

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 прибирання незернової частини
врожаю з удосконаленням подрібнювача соломи
зернозбирального комбайну**

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

спеціальності 208

Агроінженерія

(шифр і назва спеціальності)

Глудик А.Л.
(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 Глудика Андрію Леонідовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Підвищення ефективності прибирання незернової частини врожаю з удосконаленням подрібнювача соломи зернозбирального комбайну

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

Затверджені наказом ректора від « 14 » квітня 2026 року № 4/9-182

2. Термін подання студентом завершеної роботи 18 червня 2026 року

3. Вихідні дані до роботи _____

Вид роботи – прибирання незернової частини врожаю; базова конструкція комбайну Дон-1500; пропускна здатність молотарки – 7 кг/с; середня врожайність 40 ц/га; середня швидкість – 1,3 м/с

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

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

1. Основні способи прибирання незернової частини врожаю. 2. Огляд техніки для прибирання незернової частини врожаю. 3. Комбайн Дон-1500. Технологічна схема. 4. Подрібнювач соломи комбайну Дон-1500. Принципова схема. 5. Барабан. Складальне креслення. 6. Брус протиризальний. Складальне креслення. 7. 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

14.04.2026 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Оглядова частина.	20.04.2026 р.	
2	Обґрунтування експлуатаційних характеристик зернозбирального комбайну.	10.05.2026 р.	
3	Проектна частина.	25.05.2026 р.	
4	Безпека життєдіяльності, основи охорони праці.	30.05.2026 р.	
5	Реферат. Вступ. Висновки.	05.06.2026 р.	
6	Ілюстративна частина. Додатки.	12.06.2026 р.	

Студент

_____ (підпис)

Глудик А.Л.

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Олексюк В.П.

_____ (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Автор роботи – Глудик Андрій Леонідович.

Тема роботи – «Підвищення ефективності прибирання незернової частини врожаю з удосконаленням подрібнювача соломи зернозбирального комбайну».

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

Складовою частиною технологічного процесу збирання зернових є подрібнення та розсіювання соломи зернозбиральним комбайном. Якість роботи подрібнювача безпосередньо впливає на продуктивність комбайна, якість підготовки поля до наступних агротехнічних операцій, рівномірність внесення рослинних решток у ґрунт та ефективність використання соломи. Недостатня якість подрібнення призводить до утворення нерівномірного шару соломи, забивання ґрунтообробних машин, погіршення умов сівби та зниження врожайності наступних культур.

Аналіз сучасних конструкцій подрібнювачів свідчить, що існуючі технічні рішення не завжди забезпечують необхідну якість подрібнення та рівномірність розподілу рослинних решток. Це призводить до перевитрат енергії, зниження продуктивності комбайнів і погіршення агротехнічних показників роботи машинно-тракторних агрегатів.

Тому вдосконалення конструкції подрібнювача соломи є актуальним напрямом підвищення ефективності прибирання незернової частини врожаю.

Мета роботи

Метою кваліфікаційної роботи є підвищення ефективності прибирання незернової частини врожаю шляхом удосконалення подрібнювача соломи

зернозбирального комбайна.

Об'єкт, методи та джерела дослідження

Об'єкт дослідження. Технологічний процес прибирання незернової частини врожаю колосових культур.

Предмет дослідження. Конструктивні та технологічні параметри подрібнювача соломи зернозбирального комбайна.

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

Отримані результати:

- розглянуто основні способи прибирання незернової частини врожаю колосових культур, проведено аналіз їх переваг і недоліків;
- проведено огляд техніки для виконання операції прибирання незернової частини врожаю;
- здійснено аналіз будови і технологічного процесу зернозбирального комбайну Дон-1500;
- проведено обґрунтування удосконалення подрібнювача соломи;
- наведено економічне обґрунтування ефективності застосування удосконаленої конструкції подрібнювача;
- виконано комплекс необхідних технологічних та конструктивних розрахунків, зокрема розрахунок ширини захвату жнивarki та швидкостей комбайна; режиму роботи ріжучого апарату; розрахунок шнекового транспортера та соломотряса; транспортуючих пристроїв; міцнісні розрахунки ведучого вала скребкового транспортера;
- розглянуто вимоги охорони праці та безпеки під час експлуатації зернозбиральних комбайнів.

Практичне значення отриманих результатів.

Практичне значення роботи полягає у підвищенні якості подрібнення та розподілення соломи, зменшенні енерговитрат і покращенні ефективності використання незернової частини врожаю у сучасному сільськогосподарському виробництві.

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 – 64, додатки – 2 арк. формату А4, ілюстративний матеріал – 12 арк. формату А4.

Ключові слова: зернозбиральний комбайн, подрібнювач соломи, незернова частина врожаю, преспідбирач, обмолот зерна.

УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ

Розділ 2:

$E_{\text{вп}}$ - економія витрат праці, год;

P_p - зниження витрат праці, %;

E_{o1} - сумарна річна економія з урахуванням прямих порівнянних витрат, тис.грн;

$Z_{\text{ду}}$ - витрати транспортного процесу по доставці половини до місця закладки на ферму, грн.

E_k - економія капіталовкладень, грн;

U_k - рівень економії капіталовкладень, %;

Z_{p1}, Z_{p2} - приведені витрати по комплексу робіт по початковому і проектуваному варіантам технологічних карт, грн/га.

$E_{\text{ф}}$ - річний економічний ефект з урахуванням додаткового збору біологічного урожаю НЧВ на кормовий ресурс для пошарової закладки в "кормоцех-траншею", тис. грн.

P_{m1}, P_{m2} - рівень механізації праці по початковому і проектуваному варіантам технології, %;

$U_{\text{п}}$ - рівень зниження витрат палива на 1 га посіву, %.

Розділ 3:

B - ширина захвату жниварки, м;

g - пропускна здатність молотарки комбайна, $\frac{\text{кг}}{\text{с}}$;

Q - середня врожайність збираної культури, $\frac{\text{кг}}{\text{м}^2}$;

$V_{\text{м ср}}$ - середня робоча швидкість комбайна, $\frac{\text{м}}{\text{с}}$;

ν - коефіцієнт ν , що визначає вміст зерна в хлібній масі;

ω - кутова швидкість кривошипа, с^{-1} ;

r - радіус кривошипа, мм;

H_x - висота установки ріжучого апарату над поверхнею поля, м;

q - величина поздовжнього або поперечного відгинів стебел, м;

A - коефіцієнт для апарату нормального різання;

$N_{уд}$ - потужність, потрібна на 1 м захвату жниварки, $\frac{кВт}{м}$;

L - середня довжина стебла, м;

Δ - необхідний запас довжини кола труби, м;

γ - об'ємна вага хлібної маси, $\frac{кг}{м^3}$;

φ - коефіцієнт заповнення шнека;

w_0 - дослідний коефіцієнт;

$q_{з.п.}$ - кількість зерна, що поступає на соломотряс, $\frac{кг}{с}$;

q_n - допустимі втрати зерна за соломотрясом, $\frac{кг}{с}$;

μ - коефіцієнт сепарації, $м^{-1}$;

γ - об'ємна вага вороху, $\frac{кг}{м^3}$;

V_c - швидкість руху вороху по соломотрясі, $\frac{м}{с}$;

ψ - коефіцієнт заповнення (менше значення при великих значеннях кута нахилу);

H - висота скребка, м;

b - ширина скребка, м;

V - швидкість ланцюга, $\frac{м}{с}$;

α - кут нахилу транспортера до горизонту, °;

φ - кут тертя продукту по скребку, °;

r_a - радіус по зовнішніх кромках скребоків, мм;

Q - продуктивність, $\frac{т}{год}$;

L - довжина горизонтальної проекції транспортера, м;

L' - довжина вертикальної проекції транспортера, м;

W - коефіцієнт опору руху.

ЗМІСТ

Вступ	11
1. Оглядова частина	12
1.1. Аналіз способів прибирання незернової частини врожаю колосових культур	12
1.2. Огляд техніки для прибирання незернової частини врожаю	17
1.3. Обґрунтування теми кваліфікаційної роботи бакалавра	21
2. Обґрунтування експлуатаційних характеристик зернозбирального комбайну	23
2.1. Будова і технологічний процес зернозбирального комбайну	23
2.2. Обґрунтування удосконалення подрібнювача соломи	27
2.3. Розрахунок економічної ефективності застосування удосконаленого подрібнювача	29
3. Проектна частина	34
3.1. Розрахунок ширини захвату жнивarki та швидкостей комбайна	34
3.2. Розрахунок режиму роботи ріжучого апарату	35
3.3. Розрахунок шнекового транспортера	41
3.4. Розрахунок солоотряса	44
3.5. Розрахунок транспортуючих пристроїв	47
3.6. Розрахунок ведучого вала скребкового транспортера	50
4. Безпека життєдіяльності, основи охорони праці	54
4.1. Вимоги охорони праці при роботі на зернозбиральних комбайнах	54
4.2. Заходи безпеки при роботі на зернозбиральних комбайнах	56
Загальні висновки	60
Перелік посилань	61
Додатки	64

ВСТУП

Культивування зернових є однією з провідних галузей аграрного виробництва України та має важливе значення для забезпечення продовольчої безпеки держави, розвитку тваринництва й формування експортного потенціалу країни. Поряд із отриманням основної продукції – зерна, у процесі збирання колосових культур утворюється значна кількість незернової частини врожаю, до якої належать солома, полова та інші рослинні рештки. Раціональне використання цієї продукції є важливим резервом підвищення ефективності сільськогосподарського виробництва.

У сучасних умовах незернова частина врожаю розглядається не лише як побічна продукція, а і як цінна сировина для виробництва органічних добрив, кормів, підстилки для тварин, а також альтернативних джерел енергії. Разом із тим ефективність її використання значною мірою залежить від якості виконання технологічного процесу збирання та подрібнення соломи.

Нерівномірний розподіл рослинних решток по поверхні поля, недостатній ступінь подрібнення та значні втрати соломи негативно впливають на подальший обробіток ґрунту, сівбу наступних культур і загальний рівень агротехнічної ефективності.

