

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра тракторів і сільськогосподарських машин

П о я с н ю в а л ь н а з а п и с к а

до дипломного проекту
першого (бакалаврського) рівня вищої освіти
на тему:

**УДОСКОНАЛЕННЯ МЕХАНІЗАЦІЇ ОРГАНІЧНОГО
ЗЕМЛЕРОБСТВА З РОЗРОБКОЮ МАШИНИ ДЛЯ
ПОДРІБНЕННЯ РОСЛИННИХ ЗАЛИШКІВ**

Виконала: студентка _____ Єрмоленко Марія Євгеніївна

Керівник: _____ Кобець Анатолій Степанович

Рецензент: _____

Дніпро 2025

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра: Тракторів і сільськогосподарських машин (ТСГМ)

Освітній ступінь - "Бакалавр"

Напрямок підготовки: 208 "Агроінженерія"

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

ТСГМ

(назва кафедри)

канд. техн. наук, доцент

(вчене звання)

Г.В. Теслюк

(підпис)

(прізвище, ініціали)

„_____” _____ 20__ р.

**З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ СТУДЕНТУ**

_____ (прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту _____

керівник проєкту _____

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від

“ _____ ” _____ 20__ року № _____

2. Строк подання студентом проєкту _____

3. Вихідні дані до проєкту _____

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) _____

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

6. Консультанти розділів проекту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту	Строк виконання етапів проекту	Примітка

Студент

_____ (підпис)

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник проекту

_____ (підпис)

_____ (прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Єрмоленко М.Є. Удосконалення механізації органічного землеробства з розробкою машини для подрібнення рослинних залишків/ Випускна кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня «Бакалавр» за спеціальністю 208 «Агроінженерія». – ДДАЕУ, Дніпро, 2025. – 79 с.

В роботі проведено аналіз стану органічного землеробства в Україні. Наведені характеристики агрофону поля після збирання основних зернових культур, кукурудзи і соняшнику. А також проведено аналіз сучасної техніки для мульчування рослинних решток після збирання основного урожаю.

На підставі результатів аналізу обґрунтовано схему подрібнювача рослинних решток, проведено інженерні розрахунки і визначено основні параметри і режим роботи машини. Розроблено креслення окремих вузлів і деталей.

Розроблені заходи з охорони праці можуть бути використані при проведенні інструктажів при проведенні польових робіт і підвищать рівень безпеки працівників при виконанні технологічних операцій.

Річний економічний ефект від застосування розробок на практиці становить 281800 грн., а затрати на розробку і впровадження окупаються протягом двох років її використання.

Ключові слова: органічне землеробство, рослинні рештки, мульчування, подрібнювач, параметри, режим роботи, охорона праці, економічний ефект.

З М І С Т

В С Т У П.	6
1 ОСОБЛИВОСТІ ОРГАНІЧНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА.	9
2 ХАРАКТЕРИСТИКА АГРОФОНУ ПОЛЯ ПІСЛЯ ЗБИРАННЯ УРОЖАЮ.	15
3 АНАЛІЗ СУЧАСНОЇ ТЕХНІКИ ДЛЯ МУЛЬЧУВАННЯ РОСЛИННИХ РЕШТОК.	22
4 ОБГРУНТУВАННЯ СХЕМИ ПОДРІБНЮВАЧА.	31
5 РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ УДОСКОНАЛЕНОЇ МАШИНИ.	33
5.1 Кінематичний розрахунок машини.	33
5.2 Розрахунок ланцюгової передачі привода різального апарату.	37
5.3 Розрахунок редуктора приводу різального апарату.	42
6 ОХОРОНА ПРАЦІ.	54
6.1 Охорона праці при роботі на сільськогосподарській техніці.	54
6.2 Безпека при комплектуванні та використанні МТА.	56
6.3 Безпека праці при виконанні польових робіт.	57
7 РОЗРАХУНКИ ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ПРОЄКТУ.	59
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.	66
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.	67
Д О Д А Т К И.	70

ВСТУП

Сучасне органічне землеробство ґрунтується в основному на науково обґрунтованих сівозмінах, використанні рослинних решток, гною, компостів, сидеральних культур і виключенні застосування мінеральних добрив, хімічних засобів захисту рослин і пестицидів.

