

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 якості подрібнення рослинної маси з модернізацією доподрібнюючого пристрою кормозбирального комбайна КВК-800**

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

спеціальності 208

Агроінженерія

(шифр і назва спеціальності)

Сорока Б.И.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник

(підпис)

Малевич Н.Ю.

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

(підпис)

Сташків М.Я.

(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

(підпис)

Бабій А.В.

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Тернопіль
2025

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.

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня бакалавр
(назва освітнього ступеня)
за спеціальністю 208 Агроінженерія
(шифр і назва спеціальності)
студенту Сороці Борису Ігоровичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Підвищення якості подрібнення рослинної маси з модернізацією
доподрібнюючого пристрою кормозбирального комбайна КВК-800

Керівник роботи Малевич Назар Юрієвич, к.е.н., асистент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від « 22 » січня 2025 року № 4/7-25

2. Термін подання студентом завершеної роботи 25 червня 2025 року

3. Вихідні дані до роботи

Базова конструкція доподрібнюючого пристрою кормозбирального комбайну, ширина
захвату комбайну – 8 м, продуктивність комбайну – 60 т/год, робоча швидкість – до 8 км/год.

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

Реферат. Вступ. 1. Оглядова частина. 2. Засоби з підвищення якості подрібнення
рослинної маси. 3. Проектна частина. 4. Безпека життєдіяльності, основи охорони праці.
Загальні висновки

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)

1.Кормозбиральний комбайн КВК-800. Складальне креслення. – 2А4. 2. Технологічна схема
роботи КВК-800. – 1А4. 3. Система регулювання зазору доподрібнюючого пристрою.
Складальне креслення. – 1А4. 4. Аналіз НДС вала подрібнюючого апарату. – 1А4.
5. Деталювання – 1А4.

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання

27.01.2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Оглядова частина	02.02.2025 р.	
2	Засоби з підвищення якості подрібнення рослинної маси	09.02.2025 р.	
3	Проектна частина.	15.05.2025 р.	
4	Безпека життєдіяльності, основи охорони праці	25.05.2025 р.	
5	Реферат. Вступ. Висновки.	05.06.2025 р.	
6	Ілюстративна частина. Додатки	15.06.2025 р.	

Студент

(підпис)

Сорока Б.І.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Малеви́ч Н.Ю.

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Автор роботи – Сорока Борис Ігорович.

Тема роботи – «Підвищення якості подрібнення рослинної маси з модернізацією доподрібнюючого пристрою кормозбирального комбайна КВК-800».

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

Керівник роботи – Малевич Назар Юрійович, кандидат економічних наук, асистент кафедри технічної механіки та сільськогосподарських машин.

Актуальність теми роботи

Подрібнення рослинної маси є основним, найбільш енергоємним процесом, що виконується кормозбиральною технікою. Понад 40% потужності, що споживається комбайнами витрачається саме на подрібнення та переміщення подрібненої рослинної маси. Подрібнювальні апарати кормозбиральної техніки, що використовується у нас в країні при збиранні урожаю кукурудзи у фазах воскової чи повної стиглості, не дають бажаної якості подрібнення зерен, і тому його частина, згідно дослідних даних понад 30% транзитно проходить крізь травні тракти тварин і при цьому не засвоюється їх організмами як належно.

З огляду на це важливим питанням є вдосконалення подрібнюючих пристроїв кормозбиральної техніки для забезпечення ними бажаної якості подрібнення.

Тому тематика кваліфікаційної роботи є актуальною.

Мета роботи

Основна мета кваліфікаційної роботи бакалавра полягає в підвищенні якості подрібнення рослинної маси кормозбиральними комбайнами, шляхом модернізації доподрібнюючого пристрою.

Об'єкт, методи та джерела дослідження

Об'єкт дослідження. Доподрібнюючий пристрій комбайну КВК-800.

Предмет дослідження. Технологічні та конструктивні розрахунки доподрібнюючого пристрою.

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

Отримані результати:

- здійснено аналіз агротехнічних вимог до кормозбиральних комбайнів;
- розглянуто фізико–механічні властивості рослин для заготівлі кормів та вимоги до якості їх подрібнення;
- зроблено детальний огляд конструкцій доподрібнюючих пристроїв кормозбиральної техніки;
- проаналізовано засоби з підвищення якості подрібнення рослинної маси;
- представлено обґрунтування модернізації кормозбирального комбайну КВК-800;
- запропоновано конструкцію доподрібнюючого пристрою з гідравлічним регулюванням зазору між вальцями;
- проведено технологічні розрахунки кормозбирального комбайну, визначено основні параметри та конструктивні розміри подрібнюючого барабану;
- наведено розрахунки основних вузлів доподрібнюючого пристрою;
- розглянуто вимоги охорони праці та заходи безпеки при роботі на кормозбиральних комбайнах.

Практичне значення отриманих результатів.

Проведено модернізацію конструкції доподрібнюючого пристрою з гідравлічним регулюванням зазору між його вальцями для кормозбирального комбайну КВК-800.

Запропоновані інженерні рішення спрямовані на підвищення надійності та стабільності роботи доподрібнюючого пристрою комбайна КВК-800, а також на досягнення високого рівня якості подрібнення зерен кукурудзи у фазах воскової та повної стиглості.

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 – 67, додатки – 4 арк. формату А4, ілюстративний матеріал – 11 арк. формату А4.

Ключові слова: доподрібнюючий пристрій, комбайн, молотильний апарат, рослинна маса, зерно кукурудзи.

УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ

Розділ 3:

σ – напруження стиску, МПа;

H – товщина шару рослин, що подаються у вальці, м;

h – товщина шару маси, ущільненої вальцями, м;

b – ширина вальців, м;

$V_{окр.под.}$ – колова швидкість вальців, м/с.;

E – модуль пружності, МПа;

f' – величина коефіцієнта тертя рифа;

ρ – величина радіуса вальця по рифам, м;

n – значення частоти обертів вальців, об/хв.;

k – величина ущільнювання;

q – значення пропускної здатності роторної жатки, кг/с;

γ_1 – густина рослинної маси, кг/м³, що поступає;

ω – кутова швидкість обертів вальців с⁻¹;

n_i – частота обертання вальців, об / хв;

Z – число ножів;

τ – величина кута ковзання ножів (у барабанах рівняється куту зацімлення);

V_{δ} – колова швидкість подрібнювального барабан, м/с.;

ψ_n – кут, що узгоджує розміщення кромки протиріжучого бруса відносно центра барабана;

N_{δ} – потужність, що затрачається на процес подрібнювання рослинної маси, кВт;

A – площа перерізу, м²;

h – висота шару рослинної маси, м;

ΔS – довжина ділянки ножа, що приймає участь в роботі, м;

τ – кут зацімлення;

g – значення питомого тиску ножа, кг / м;

G – пропускна здатність подрібнюючого апарату, кг/с;

V_n – швидкість ножа, м/с;

u – передатне число пасової передачі;

ε – величина коефіцієнта ковзання;

T – величина крутного моменту, Н мм;

$[\tau_k]$ – допустиме значення напруження на кручення, МПа.

ЗМІСТ

Вступ	10
1. Оглядова частина	11
1.1 Аналіз агротехнічних вимог до кормозбиральних комбайнів	11
1.2 Огляд конструкцій доподрібнюючих пристроїв кормозбиральної техніки	15
1.3 Обґрунтування теми кваліфікаційної роботи бакалавра	23
2. Засоби з підвищення якості подрібнення рослинної маси	25
2.1 Будова і технологічний процес кормозбирального комбайну КВК-800	25
2.2 Живильно-подрібнюючий апарат комбайну КВК-800	28
2.3 Доподрібнюючий пристрій комбайну КВК-800	29
3. Проектна частина	34
3.1 Обґрунтування модернізації доподрібнюючого пристрою	34
3.2 Технологічні розрахунки	36
3.3 Розрахунок параметрів та конструктивних розмірів подрібнюючого барабану	42
3.4 Розрахунки доподрібнюючого пристрою	48
4. Безпека життєдіяльності, основи охорони праці	58
4.1 Вимоги охорони праці при роботі на кормозбиральних комбайнах	58
4.2 Заходи безпеки при роботі на кормозбиральних комбайнах	60
Загальні висновки	64
Перелік посилань	65
Додатки	67

ВСТУП

У розвитку тваринницької галузі ключову роль відіграє формування надійної кормової бази, що неможливо забезпечити без застосування сучасної кормозбиральної техніки. Найбільш енергоємним етапом у технологічному процесі заготівлі кормів є подрібнення рослинної маси – на цю операцію припадає понад 40% загального енергоспоживання кормозбиральних комбайнів, включаючи витрати на транспортування подрібненої маси.

Сучасні подрібнювальні апарати, які використовуються в Україні при збиранні кукурудзи у фазі воскової або повної стиглості, не забезпечують належної якості подрібнення зерен. У результаті близько 30% зерна проходить крізь травний тракт тварин у незасвоєному вигляді, що знижує ефективність годівлі.

З огляду на це, актуальним є поступове вдосконалення живильно-подрібнювальних механізмів кормозбиральних машин, зокрема їх конструктивних елементів, з метою досягнення необхідного ступеня подрібнення кормової маси. Одним із перспективних напрямів модернізації є впровадження доподрібнюючих пристроїв у склад живильно-подрібнюючих апаратів.

Як свідчать результати досліджень, навіть при оптимальному налаштуванні живильних та подрібнюючих вузлів на мінімальну довжину різання рівень подрібнення зерен кукурудзи становить лише 40–55%. Саме тому провідні зарубіжні виробники оснащують свої кормозбиральні машини додатковими пристроями для доподрібнення, що дозволяє значно підвищити поживну цінність кормів.

Інтеграція доподрібнюючих елементів у технологічну схему комбайна, хоча й ускладнює конструкцію, є доцільною при заготівлі силосу або сінажу. Лише якісне подрібнення зерна, що передбачає його перемелювання, забезпечує ефективне засвоєння поживних речовин тваринами, особливо з урахуванням анатомо-фізіологічних особливостей їхнього травного апарату.

1. ОГЛЯДОВА ЧАСТИНА

1.1. Аналіз агротехнічних вимог до кормозбиральних комбайнів

Фізико–механічні властивості рослин для заготівлі кормів

У тваринництві застосовуються різноманітні технології приготування кормів, кожна з яких висуває специфічні вимоги до довжини подрібнених часток. Ці вимоги визначаються необхідністю максимально повного засвоєння поживних речовин тваринами та мінімізації втрат при зберіганні та переробці кормів.

Залежно від виду тварин, оптимальна довжина подрібнення грубих кормів змінюється. Так, для великої рогатої худоби рекомендується подрібнення до часток довжиною 40...50 мм, для коней – 30...40 мм, а для овець – 20...30 мм. У разі подальшого змішування з соковитими кормами застосовується дрібніше подрібнення в межах 5...10 мм.

Зелені корми при включенні їх до складу кормових сумішей подрібнюють по-різному: для птиці – до довжини 3...5 мм, для свиней – 10...15 мм. Якщо зелені корми згодуються великій рогатій худобі у вигляді підгодівлі, допустима довжина часток становить до 150 мм.

При згодовуванні великій рогатій худобі листостеблової маси кукурудзи, її необхідно подрібнювати до довжини часток не більше 50 мм, при цьому не менше 75% матеріалу повинно мати довжину до 30 мм, а стебла – бути розщепленими. Така вимога пояснюється фізіологічними особливостями споживання кормів тваринами.

У разі використання енергозберігаючих технологій збирання та зберігання вологого кукурудзяного зерна у фазі воскової або повної стиглості, що передбачають його подрібнення та закладку у герметичні силосні споруди, вміст цілих зерен у загальній масі не повинен перевищувати 2%. У протилежному випадку виникає необхідність у повторному подрібненні перед згодовуванням. Таким чином, вибір довжини часток тісно пов'язаний як із

питомими витратами енергії на подрібнення і транспортування, так і з можливими втратами поживних речовин під час заготівлі та зберігання.

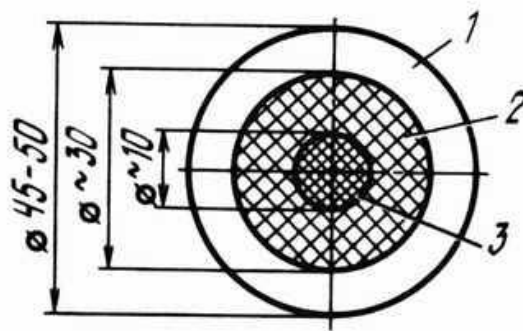
При оцінюванні ефективності подрібнення стеблових кормів методом різання ключову роль відіграють їхні фізико-механічні властивості. До найважливіших з них належать: геометричні розміри стебел, питомий опір різанню (що визначається як питома лінійна сила або питомий тиск), питома робота різання, щільність подрібненої зеленої маси, кут природного відкошу неуцільненої маси та руйнівне напруження при зрізі.

За результатами досліджень, середні значення питомого опору різанню стеблових кормів під час рубання варіюються в межах 5,7...12 кН/м. Якщо прийняти питомий опір різанню сіна за 100 %, то для трави він становить 80...90 %, а для соломи – 55...60 %. Слід зазначити, що міцність стебел конюшини приблизно вдвічі нижча порівняно з іншими видами кормових рослин.

Вологість матеріалу істотно впливає на величину питомого тиску: при її зростанні з 6 до 15 % питомий тиск зростає з 6 до 11 Н/см, проте подальше підвищення вологості до 35 % призводить до його зменшення до 8 Н/см. Статистичні значення руйнівного напруження при зрізі коливаються у межах 0,33...0,85 МПа.

Питома робота різання для різних видів кормів становить: сіно – 5,7 кДж/м², трава – 4,8 кДж/м², солома – 3,8 кДж/м².

Качан кукурудзи має складну внутрішню структуру, що включає три шари – зерновий, опорний та серцевину (рис. 1.1), які характеризуються різними механічними властивостями. Ці властивості значною мірою визначають конструкцію та режим роботи подрібнювальних апаратів, тому їх детальне вивчення є необхідним для створення оптимальних конструкцій робочих органів кормозбиральної техніки.



1 – зерновий шар; 2 – несучий шар; 3 – серцевина

Рисунок 1.1 – Схема перерізу качана кукурудзи

Результати досліджень показали, що найбільші енергетичні витрати припадають на стискання несучого шару качана кукурудзи, який характеризується найменшою податливістю – 0,69 мм. Податливість зернівки становить приблизно 2 мм, а серцевини – 4,62 мм. При цьому енерговитрати на руйнування зернівки є у 1,15 раза меншими, а на стискування серцевини – у 2,32 раза меншими порівняно з витратами енергії на деформацію несучого шару.

Агротехнічні вимоги до якості подрібнення

Силосозбиральні комбайни мають забезпечувати максимально повний збір зеленої маси шляхом мінімізації висоти зрізу рослин різальним апаратом.

У більшості силосозбиральних комбайнів подрібнювальні апарати мають можливість регулювання на різну довжину різання, що дозволяє адаптувати процес до типу корму та агротехнічних умов.

Втрати зеленої маси під час її збирання можуть виникати внаслідок надмірно високого або подвійного зрізу, недорізу стебел, обривання їх ділянками, викидання мотовилом, випадання матеріалу з транспортера або видування його шнеково-пневматичним транспортером чи вітром.

Середні значення висоти зрізу залежать від ширини захвату різального апарата, виду прибираної культури та способу її посіву. Узагальнені дані

наведено в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 - Середні значення висоти зрізу с/г культур

Культури і способи їх посіву	Захват різального апарату, мм			
	600	1200	1800	600
	Середня висота зрізу в мм			
Тонкостеблові суцільного і вузькорядного посіву	40–50	50–65	65-80	80-90
Товстостеблові широкорядного і квадратно-гніздового посіву	70-80	80-90	90-110	120-140

Сукупні втрати зеленої маси при збиранні не повинні перевищувати 3% від загальної маси заготовленої сировини.