Особливого значення проблема набуває в умовах впровадження сучасних ресурсозберігаючих технологій землеробства, зокрема мінімального та нульового обробітку ґрунту. За таких технологій якісне подрібнення та рівномірне розсіювання соломи є необхідною умовою забезпечення нормального функціонування посівних і ґрунтообробних машин.

Водночас зі збільшенням урожайності зернових культур зростає і кількість незернової маси, що створює додаткові навантаження на робочі органи подрібнювачів соломи зернозбиральних комбайнів.

Тому вдосконалення конструкцій подрібнювачів соломи є актуальним напрямом підвищення ефективності прибирання незернової частини врожаю.

1. ОГЛЯДОВА ЧАСТИНА

1.1. Аналіз способів прибирання незернової частини врожаю колосових культур

Незернова частина врожаю (НЧВ) колосових культур включає соломку, полову, стерню та інші рослинні рештки, що залишаються після обмолоту зерна. Рациональне використання НЧВ має велике значення для тваринництва, енергетики, виробництва органічних добрив та підтримання родючості ґрунту. Вибір способу прибирання залежить від природно-кліматичних умов, урожайності, призначення соломи, технічного забезпечення господарства та економічної доцільності.

Основні способи прибирання незернової частини врожаю:

1. Розстилання соломи по полю

Цей спосіб передбачає подрібнення соломи та рівномірне розсіювання її по поверхні поля під час роботи зернозбирального комбайна. Для цього комбайни оснащують подрібнювачами-розкидачами соломи.

Перевагами є зменшення витрат на транспортування та заготівлю, повернення органічної маси у ґрунт, покращення структури ґрунту та підвищення вмісту гумусу та зменшення ерозійних процесів.



Рисунок 1.1 – Розсіювання подрібненої соломи по поверхні поля

Недоліки: можливе ускладнення наступного обробітку ґрунту, потреба у додатковому внесенні азотних добрив для прискорення мінералізації, нерівномірний розподіл соломи при неправильному налаштуванні техніки.

Такий спосіб широко застосовується в умовах мінімального та нульового обробітку ґрунту.

2. Формування валків соломи

Після проходу комбайна солома укладається у валок за допомогою соломотряса або спеціального укладача. Далі валки підбирають прес-підбирачами або навантажувачами.



Рисунок 1.2 – Укладання соломи у валки

Переваги: можливість заготівлі соломи як корму або підстилки, зручність механізованого підбирання, зменшення втрат соломи.

Недоліками є додаткові операції та витрати пального, залежність від погодних умов, ущільнення ґрунту транспортними засобами.

Цей спосіб є одним із найпоширеніших у господарствах тваринницького напрямку.

3. Пресування соломи

Солому після укладання у валки підбирають прес-підбирачами з формуванням тюків або рулонів.

Застосовується декілька видів пресування

- Тюкове пресування. Передбачає формування прямокутних тюків. Переваги: зручність транспортування і складування, висока щільність пакування, зручність механізованого навантаження. Недоліки: складніша конструкція преса, більша потреба у технічному обслуговуванні.

- Рулонне пресування. Формуються циліндричні рулони. Переваги: висока продуктивність, простота конструкції, менші витрати праці. Недоліки: незручність транспортування, потреба у спеціальних засобах для навантаження та перевезення.



Рисунок 1.3 – Пресування соломи у тюки

4. Подрібнення та збирання подрібненої маси

Солома подрібнюється комбайном або окремими подрібнювачами та завантажується у транспортні засоби. Перевагами вважають можливість використання для виробництва паливних брикетів або компосту, скорочення кількості технологічних операцій, зручність подальшої переробки.



Рисунок 1.4 – Подрібнення соломи комбайном із завантаженням у транспортні засоби

Недоліки: значні енерговитрати, необхідність спеціального обладнання, втрати легких фракцій при транспортуванні.

5. Загортання соломи в ґрунт



Рисунок 1.5 – Загортання соломи дисковими боронами

Після подрібнення солому загортають дисковими боронами, культиваторами або плугами. Перевагами такого способу є підвищення вмісту органічної речовини у ґрунті, покращення водоутримувальної здатності, зменшення потреби в органічних добривах.

Недоліки: уповільнення мінералізації, можливий дефіцит азоту, ускладнення передпосівного обробітку.

Технологічні схеми прибирання НЧВ

Однофазна технологія

Усі операції виконуються одночасно зернозбиральним комбайном. Вони включають обмолот зерна, подрібнення соломи, розсіювання або формування валка. За такої технології забезпечуються мінімальні витрати часу, висока продуктивність, менша кількість проходів техніки.

Двофазна технологія

Спочатку здійснюється обмолот зерна, а потім окремо збирається солома.

При такому способі є змога отримати вищу якість заготівлі соломи, можливість використання різних машин, збільшення кількості технологічних операцій.

Таблиця 1.1 - Порівняльна характеристика способів прибирання незернової частини врожаю

Спосіб	Основне призначення	Переваги	Недоліки
Розсіювання по полю	Відновлення родючості	Простота, низькі витрати	Ускладнення обробітку
Формування валків	Заготівля соломи	Зручність підбирання	Додаткові операції
Пресування	Зберігання та транспортування	Компактність	Потреба у пресах
Подрібнення і збирання	Переробка, енергетика	Універсальність	Високі енерговитрати
Загортання у ґрунт	Органічне удобрення	Поліпшення ґрунту	Повільне розкладання

Сучасні технології прибирання незернової частини врожаю колосових культур спрямовані на максимальне використання рослинних решток як цінного ресурсу. Найбільш поширеними є технології пресування та подрібнення соломи. У господарствах із розвиненим тваринництвом переважає заготівля соломи у рулонах або тюках, тоді як у системах ґрунтозахисного землеробства перевагу надають подрібненню та загортанню соломи у ґрунт. Ефективність обраного способу визначається рівнем механізації, економічними показниками та агротехнічними вимогами господарства.

1.2. Огляд техніки для прибирання незернової частини врожаю

Для збирання, транспортування, подрібнення та утилізації незернової частини врожаю застосовується широкий комплекс машин і агрегатів.

Сучасна техніка дозволяє використовувати соломку як корм, підстилку, органічне добриво або сировину для виробництва біопалива.

1. Зернозбиральні комбайни з подрібнювачами соломи

Сучасні зернозбиральні комбайни оснащуються подрібнювачами-розкидачами соломи, які забезпечують подрібнення рослинних решток і рівномірне розсіювання по поверхні поля.

Найбільш поширеними є комбайни: CLAAS серії Lexion і Tucano; John Deere серії S та T; New Holland серії CX і CR; Case IH серії Axial-Flow.

Подрібнювачі комбайнів мають: ротор із ножами; протирізальні пластини; розкидальні диски; механічний або гідравлічний привід.

Перевагами використання зернозбиральних комбайнів є скорочення кількості технологічних операцій, рівномірне розподілення соломи, підготовка поля до мінімального обробітку.

Недоліками виступають високі енерговитрати, складність якісного розподілення при високій урожайності, підвищене навантаження на комбайн.



Рисунок 1.6 – Зернозбиральні комбайни CLAAS серії Lexion

2. Валкоутворювачі соломи

Для подальшого пресування або підбирання солому укладають у валки. Часто валок формується безпосередньо комбайном, але також застосовують окремі валкоутворювачі та граблі.



Рисунок 1.7 – Валкувачі соломи STIRMOT BIG BULL

Основні типи валкоутворювачів: колісно-пальцьові, роторні, стрічкові

валкоутворювачі.

Використання валкоутворювачів забезпечує утворення рівномірних валків, зменшує втрати соломи, покращує роботу прес-підбирачів.

Недоліками є додатковий прохід техніки та залежність від погодних умов.

3. Прес-підбирачі

Прес-підбирачі є основною технікою для заготівлі соломи. Вони підбирають валок і формують спресовану масу у тюки або рулони.

Рулонні прес-підбирачі формують циліндричні рулони.

Найбільш відомі виробники: Krone; Welger; Claas; John Deere.

Переваги: висока продуктивність, простота конструкції, менші витрати на обслуговування. Недоліки: складність транспортування рулонів, потреба у спеціальних захватах.



Рисунок 1.8 – Рулонний прес-підбирач Krone Bellima F130e

Тюкові прес-підбирачі формують прямокутні тюки високої щільності.

Переваги: зручність складування, краща транспортабельність, висока щільність пресування. Недоліки: складніша конструкція, більша вартість техніки.

Такі машини широко використовуються у великих агропідприємствах і

логістичних системах біоенергетики.



Рисунок 1.9 – Тюкові прес-підбирачі Claas

4. Причепи-підбирачі

Причепи-підбирачі використовуються для підбирання подрібненої або неподрібненої маси з валків та транспортування її до місця зберігання.

Конструкція агрегату включає підбирач, подрібнювальний апарат, транспортний кузов, вивантажувальний механізм.

Перевагами є поєднання кількох операцій, висока продуктивність, зменшення витрат праці. Недоліки: значна маса агрегату та потреба у потужному тракторі.

Техніка для прибирання незернової частини врожаю колосових культур постійно вдосконалюється у напрямі підвищення продуктивності, енергоефективності та універсальності. Найбільш поширеними є технології пресування соломи у рулони або тюки, а також подрібнення із подальшим внесенням у ґрунт. Використання сучасних машин дає можливість не лише ефективно утилізувати рослинні рештки, а й отримувати додаткову продукцію для кормових, енергетичних та агротехнічних потреб.

1.3. Обґрунтування теми кваліфікаційної роботи бакалавра

Сучасне сільськогосподарське виробництво України потребує впровадження ефективних технологій збирання та раціонального використання незернової частини врожаю колосових культур. Значні обсяги соломи, що утворюються після збирання зернових, є цінним ресурсом для тваринництва, виробництва органічних добрив, мульчування ґрунту та отримання біоенергетичної сировини. Разом із тим у багатьох господарствах прибирання незернової частини врожаю супроводжується значними втратами, нерівномірним розподілом рослинних решток та підвищеними енерговитратами.

