovk, I Vovk, U Plekan, O Tson, V Oleksyuk Journal of Sustainable Development of Transport and Logistics. [Vol. 10 No. 1 \(2025\)](#), 116-124.

ДОДАТКИ