Агротехнічні вимоги до якості подрібнення кормів наведені в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Агротехнічні вимоги, щодо якості подрібнення кормів

Найменування кормової культури	Міра подрібнення %	Розмір часток, мм
1. Силос:		
– кукурудза		
у молочно-восковій стиглості	10...30	30...40
у восковій стиглості	10...30	20...30
у повній стиглості	10...30	10...30
– трава	10...30	30...50
– інші культури (соняшник)	10...30	10...30
2. Сінаж	10...30	10...30
3. Сіно подрібнене	50...100	80...120
4. Зелена маса трав для заготівлі трав'яного борошна	0...5	10...30

5. Зелений корм:		
– кукурудза		
у молочній стиглості	30...50	30...50
у молочно-восковій стиглості	30...50	20...30
– трава	50...100	60...100

1.2. Огляд конструкцій доподрібнюючих пристроїв кормозбиральної техніки

На основі дослідних даних встановлено, що навіть при налаштуванні живильно-подрібнювальних апаратів кормозбиральної техніки на мінімальну величину різання, ступінь подрібнення зерен кукурудзи залишається недостатнім – у межах 40...55%. З метою підвищення поживної цінності кормів, сучасна кормозбиральна техніка провідних закордонних виробників додатково оснащується спеціалізованими доподрібнюючими пристроями.

Найпоширенішими серед них є решітні та теркові системи. Використання решітних доподрібнюючих елементів, хоча й підвищує ефективність подрібнення, водночас призводить до зростання споживаної потужності, ускладнення конструкції та збільшення вартості техніки. До того ж часто виникає необхідність у встановленні додаткових вентиляторів для відведення подрібненої маси.

Теркові доподрібнюючі пристрої, які зазвичай виготовляються у вигляді рифлених планок, мають низку переваг: вони менш енергозатратні, простіші у встановленні та значно дешевші порівняно з решітними системами. До їх переваг також належить відсутність потреби в додатковій вентиляції. Проте ефективність роботи теркових поверхонь значною мірою залежить від достатнього підпресовування подрібнюваної маси.

Крім того, для покращення ступеня подрібнення зерен кукурудзи використовуються пристрої ударної дії, які забезпечують розмелювання або розчавлювання зерен. Перспективним напрямом є впровадження доподрібнюючих пристроїв, що функціонують без застосування тертя – так званих вихрових камер. У таких системах частина деки замінюється вигнутою подовженою поверхнею, по якій зерна після зіткнення повторно спрямовуються на ножі, що дозволяє підвищити ефективність подрібнення без суттєвого ускладнення конструкції.

Для ефективного доподрібнення зерен кукурудзи з високим вмістом сухої речовини застосовуються профільовані плющильні вальці. Для покращення транспортування подрібненої маси в таких випадках додатково встановлюються прискорювачі в силосопроводах, швиркові вентилятори або інші транспортуючі механізми.

Результати досліджень різальних апаратів барабанного типу з перфорованим підбарабанним ситом свідчать, що збільшення розміру отворів з 25×25 мм до 75×75 мм призводить до зниження питомих енерговитрат у 2–3 рази, збільшення середньозваженого діаметра частинок у 2–2,5 рази (від 5–6 мм до 10–14 мм) та різкого зростання частки неушкоджених зерен (у 4–10 разів), яка може становити 17–24%. Збільшення подачі маси з 1,5 до 3,5 кг/с спричиняє зростання потужності, що витрачається, в 2–3 рази (до 28–36 кВт). Мінімальні питомі енерговитрати (6–13 кВт·год/кг) спостерігаються при швидкості обертання барабана близько 26 м/с.

У Німеччині більшість подрібнювачів кукурудзи комплектуються додатковими пристроями для підвищення якості подрібнення. Серед них: бичі, розміщені на ножах; швиркові пластини; терткові пластини всередині вентиляторів; зубчасті гребінки в кожусі для викиду стеблової маси; додаткові ребра ударної дії, інтегровані в асиметричні викидні кожухи. Завдяки цьому забезпечується стабільна довжина різання в межах 3,5...10 мм.

Також застосовуються пари рифлених вальців, що обертаються назустріч один одному з різною частотою обертання (2600 об/хв і 2400 об/хв). Вони

розміщуються під подрібнювальними барабанами або над ними в спеціальних каналах. Таке конструктивне рішення забезпечує не лише проходження стеблової маси, а й ефективне плющення та перетирання зерен.

Плющильні вальці виявляють високу ефективність при збиранні кукурудзи у сухому стані (вміст сухої речовини понад 32%). Однак за ширини зазору між вальцями близько 1 мм можливі коливання їх положення до 25 мм, що слід враховувати при експлуатації. Термін служби рифленої поверхні вальців обмежений – орієнтовно до 200 годин роботи, що зумовлює необхідність їх щорічної заміни.

Для покращення викидання подрібненої рослинної маси в конструкціях кормозбиральної техніки застосовуються різноманітні пристрої, серед яких найбільш поширеними є прискорювачі викиду, що встановлюються в силосопроводах.

Зокрема, у патенті ФРН №3024663, кл. А01 29/12, описано конструкцію польового подрібнювача, який включає викидний патрубок, що поступово звужується від камери подрібнення до верхньої частини. У верхній частині патрубку вмонтована лопатева швирылка, вісь обертання якої розміщується поперек перерізу патрубку, а приймальна частина направляючого елемента орієнтована у бік верхнього кінця патрубку. Така конструкція ефективна для транспортування подрібненої маси, однак не забезпечує достатнього подрібнення зерна кукурудзи.

Для забезпечення додаткового дроблення зерен у конструкції дискових подрібнювачів у силосопроводи вбудовують доподрібнюючі гребінки, а на дисках радіально встановлюють кидальні лопаті. Гребінки монтуються на початку прямолінійних ділянок силосопроводів і досягають рівня обертання лопатей швирылки. Хоча така схема підвищує ступінь подрібнення зерна, вона має недоліки: зокрема, збільшується енергоємність процесу і знижується загальна продуктивність подрібнювально-транспортного вузла.

З метою спрощення процесу доподрібнення було запропоновано розділяти потік подрібненої маси на два окремі канали. У цьому випадку більші

частинки спрямовуються безпосередньо на лопатеву швирылку, а дрібніші – окремим потоком направляються на доподрібнення. Такий розподіл досягається шляхом встановлення спеціальних рифлених або перфорованих рекатерів. Проте ця конструктивна ідея не набула широкого впровадження через складність забезпечення якісного та стабільного поділу стеблової маси на фракції з різними розмірами.

Після подрібнення стеблової маси в барабанних апаратах, матеріал надходить на пару рифлених плющильних вальців, де здійснюється доподрібнення, зокрема зерен кукурудзи. Подальше транспортування подрібненої маси здійснюється за допомогою лопатевого колеса швирылки, яке надає масі прискорення і подає її в силосопровід. Оскільки при проходженні через вальці швидкість руху маси зменшується, для забезпечення її ефективного викиду в транспортні засоби додатково встановлюються прискорювачі викиду.

На основі аналізу літературних джерел виокремлено кілька основних конструктивних схем доподрібнюючих пристроїв, які зображено на рис. 1.2 (а, б, в, г, д, е, ж, з):

а) барабанні подрібнювально-швишкові апарати з рифленими рекатерами (рис. 1.2 а);

б) дискові подрібнювально-транспортуючі апарати з швишковими лопатками гребінчастого типу, відбійними нерухомими гребінками та рифленими рекатерами (рис. 1.2 б);

в, г) барабанні подрібнювачі з перфорованими рекатерами і додатковими транспортними пристроями для переміщення стеблової маси (рис. 1.2 в, г);

д, е) барабанні подрібнювально-швишкові апарати з парою вальців-дробарок для доподрібнення і додатковими транспортуючими елементами (рис. 1.2 д, е);

ж) барабанні подрібнювально-швишкові апарати з роторними дробарками (рис. 1.2 ж);

з) подрібнювально-транспортуючі апарати з інерційно-поворотними піддонами, зокрема петлею Кемпера (рис. 1.2 з).

Наразі тривають дослідження, спрямовані на вдосконалення технологічних схем та конструктивних рішень для доподрібнення зерна кукурудзи. Водночас жодна з існуючих схем повною мірою не забезпечує необхідної якості подрібнення без суттєвих конструктивних або енергетичних ускладнень.

Зокрема, більшість схем (рис. 1.2 в, г, д, е, ж) значно ускладнюють конструкцію кормозбиральної техніки та знижують її продуктивність. Встановлення рекатерів призводить до зростання енергоємності процесу на 25–50% і одночасного зменшення пропускної здатності подрібнювального апарату.

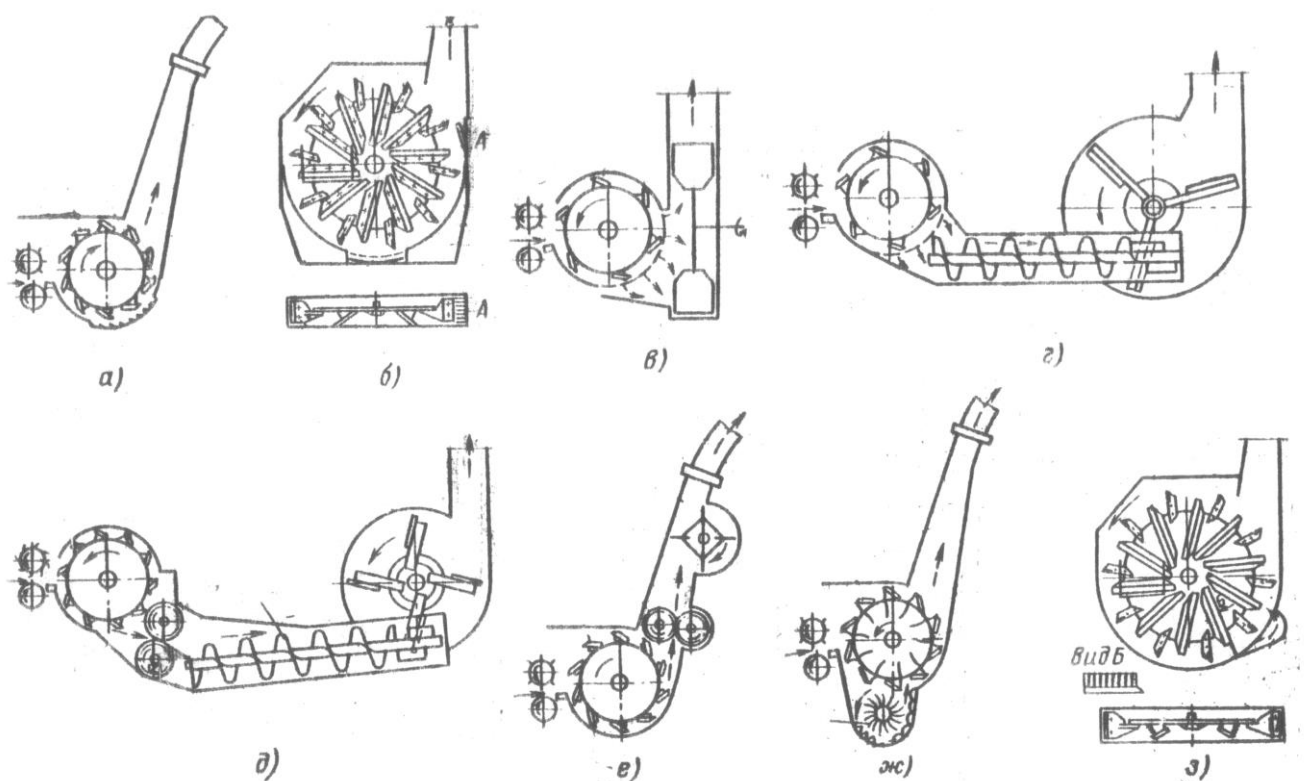


Рисунок 1.2 – Технологічні схеми подрібнюючих апаратів з пристроями для доподрібнення зерен кукурудзи

Використання у технологічних схемах подрібнювачів гвинтових транспортуючих елементів призводить до ускладнення конструкцій машин, а також до зростання їх енергоємності.

Вальцьові дробарки здатні забезпечити 100% подрібнення кормів до необхідних розмірів. Проте включення таких механізмів до складу комбайнів, незважаючи на ускладнення конструкції, може бути доцільним переважно у разі заготівлі силосу або сінажу для годівлі свиней. Це обумовлено тим, що тільки ретельне подрібнення – аж до стану помелу – зерен кукурудзи забезпечує їх ефективне засвоєння організмами цих тварин, які не мають добре розвинуеного жувального апарату.

Засвоюваність силосу, виготовленого з кукурудзи, знижується зі зростанням вмісту сухої речовини в кормовій масі. У зв'язку з цим важливість використання доподрібнювачів зерна кукурудзи (корн-крекерів) значно зростає, і їхнє значення в таких умовах важко переоцінити.

Для забезпечення ефективного транспортування подрібненої стеблової маси після проходження через корн-крекери, за ними встановлюються барабани-прискорювачі. Їх ширина зазвичай дещо менша за ширину основних подрібнюючих барабанів, що дозволяє формувати щільний і стабільний потік маси, який надійно подається до транспортних засобів незалежно від умов роботи.

Кормозбиральний комбайн CLAAS JAGUAR – це високопродуктивна машина, призначена для збирання кормових культур, зокрема кукурудзи, зелених мас на силос, а також інших багатокomпонентних сільськогосподарських культур. Комбайн спеціалізується на ефективному подрібненні, транспортуванні та завантаженні кормової маси з урахуванням сучасних агротехнічних вимог.



Рисунок 1.3 – Кормозбиральний комбайн JAGUAR - 840

Доподрібнювачі зерен кукурудзи фірми CLAAS (рис. 1.4) відіграють ключову роль у забезпеченні високої якості кормів відповідної консистенції. Конструктивною основою таких пристроїв є рифлені вальці, які обертаються у протилежних напрямках, забезпечуючи надійне захоплення і стабільне проходження подрібненої стеблової маси.

Завдяки агресивному профілю робочих поверхонь вальців та значній різниці у частоті їх обертання, досягається високий ступінь дроблення зерен кукурудзи до мінімальних розмірів, що суттєво підвищує засвоюваність корму. Характерною ознакою доподрібнювачів CLAAS є застосування вальців збільшеного діаметра – 196 мм, що дозволяє поєднувати високу продуктивність з якістю подрібнення.



Рисунок 1.4 – Доподрібнювач зерен кукурудзи фірми CLAAS

У доподрібнювачах зерен кукурудзи, що застосовуються в машинах CLAAS, зокрема у моделях серії *JAGUAR*, вальці обертаються з різними кутовими швидкостями, що створює так званий тертковий ефект, за рахунок якого і здійснюється ефективне дроблення зерен.

Транспортування стеблової маси в комбайнах *JAGUAR* відбувається виключно в прямолінійному напрямі – вздовж осі машини, незалежно від типу збираної культури (трава чи кукурудза) та наявності встановленого доподрібнювача. У разі потреби доподрібнювач монтується безпосередньо на траєкторії руху рослинної маси – між подавальними підпресовуючими вальцями та барабаном-прискорювачем, який далі спрямовує масу у вивантажувальний транспортер.

Протягом переміщення маси від одного робочого вузла до іншого швидкість потоку поступово зростає, що сприяє підвищенню ефективності процесу. V-подібне розташування ножів і прискорювальних лопаток забезпечує центрування потоку стеблової маси, що в комплексі дозволяє досягати високої продуктивності агрегату при мінімальних витратах палива.