Одним із найбільш важливих елементів технологічного процесу є подрібнення та розсіювання соломи зернозбиральним комбайном. Якість роботи подрібнювача безпосередньо впливає на продуктивність комбайна, якість підготовки поля до наступних агротехнічних операцій, рівномірність внесення рослинних решток у ґрунт та ефективність використання соломи. Недостатня якість подрібнення призводить до утворення нерівномірного шару соломи, забивання ґрунтообробних машин, погіршення умов сівби та зниження врожайності наступних культур.

Особливої актуальності проблема набуває в умовах впровадження ресурсозберігаючих технологій обробітку ґрунту, зокрема мінімального та нульового обробітку, де рівномірний розподіл подрібнених рослинних решток є обов'язковою умовою ефективного функціонування технологічного процесу. Крім того, збільшення врожайності зернових культур супроводжується зростанням маси соломи, що підвищує навантаження на робочі органи подрібнювачів та знижує їх експлуатаційну ефективність.

Існуючі конструкції подрібнювачів соломи не завжди забезпечують необхідну якість подрібнення та рівномірність розподілу соломи по ширині захвату жатки. Це обумовлює необхідність удосконалення конструкцій робочих

органів, оптимізації режимів роботи та підвищення енергетичної ефективності подрібнювальних пристроїв.

Удосконалення подрібнювача соломи зернозбирального комбайна дозволить підвищити якість подрібнення рослинних решток; забезпечити рівномірне розсіювання соломи по поверхні поля; зменшити енерговитрати технологічного процесу; покращити умови подальшого обробітку ґрунту; підвищити ефективність використання незернової частини врожаю.

Отже, тема кваліфікаційної роботи є актуальною та має важливе практичне значення для сучасного агропромислового виробництва.

2. ОБҐРУНТУВАННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЗЕРНОЗБИРАЛЬНОГО КОМБАЙНУ

2.1. Будова і технологічний процес зернозбирального комбайну

Зернозбиральний комбайн Дон-1500 є самохідною сільськогосподарською машиною, призначеною для збирання зернових колосових культур прямим комбайнуванням та роздільним способом. Комбайн виконує комплекс технологічних операцій: зрізування стеблової маси, транспортування її до молотильного апарата, обмолот, сепарацію зерна, очищення зернового вороху, накопичення зерна в бункері та вивантаження його в транспортні засоби.



Рисунок 2.1 - Зернозбиральний комбайн Дон-1500

Комбайн Дон-1500 належить до машин класичної схеми компонування з поперечним молотильним барабаном і клавішним соломотрясом. Він характеризується високою продуктивністю, надійністю та можливістю роботи в

різних ґрунтово-кліматичних умовах.

Залежно від зони експлуатації, умов збирання врожаю комбайн може оснащуватися копнувачем для прибирання незернової частини врожаю, капотом для формування валка із соломи та полови або подрібнювачем, що працює за різними технологічними схемами: збирання подрібненої соломи і полови у причіпні транспортні засоби чи розподілення подрібненої маси по поверхні поля.

Основними технічними характеристиками комбайна є:

- потужність двигуна - 235–250 к. с.;
- ширина захвату жатки - 6; 7 або 8,6 м;
- місткість зернового бункера - близько 6 м³;
- пропускна здатність молотарки - до 14 кг/с;
- робоча швидкість - 5–10 км/год;
- маса комбайна - близько 13–14 т.

Конструктивно комбайн складається з таких основних частин: жатної частини, похилої камери, молотильного апарата, соломотряса, системи очищення зерна, зернового та колосового шнеків, зернового бункера, двигуна, ходової частини, гідравлічної та електричної систем, кабіни оператора.

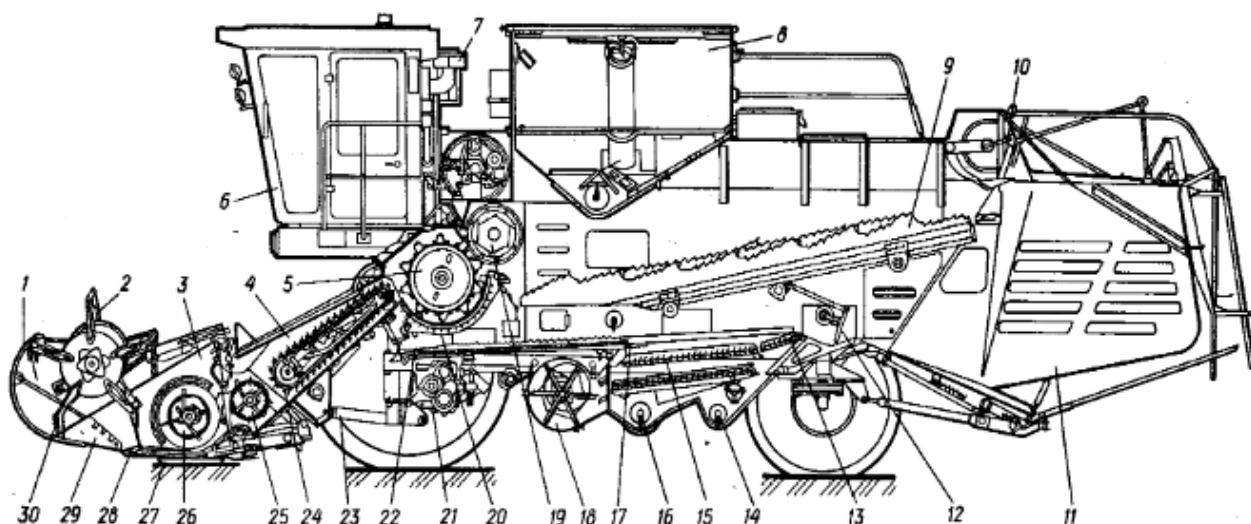


Рисунок 2.2 – Технологічна схема зернозбирального комбайну Дон-1500

Технологічний процес роботи комбайна Дон-1500 (рис.2.2) полягає у послідовному виконанні операцій збирання та обробки зернової маси.

Подільники жатки 1 відокремлюють смугу хлібної маси, ширина якої відповідає ширині захвату жатки. Граблини 3 мотовила 2 підводять стеблову масу до різального апарата 28. Після зрізування стебла надходять на платформу жатки, звідки шнеком 26 переміщуються до центральної частини, де захоплюються пальцями підбирального механізму та спрямовуються до проміжного бітера проставки 25. Надалі хлібна маса подається до транспортера 24 похилої камери, нижня гілка якого транспортує її до молотильного апарата.

Барабан 5, обертаючись, здійснює ударну дію бичами по стеблах та протягує їх через проміжок між барабаном і підбарабанням 20, забезпечуючи відокремлення зерна від колосків. Основна частина зерна (70–80 %) разом із половиною та дрібними домішками проходить крізь решітку підбарабання та надходить на стрясну дошку 22. Решта вороху виводиться з молотильного апарата на відбійний бітер 19, який знижує швидкість переміщення соломи та спрямовує її на клавішний соломотряс 9.

У процесі переміщення вороху по пальцьовій решітці, розташованій у вихідній частині підбарабання, відбувається додаткове виділення зерна із соломистої маси. Відбійний бітер 19 також забезпечує відведення обмолоченої маси від барабана та запобігає намотуванню стебел на його поверхню.

На клавішах соломотряса соломиста маса піддається інтенсивному струшуванню, внаслідок чого зерно та дрібні домішки проходять крізь отвори клавіш і по їх днищу надходять на стрясну дошку 22. Солома переміщується клавішами до вихідної частини молотарки, після чого граблинами соломонабивача 10 подається в камеру копнувача 11.

Зерновий ворох, що надходить на стрясну дошку 22, яка здійснює коливальні рухи, транспортується до верхнього решета 15. У процесі переміщення зернова суміш розділяється на фракції: зерно концентрується в нижніх шарах, тоді як збоїна переміщується догори. На пальцьовій решітці 17 стрясної дошки відбувається затримання великих домішок, а половина та дрібні

включення проходять крізь отвори й потрапляють на верхнє решето системи очищення, де піддаються дії повітряного потоку, створеного вентилятором 18. У результаті легкі домішки та солома видаляються за межі молотарки.

Зерно проходить через отвори жалюзійних решіт, накопичується в жолобі шнека 16 та за допомогою скребкового елеватора подається до завантажувального шнека, звідки надходить у бункер 8.

Недомолочені колоски затримуються верхнім решетом і переміщуються до подовжувача 13. Після проходження через його отвори вони надходять до жолоба колосового шнека 14, який транспортує їх до елеватора домолочувального пристрою. Після повторного обмолоту ворох знову спрямовується на стрясну дошку для подальшого очищення.

Крупні домішки, які не проходять через отвори подовжувача 13, разом із легкими домішками виводяться за межі молотарки та за допомогою половонабивача 12 подаються до копнувача 11. Подача соломи до копнувача здійснюється соломонабивачем 10.

Копнувач призначений для збирання соломи та соломи після проходження молотарки, формування копиць і їх подальшого вивантаження на полі. Маса сформованої копиці становить 250–350 кг. Конструктивно копнувач виконаний у вигляді камери шириною 2200 мм і місткістю 14 м³. Його конструкція включає подавачі грабельного типу, які забезпечують транспортування та ущільнення соломи й соломи, механізм вивантаження сформованої копиці та систему автоматичного закривання камери після вивантаження. У верхній частині копнувача встановлено сигналізатор рівня заповнення. Сформована копиця вивантажується безпосередньо на поверхню поля.

Замість копнувача комбайн може комплектуватися подрібнювачем, призначеним для подрібнення соломистої маси та збирання всієї незернової частини врожаю у причіпні транспортні засоби, а також для укладання її у валок або рівномірного розподілення по поверхні поля.

2.2. Обґрунтування удосконалення подрібнювача соломи

Подрібнювач соломи зернозбирального комбайна Дон-1500 є важливим робочим органом, який забезпечує подрібнення та розподіл незернової частини врожаю по полю. Водночас у його роботі виявляється низка конструктивних і експлуатаційних недоліків, які впливають на якість технологічного процесу та ефективність роботи всього комбайна.