Відомо, що органічне виробництво приносить ряд переваг як для споживачів продукції, так і для сільгоспвиробників. Перевага органічної продукції у екологічній безпеці. Вона протидіє несприятливому впливу навколишнього середовища, що знижує ризик багатьох захворювань. Органічні поля мають на 30% більше біоти, ніж поля під звичайною технологією, в тваринництві це позначається на використанні високоякісних органічних кормів та меншому використанню антибіотиків, а фермери, які займаються органічним виробництвом – мають більш високі прибутки від такої продукції, адже вона сертифікована і спрямована на здорове споживання завдяки органічному логотипу ЄС (у нашій країні це логотип Органік Стандарт). Відповідно ціни на таку продукцію до 50% вищі ніж вироблені за звичайними технологіями [1, 2].

Виробництво органічної продукції в Україні перебуває на початковому етапі розвитку. Площа земель під органічним землеробством в нашій державі на 2020 рік сягала лише 462 тис. га, що становить близько 1 % від загальної площі сільськогосподарських угідь, проте мала тенденцію до збільшення.

Але через повномасштабне вторгнення росії 24 лютого 2022 року в Україні істотно зменшилися площі земель під органічне землеробство [3]. Так вже у 2022 році кількість земель під органічне виробництво в порівнянні з попереднім роком зменшились на 38%. Причиною цього називають воєнну агресію РФ, через що, станом на 31 грудня 2022 року, налічувалось вже 263619 гектарів земель, що перебувають під контролем органів органічної сертифікації. Тобто під органічне землеробство виділені всього 0,6% загальної кількості земель сільськогосподарського призначення.

В країнах Євросоюзу існують суттєві відмінності щодо частки сільськогосподарських угідь, які зараз використовуються для органічного виробництва – від 0,5% до понад 25%. Провідними європейськими країнами за розвитком органічного землеробства є Ліхтенштейн (26,87%), Австрія (18,5%) і Швеція (12,56%) від загальної площі (Institute Organic Agriculture FIBLE, Ackerstrasse, 2011). Єврокомісія презентувала «План дій з розвитку органічного виробництва, який передбачає використання до 2030 року 25% площ усіх сільськогосподарських земель для виробництва біопродуктів» [4]. Цей план націлений на збільшення виробництва та споживання органічної продукції, досягнення 25% сільськогосподарських угідь під органічним землеробством до 2030 року, а також значне збільшення органічної аквакультури.

Даний план дій передбачає 23 кроки, які структуровані на 3 частини:

- збільшення споживання та популяризація органічних продуктів;
- збільшення виробництва такої продукції;
- подальше посилення стійкості сектору органічного виробництва відносно хімічної галузі конкурентній ниві із використанням синтетичної хімії.

Основним джерелом органічних добрив є гній. Відомо, що для повернення органіки у ґрунт необхідно на гектар ріллі в господарстві мати одну корову з приплодом. На жаль, поголів'я ВРХ за роки незалежності України в сільськогосподарських підприємствах зменшилось у 13,8 рази і становить за даними Державної служби статистики близько 1,5 млн. голів, або 0,08 голови ВРХ на гектар ріллі. З початком широкомасштабного вторгнення росії кількість ВРХ ще зменшилася на 5%.