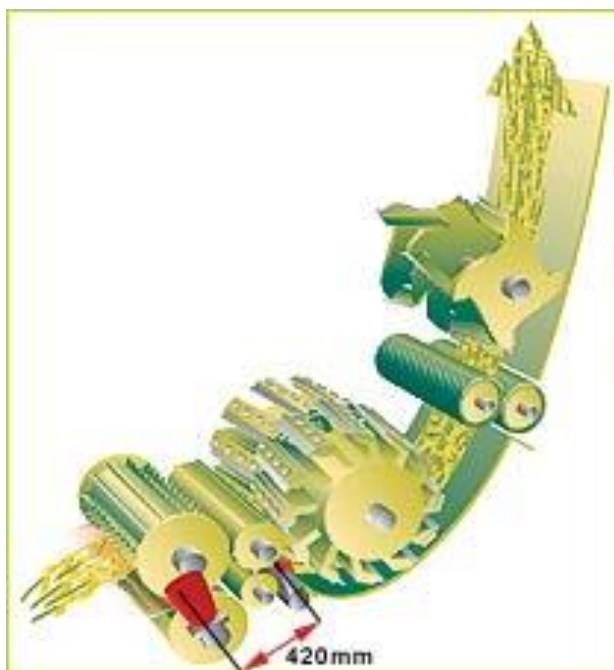


Рисунок 1.5 – Процес транспортування стеблової маси в комбайнах «JAGUAR»

Прямолінійна траєкторія руху стеблової маси через усі робочі вузли подрібнювального апарата із поступовим зростанням швидкості потоку є ключовим фактором, що забезпечує високу продуктивність роботи кормозбиральних комбайнів.

1.3. Обґрунтування теми кваліфікаційної роботи бакалавра

Подрібнення рослинної маси є ключовою та найбільш енергоємною операцією в роботі кормозбиральної техніки. Понад 40% загальної потужності, яку споживає комбайн, витрачається саме на процес подрібнення та подальшого транспортування рослинного матеріалу. Однак подрібнювальні апарати, що застосовуються в Україні при збиранні кукурудзи у фазі воскової або повної стиглості, не забезпечують необхідного рівня подрібнення зерен. У

результаті приблизно 30% зерна проходить через травний тракт тварин у незасвоєному вигляді.

На основі результатів досліджень встановлено, що навіть при налаштуванні живильно-подрібнювальних апаратів на мінімальні довжини різання, ефективність подрібнення зерен кукурудзи не перевищує 40...55%.

У зв'язку з цим актуальною є проблема вдосконалення подрібнювальних систем кормозбиральної техніки з метою досягнення оптимальної якості подрібнення зернової фракції. Одним із можливих напрямів її вирішення є інтеграція доподрібнювальних пристроїв у конструкцію живильно-подрібнювальних апаратів.

На сьогодні тривають дослідження щодо створення ефективних технологічних схем і конструктивних рішень доподрібнювальних пристроїв для обробки зерен кукурудзи. Однак жодна з існуючих конструкцій повною мірою не відповідає вимогам щодо якості подрібнення. Більшість відомих рішень значно ускладнюють загальну конструкцію кормозбиральної техніки, що веде до зростання енергоспоживання, підвищення вартості машин та в деяких випадках – необхідності встановлення додаткових вентиляційних систем. Крім того, такі удосконалення часто призводять до зниження продуктивності технологічного процесу.

Таким чином, основною метою даної кваліфікаційної роботи є модернізація доподрібнювального пристрою кормозбирального комбайна з метою покращення якості подрібнення рослинної маси.

2. ЗАСОБИ З ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ПОДРІБНЕННЯ РОСЛИННОЇ МАСИ

2.1. Будова і технологічний процес кормозбирального комбайну КВК-800

Комбайн призначений для збирання врожаю кукурудзи в усіх фазах стиглості зерна, а також для збирання сорго, соняшнику та інших культур із високими стеблами. Крім того, він може виконувати скошування багаторічних трав та підбирання з валків як природних, так і посіяних зів'ялих трав із одночасним їх подрібненням і завантаженням у транспортні засоби.

Комбайн КВК-800 може ефективно експлуатуватися в більшості ґрунтово-кліматичних зон, за винятком гірських місцевостей та регіонів із надмірною вологістю ґрунтів, зокрема на осушених торф'яно-болотних землях.

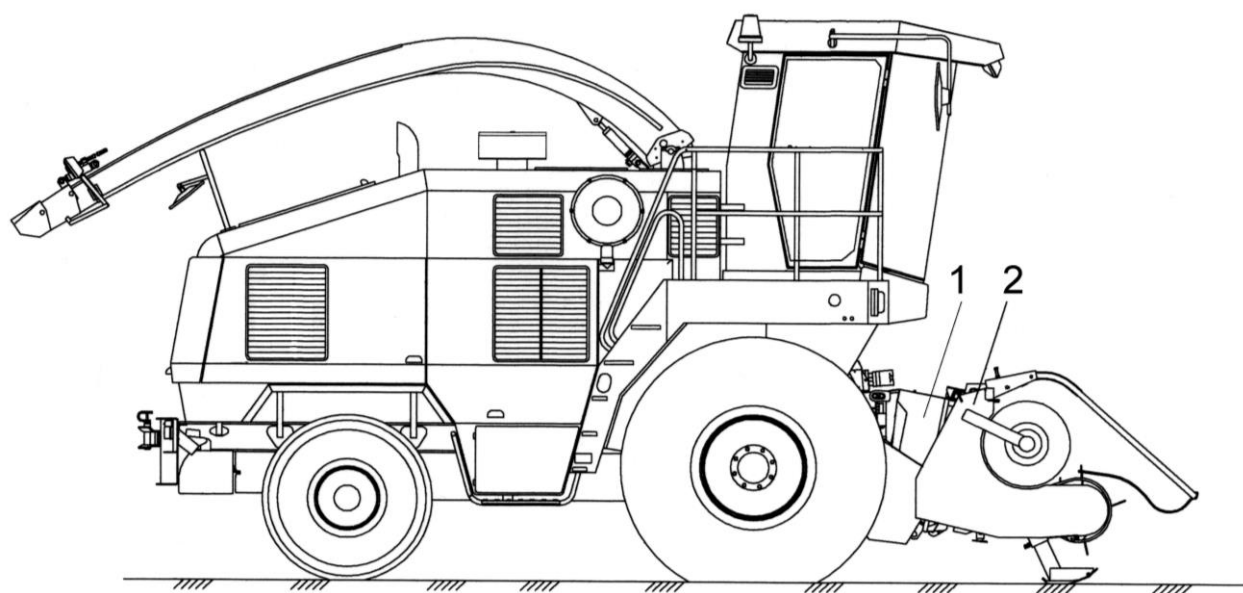


Рисунок 2.1 – Кормозбиральний комбайн КВК-800

Технічна характеристика комбайну КВК- 800:

Живильний апарат

Ширина, мм	770
Привід живильного апарату	механічний
Кількість вальців, шт	4
Число діапазонів частот обертання, шт	4

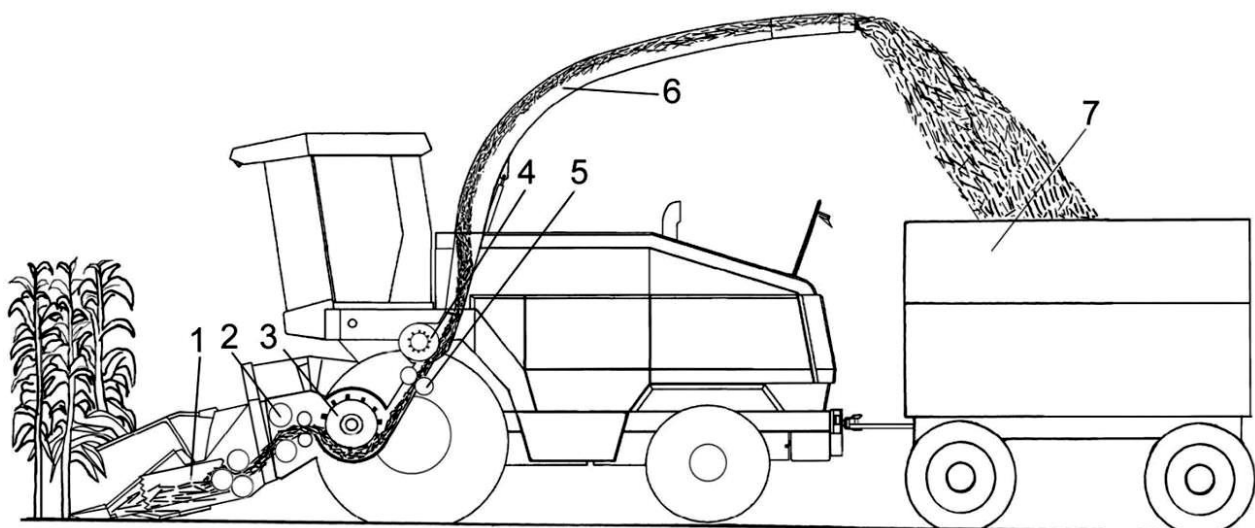
Подрібнюючий апарат

Тип	барабанний
Діаметр подрібнюючого барабана, мм	630 _{-0,4}
Спосіб розташування ножів	у шаховому порядку
Кількість ножів на барабанові, шт	40
Можливі способи установки ножів на подрібнювальному барабанові при експлуатації, шт	20; 40
Частоти обертів барабана на холостому ході за номінальної частоти обертання колінчастого валу с^{-1} , не менш	20 (1200)
Величина довжини різання, мм :	
- мінімальне значення	5
- максимальне значення	26

Доподрібнюючий пристрій

Тип	двухвальцевий
Діаметри вальців, мм	196 _{-0,29}
Частоти обертів вальців на холостому ходу за номінальної частоти обертів колінчастого вала, с^{-1} , не менш:	
- для рухомих вальців	60,3
- для нерухомих вальців	72,3
Вага конструкційна кг, не більш	300

В склад кормозбирального комплексу входять самохідний подрібнювач, жатка для збирання культур із товстими стеблами, жатка для трав і пристрій для підбирання валків.



1 – жатка для товстостеблових культур, 2 - апарат живильний,
3 - подрібнюючий апарат, 4 - прискорювач викиду подрібненої маси,
5 - пристрій доподрібнюючий, 6 - силосопровід, 7 - транспортний засіб.

Рисунок 2.2 – Схема технологічного процесу роботи кормозбирального агрегату

Технологічна послідовність функціонування кормозбирального комбайна з жаткою для збирання товстостебельних культур передбачає виконання низки взаємопов'язаних операцій.

На першому етапі руху агрегату по робочій ділянці відбувається скошування рослинного матеріалу за допомогою різального апарата жатки (поз. 1). Далі рослинна маса транспортується роторами до притискних вальців, де здійснюється її попереднє ущільнення, що сприяє рівномірній подачі в живильний апарат (поз. 2) самохідного подрібнювача.

Зрізані стебла кукурудзи переміщуються до приймального вікна жатки, де за допомогою шкребкових елементів направляються у зону живлення. В межах живильного апарата маса додатково ущільнюється та передається у подрібнювальний апарат барабанного типу (поз. 3), який виконує інтенсивне подрібнення.

З метою забезпечення стабільного транспортування подрібненої маси по силосопроводах (поз. 6) до транспортного засобу (поз. 7), а також для досягнення необхідного ступеня ущільнення потоку, між зоною подрібнення та вихідною частиною системи встановлено прискорювальні механізми викиду маси (поз. 4), що оптимізують подачу матеріалу.

У процесі заготівлі кукурудзи на силос у фазах воскової або повної стиглості зерен між подрібнювальними апаратами (поз. 3) і прискорювачами викиду (поз. 4) встановлюються активні доподрібнюючі пристрої (поз. 5). Їх основне призначення полягає в частковому руйнуванні оболонок зерен, що сприяє підвищенню біодоступності поживних речовин і покращенню їх засвоєння у травному тракті сільськогосподарських тварин.

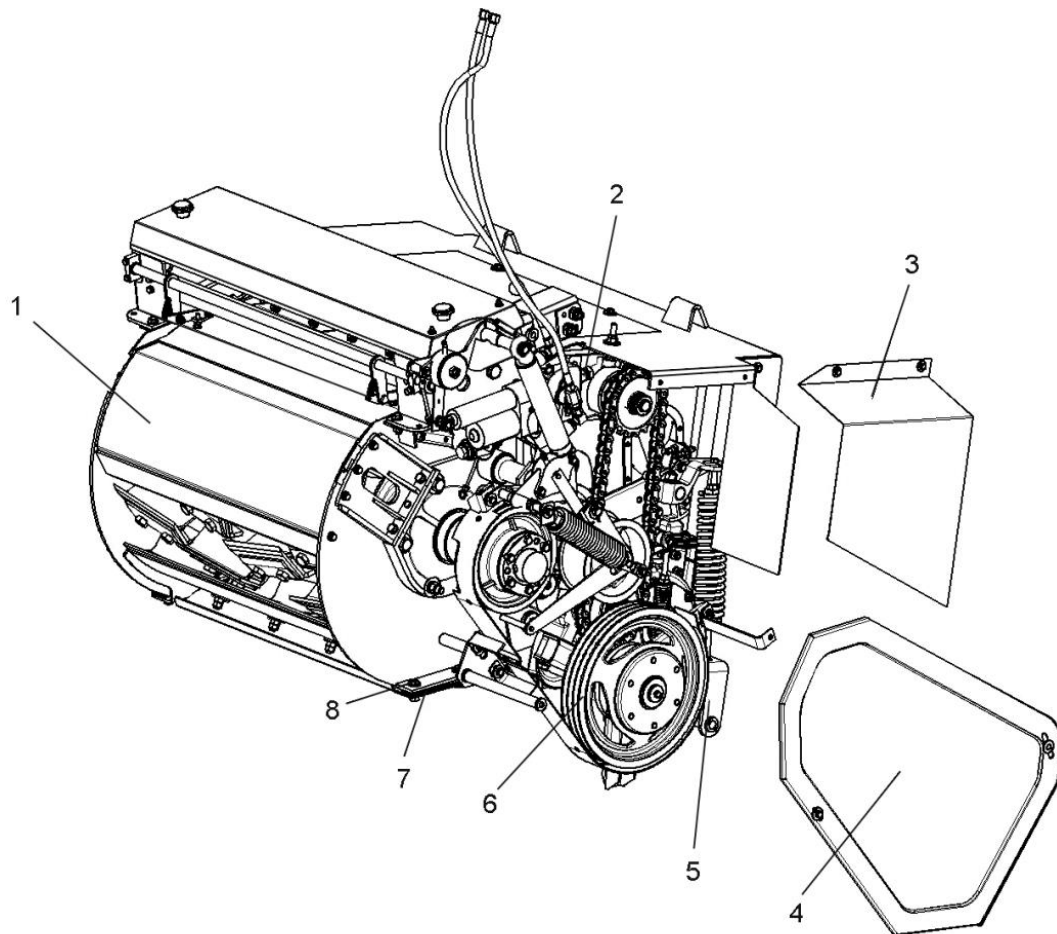
Альтернативним варіантом є застосування пасивних доподрібнюючих елементів – терток або рекатерів, які можуть бути встановлені в нижній частині подрібнювального апарата (на піддонах), або на тильних стінках корпусів прискорювачів викиду. У такій компоновці активні доподрібнюючі пристрої, як правило, не застосовуються.

Дефлектори силосопроводів з'єднуються з їх основами за допомогою поворотних механізмів, що забезпечують можливість змінювати напрям вивантаження подрібненої маси залежно від просторового розташування транспортного засобу – зліва, справа або позаду самохідного подрібнювача. З боку завантаження на дефлекторах встановлено двоступеневі козирки, керовані з кабіни оператора, які забезпечують регулювання напрямку вивантаження маси – як вертикально вниз, так і під кутом до поверхні поля, залежно від умов виконання робіт.

2.2. Живильно-подрібнюючий апарат комбайну КВК-800

Живильно-подрібнювальний вузол кормозбирального комбайна включає

в себе живильний апарат (поз. 5, рис. 2.3) та подрібнювальний апарат (поз. 1), конструктивно об'єднані в єдину систему за допомогою з'єднувальної скоби (поз. 2).