Основні недоліки подрібнювача соломи комбайну Дон-1500:

1. Нерівномірність подрібнення та розподілу соломи

Одним із головних недоліків є нерівномірний розподіл подрібненої соломи по ширині захвату жатки та по довжині поля. Це особливо проявляється при роботі на вологій або полеглий масі, що погіршує агротехнічні умови наступного обробітку ґрунту.

2. Підвищене зношування деталей

Ножі та молотки подрібнювача працюють у важких умовах абразивного зносу. Це призводить до швидкого затуплення ножів, деформації або обриву молотків, зносу вала та підшипникових вузлів.

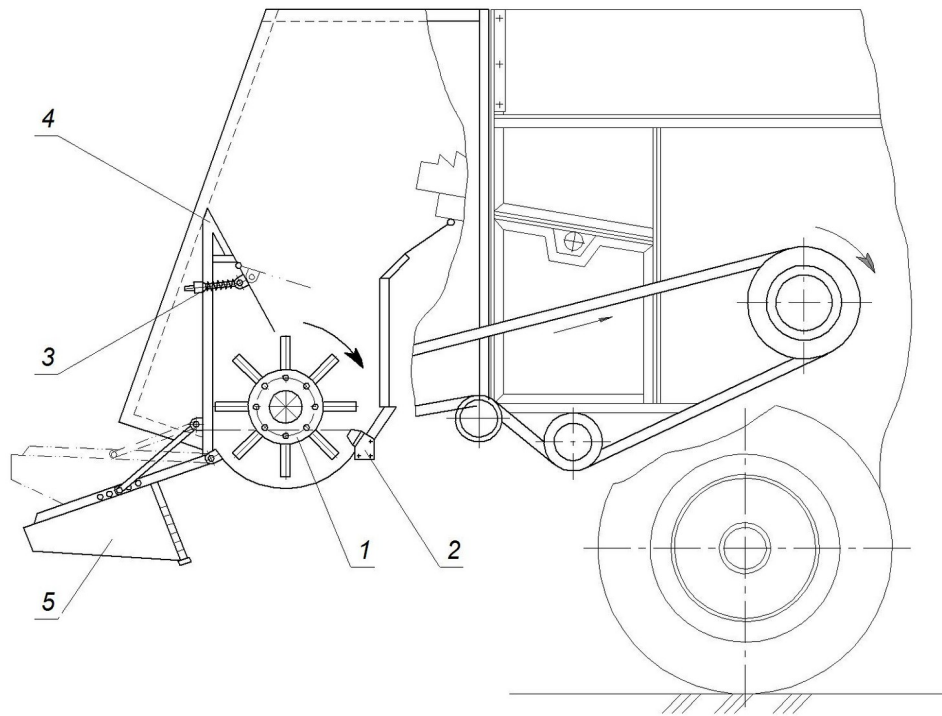
3. Часті забивання робочої камери

При роботі з вологими або великостебловими культурами можливе забивання подрібнювального барабана рослинною масою, що потребує зупинки комбайна для очищення.

Ці фактори є основою для подальшого вдосконалення конструкції подрібнювача з метою підвищення ефективності збирання врожаю.

Робота подрібнювача відбувається таким чином: обмолочена соломиста маса із соломотряса під дією власної ваги надходить у корпус 1 на заслінку 2, після чого порційно подається до молотків барабана 3, що обертається. Під дією повітряного потоку молотки захоплюють соломку, спрямовують її до протирізальних ножів, де відбувається процес подрібнення. Надалі подрібнена маса подається на регульований дефлектор, який забезпечує спрямування та рівномірне розподілення потоку по ширині проходу комбайна по стерньовому

фону поля.



- 1 – барабан із збільшеним числом молотків; 2 – протиризальний пристрій;
3 – заслінка для саморегулювання потоку; 4 – подовжений корпус;
5 – дефлектор регульований

Рисунок 2.3 - Конструкція подрібнювача соломи комбайна Дон-1500

Основним завданням удосконалення подрібнювача є зменшення довжини частинок стеблової маси, забезпечення більш інтенсивного подрібнення та рівномірного розподілення подрібненого матеріалу по поверхні поля.

Для досягнення зазначених результатів пропонується розмістити подрібнювач нижче в корпусі машини, що дозволить знизити ймовірність забивання соломотрясів. Подовження саморегульованої заслінки сприятиме стабілізації технологічного навантаження на барабан подрібнювача та покращенню подачі подрібненої маси через конфузор.

Удосконалена конструкція подрібнювача соломи представлена на рис. 2.3.

2.3. Розрахунок економічної ефективності застосування удосконаленого подрібнювача

Економічне обґрунтування доцільності застосування модернізованої конструкції подрібнювача та вдосконаленої технології обробітку і збирання пшениці виконуємо шляхом порівняння проєктного та базового варіантів на основі технологічних карт.

Порівнювані витрати за обома варіантами залишаються однаковими для всіх технологічних операцій, за винятком процесу збирання врожаю. Відмінність проєктного варіанта полягає у можливості ефективного використання незернової частини врожаю для підвищення родючості ґрунту та потреб тваринництва під час заготівлі силосних кормів, що забезпечує отримання додаткової продукції рослинництва за рахунок її раціонального використання.

Вихідні дані для проведення розрахунків за базовим і проєктним варіантами наведено в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 - Вихідні дані до розрахунків

Показники	Позначення	Варіанти	
		Базовий	Проєктний
1. Площа посіву, га	$P_{сн1}, P_{сн2}$	2435	2435
2. Врожайність, т/га	$У_1, У_2$	3,55	3,55
3. Валовий обсяг продукції, т	M_1, M_2	8644,25	8644,25
4. Витрати праці по комплексу робіт на 1 га посіву, год	T_{n-1}, T_{n-2}	3,7	2,81
5. Прямі порівняльні витрати на 1 га посіву, грн.	$З_{m-1}, З_{m-2}$	2070	1703
6. Витрата палива на 1 га, кг	$Г_1, Г_2$	108,3	104,1
7. Капіталовкладення по комплексу робіт на 1 га посіву, грн	K_{a-1}, K_{a-2}	1571	1788

8. Додаткова продукція з 1 га посіву, т (подрібнення НЧВ для закладки в силосовані культури)	M_{δ}	-	1,0
9. Ціна реалізації для тваринницької галузі 1 т додаткової продукції (НЧВ), грн.	C_p	-	1500
10. Коефіцієнт ефективності капіталовкладень	E_n	0,2	0,2
11. Сезонний фонд робочого часу, год	Γ_{ϕ}	1300	1300

Знайдемо порівняльні показники використання праці та економію витрат праці:

$$\mathcal{E}_{en} = (T_{n-1} - T_{n-2}) \cdot \Pi_{cn2}, \quad (2.1)$$

$$\mathcal{E}_{en} = (3,7 - 2,81) \cdot 2435 = 2192 \text{ год.}$$

Знайдемо відсоток зниження витрат праці:

$$\Pi_p = \left(\frac{T_{n-2} - T_{n-1}}{T_{n-2}} \right) \cdot 100\%, \quad (2.2)$$

$$\Pi_p = \left(\frac{3,7 - 2,81}{3,7} \right) \cdot 100\% = 31,7\%$$

Загальна річна економія з урахуванням прямих експлуатаційних витрат і вартості додаткового біологічного врожаю:

$$E_{o1} = [(Z_{n-1} - Z_{n-2}) + M_{\delta}(C_p - Z_{dy})] \cdot \Pi_{cn2}, \quad (2.3)$$

$$E_{o1} = [(2070 - 1703) + 1(1500 - 650)] \cdot 2435 = 2963 \text{ тис.грн.}$$

Економія капіталовкладень, тис. грн.:

$$E_{\kappa} = (K_{a-2} - K_{a-1}) \cdot \Pi_{сн2}, \quad (2.4)$$

$$E_{\kappa} = (1571 - 1788) \cdot 2435 = 528,395 \text{ тис. грн.}$$

Економія капіталовкладень в %:

$$Y_{\kappa} = \frac{K_{a-2} - K_{a-1}}{K_{a-2}} \cdot 100\% \quad (2.5)$$

$$Y_{\kappa} = \frac{1571 - 1788}{1571} \cdot 100\% = 0,6\%$$

Приведені витрати за комплексом робіт на 1 га посівної площі за порівнюваними варіантами:

$$Z_{p1} = Z_{n-1} + E_n \cdot K_{a1}; \quad (2.6)$$

$$Z_{p2} = Z_{n-2} + E_n \cdot K_{a2}.$$

Отже

$$Z_{p1} = 2070 + 0,2 \cdot 1571 = 2384 \text{ грн/га};$$

$$Z_{p2} = 1703 + 0,2 \cdot 1788 = 2061 \text{ грн/га}.$$

Величина річного економічного ефекту з урахуванням додаткового збирання НЧВ:

$$E_{\phi} = [(Z_{p1} - Z_{p2}) + M_{\delta}(Ц_p - Z_{dy})] \cdot \Pi_{нс-2}; \quad (2.7)$$

$$E_{\phi} = [(2384 - 2061) + 1(1500 - 650)] \cdot 2435 = 2856,2 \text{ тис. грн.}$$

Рівень механізації за порівнюваними варіантами:

$$P_{.m1} = \frac{T_{.nm-1}}{T_{.n1}} \cdot 100\%; \quad (2.8)$$

$$P_{.m2} = \frac{T_{.nm-2}}{T_{.n1}} \cdot 100\%.$$

Отже

$$P_{.m1} = \frac{2,52}{3,7} \cdot 100 \% = 68,1 \%;$$

$$P_{.m2} = \frac{2,25}{2,81} \cdot 100 \% = 80 \%.$$

Величина інтенсивності механізованих робіт :

$$I_1 = \frac{Q_{y_{za}}}{\Pi_{сн1}}; \quad (2.9)$$

$$I_2 = \frac{Q_{y_{za}}}{\Pi_{сн2}}.$$

Отже

$$I_1 = \frac{13173,4}{2435} = 5,41 \frac{\text{умов.га}}{\text{га}};$$

$$I_2 = \frac{10957,5}{2435} = 4,5 \frac{\text{умов.га}}{\text{га}}.$$

Знайдемо зменшення витрат паливо-мастильних матеріалів на 1 га посіву:

$$y_n = \frac{\Pi_1 - \Pi_2}{\Pi_1} \cdot 100\% \quad (2.10)$$

$$y_z = \frac{108,3 - 104,1}{108,3} \cdot 100\% = 3,9 \%$$

3. ПРОЕКТНА ЧАСТИНА

3.1. Розрахунок ширини захвату жнивarki та швидкостей комбайна

Робочу ширину захвату жнивarki визначають з урахуванням пропускної здатності молотарки комбайна q , середньої робочої швидкості руху $V_{м\text{ ср}}$, середньої врожайності культури Q та співвідношення між зерною і соломистою частинами хлібної маси. Для забезпечення повного використання пропускної здатності молотарки значення ширини захвату жнивarki B повинно відповідати такій залежності:

$$B = \frac{v \cdot g}{Q \cdot V_{м\text{ ср}}}, \quad (3.)$$

Коефіцієнт, що характеризує вміст зерна в хлібній масі:

$$v = \frac{3}{3+C}, \quad (3.2)$$

При 3 : $C=1:1,5$ $v = \frac{1}{1+1,5} = 0,4$.