1 – подрібнюючий апарат; 2 – скоба; 3, 4 – щитки; 5 – живильний апарат; 6 – привод коробки передач; 7 – прокладки регульовальні; 8 – болт

Рисунок 2.3 – Живильно-подрібнюючий апарат

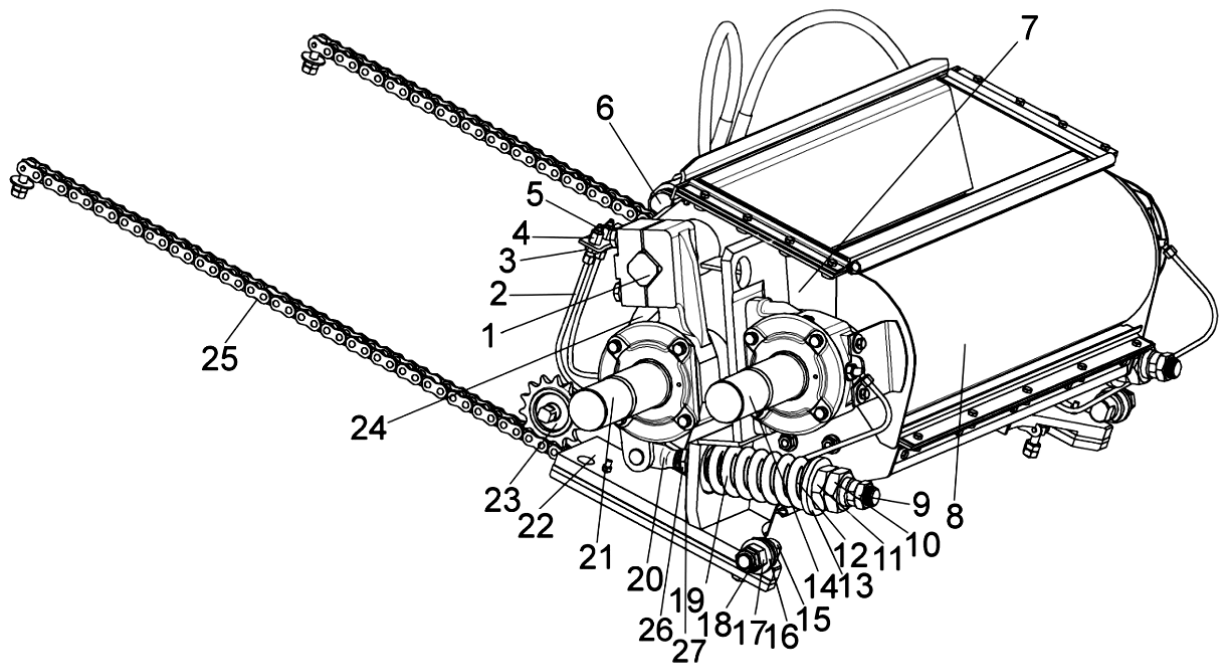
2.3. Доподрібнюючий пристрій комбайну КБК-800

Доподрібнюючий пристрій (рис. 2.4) призначений для руйнування структури та плющення зерен кукурудзи, зібраної у фазах воскової або повної

стиглості.

Процес пошкодження зерна здійснюється в результаті дії двох рифлених вальців (поз. 14 та 21), які обертаються з різною частотою, що відрізняється приблизно на 20%.

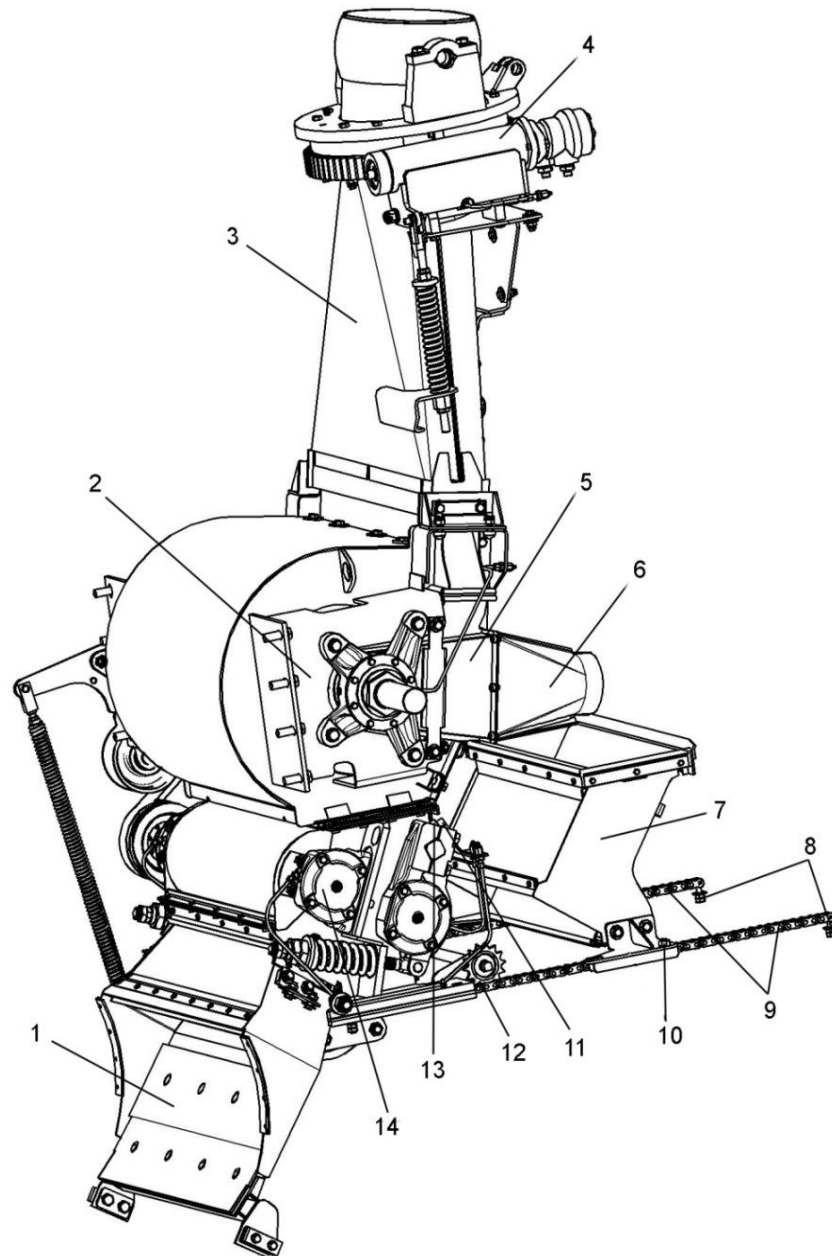
На підприємстві-виробнику між вальцями встановлено заводський мінімальний зазор у 1,2 мм. Його значення забезпечується й фіксується за допомогою упорів (поз. 27) та контргайок (поз. 26), розташованих на регулювальних тягах пружинного механізму (поз. 20).



- 1 – вал; 2 – трубка; 3, 11, 17 – гайки; 4 – штуцер; 5 – масельничка;
6 – гідросистема регулювання проміжку; 7 – корпус; 8 – кожух верхній;
9, 10, 18, 26 – контргайки; 12 – гільза; 13, 16 – шайби; 14 – валець верхній; 15,
27 – упор; 19 – пружина; 20 – тяга; 21 – валець нижній; 22 – опора;
23 – механізм переміщення; 24 – кожух нижній; 25 – ланцюг.

Рисунок 2.4 – Доподрібнюючий пристрій комбайну КБК-800

Зменшення зазору між рифленими вальцями сприяє підвищенню ефективності дроблення зерен, проте одночасно з цим спостерігається зниження загальної продуктивності комбайна.



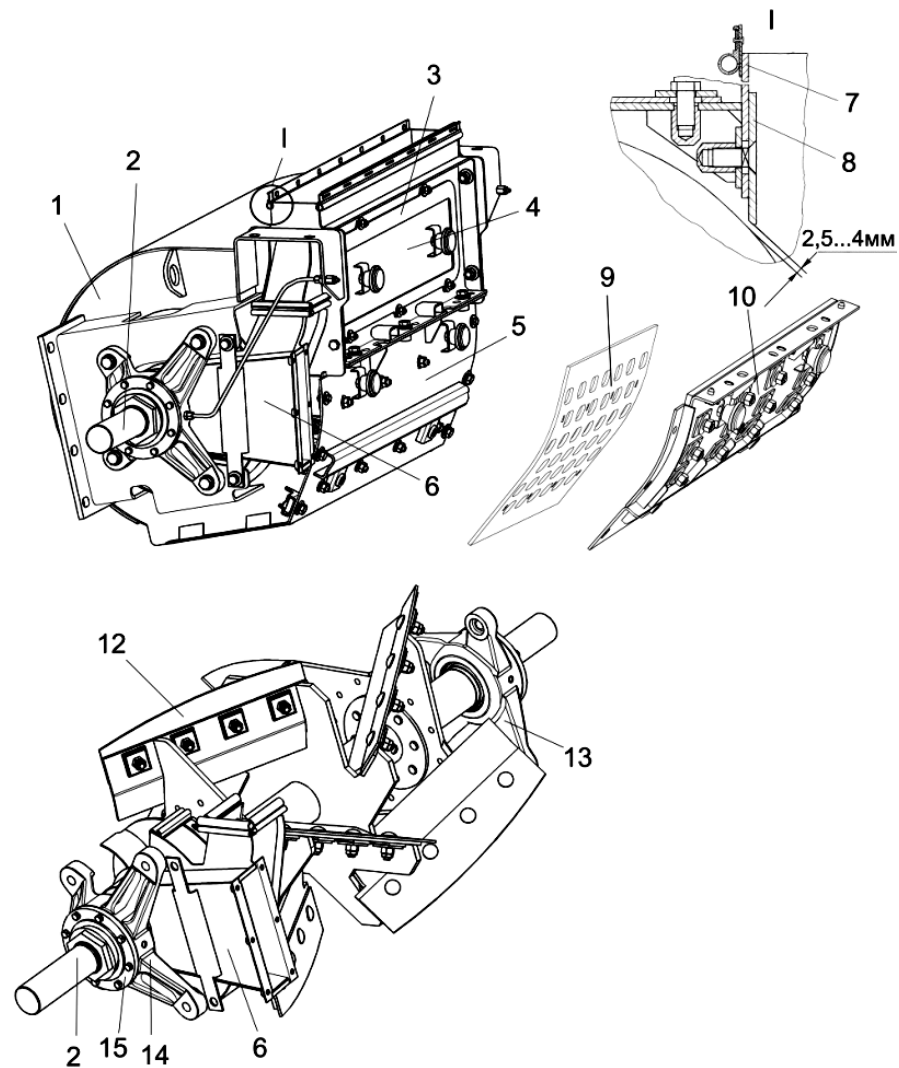
1 – камера прийомна; 2 – прискорювач викидання; 3 – основа
силосопроводів; 4 – механізм повертання силосопроводів; 5 – повітрепровід;
6 – перехідник; 7 – проставка; 8, 10, 11 – болти; 9 – ланцюг; 12 – механізм
переміщення; 13 – скоба; 14 – пристрій доподрібнюючий.

Рисунок 2.5 – Доподрібнюючий пристрій та проставка

Залежно від фази стиглості кукурудзи рекомендованими є такі значення зазорів:

- при збиранні у фазі воскової стиглості – 4,6 мм;
- при збиранні у фазі повної стиглості – 2,4 мм.

Під час роботи з використанням доподрібнюючих пристроїв довжина різання стеблової маси становить у середньому 10,13 мм.



- 1 – корпус прискорювача; 2 – вал прискорювача викиду; 3 – стінка задня;
4 – люк; 5 – піддон; 6 – повітропровід; 7 – основа; 8 – відсікач; 9 – терка;
10 – піддон бичевий; 12 – лопать; 13, 14 – корпуси; 15 – кришка.

Рисунок 2.6 – Прискорювач викиду

Для збирання трав, а також кукурудзи у фазах молочної та молочно-воскової стиглості, або при підбиранні маси з поверхні поля, доподрібнюючі пристрої демонтуються. Замість них встановлюється проставка (поз. 7, рис. 2.5), а на прискорювачах викиду додатково монтується піддон (поз. 5, рис. 2.6), обладнаний гладким металевим листом, що забезпечує відповідну конфігурацію потоку подрібненої маси.

3. ПРОЕКТНА ЧАСТИНА

3.1. Обґрунтування модернізації доподрібнюючого пристрою

Доподрібнюючі пристрої призначені виключно для здійснення дроблення зерен кукурудзи у фазах воскової та повної стиглості.

У разі використання доподрібнюючого пристрою в складі живильно-подрібнювального апарата комбайна, довжина різання стеблової маси встановлюється на підвищеному рівні та становить 10,13 мм, що забезпечує належну якість подрібнення відповідно до технологічних вимог цієї фази розвитку культури.

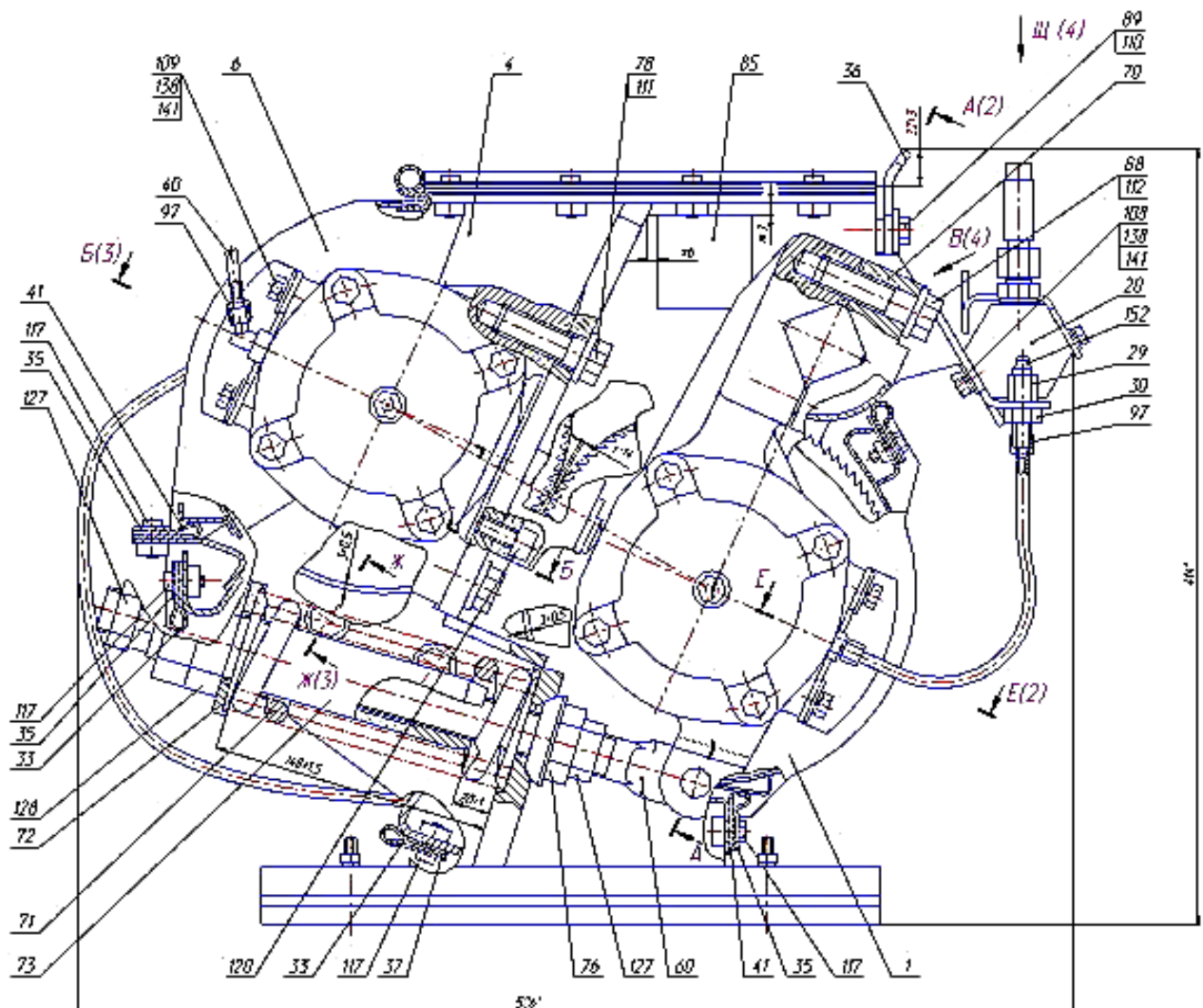


Рисунок 3.1 – Доподрібнюючий пристрій до модернізації

Для забезпечення ефективного руйнування зерна кукурудзи у фазах молочно-воскової, воскової та повної стиглості можуть застосовуватись змінні елементи конструкції комбайна – зокрема, тертки або піддони з бичами. У таких випадках доподрібнюючий пристрій виводиться з робочого стану та переводиться у транспортне положення, натомість на його місце встановлюється спеціальна проставка.