Так, за середньої врожайності $Q=0,4 \frac{\text{кг}}{\text{м}^2}$ ($40 \frac{\text{ц}}{\text{га}}$), $3:C=1:1,5$ ($v=0,4$), середньої швидкості машини $V_{м\text{ ср}}= 1,3 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ і пропускній здатності молотарки $q = 7 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$ необхідна ширина захвату жатки:

$$B = \frac{0,4 \cdot 7}{0,4 \cdot 1,3} = 5,4 \text{ м.}$$

Остаточне значення ширини захвату жнивarki визначають шляхом

вибору з рекомендованого типорозмірного ряду: 3,2; 4,1; 5; 6; 7; 10;12; 15 м.

Приймаємо найближче більше значення $B=6$ м.

При розрахунках врожайність приймаємо у межах $0,2-0,6 \frac{\text{кг}}{\text{м}^2}$.

На основі максимального Q_{\max} і мінімального Q_{\min} значень врожайності визначаємо необхідний діапазон зміни робочих швидкостей руху комбайна:

$$V_{\text{м min}} = \frac{g \cdot v}{B \cdot Q_{\max}}, \quad V_{\text{м max}} = \frac{g \cdot v}{B \cdot Q_{\min}}. \quad (3.)$$

Отже

$$V_{\text{м max}} = \frac{7 \cdot 0,4}{6 \cdot 0,6} = 0,78 \frac{\text{м}}{\text{с}},$$

$$V_{\text{м min}} = \frac{7 \cdot 0,4}{6 \cdot 0,2} = 2,33 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

Таким чином за співвідношення зерна до соломи $Z:C=1:1.5$ приймемо ширину захвату жатки $B=6$ м. При варіюванні врожайності від $0.2 \frac{\text{кг}}{\text{м}^2}$ до $0.6 \frac{\text{кг}}{\text{м}^2}$, діапазон швидкостей складатиме $0,78 \frac{\text{м}}{\text{с}} - 2,33 \frac{\text{м}}{\text{с}}$.

3.2. Розрахунок режиму роботи ріжучого апарату

Ріжучі апарати жаток повинні забезпечувати якісний зріз стебел зернових культур, як прямостоячих, так і полеглих, із дотриманням заданої висоти зрізу та робочої швидкості машини. Для виконання цих вимог ріжучий апарат має відповідати визначеним геометричним і кінематичним параметрам.

Під час проектування ріжучих апаратів зернозбиральних комбайнів переважно використовують типові конструктивні елементи, зокрема пальці,

сегменти, спинку ножа, притискні лапки та інші складові. Основним завданням є обґрунтований вибір кінематичного режиму роботи ріжучого апарата та перевірка відповідності геометричних параметрів обраних конструктивних елементів установленим умовам експлуатації.

В якості вихідних параметрів для розрахунку ріжучого апарата є максимальна швидкість руху машини V_{\max} та мінімальна висота зрізу стебел H_{\min} . У процесі розрахунку здійснюють вибір стандартних елементів конструкції та визначають необхідну частоту обертання кривошипа n , подачу h , величину відгинання стебел, а також перевіряють відповідність кута нахилу леза вибраного сегмента умовам різання.

Практичний досвід показує, що для ріжучих апаратів зернозбиральних машин найбільш доцільним є використання сегментів із верхньою насічкою леза, а також вкладишів пальців із гладким лезом. Кут тертя стебел пшениці об лезо сегмента становить $\varphi_1=32^\circ$, а по лезу вкладиша - $\varphi_2=16^\circ$. Кут нахилу зазначеного сегмента дорівнює $\alpha_1=34^\circ45'$, кут нахилу вкладиша - $\alpha_2=0^\circ$.

Найбільшого поширення в зернозбиральних комбайнах набув ріжучий апарат нормального різання:

$$S = t = t_0 = 76,2 \text{ мм.}$$

Перевіряємо виконання умови затискання стебел в розхилі ріжучих пар:

$$\varphi_1 + \varphi_2 \geq \alpha_1 + \alpha_2; \quad (3.)$$

$$30^\circ + 16^\circ \geq 34^\circ45' + 0^\circ, \text{ звідки } 48^\circ \geq 34^\circ45'.$$

Обрані сегменти та вкладиші відповідають встановленим вимогам. Належна якість зрізування ріжучим апаратом забезпечується за умови, що мінімальна швидкість руху ножа становить $V_{\min}=1,5$ м/с. Мінімальне значення швидкості ножа може спостерігатися як на початку, так і в кінці процесу

різання.

Знайдемо швидкість руху ножа при його переміщенні на відстань X від крайнього положення:

$$V = \omega \cdot \sqrt{x \cdot (s - x)}, \quad (3.)$$

Величина зміщення ножа до початку і кінця різання:

$$\begin{aligned} X_{н.р.} &= S - \frac{a + 2 \cdot b}{2} \\ X_{к.р.} &= S - \frac{2 \cdot b_1 - 2 \cdot b}{2} \end{aligned} \quad (3.)$$

$$X_{н.р.} = 76,2 - \frac{76 + 2 \cdot 12}{2} = 26,2 \text{ мм} = 0,0262 \text{ м},$$

$$X_{к.р.} = 76,2 - \frac{2 \cdot 15 - 2 \cdot 12}{2} = 56,7 \text{ мм} = 0,0567 \text{ м}.$$

Підставивши отримані значення X , одержимо:

$$V_{к.р.} = \omega \cdot \sqrt{X_{н.р.} \cdot (S - X_{н.р.})};$$

$$V_{н.р.} = \omega \cdot \sqrt{X_{к.р.} \cdot (S - X_{к.р.})};$$

$$V_{н.р.} = \omega \cdot \sqrt{0,0262 \cdot (0,0762 - 0,0262)} = 0,0362 \cdot \omega \frac{\text{м}}{\text{с}};$$

$$V_{к.р.} = \omega \cdot \sqrt{0,0567 \cdot (0,0762 - 0,0567)} = 0,033 \cdot \omega \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

Мінімальні швидкості ножа спостерігаються наприкінці процесу різання і

повинні бути не меншим за 1,5, тобто $V_{к.р.} = 0,033 \cdot \omega \geq 1,5 \frac{м}{с}$.

Звідси: $\omega = \frac{1,5}{0,033} = 45,5 \text{ с}^{-1}$, а величина частот обертання кривошипа складатиме:

$$n = \frac{30 \cdot \omega}{\pi}, \quad (3.)$$

$$n = \frac{30 \cdot 4,5}{3,14} \approx 435 \text{ хв}^{-1}.$$

Для запобігання ковзанню стебел уздовж леза до вершини сегмента та їх вислизанню з розхилу ріжучої пари в процесі підведення сегментом до пальця необхідно забезпечити виконання такої умови:

$$\text{tg}\alpha_1 > \frac{V_{м\max}}{\omega \cdot r}, \quad (3.)$$

де $r = \frac{S}{2} = \frac{76,2}{2} = 38,1 \text{ мм} = 0,0381 \text{ м}$.

Отже:

$$\text{tg}\alpha = \text{tg}34^{\circ}45' = 0.694;$$

$$0,694 > \frac{2,33}{45,5 \cdot 0,0381}, \text{ або } 0,694 > 1,34.$$

Оскільки умова (3.8) не виконується, за заданої максимальної швидкості руху машини $V_{м\max} = 2.33 \text{ м/с}$ та раніше визначеної частоти обертання кривошипа $n = 435 \text{ хв}^{-1}$, можливе вислизання стебел із розхилу ріжучих пар.

Для забезпечення виконання умови (3.8) частоту обертання кривошипа необхідно збільшити.

$$\omega \geq \frac{V_{M \cdot \max}}{r \cdot \operatorname{tg} \alpha_1} = \frac{2,33}{0,0381 \cdot 0,694} \geq 88,12 \text{ с}^{-1};$$

$$n = \frac{30 \cdot 88,12}{3,14} = 842 \text{ хв}^{-1}.$$

Приймаємо дане значення частоти обертання, оскільки воно забезпечує виконання всіх вимог, які висуваються до кінематичних параметрів руху ножа.

Приймаємо число обертів $n=842 \text{ хв}^{-1}$ та визначаємо знаходимо подачу:

$$H = \frac{V_{M \max} \cdot \pi}{\omega};$$

$$h = \frac{2,33 \cdot 3,14}{88,12} = 0,083.$$

Значення h є нижчим за допустимі межі для різальних апаратів нормального різання під час скошування зернових культур, які становлять 0,18–0,195 м за висоти зрізу $H_x=138 \div 150 \text{ мм}$.

Перевіримо висоту стерні, що формується під час роботи машини на максимальній швидкості. Висоту стерні визначають за такою залежністю:

$$H = \sqrt{H_x^2 + g^2}, \quad (3.)$$

Величина поперечного відгину знайдемо згідно залежності:

$$g_{\text{поп}} = (t_0 - b) \cdot \sqrt{1 + \left(\frac{V_{M \max} \cdot \pi}{\omega \cdot S} \right)^2}, \quad (3.)$$

$$g_{\text{поп}} = (0,0762 - 0,012) \cdot \sqrt{1 + \left(\frac{2,33 \cdot 3,14}{88,12 \cdot 0,0762} \right)^2} = 0,095.$$

Величина поздовжнього відгину:

$$g_{\text{позд}} = A \cdot \frac{V_{\text{мmax}} \cdot \pi}{\omega} \cdot h';$$

$$g_{\text{позд}} = 1,29 \cdot \frac{2,33 \cdot 3,14}{88,12} \cdot 0,044 = 0,063.$$

де $A=1,29$.

Порівняння величин відгинів показує, що максимальний поперечний відгин у 1,51 раза перевищує поздовжній, тому саме він визначатиме висоту стерні. Крім того, поперечному відгинанню піддається основна частина стебел, тоді як поздовжній відгин характерний лише для незначної їх кількості.

Підставляючи у формулу (3.9) значення поперечного відгину та мінімальної висоти стерні H , визначаємо необхідну висоту встановлення ріжучого апарата H_x , яка повинна забезпечуватися механізмом регулювання висоти зрізу:

$$0,15 = \sqrt{H_{x \text{ min}}^2 + 0,095^2};$$

$$H_{x \text{ min}} = \sqrt{0,15^2 + 0,095^2} = 0,116 \text{ м} = 116 \text{ мм}.$$

З метою забезпечення необхідного запасу приймемо $H_{x \text{ min}} = 100 \text{ мм}$.

Виберемо сегмент і вкладиш.

Ріжучий апарат - типу $S=t=t_0=76.2 \text{ мм}$; частота обертання вала кривошипа - $n=842 \text{ хв}^{-1}$.

Потужність, потрібна для приводу ріжучого апарата, залежить від величини подачі, густоти хлібостою, гостроти леза сегментів, ширини захвату жатки та розраховується за такою залежністю:

$$N=N_{уд} \cdot B, \quad (3.)$$

Для апарату з шириною захвату жатки $B=6$ м, подачею $h=0,0831$ м, $N_{уд}=0,34 \frac{\text{кВт}}{\text{м}}$, отримаємо:

$$N=0,34 \cdot 6=2,04 \frac{\text{кВт}}{\text{м}}.$$

3.3. Розрахунок шнекового транспортера

Шнековий транспортер жатки під час переміщення хлібної маси повинен забезпечувати продуктивність, що відповідає максимальній продуктивності молотарки комбайна. Визначено допустимі межі конструктивних і кінематичних параметрів шнеків: зовнішній діаметр спіралі $D=460 \dots 630$ мм, висота витка шнека $h=100 \dots 125$ мм, крок спіралі $S=(0,8 \dots 1) \cdot D$, колова швидкість витків спіралі $V_{окр}=4,8 \dots 6,0 \frac{\text{м}}{\text{с}}$, осьова швидкість $V_{ос}=1,1 \dots 1,65 \frac{\text{м}}{\text{с}}$.

Довжина кола труби шнека повинна перевищувати довжину стебел, що транспортуються, для запобігання їх намотуванню, тобто має виконуватися така умова:

$$d > \frac{L + \Delta}{\pi}, \quad (3.12)$$

де $L \approx 0,8$ м;

$\Delta = 0,1 \div 0,15$ м.

Оскільки транспортування хлібної маси здійснюється від крайніх частин

жниварки до її центральної зони, права та ліва частини шнека функціонують як окремі транспортери з відповідною розрахунковою продуктивністю:

$$q_p = 0,5 \cdot q = 0,5 \cdot 7 = 3,5 \frac{\text{кг}}{\text{с}}.$$

Знайдемо величину діаметра труби шнека:

$$d = \frac{L + \Delta}{\pi} = \frac{0,8 + 0,15}{3,14} = 0,3 \text{ м.}$$

Задаємо висоту витків шнека $h=0,125$ м, розрахуємо значення зовнішнього діаметра спіралі:

$$D = d + 2 \cdot h; \quad (3.13)$$

$$D = 0,3 + 2 \cdot 0,125 = 0,55 \text{ м.}$$

Знайдемо крок витків:

$$S = 0,9 \cdot D; \quad (3.14)$$

$$S = 0,9 \cdot 0,55 = 0,495 \text{ м.}$$

Знайдемо величину частоти обертання шнека:

$$n = \frac{240 \cdot g_p}{\pi \cdot (D^2 - d^2) \cdot S \cdot \gamma \cdot \varphi}, \quad (3.15)$$

$$\text{де } \gamma = 45 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3};$$

$$\varphi=0.3 .$$

$$n = \frac{240 \cdot 3,5}{3,14 \cdot (0,55^2 - 0,3^2) \cdot 0,495 \cdot 45 \cdot 0,3} = 188,3 \text{ хв}^{-1}.$$

Знайдемо величини кутової та осьової швидкості:

$$V_{\text{кут}} = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{60}; \quad (3.16)$$

$$V_{\text{ос}} = \frac{S \cdot n}{60}; \quad (3.17)$$

$$V_{\text{кут}} = \frac{3,14 \cdot 0,55 \cdot 188,3}{60} = 5,423 \frac{\text{м}}{\text{с}};$$

$$V_{\text{ос}} = \frac{0,495 \cdot 188,3}{60} = 1,553 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

Отримані значення перебувають у рекомендованих межах, тому роботу шнекового транспортера можна вважати задовільною. Для запобігання затисканню хлібної маси між витками шнека та днищем жатки необхідно передбачити технологічний зазор у межах 10–15 мм.

Потужність, що споживається шнеком жатки за ширини захвату $B = 6$ м, становить:

$$N = 0,01 \cdot q \cdot B \cdot V_{\text{ос}} \cdot \omega_0, \quad (3.18)$$

де $\omega_0 = 1,2$.

$$N = 0,01 \cdot 7 \cdot 6 \cdot 1,55 \cdot 1,2 = 0,7812 \text{ кВт}.$$

Оптимальне значення висоти виходу пальців з труби шнека $H=136$ мм, кількість рядів пальців - 4, крок пальців - приблизно 250 мм.

3.4. Розрахунок соломотряса

У процесі розрахунку визначають радіус кривошипа та частоту обертання колінчастого вала, ширину і довжину соломотряса, а також кількість клавіш за заданої продуктивності молотарки та допустимого рівня втрат.

Встановлено, що оптимальний радіус кривошипа становить $r_k=50$ мм, а раціональна частота обертання колінчастого вала знаходиться в межах $n_k=195\dots 215$ хв⁻¹. За таких параметрів середня швидкість переміщення грубого вороху по соломотрясу становить $V_c=0,33\dots 0,4$ $\frac{м}{с}$.

Ширину соломотряса B_c приймають рівною ширині молотильного апарата. За $B_c=1200$ мм кількість клавіш становить чотири. Для молотарки з пропускною здатністю $q=7$ $\frac{кг}{с}$ хлібної маси та шириною 1200 мм обираємо чотиріклавішний соломотряс шириною $B_c =1200$ мм, з радіусом кривошипа $r_k=50$ мм, і частотою обертання колінчастого вала $n_k=200$ хв⁻¹.

Довжину соломотряса L знайдемо за формулою:

$$q_n=q_{з.п.} \cdot e^{-\mu \cdot L}. \quad (3.19)$$

На основі співвідношення між вмістом зерна та соломи в хлібній масі $З:С=1:1,5$ і пропускної здатності молотарки $q=7$ визначаємо кількість зерна, що надходить до молотарки:

$$q_з = \frac{q}{3+C} \cdot 3$$
$$q_з = \frac{7}{1+1,5} \cdot 1 = 2,8 \cdot \frac{кг}{с} \quad (3.20)$$

Кількість зерна, яке висипається через деко:

$$q_d \approx 0,8 \cdot q_3 = 0,8 \cdot 2,8 = 2,24 \frac{\text{кг}}{\text{с}}. \quad (3.21)$$

Кількість зерна, яке потрапляє на соломотряс:

$$q_{з.п.} = q_3 - q_d = 2,8 - 2,24 = 0,56 \frac{\text{кг}}{\text{с}}. \quad (3.22)$$

За заданим значенням допустимих втрат зерна за соломотрясом (0,5–1,0 % від загальної кількості зерна, що надходить до молотарки) визначаємо масу зерна, яка втрачається.

За умови втрат на рівні 0,5 %:

$$q_v = 0,005 \cdot q_3 = 0,005 \cdot 2,8 = 0,014 \frac{\text{кг}}{\text{с}}. \quad (3.23)$$

Коефіцієнт сепарації μ залежить від товщини шару вороху, який переміщується по соломотрясу. Для товщини шару $H_0 = 0,17$ м та співвідношення зернової і соломистої частин хлібної маси $Z:C = 1:1,5$ значення коефіцієнта становить $\mu_0 = 1,8 \text{ м}^{-1}$. Для інших значень товщини шару коефіцієнт μ визначають за такою залежністю:

$$\mu = \mu_0 \cdot \left(\frac{H_0}{H} \right)^m, \quad (3.24)$$

де $m = 0,8 \div 1,2$.