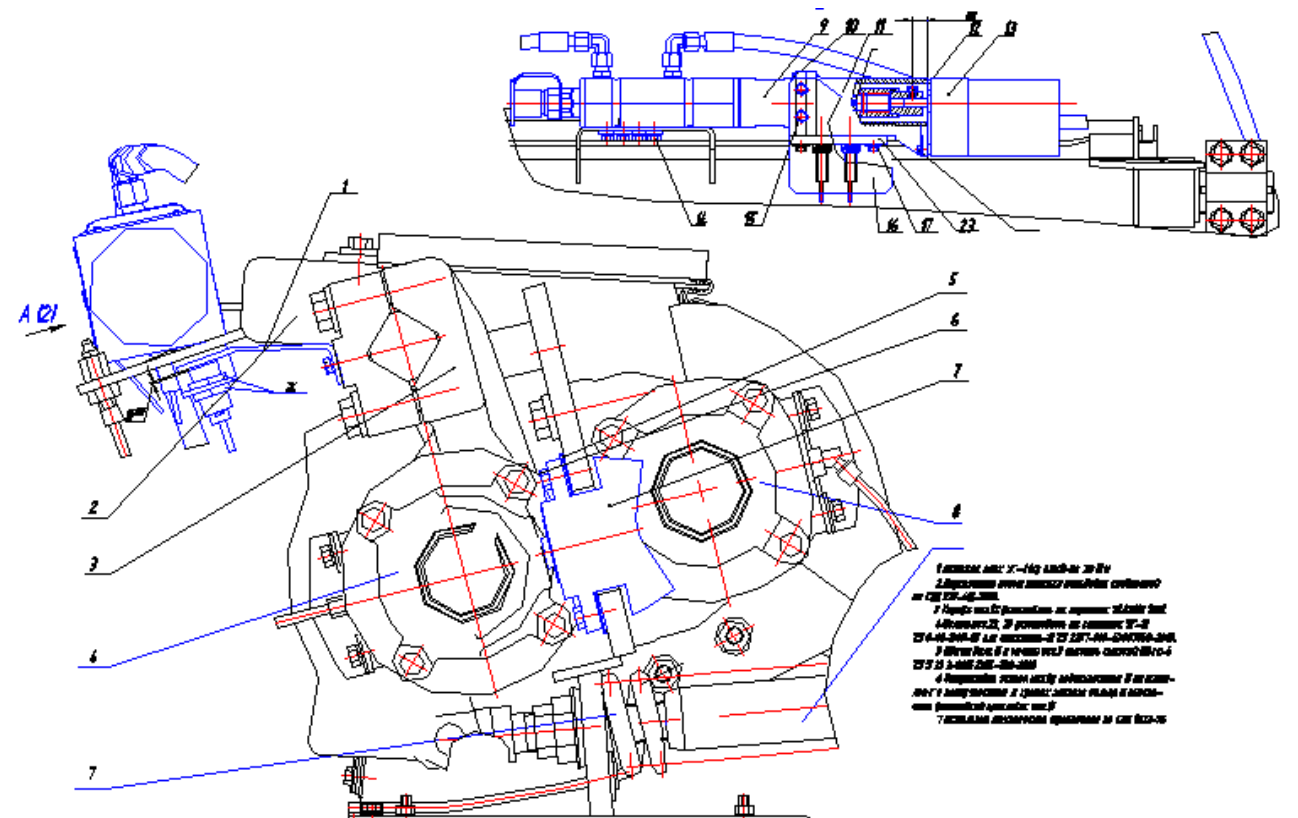


Рисунок 3.2 – Модернізований доподрібнюючий пристрій

Тертки встановлюються в піддонах прискорювачів викиду замість стандартних гладких листів. Альтернативно може застосовуватись піддон з бичами, який монтується на прискорювачі замість піддона з гладкою поверхнею.

Під час експлуатації з тертками або бичовими піддонами довжина різання регулюється в межах мінімальних або середніх значень, що відповідає вимогам щодо якості подрібнення.

Метою удосконалення конструкції доподрібнюючих пристроїв є підвищення надійності їх роботи в умовах змінного навантаження. З метою ілюстрації запропонованих змін на рисунках 3.1 і 3.2 наведено вигляд пристрою до і після модернізації.

Процес регулювання зазору між вальцями в базовій конструкції передбачає виконання наступних дій: відкручування гайок (поз. 158), встановлення необхідного зазору згідно зі шкалою (поз. 84 та 85), після чого гайки знову фіксуються. Така конструкція не допускає оперативного регулювання під час роботи комбайна, оскільки задане значення зазору залишається незмінним до моменту наступного ручного налаштування.

Попри конструктивну простоту порівняно з гідравлічним регулювальним механізмом, дана схема не забезпечує високої точності дотримання параметрів зазору між вальцями.

В удосконаленій версії доподрібнюючих пристроїв механічні регулятори відсутні – їх функцію виконує гідравлічний шток, який здійснює регулювання положення вальців.

Застосування гідроприводу дозволило підвищити стабільність роботи доподрібнюючого механізму, а також покращити якість подрібнення стеблової маси завдяки динамічному реагуванню на зміну робочих умов.

3.2. Технологічні розрахунки

Певна подібність між робочими процесами доподрібнюючих вальців і технологією прокатування в галузі металообробки дає можливість адаптувати окремі положення теорії прокатування для аналізу функціонування сільськогосподарських машин.

Одним із ключових параметрів, що визначає ефективність роботи

вальцьового механізму, є кут захоплення α шару рослинної маси (рис. 3.3).

Значення цього кута залежить від геометричних характеристик вальців, а саме: діаметра вальців D , товщини шару маси H , що подається у зону дії механізму, та товщини шару h , який формується в результаті ущільнення матеріалу між вальцями.

З трикутника aOC :

$$H - h = D \cdot (1 - \cos(\alpha)). \quad (3.1)$$

Звідси отримуємо D :

$$D = \frac{H - h}{1 - \cos(\alpha)}. \quad (3.2)$$

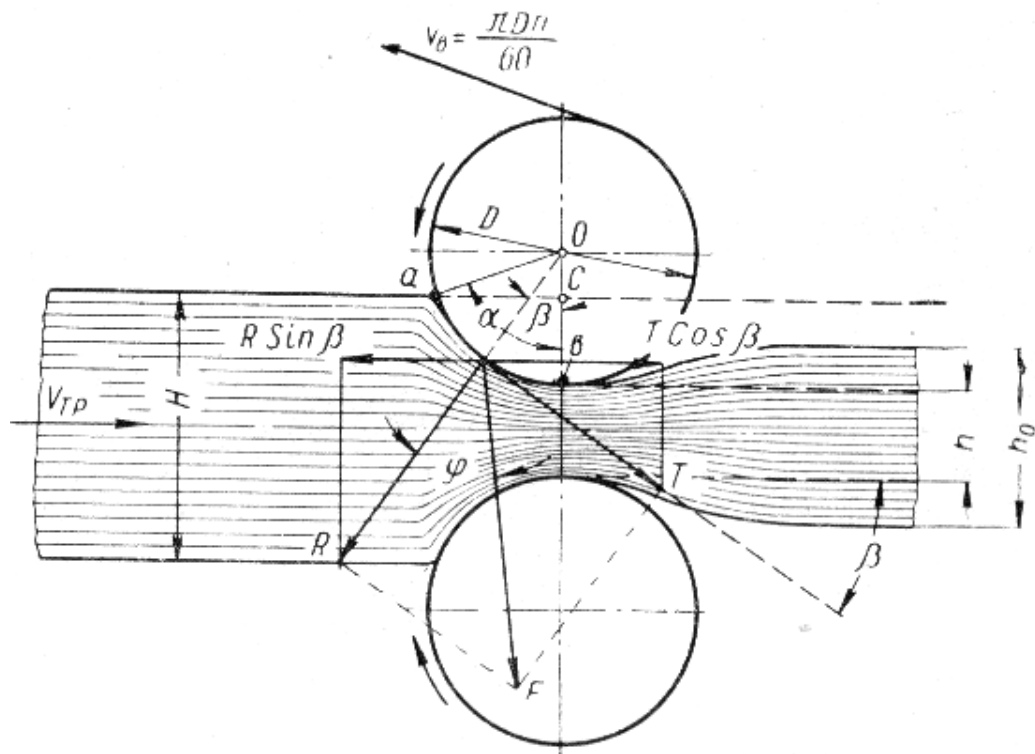


Рисунок 3.3 – Розрахункова схема діаметра живильних вальців

Для забезпечення безперервного просування шару рослинної маси в зоні дії вальців необхідно, щоб рівнодійна горизонтальних складових сил, які діють на поданий матеріал, була спрямована в бік обертання вальців. Це створює умови для ефективного захоплення та транспортування маси через робочу зону подрібнюючого вузла, тобто:

$$T \cdot \cos(\beta) > R \cdot \sin(\beta). \quad (3.3)$$

Так як $T = R \cdot f$,

де коефіцієнт тертя $f = \operatorname{tg}(\varphi)$, тому:

$$R \cdot f \cdot \cos(\beta) > R \cdot \sin(\beta) \text{ звідки } f > \operatorname{tg}(\beta). \quad (3.4)$$

Звідки:

$$f > \operatorname{tg}(\beta); \quad \operatorname{tg}(\varphi) > \operatorname{tg}(\beta); \quad \varphi > \beta. \quad (3.5)$$

Величина кута, що утворюється між напрямками подачі і ущільнення шару рослинної маси у вальцях, визначається як кут клину β . Його значення змінюється в певних межах, залежно від конструктивних і технологічних параметрів робочого процесу

Тому вираз (3.5) можна подати, як:

$$D = \frac{H - h}{1 - \cos(\beta)} \text{ і } D = \frac{H - h}{1 - \frac{1}{\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2(\beta)}}}. \quad (3.6)$$

Врахувавши (3.5) остаточно отримаємо:

$$D > \frac{H - h}{1 - \frac{1}{\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2(\beta)}}}. \quad (3.7)$$

Аналітичний вираз (3.7) встановлює зв'язок між основними геометричними параметрами та фізичними характеристиками процесу, зокрема, кутами тертя. Це дозволяє використовувати його для визначення необхідного діаметра вальців у доподрібнюючому пристрої.

Припускаючи, що початкова товщина шару зелених стебел кукурудзи становить $H = 150$ мм, а товщина ущільненого шару відповідає мінімальному технологічному зазору між вальцями, який дорівнює $h = 110$ мм, та враховуючи відомі значення коефіцієнта тертя і відповідного кута тертя стеблової маси по обробленій сталевій поверхні вальців, можна здійснити розрахунок діаметра вальців:

$$D > \frac{150 - 110}{1 - \frac{1}{\sqrt{1 + 0,43^2}}} \approx 490 \text{ мм.}$$

Проведені розрахунки свідчать, що навіть за сприятливих (легких) умов експлуатації вальці повинні мати діаметр понад 490 мм для забезпечення належного захоплення та протягування рослинної маси. Водночас використання вальців таких розмірів є конструктивно недоцільним через масогабаритні обмеження та складність інтеграції в загальну конструкцію комбайна.

З цієї причини в конструкціях доподрібнюючих пристроїв на практиці застосовуються вальці з рифленою поверхнею, яка суттєво підвищує коефіцієнт зчеплення з масою і дає змогу зменшити діаметр робочих органів до значень у межах 150–300 мм.

Враховуючи зазначене, у даній моделі прийнято: діаметр верхніх

передніх вальців – 340 мм, нижніх передніх вальців – 215 мм.

Розрахунок потужності, необхідної для забезпечення роботи системи вальців, що одночасно здійснюють ущільнення та протягування стеблової маси, проводиться за наступною формулою:

$$N_{\text{под}} = 0,5 \cdot \bar{\sigma} \cdot (H - h) \cdot b \cdot V_{\text{окр.под}} =$$
$$= 0,5 \cdot 0,55 \cdot 10^6 \cdot (0,15 - 0,11) \cdot 0,56 \cdot (1,09 \dots 1,38) = 7,20 \dots 9,09 \text{ кВт}, \quad (3.8)$$

де $\sigma = 0,5 \dots 0,6 \text{ МПа}$;

Товщина шару $H = 0,15 \text{ м}$;

Мінімальний зазор між вальцями $h = 0,11 \text{ м}$;

Ширина вальців $b = 0,56 \text{ м}$.

Колова швидкість вальців:

$$V_{\text{окр.под}} = \omega_{\text{под}} \cdot R_{\text{под}} = \frac{\pi \cdot n_{\text{под}} \cdot D_{\text{под}}}{30 \cdot 2} = \frac{3,14 \cdot (94,9 \dots 119,8) \cdot 0,22}{30 \cdot 2} = 1,09 \dots 1,38 \text{ м/с}. \quad (3.9)$$

Аналітична залежність (3.9) побудована на припущенні, що робота, виконувана вальцями, еквівалентна роботі деформації, необхідній для зменшення об'єму шару рослинної маси в процесі її ущільнення.

У межах цієї моделі сила P_m , що забезпечує протягування стеблової маси через зону дії вальців, визначається за формулою:

$$P_m = \frac{\bar{E} \cdot (H - h)^2}{2 \cdot H} \cdot b = \frac{0,355 \cdot 10^6 \cdot (0,15 - 0,15)^2}{2 \cdot 0,15} \cdot 0,56 = 1060 \text{ Н}, \quad (3.10)$$

де E Прийmemo рівним $0,33 \dots 0,38 \text{ МПа}$.

Оскільки передача зусиль P_m на рослинну масу здійснюється через рифлену поверхню живильних вальців, робота сил тертя, що виникають у зоні

контакту рифів із масою, може бути орієнтовно визначена за допомогою наступного виразу:

$$N_{mp.p.} = f' \cdot \frac{\bar{\sigma}}{2} \cdot (H - h) \cdot b \cdot \rho \cdot \frac{\pi \cdot n}{30} = 0,85 \cdot \frac{0,55 \cdot 10^6}{2} \times \\ \times (0,15 - 0,11) \cdot 0,56 \cdot 0,12 \cdot \frac{3,14 \cdot (94,9 \dots 119,8)}{30} = 6,68 \dots 8,43 \text{ кВт.} \quad (3.11)$$

де коефіцієнт тертя рифа. $f' = 0,8 \dots 0,9$;
радіус вальця по рифам $\rho = 0,12 \text{ м}$.

Для розрахунку потужності, необхідної для приводу верхнього та нижнього живильних вальців за заданого значення подачі рослинної маси, використовується така розрахункова залежність:

$$N_{\text{под}} = \frac{\bar{E} \cdot k^2 \cdot q}{2 \cdot \gamma_1} = \frac{0,355 \cdot 10^6 \cdot 0,6^2 \cdot (41,7 \dots 60,6)}{2 \cdot 350} = 7,61 \dots 11,06 \text{ кВт,} \quad (3.12)$$

де величина ущільнювання $k = 0,6$;
густина рослинної маси $\gamma_1 = 350 \text{ кг/м}^3$.

Із двох значень потужності, отриманих у результаті розрахунків за формулами (3.11) та (3.12), для подальших інженерних обчислень доцільно обрати найбільше з них як розрахункове. Це забезпечить необхідний запас потужності та надійність роботи приводу в умовах змінного навантаження.