Розрахуємо значення товщини шару:

$$H = \frac{g \cdot \left(1 - \frac{3}{3+C}\right)}{B \cdot \gamma \cdot V_c};$$

$$H = \frac{7 \cdot \left(1 - \frac{1}{1+1,5}\right)}{B \cdot 19 \cdot 0,4} = 0,46 \text{ м};$$
(3.25)

де $\gamma = 10 \dots 20 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$;

$$V_c = 0,4 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

Згідно формули (3.24) отримаємо:

$$\mu = 1,8 \cdot \left(\frac{0,17}{0,46}\right)^{0,8} = 0,812 \text{ м}^{-1}.$$

Тоді:

$$0,014 = 0,56 \cdot e^{-0,812L}.$$

Звідки: $L = \frac{\ln(0,025)}{-0,812} = 4,543 \text{ м} \approx 4,6 \text{ м}.$

У випадку допустимих втрат на рівні 1%:

$$q_n = 0,028 \frac{\text{кг}}{\text{с}},$$

$$0,028 = 0,56 \cdot e^{-0,812L}, \quad L = 3,7 \text{ м}.$$

3.5. Розрахунок транспортуючих пристроїв

У зернозбиральних комбайнах переважно використовують скребкові

транспортери, в яких транспортування зернової маси здійснюється нижньою гілкою ланцюга (рис. 3.1).

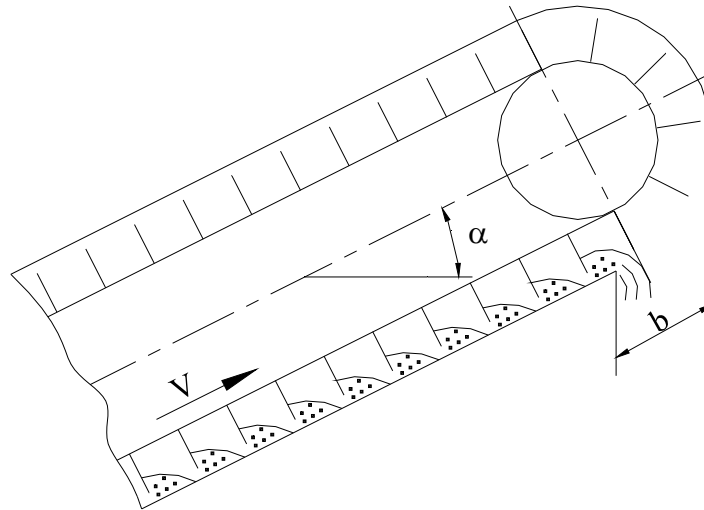


Рисунок 3.1 - Схема скребкового транспортера

Розміри скребків обирають відповідно до встановлених стандартів.

Знайдемо продуктивність скребкових транспортерів:

$$Q=3600\cdot\psi\cdot H\cdot b\cdot V\cdot\gamma, \frac{\text{т}}{\text{ч}}, \quad (3.26)$$

де $\psi=0,5\dots0,8$;

$$V=0,6\dots2 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

Задаючись геометричними параметрами скребків і швидкістю руху ланцюга, визначають продуктивність транспортера, яка повинна відповідати заданому значенню. У разі задання продуктивності визначають необхідну швидкість руху ланцюга, значення якої має перебувати в рекомендованих межах.

Для молотарки зернозбирального комбайна необхідно забезпечити

продуктивність транспортера $Q=25,2 \frac{\text{Т}}{\text{ч}}$ ($7 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$). Відповідно до вимог стандартів для зернових транспортерів приймаємо рекомендовані розміри скребків: $b=0,15$ м; $H=0,05$ м, а також коефіцієнти $\gamma=0,7 \frac{\text{Т}}{\text{М}^3}$ та $\psi=0,6$.

Визначимо потрібну швидкість ланцюга:

$$V = \frac{Q}{3600 \cdot \psi \cdot H \cdot b \cdot r},$$

$$V = \frac{25,2}{3600 \cdot 0,6 \cdot 0,05 \cdot 0,15 \cdot 0,7} = 1,85 \cdot \frac{\text{М}}{\text{с}}. \quad (3.27)$$

Отримані геометричні та кінематичні параметри елеватора відповідають заданому рівню продуктивності.

Розміри вивантажувального вікна:

$$l = V \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot H \cdot \cos \varphi}{g \cdot \cos(\alpha + \varphi)}}. \quad (3.28)$$

За нахилу транспортера $\alpha=45$ і кута тертя $\varphi=35$:

$$l = 1,85 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 0,06 \cdot \cos 35^\circ}{9,81 \cdot \cos(45^\circ + 35^\circ)}} = 0,44 \text{ м.}$$

За кутів нахилу $\alpha > 60$ зерно не встигає відокремлюватися від скребків під дією сили тяжіння, внаслідок чого його вивантаження відбувається переважно під впливом відцентрових сил.

Для забезпечення повного сходження зерна зі скребків швидкість руху ланцюга приймають за такою умовою:

$$V > \sqrt{g \cdot r_a}. \quad (3.29)$$

Потужність на привід транспортера за радіуса зірочки $r_b=0,17$ м і висоти

скребків $H=0,06$ м:

$$r_a=r_a+H=0,17+0,06=0,23 \text{ м};$$

$$V > \sqrt{9,81 \cdot 0,23} = 1,5 \cdot \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

Величина потужності на привід транспортера:

$$N = \frac{Q}{367} \cdot (L \cdot W + L'), \text{ кВт}, \quad (3.30)$$

де $W=1,3 \dots 1,7$.

$$N = \frac{25,2}{367} \cdot (0,556 \cdot 1,5 + 0,886) = 0,12 \text{ кВт}.$$

3.6. Розрахунок ведучого вала скребкового транспортера

Проведемо аналіз напружено-деформованого стану ведучого вала транспортера під дією крутних моментів, що виникають у процесі його роботи.

В системі тривимірного проєктування SolidWorks створюємо твердотільну модель вала транспортера (рис. 3.2).

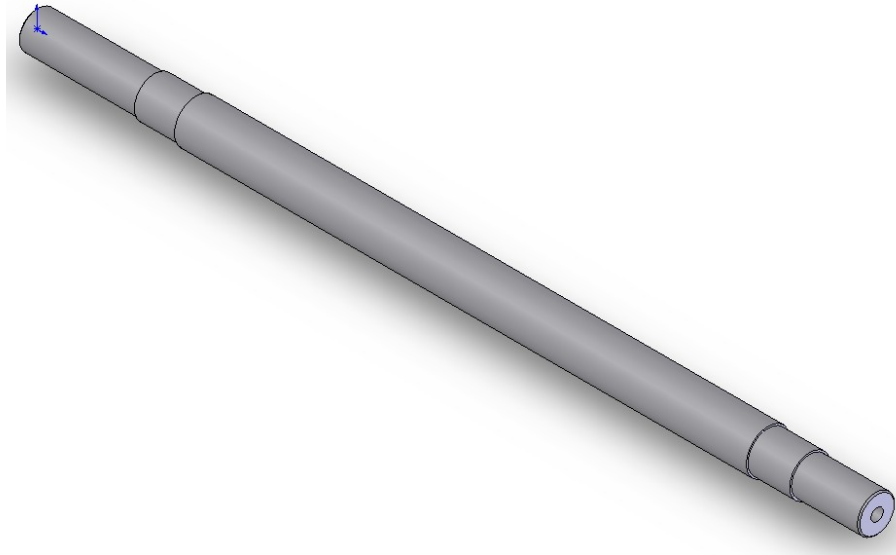
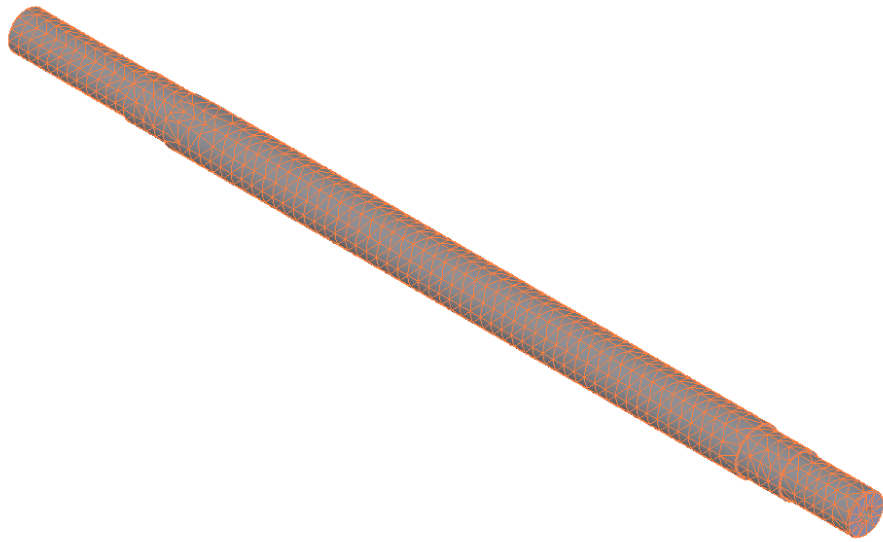


Рисунок 3.2 - Твердотільна модель ведучого вала транспортера

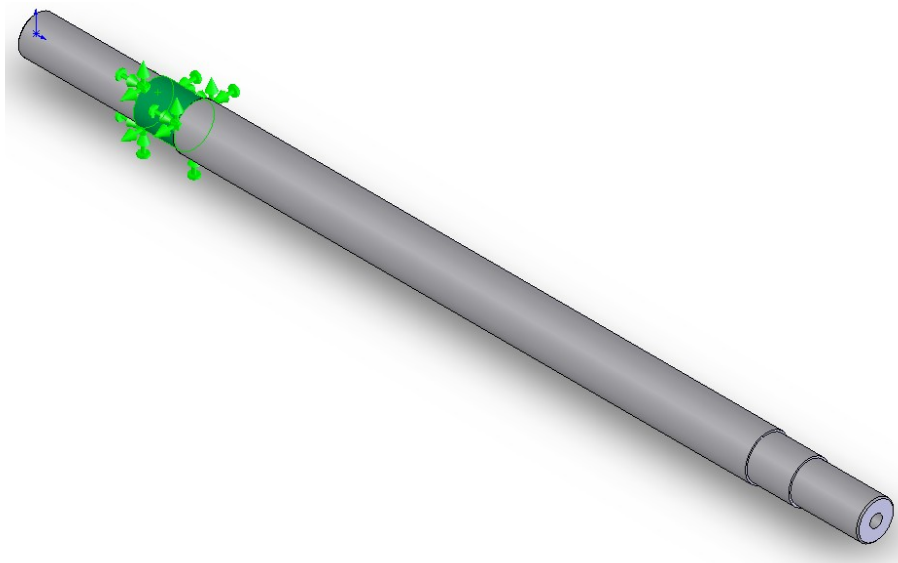
За допомогою модуля кінцевоелементного аналізу CosmosWorks системи виконуємо дослідження напружено-деформованого стану ведучого вала транспортера.

Для проведення аналізу на тривимірній моделі ведучого вала транспортера формуємо сітку кінцевих елементів (рис. 3.3, а).

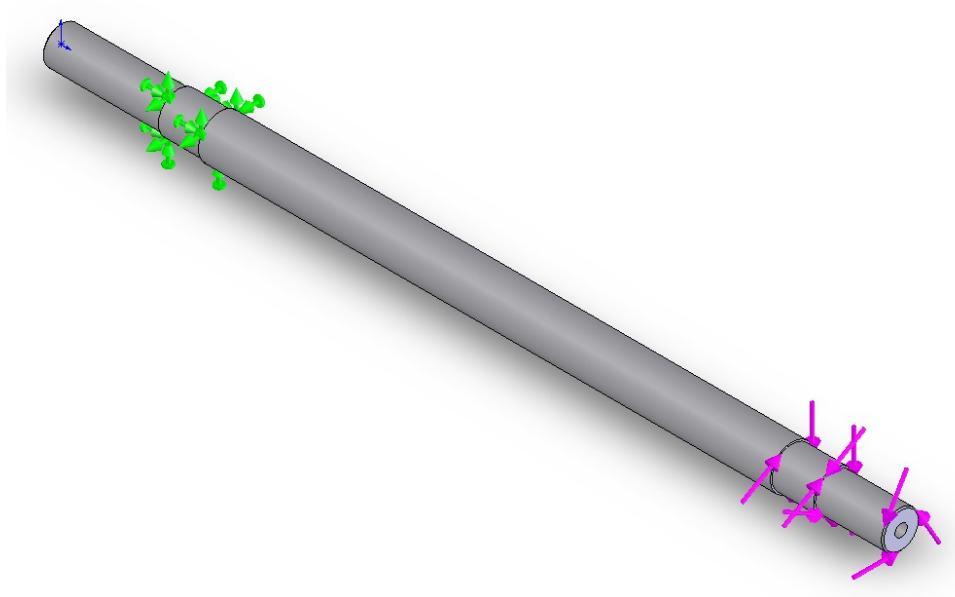
Задаємо граничні умови закріплення ведучого вала транспортера (рис. 3.3, б) та прикладаємо навантаження до його крайньої ділянки (рис. 3.3, в). Величина крутного моменту, що діє на ведучий вал транспортера, становить $M_{кр}=410.4$ Н м.



a)



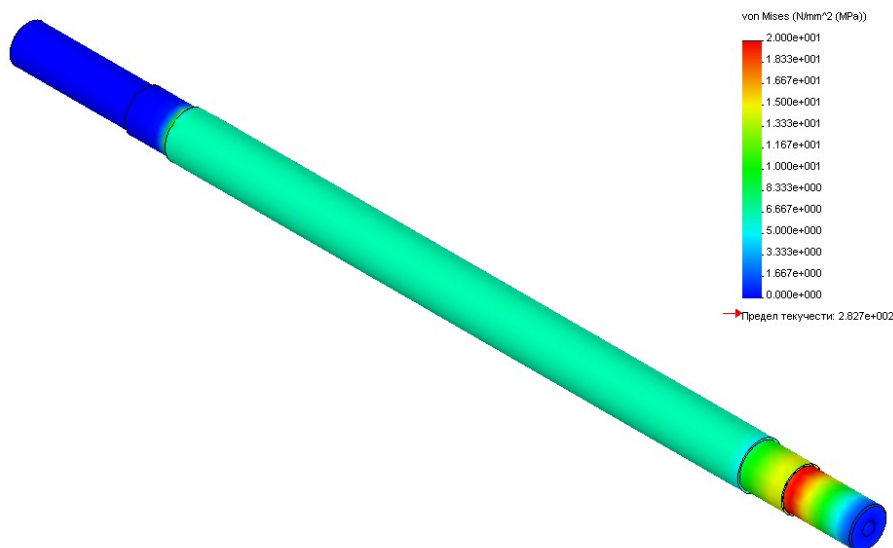
б)



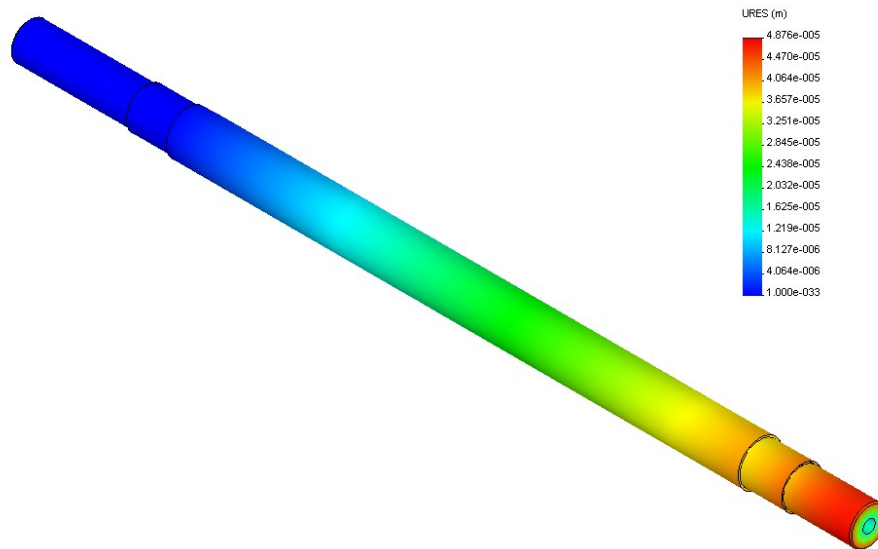
в)

Рисунок 3.3 - Моделювання ведучого вала транспортера

Результати розрахунку напружено-деформованого стану ведучого вала транспортера наведено на рис. 3.4.



а)



б)

Рисунок 3.4 - Результати розрахунку напружено-деформованого стану ведучого вала транспортера:

а - напруження, МПа; б – деформація вала транспортера, мм.

Отримані результати розрахунку свідчать, що максимальні значення дотичних напружень від дії крутного моменту в поперечному перерізі ведучого вала транспортера становлять близько 25 МПа.

Максимальне значення деформації ведучого вала транспортера досягає 0,05 мм.

4. БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1. Вимоги охорони праці при роботі на зернозбиральних комбайнах

Узагальнені вимоги стосовно безпеки праці до зернозбиральних комбайнів вважаються єдиними вимогами стосовно конструкцій машин та сільськогосподарських машин в цілому з точки зору безпеки та гігієни праці.

Комбайни мають 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 стоек підшипників основного карданного валу, підіймачів, що призначені для підкопування пласта, терebильних 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 зернозбиральних 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 очищення робочих органів від різного бадилля та рослинних рештків і землі лише за допомогою чистиків-різаків.

З метою полегшення умов праці при встановленні пружин для терebilьних апаратів, націплюванні терebilьних 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 абразивів 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 ходу 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 згорання 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 зернозбиральних комбайнах

При роботах на зернозбиральних 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 одягові 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 гальм, рульового керування та систем сигналізації. Після повної зупинки комбайнів важіль перемикачів 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 решток. 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 ефективності збирання незернової частини врожаю шляхом удосконалення конструкції подрібнювача соломи зернозбирального комбайна.

В оглядовому розділі кваліфікаційної роботи розглянуто основні технології збирання незернової частини врожаю колосових культур, проведено аналіз їх переваг та недоліків. Значну увагу приділено аналізу технічних засобів, що використовуються для виконання операцій збирання незернової частини врожаю.

Проведено дослідження конструкції та технологічного процесу роботи зернозбирального комбайна Дон-1500, обґрунтовано доцільність удосконалення подрібнювача соломи та виконано економічне оцінювання ефективності використання модернізованої конструкції подрібнювача.

У проєктній частині роботи виконано комплекс технологічних і конструктивних розрахунків, зокрема визначено ширину захвату жнивarki та робочі швидкості комбайна, розраховано параметри режиму роботи різального апарата, шнекового транспортера, соломотряса і транспортувальних пристроїв, а також проведено міцнісні розрахунки ведучого вала скребкового транспортера.

Окремий розділ присвячено питанням охорони праці та забезпечення безпечних умов експлуатації зернозбиральних комбайнів.

Запропоноване удосконалення подрібнювача соломи зернозбирального комбайна сприятиме підвищенню якості подрібнення рослинних залишків, забезпеченню їх рівномірного розподілення по поверхні поля та підвищенню ефективності використання незернової частини врожаю.

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. Недопустимість резонансних коливань пристрою пасивного ножа дообрізувача гички / Т. А. Довбуш, В. П. Олексюк, В. В. Чомко, І. М. Данчук // Тези XIII МНПК „Актуальні задачі сучасних технологій“, 11-12 грудня 2024 року. Т. : ФОП Паляниця В. А., 2024. С. 69–70.
8. 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.

9. Олексюк А.В. Пошук оптимальних конструкцій сепаруючих пристроїв картоплезбиральних машин / А.В. Олексюк, Т.А. Довбуш, В.П. Олексюк // Актуальні задачі сучасних технологій: зб. тез доповідей XIV міжнар. наук.-техн. конф. молодих учених та студентів, (Тернопіль, 11-12 грудня 2025). Тернопіль : ФОП Паляниця В.А., 2025. С. 110-112

10. Охорона праці в сільському господарстві [Електронний ресурс]: Режим доступу вільний: http://ipal.at.ua/publ/okhorona_praci/mozhlyvi.

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

12. 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.

13. 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.

14. 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.

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. 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.

17. [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