3.3. Розрахунок параметрів та конструктивних розмірів подрібнюючого барабану

Визначимо швидкість подачі рослинної маси, що забезпечується роботою живильного апарата:

$$V_{II} = \omega \cdot R, \quad (3.13)$$

де кутова швидкість обертання вальців:

$$\omega = \frac{\pi \cdot n_i}{30} \text{ с}^{-1}.$$

Для верхніх задніх вальців за відомих значень $n_x = 102,8 \dots 259,7 \text{ об/хв}$ та $d_x = 170 \text{ мм}$

$$\omega_x = \frac{\pi \cdot (102,8 \dots 259,7)}{30} = (10,76 \dots 27,18) \text{ с}^{-1}.$$

Для нижніх задніх вальців за відомих значень $n_{VII} = 130,3 \dots 329,1 \text{ об/хв}$ та $d_{VII} = 130 \text{ мм}$

$$\omega_{VII} = \frac{\pi \cdot (130,3 \dots 329,1)}{30} = (13,64 \dots 34,44) \text{ с}^{-1}.$$

У такому разі швидкість подачі рослинної маси, що забезпечується верхніми задніми вальцями живильного апарата, становитиме:

$$V_{II}^x = \omega_x \cdot R_x = (10,76 \dots 27,18) \cdot 0,5 \cdot 170 = 0,91 \dots 2,31 \text{ м/с}.$$

Відповідно, швидкість подачі рослинної маси, що реалізується нижніми задніми вальцями живильного апарата, становитиме:

$$V_{II}^{VII} = \omega_{VII} \cdot R_{VII} = (13,64...34,44) \cdot 0,5 \cdot 130 = 0,89...2,24 \text{ м/с.}$$

У подальших розрахунках приймемо середнє значення швидкості подачі рослинної маси, яке забезпечується живильним апаратом, рівним:

$$V_{II} = 0,9...2,3 \text{ м/с.}$$

Для розрахунку розрахункової довжини різання скористаємось формулою:

$$L_{рез} = \frac{V_{II} \cdot 60 \cdot 10^3}{Z \cdot n}, \quad (3.14)$$

де $n = 1200 \text{ об/хв}$, число ножів $Z = 10$ штук.

Визначимо розрахункове значення довжини різання рослинної маси, що відповідає заданим параметрам роботи подрібнювального апарата.

$$l_{расчmin} = \frac{V_{nmin} \cdot 60000}{Z \cdot n} = \frac{0,9 \cdot 60000}{10 \cdot 1200} = 4,5 \text{ мм};$$

$$l_{расчmax} = \frac{V_{nmax} \cdot 60000}{Z \cdot n} = \frac{2,3 \cdot 60000}{10 \cdot 980} = 11,5 \text{ мм}.$$

Конструктивно приймаємо $l_{расч} = 8 \text{ мм}.$

Розрахуємо максимальні значення товщини шарів $h_{\max}$ рослинної маси, які підлягають подрібненню під час проходження через зону дії барабанного апарата.

$$h_{\max} = \frac{G \cdot 60 \cdot 10^9}{B \cdot l_{\min} \cdot Z \cdot n \cdot j} = \frac{35 \cdot 60 \cdot 10^9}{800 \cdot 4,5 \cdot 10 \cdot 1200 \cdot 300} = 162 \text{ мм.} \quad (3.15)$$

Прийmemo $h_{\max} = 150 \text{ мм.}$

Діаметр барабану складатиме :

$$D_{\phi} = \frac{h_{\max}}{0,25 \dots 0,15} = \frac{150}{0,25 \dots 0,15} = 600 \dots 1000 \text{ мм.} \quad (3.16)$$

Зважаючи на конструктивні особливості ножів, прийmemo $D_{\phi} = 630 \text{ мм}$

Для визначення довжини барабану скористаємося формулою:

$$L_{\phi} = \frac{D_{\phi} \cdot \pi}{Z \cdot \operatorname{tg} \tau} = \frac{630 \cdot 3,14}{10 \cdot \operatorname{tg} 15^{\circ}} = 732 \text{ мм,} \quad (3.17)$$

де $\tau = 15^{\circ}$.

Прийmemo довжину барабана $L_{\phi} = 800 \text{ мм.}$

Значення пропускної здатності подрібнювального барабана повинно бути не меншим за розрахунковий показник, що забезпечує стабільну роботу апарата за заданих експлуатаційних умов:

$$G_p = B \cdot h_{\max} \cdot V_{\min} \cdot \gamma \cdot 10^{-6} = 800 \cdot 150 \cdot 0,9 \cdot 300 \cdot 10^{-6} = 32,4 \text{ кг/с.} \quad (3.18)$$

Тобто умова виконується $G \geq G_p = 35 \geq 32,4$.

Визначимо величину переднього кута встановлення ножів φ , який є одним із ключових параметрів, що впливають на ефективність процесу різання рослинної маси.

$$\varphi = 90^\circ - \beta - j = 90^\circ - 25^\circ - 15^\circ = 50^\circ. \quad (3.19)$$

З конструктивних міркувань $\varphi = 60^\circ$.

Тоді:

$$j = -\varphi - \beta + 90^\circ = 90^\circ - 60^\circ - 15^\circ = 5^\circ.$$

Розглянемо конструктивні особливості розміщення осі барабана відносно положення протирізального бруса, оскільки ця геометрична взаємодія суттєво впливає на якість та ефективність подрібнення рослинної маси.

$$a = h_{\max} + \frac{D_{\delta}}{2} \cdot \frac{V_{II\max}}{V_{\delta}} = 0,15 + \frac{0,63}{2} \cdot \frac{3,2}{39,56} = 0,175 \text{ м}, \quad (3.20)$$

де

$$V_{\delta} = \frac{\pi \cdot D_{\delta} \cdot n}{60} = \frac{3,14 \cdot 0,63 \cdot 1200}{60} = 39,56 \text{ м/с}. \quad (3.21)$$

Прийmemo $a = 180 \text{ мм}$.

Визначимо значення горизонтальної відстані від осі барабана до ріжучих кромek протирізального бруса відповідно до розрахункової формули:

$$U = \frac{a}{\operatorname{tg} \psi_n} = \frac{180}{\operatorname{tg} 34,7^\circ} = 257 \text{ мм}, \quad (3.22)$$

де

$$\sin \psi_n = \frac{2 \cdot a}{D_{\bar{\sigma}}}.$$

Тоді

$$\psi_n = \arcsin \frac{2 \cdot a}{D_6} = \arcsin \frac{2 \cdot 180}{630} = 34,7 \text{ град.}$$

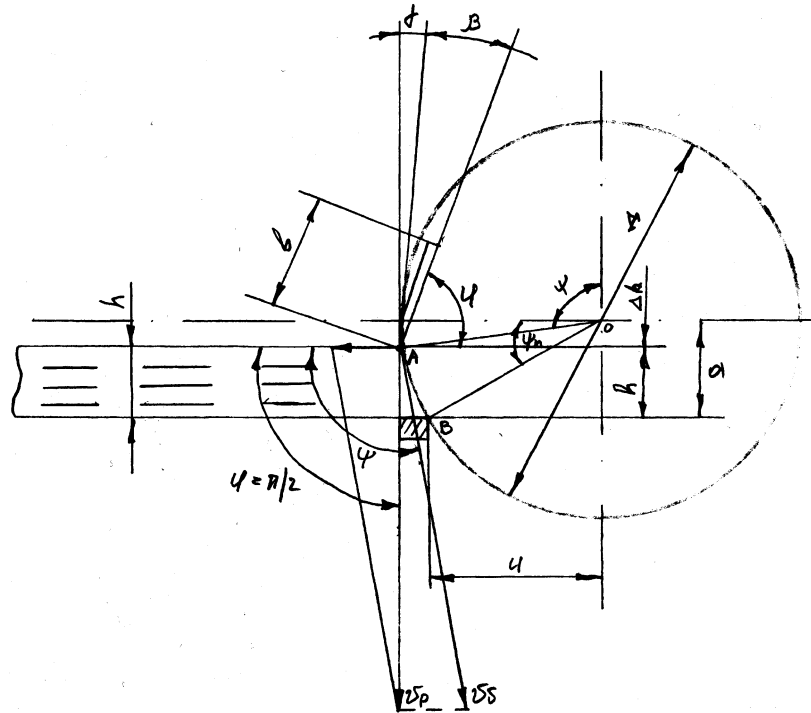


Рисунок 3.4 – Схема розміщення протиріжучого бруса

Розрахуємо потужність, необхідну для приводу подрібнювально-транспортного барабана, з урахуванням навантаження, що виникає під час подачі та подрібнення рослинної маси:

$$N_{\bar{o}} = N_p + N_{mp} + N_{x.x}, \quad (3.23)$$

де:

$$N_p = q \cdot \frac{A \cdot z \cdot n}{60 \cdot 10^2} = 800 \cdot \frac{0,035 \cdot 20 \cdot 1200}{60 \cdot 10^2} = 110 \text{ } \kappa Bm. \quad (3.24)$$

$$\text{Тут } A = h \cdot \Delta S = 0,15 \cdot 0,231 = 0,035 \text{ м}^2,$$

$$\text{де } h = 0,15 \text{ м}.$$

$$\Delta S = \frac{h}{\sin(\tau)} = \frac{0,15}{\sin(15^\circ)} = 0,231 \text{ м}.$$

Визначимо потужність, необхідну для викидання подрібненої рослинної маси в силосопровід, що забезпечує її транспортування до транспортного засобу:

$$N_{\text{тр}} = \frac{G \cdot V_{\text{н}}^2}{2 \cdot g \cdot 102} = \frac{35 \cdot (39,56)^2}{2 \cdot 9,8 \cdot 102} = 27,4 \text{ кВт}, \quad (3.25)$$

де

$$V_{\text{н}} = \frac{\pi \cdot n}{30} \cdot R_{\text{г}} = \frac{3,14 \cdot 1200}{30} \cdot 0,315 = 39,56 \text{ м/с}.$$

Розрахуємо потужність, необхідну для забезпечення холостого ходу подрібнювально-транспортувального барабана, яка враховує подолання внутрішнього тертя та інерційних опорів механізму при відсутності навантаження від подачі маси:

$$N_{\text{х.х}} = \frac{A\omega + B \cdot \omega^3}{120} = 5 \text{ кВт}. \quad (3.26)$$

У цій залежності, перша складова враховує втрати тертя в підшипниках ($A = 4 \cdot 10^{-2} \text{ кг} \cdot \text{м}$), друга складова – враховує втрати на відведення повітря ($B = 30 \cdot 10^{-5} \text{ кг} \cdot \text{м} \cdot \text{с}^2$).

$$\omega = \frac{V_{\text{н}}}{R} = \frac{39,56}{0,315} = 125,6 \text{ с}^{-1}.$$

Вихідні дані для проведення розрахунків:

$$N_{\text{д}} = 265 \text{ кВт (360 к.с.)}, \quad n_{\text{д}} = 1900 \text{ об/хв.}$$

Визначимо значення передаточних чисел у кінематичному ланцюзі між вихідним валом двигуна (поз. 1) та приводними валами елементів доподрібнюючого пристрою (поз. 2, 3, 4, 5).

$$i_{12} = \frac{d_1}{d_{21}} = \frac{307,18}{240,18} = 1,279;$$

$$i_{13} = i_{12} \cdot \frac{d_{22}}{d_3} = 1,279 \cdot \frac{297,18}{162,18} = 2,344;$$

$$i_{14} = i_{12} \cdot \frac{d_{22}}{d_4} = 1,279 \cdot \frac{297,18}{204,7} = 1,857;$$

$$i_{15} = i_{12} \cdot \frac{d_{22}}{d_5} = 1,279 \cdot \frac{297,18}{229,18} = 1,658.$$

Визначимо частоти обертання валів, що входять до привідного механізму доподрібнюючого пристрою, на основі відомих передаточних чисел та частоти обертання вихідного вала двигуна.

$$n_1 = 1900 \text{ об/хв};$$

$$n_2 = n_1 \cdot i_{12} = 1900 \cdot 1,279 = 2430 \text{ об/хв};$$

$$n_3 = n_1 \cdot i_{13} = 1900 \cdot 2,344 = 4454 \text{ об/хв};$$

$$n_4 = n_1 \cdot i_{14} = 1900 \cdot 1,857 = 3528 \text{ об/хв};$$

$$n_5 = n_1 \cdot i_{15} = 1900 \cdot 1,658 = 3150 \text{ об/хв.}$$

Визначимо розподіл потужностей, які передаються валами приводу доподрібнюючого пристрою (поз. 2, 3, 4). Відомо, що прискорювач викиду споживає орієнтовно 29,44 кВт, що необхідно враховувати при загальному балансі потужності системи.

Вали 3 та 4 одночасно втрачають потужність:

$$N_{34} = N_2' - N_2 = 66,24 - 29,44 = 36,8 \text{ кВт.} \quad (3.27)$$

Розподіл потужності між валами 3 і 4 здійснюється пропорційно до діаметрів шківів, встановлених на відповідних валах, що зумовлено особливостями роботи пасової передачі.

$$N_3 = N_{34} \cdot \frac{d_3}{d_3 + d_4} = 36,8 \cdot \frac{162,18}{162,18 + 204,7} = 16,27 \text{ кВт;} \quad (3.28)$$

$$N_4 = N_{34} \cdot \frac{d_4}{d_3 + d_4} = 36,8 \cdot \frac{204,7}{162,18 + 204,7} = 20,53 \text{ кВт.} \quad (3.29)$$

Знайдемо значення крутних моментів, що виникають на валах 2, 3, 4:

Вхідний шків вала 2 d_{21} :

$$M_2' = 9,55 \cdot \frac{N_2'}{n_2} = 9,55 \cdot \frac{66,24}{2430} = 0,26 \text{ кН м;} \quad (3.30)$$

$$M_{34}'' = 9,55 \cdot \frac{N_{34}}{n_2} = 9,55 \cdot \frac{36,8}{2430} = 0,145 \text{ кН м;} \quad (3.31)$$

$$M_3 = 9,55 \cdot \frac{N_3}{n_3} = 9,55 \cdot \frac{16,27}{4453} = 0,035 \text{ кН м}; \quad (3.32)$$

$$M_4 = 9,55 \cdot \frac{N_4}{n_4} = 9,55 \cdot \frac{20,53}{3528} = 0,056 \text{ кН м}. \quad (3.33)$$

Розрахунок пасової передачі

Розрахуємо величину крутного моменту, що діє на привідному шківі, з урахуванням переданої потужності та частоти обертання вала:

$$M_{22} = 9,55 \cdot \frac{N_{22}}{n_{22}} = 9,55 \cdot \frac{500 \cdot 0,736}{2430} = 1,446 \text{ кН м}. \quad (3.34)$$

Відповідно до заданих значень навантаження та частоти обертання, для передачі приводу доцільно обрати полікліновий пас перерізу типу "Л".

Приймаємо діаметр веденого шківів відповідно до стандартних параметрів для цього типу перерізу. $d_4 = 204,7 \text{ мм}$.

Визначимо необхідний діаметр привідного шківів, виходячи з умов забезпечення заданого передаточного числа:

$$d_{22} = \frac{d_4 \cdot u}{(1 - \varepsilon)}, \quad (3.35)$$

де $u = 1,452$; $\varepsilon = 0,02$.

$$d_{22} = \frac{204,7 \cdot 1,452}{(1 - 0,02)} = 303,3 \text{ мм}.$$

Прийmemo діаметр привідного шківів $d_{22} = 297,18 \text{ мм}$.

Розрахуємо швидкість руху паса, яка визначається за лінійною швидкістю на ободі привідного шківа та залежить від його діаметра й частоти обертання:

$$v = \frac{\pi \cdot d_{22} \cdot n_2}{60 \cdot 1000} = \frac{\pi \cdot 297,18 \cdot 2430}{60 \cdot 1000} = 24,1 \text{ м/с.} \quad (3.36)$$

Приймемо число пасів $n = 4$.

Кут обхвату на веденому шківі: $\alpha = 150^\circ$.

Визначимо сила натягу паса, на веденому валі:

$$S = 2 \cdot S_0 \cdot n \cdot \sin\left(\frac{\alpha}{2}\right), \quad (3.37)$$

де $2 \cdot S_0 = 250 \text{ Н}$.

Визначимо величину зусилля, що передається на ведений вал з боку веденого шківа, з урахуванням натягу паса та крутного моменту, який передається передачею.

$$S = 250 \cdot 4 \cdot \sin\left(\frac{150^\circ}{2}\right) = 966 \text{ Н.}$$

Розрахуємо величину крутного моменту, що виникає на веденому шківі, виходячи з переданої потужності та частоти обертання відповідного вала:

$$M_4 = 9,55 \cdot \frac{N_4}{n_4} = 9,55 \cdot \frac{280 \cdot 0,736}{3528} = 0,5578 \text{ кН м.} \quad (3.38)$$

Розрахунок валу доподрібнюючого пристрою

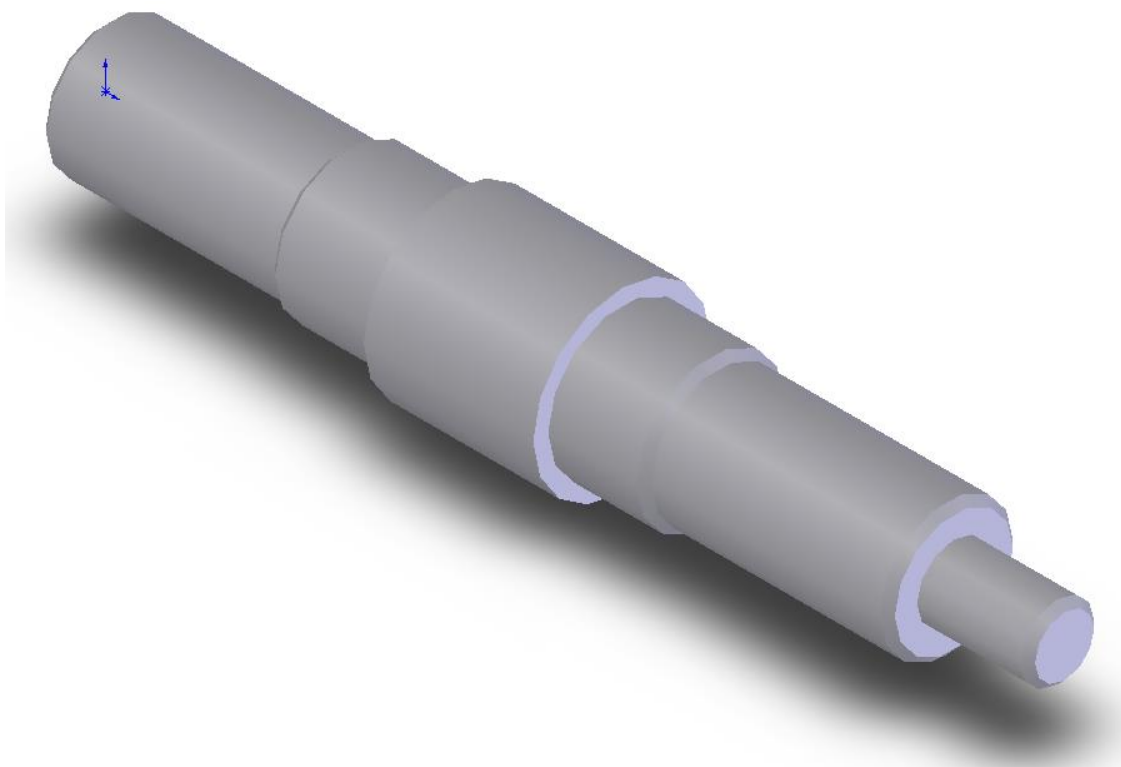
Виконаємо аналіз НДС вала доподрібнювального апарата кормозбирального комбайна.

Для цього, з використанням тривимірної САПР SolidWorks, створено твердотільну модель досліджуваного вала (рис. 3.6, а).

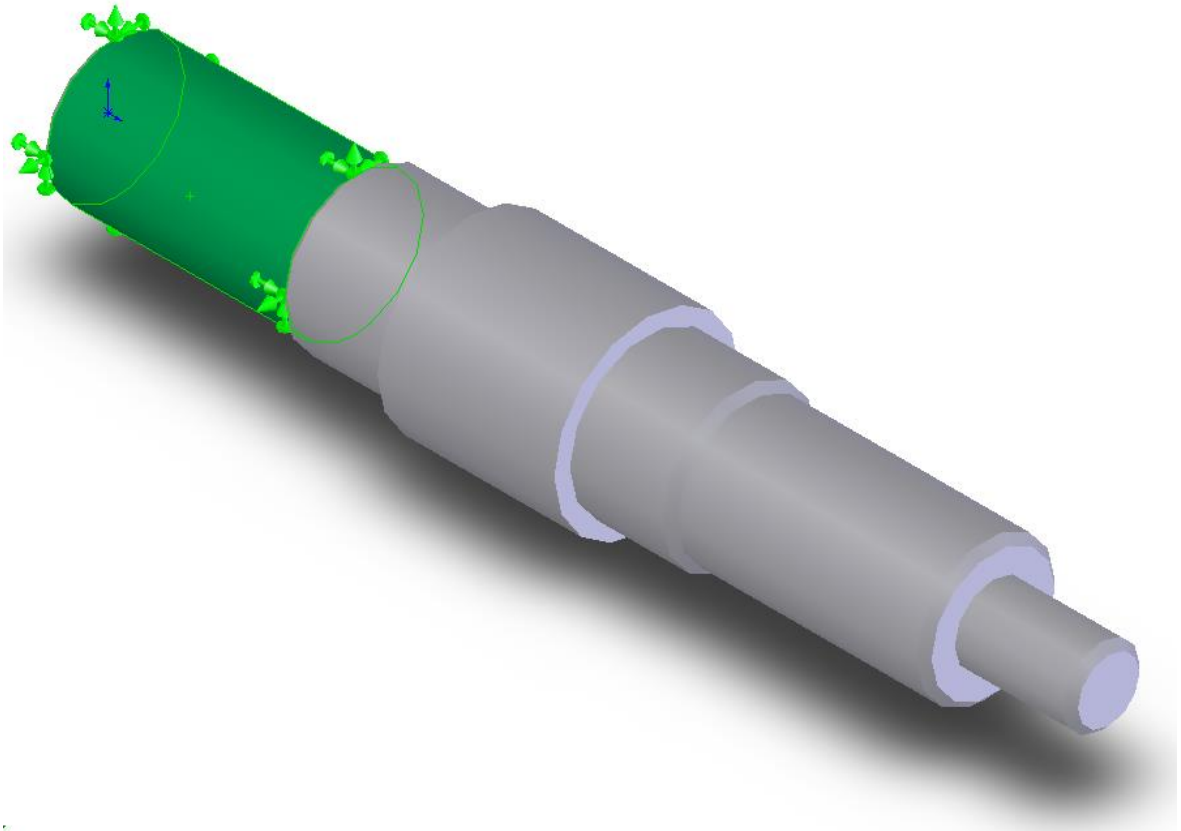
У рамках моделювання задано граничні умови – обидва кінці вала умовно защемлені (рис. 3.6, б), що імітує його реальне закріплення в конструкції машини.

На протилежні частини вала прикладено навантаження у вигляді крутного моменту величиною 314 Н·м, що відповідає реальним умовам експлуатації (рис. 3.6, в).

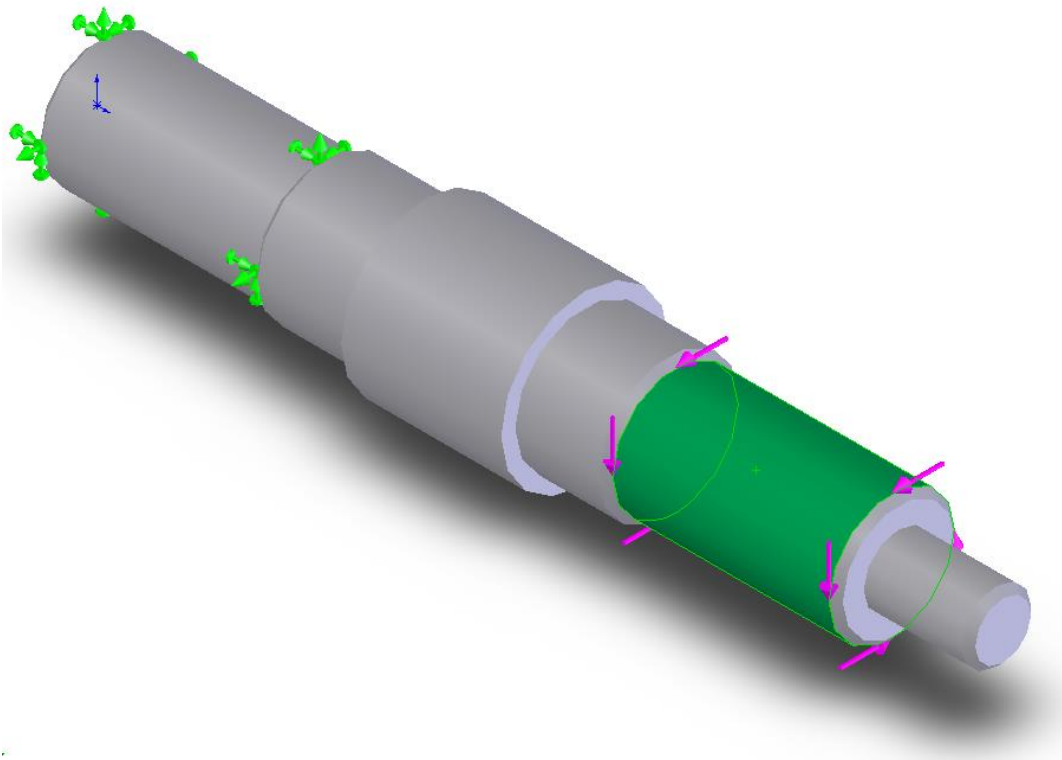
Для забезпечення точності чисельного моделювання побудовано сітку кінцевих елементів на основі тривимірної геометричної моделі вала подрібнювального апарата (рис. 3.6, г).



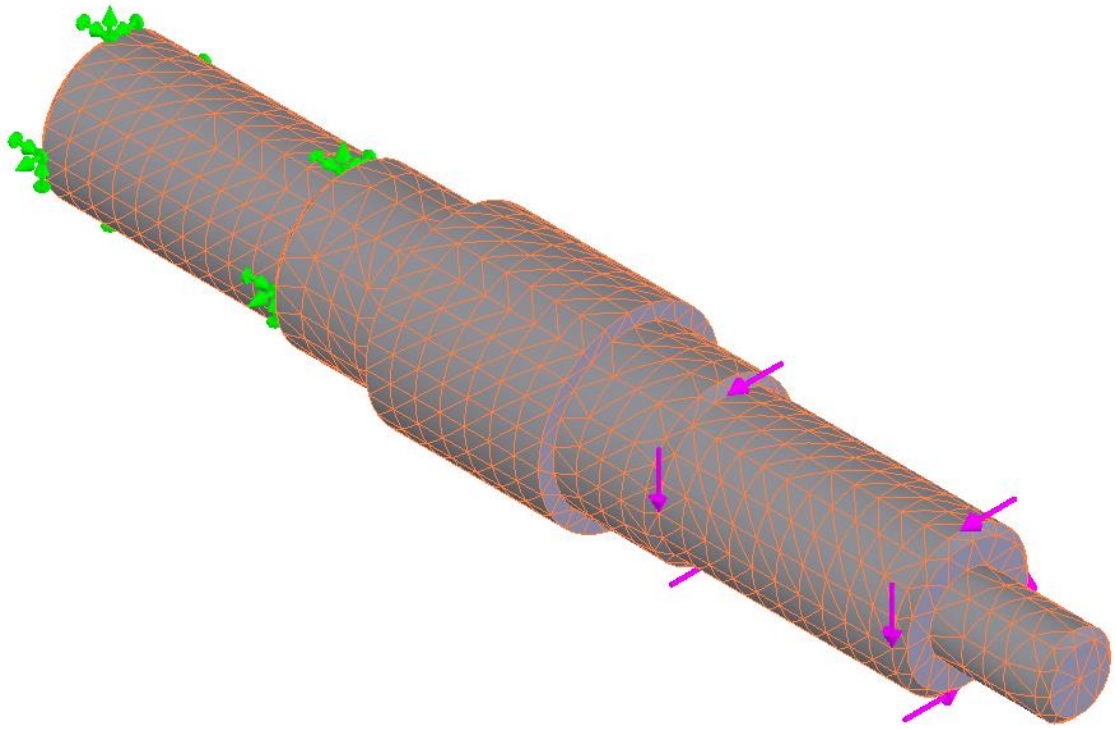
а)



6)



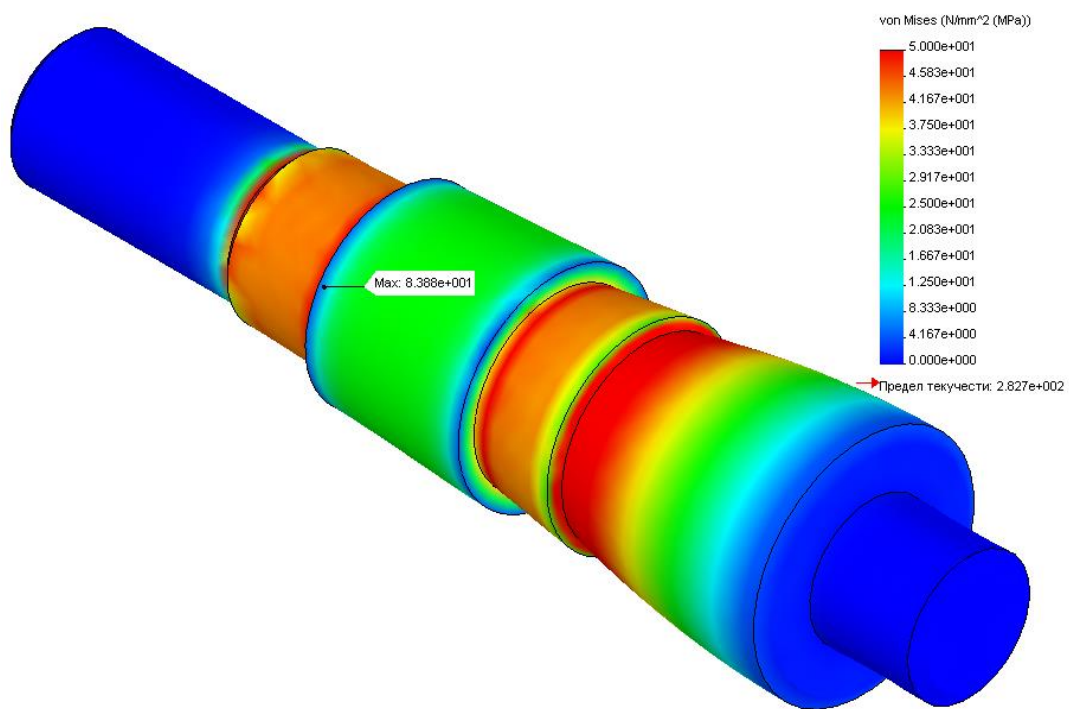
B)



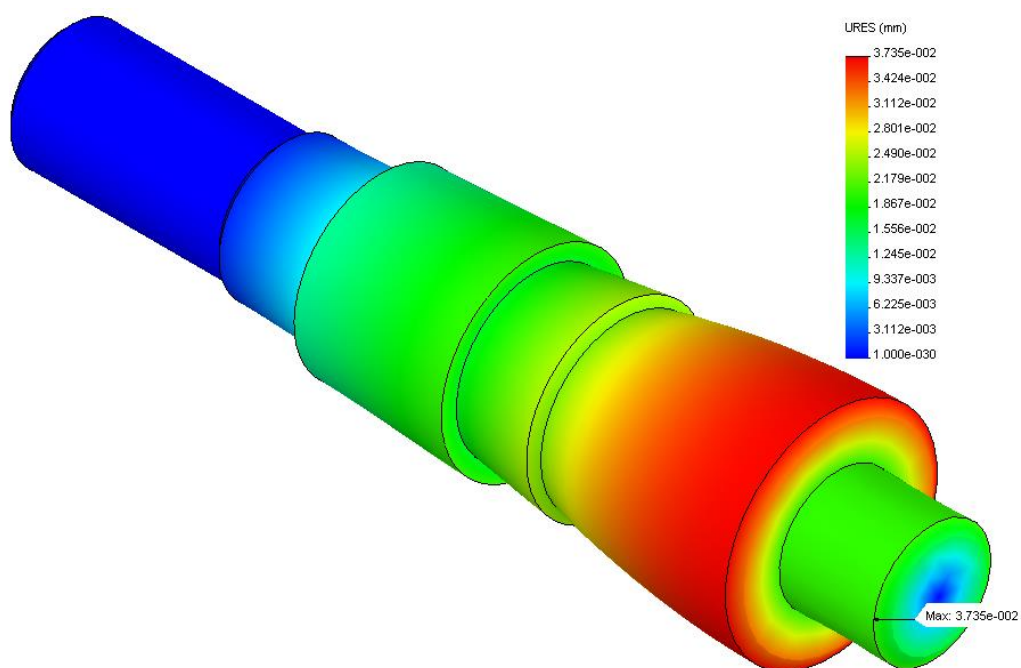
г)

Рисунок 3.6 – Побудова моделі ведучого валу доподрібнюючого апарату

Результати дослідження напружено-деформованого стану вала подрібнювального апарата кормозбирального комбайна, отримані з використанням модуля кінцевоелементного аналізу CosmosWorks у середовищі тривимірного моделювання SolidWorks, наведено на рисунку 3.7.



a)



б)

Рисунок 3.4 – Результати досліджень НДС валу доподрібнюючого апарату

Результати розрахунків, виконаних із застосуванням методу скінченних елементів, свідчать про те, що найбільші значення напружень спостерігаються в зонах закріплення вала подрібнювального апарата. Їхня величина становить орієнтовно 84 МПа.

Максимальні значення лінійних деформацій вала в процесі навантаження досягають приблизно 0,04 мм.

4. БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1. Вимоги охорони праці при роботі на кормозбиральних комбайнах

Узагальнені вимоги стосовно безпеки праці до кормозбиральної техніки установлюються ДСТ 12.2.019 – 76 і вважаються єдиними вимогами стосовно конструкцій машин та сільськогосподарських машин в цілому з точки зору безпеки та гігієни праці.

Комбайни мають відповідати вимогам стандарту ДСТ 12.2.003–74, а також бути обладнаними і мати в наявності: дзеркала заднього вигляду, гальмові сигнали, габаритні вогні, передні та задні ліхтарі, покажчики поворотів, двохсвітлові фари з можливістю перемикання на ближнє і дальнє світло, підніжки, поручні, ручки, в тому випадку, коли робочі місця розташовані на висоті більш як 550 мм; мати футляр для аптечки першої медичної допомоги, термос для питної води; облаштовані кріпленнями засобів гасіння пожеж.

Кут поперечної статичної стійкості повинен бути не меншим 35° стосовно тракторів, а також 30° для самохідних машин сільськогосподарського призначення. Параметри стосовно величини шумів та вібрацій не мають перевищувати величини, які установлені нормативами. Рівень звуків в кабіні машин та зовнішніх шумів на відстанях 7,5 м не повинні перевищувати 85 дБ. Машини також повинні бути облаштовані кабінами.

При проведенні технічного обслуговування та огляду слід перевірити стан та надійність кріплення стійок підшипників основного карданного валу, підіймачів, що призначені для підкопування пласта, теребильних агрегатів, вирівнювачів, ріжучих апаратів, корпусів та кришок різного роду підшипників. Потрібно переконатися у відсутності протікання масел з коробки вирівнювачів та різальних апаратів, редуктора та гідравлічних систем.

За потреби проводять регулювання вузлів комбайнів і заточування дисків

ріжучих апаратів.

Проводять огляд, регулювання вузлів та механізмів в строго визначеній відповідності до правил технічного обслуговування кормозбиральних комбайнів. Особливу увагу слід звертати на проведення регулювань запобіжних муфт.

При підніманні комбайнів при допомозі домкратів потрібно підкладати під них міцні підставки, для піднімання під колеса потрібно встановлювати упори.

Проводити очищування робочих органів від різного бадилля та рослинних рештків і землі лише за допомогою чистиків-різаків.

З метою полегшення умов праці при встановленні пружин для теревильних апаратів, начіплюванні теревильних ланцюгів та виправленні пальців для вирівнювачів, використовують спеціальні пристосування.

Затуплені диски ножів різальних апаратів необхідно заточувати спеціальними пристосуваннями, що додаються до комбайнів. Заточування проводять при частоті обертання карданних валів 545 об/хв.

При заточуванні або виправлянні дискових ножів заборонено підтримувати використовувані пристрої руками та сторонніми предметами, не рекомендовано також перебувати на основній рамі комбайнів. При заточуванні, а також при заправлянні бруска заточувальних пристосувань потрібно користуватися захисними окулярами, з метою уникнення потрапляння абразів в органи зору.

Запускати в експлуатацію комбайни, при відсутності огорожувальних пристроїв карданних передач та надійної сигналізації, заборонено. Тому в процесі огляду необхідно переконатися в їх наявності та надійності.

При проведенні перевірок механізмів комбайнів на холостому ході забороняється знаходитись біля відкритих передач, а також навпроти головних карданних валів. Заборонено перебувати між енергозасобом та комбайном під час їх руху.

Відповідальними за дотриманням техніки безпеки при проведенні

обслуговування комбайнів є трактористи-машиністи.

Перед проведенням запуску двигунів комбайнів необхідно, щоб важелі розподільчих пристроїв знаходилися в нейтральному положенні і були виключені центральні редуктори.

Механізми рухливих рамок перевіряють шляхом піднімання та опускання їх не допускаючи ривків чи ударів об землю.

До проведення обслуговування стендів, що призначені для обкатування різного роду вузлів, агрегатів, а також машин в цілому допускаються лише особи, які мають вік від 18 років, які пройшли медичний огляд, відповідні навчання та інструктажі з техніки безпеки, а також і мають відповідні кваліфікаційні посвідчення.

Випробування та обкатування вузлів і машин, які є джерелом створення шумів і виділення шкідливих речовин, потрібно проводити в ізольованих приміщеннях, і котрі обладнані дистанційним керуванням випробовуваними машинами.

Стенди для проведення обкатки двигунів внутрішнього згоряння повинні бути обладнаними автоматичними пристроями, що виключатимуть можливість перевищення допустимих частот обертання валів двигунів.

Забезпечення безпеки випробувань двигунів, коробок передач, задніх мостів комбайнів, а також інших вузлів базується на міцному закріпленні їх на відповідних стендах, надійних з'єднаннях рухомих і обертових частин, а також у розміщенні захисних кожухів на з'єднувальних муфтах, різного роду загороджень на привідних органах.

4.2. Заходи безпеки при роботі на кормозбиральних комбайнах

При роботах на кормозбиральних комбайнах є необхідним дотримання певних заходів безпеки.

Особи, які не мають допуску до управління комбайнами, а також не пройшли спеціальні інструктажі, до роботи допускати забороняється. На комбайнах дозволяється перебувати в зручному і добре заправленому одязі та маючи захисні окуляри. Стороннім особам перебувати на комбайнах також заборонено. Вмикати двигун і рушати з місця комбайни дозволяється тільки в тих випадках, коли поряд відсутні люди, і тільки після подавання звукового сигналу. Проведення усіх регулювань та технічне обслуговування слід виконувати лише після повної зупинки комбайну і лише після вимкнення двигуна. Не дозволяється виправляти будь-що під жатками, якщо вони надійно не закріплені стійками та підпорками.

Після проведення ремонтних робіт потрібно перевірити, чи не забутий який-небудь допоміжний інструмент. Забороняється зачіпати руками працюючі відкриті механізми та перебувати біля необгороджених шківів, які обертаються, працюючих ланцюгових передач, пасів і зірочок. Всі наявні захисні пристосування мають бути міцно закріпленими на своїх відповідних місцях.

Потрібно систематично здійснювати перевірки надійності гальмів, рульового керування та систем сигналізації. Після повної зупинки комбайнів важіль перемикання передач потрібно перевести в нейтральне положення і обов'язково вимкнути молотарку. Забороняється буксирування комбайнів із ввімкненими передачами. Відкривати кришки радіаторів неохолоджених двигунів без використання рукавиць не можна. При заміні акумуляторних батарей потрібно особливо остерігатися потрапляння електроліту на одяг та незахищені частини тіла.

Повороти комбайном потрібно виконувати при швидкостях не більш як 3 ... 4 км/год. На таких ж швидкостях припустимо пересуватися на схилах до 10°, під час туману або похмурою погодою. При проведенні транспортування слід дотримуватись інтервал не менш як 30 м між самим комбайном та транспортом, що їде спереду. Від зустрічного транспорту потрібно триматися на відстані 2 м з правої сторони.

Рами комбайнів повинні бути заземленими при допомозі масивних металевих ланцюгів. Комбайн має бути забезпечений набором справного допоміжного інструменту та аптечкою першої медичної допомоги з відповідними лікарськими засобами.

Потрібно строго дотримуватись правил протипожежної безпеки, з огляду на це на комбайнах має бути комплект із двох вогнегасників, двох металевих лопат, мітл, брезент і бочка з водою (50 л). На випускній трубу двигуна комбайна має бути натягнуто іскрогасник і добре ущільнено випускний колектор. Комбайн потрібно утримувати в чистому стані та своєчасно проводити очищення від рослинних рештків. Кожного дня потрібно здійснювати перевірку справності електропроводки і не припускати забруднювання її мастилом і паливними матеріалами. При проведенні заправки комбайнів потрібно стежити, щоб не допускати проливання паливних матеріалів. Місце для стоянки комбайнів, польовий стан, а також заправні пункти потрібно по всьому периметру обороти та забезпечити всіма протипожежними засобами, а також тракторами з плугами для обороти ділянок на випадок виникнення пожежі. При нічних зберіганнях комбайни мають знаходитися на відстані не менш як 20 м між собою.

Забороняється:

- проводити конструктивні зміни в комбайнах без погодження цього з відповідними органами;
- розпочинати прибирання зернових на масивах, не розбитих на ділянки по 30...50 га повздовжніми та поперечними смугами завширшки 8 м і без виконання проорювань на ширину 4 м;
- проводити вивантаження зерна в машини, що не облаштовані іскрогасниками; використовувати відра з метою заправляння паливних баків;
- працювати на комбайнах без проведення регулювань систем живлення і запалювання;
- рушати комбайном з місця, не вивільнивши стоянкове гальмо;
- працювати із погано натягнутими пасами приводів варіаторів

швидкості руху комбайнів;

- проводити зварні роботи та палити перебуваючи на зернових масивах або на відстанях менших 30 м від них;

- палити багаття на відстані ближче за 200 м від зернових масивів.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Основною метою кваліфікаційної роботи є підвищення якості подрібнення рослинної маси кормозбиральними комбайнами шляхом удосконалення конструкції доподрібнюючого пристрою.

У межах дослідження проведено аналіз агротехнічних вимог до сучасних кормозбиральних машин, а також вивчено фізико-механічні властивості сільськогосподарських культур, що заготовлюються на корм, з урахуванням критеріїв якості їх подрібнення.

У теоретичній частині роботи здійснено детальний огляд конструктивних рішень доподрібнюючих пристроїв, що використовуються в кормозбиральній техніці. Особливу увагу приділено технічним засобам, спрямованим на покращення ефективності подрібнення, зокрема аналізу будови та технологічного процесу функціонування комбайна КВК-800, а також його ключових виконавчих вузлів — живильно-подрібнювального апарата та доподрібнюючого пристрою.

У проектній частині наведено техніко-технологічне обґрунтування модернізації комбайна КВК-800, зокрема запропоновано вдосконалений варіант доподрібнюючого пристрою з гідравлічною системою регулювання зазору між вальцями.

Виконано комплекс необхідних технологічних розрахунків, зокрема визначено основні параметри й конструктивні розміри подрібнювального барабана, а також здійснено розрахунок основних елементів модернізованого доподрібнюючого пристрою.

Окремий розділ присвячено вимогам охорони праці та безпеки під час експлуатації кормозбиральної техніки.

Запропоновані інженерні рішення спрямовані на підвищення надійності та стабільності роботи доподрібнюючого пристрою комбайна КВК-800, а також на досягнення високого рівня якості подрібнення зерен кукурудзи у фазах воскової та повної стиглості.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Войтюк Д.Г. Сільськогосподарські машини: основи теорії та розрахунку: Навчальний посібник / За ред. Д.Г. Войтюк, С.С. Яцун, Довжик М.Я. // Суми. Університетська книга, 2008. 450 с.
2. Гевко Р.Б. Машини сільськогосподарського виробництва. /Гевко Р.Б., Ткаченко І.Г., Павх І.І. Тернопіль, 2005. 228с.
3. Довбуш А.Д. Опір матеріалів: навчально-методичний посібник до виконання курсової роботи / А.Д. Довбуш, Н.І. Хомик. Тернопіль: Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2014. 191 с.
4. Довбуш Т.А. Методи проектування сільськогосподарських машин: навчально-методичний посібник до курсового проектування /Т.А. Довбуш, Н.І. Хомик, А.Д. Довбуш. Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2019. 72 с.
5. Довідник сільського інженера/ В.Д.Гречкосій, О.М.Погорілець, І.І.Ревенко та ін; За ред. В.Д.Гречкосія. 2-е вид.перероб. і доп. К: Урожай, 1991. 400 с.
6. Енергетичні засоби сільськогосподарського виробництва. 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. 31 с.
7. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи для студентів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти за освітньо-професійною програмою «Агроінженерія» / Олексюк В.П., Сташків М.Я. Тернопіль: ТНТУ ім. І Пулюя, 2022. 47 с.
8. Охорона праці в сільському господарстві [Електронний ресурс]: Режим доступу вільний: http://ipal.at.ua/publ/okhorona_praci/mozhlivi
9. Павлище В.Т. Основи конструювання та розрахунок деталей машин. /В.Т. Павлище. К.: Вища школа, 1993. 556 с.

10. Технологічні карти вирощування сільськогосподарських культур. Харків: ХДТУСГ, 2001. 173 с.
11. Хомик Н.І. Машини та обладнання для тваринництва: навчальний посібник (курс лекцій). Частина перша / Н. І. Хомик, А. Д. Довбуш, В. П. Олексюк. Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2021. 240 с.
12. Хомик Н.І. Машини та обладнання для тваринництва: навчальний посібник (курс лекцій). Частина друга / Н. І. Хомик, А. Д. Довбуш, В. П. Олексюк. Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2021. 246 с.
13. Хомик Н.І. Методичний посібник до виконання дипломної роботи для здобуття освітнього ступеня «магістр» для студентів денної та заочної форм навчання спеціальності 133 Галузеве машинобудування з орієнтацією на спеціалізацію «Машини сільськогосподарського виробництва» / Н.І. Хомик, М.Я. Сташків, В.П. Олексюк. Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2018. 164 с.
14. Хомик Н.І. Основи агрономії. Курс лекцій /Хомик Н.І., Довбуш А.Д., Олексюк В.П. Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2015. 300 с.
15. 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.
16. Хомик Н.І. Агрозахист: навчальний посібник / Н.І. Хомик, В.В. Мартинюк, А.В. Бабій, Г.Б. Цьонь, Т.А. Довбуш, А.Д. Довбуш. Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2025. 520 с.
17. Nevko R., Stashkiv M., Lyashuk O., Vovk Y., Oleksyuk V., Tson O., Bortnyk I. Investigation of internal efforts in the components of the crop sprayer boom section. Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering. Volume 105, Issue 1 (2021), 33 – 41.
18. Roman Nevko; Yurii Nykerui; Taras Dovbush; Vasyl Oleksyuk. Substantiation of constructive parameters of a frame structure elements of the rope mechanism transport system for storing piece loadings into small warehouses. Scientific Journal of TNTU. Tern.: TNTU, 2020. Vol 100. No 4. P. 62–74.

19. Гудь, М., Ворощук, 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.

20. 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.

21. 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.