Внесення органічних добрив за цей же час (1991-2012 р.р.) під посіви сільськогосподарських культур зменшилось майже у 22 рази і становить 0,3 т/га. Тому актуальними є проблеми значного збільшення поголів'я ВРХ, а також використання органічних добрив рослинного походження. За вмістом азоту в поживних рештках культури розташовуються в такій послідовності:

солома бобових культур, гичка цукрових буряків, стебла кукурудзи, солома зернових колосових [5, 6, 7]. Так, наприклад, тонна подрібненої соломи, внесена на поверхню поля, за поживністю рівноцінна 3,5-4 тоннам гною. Проте слід врахувати, що для компенсації азоту, який витрачається на перепрівання тони соломи, необхідно внести 10 кг діючої речовини азотних добрив.

Основним рослинним органічним добривом є подрібнена солома, стебла кукурудзи і соняшнику після збирання і ін. Для їх подрібнення використовують сучасні мульчувачі вітчизняного і зарубіжного виробництва. Проте відомості про них розпорошені, а ефективність використання недостатньо обґрунтована.

Метою даної роботи є удосконалення механізації органічного землеробства з розробкою машини для подрібнення рослинних залишків.

Для того аби вирощувати, дійсно, органічну продукцію, потрібно пройти органічну сертифікацію. На сьогодні виробництво органічної продукції у країні сертифікується представниками іноземних компаній, що діють відповідно до норм і стандартів, дійсними для країн ЄС та США. З 2009 року міжнародну акредитацію на право проводити органічну сертифікацію отримала одна українська структура «Органік Стандарт». В Україні налічується близько дванадцяти сертифікованих структур із Польщі Німеччини, Італії, Швейцарії, Нідерландів, Угорщини.

Для ведення органічного землеробства сільськогосподарські землі мають відповідати вимогам рівня забрудненості шкідливими речовинами, такими як: пестициди, важкі метали, радіонукліди. Однак в Україні невелика кількість ґрунтів, потенційно придатних для ведення органічного сільського господарства. Перехід від інтенсивних технологій агровиробництва до органічного землеробства — досить тривалий процес, який може продовжуватися від 2 до 5 років [8].

Органічні технології виробництва в рослинництві спрямовані на забезпечення стійкого розвитку сільського господарства, захист навколишнього середовища та виробництво здорових продуктів без використання хімічних добрив, пестицидів та генетично модифікованих організмів (ГМО).

Для поліпшення родючості ґрунту використовують природні добрива, як-от компост, сидерати, органічний гній, біогумус – важливий елемент, що запобігає виснаженню ґрунтів і контролює шкідників та хвороби. Зміна культур допомагає зберігати родючість і зменшувати потребу в добривах. Замість хімічних пестицидів використовують природні методи контролю шкідників, як-от випуск природних хижаків або використання органічних засобів, наприклад, рослинних екстрактів або бактерій. Для збереження

структури та біорізноманіття ґрунту органічне господарство уникає глибокого обробітку.

Основні елементи технології органічного виробництва [9].

Сівозміна. Це чергування різних культур на одному полі з року в рік для збереження родючості ґрунту та запобігання виснаженню земель. В Україні сівозміни активно впроваджують на органічних фермах для зменшення ризиків ерозії ґрунту і підвищення його родючості. Сівозміна також допомагає в захисті від шкідників і хвороб без застосування пестицидів.

Органічні добрива. Замість хімічних добрив використовують компост, гній, перегній та сидерати (рослини, які після вирощування закладають в ґрунт для його удобрення). Органічні фермери застосовують органічні добрива для збагачення ґрунту поживними речовинами. Використовують як традиційні методи, як-от внесення гною, так і сучасні біодобрива, виготовлені на основі біопрепаратів.

Біологічний захист рослин. Замість пестицидів використовують природних ворогів шкідників (хижі комахи, бактерії, гриби) та біопрепарати, які пригнічують хвороби рослин. В Україні фермери застосовують біофунгіциди та біоінсектициди, а також ентомофаги – хижі комахи, які допомагають боротися зі шкідниками.

Мульчування. Покриття ґрунту шаром органічного матеріалу (солома, трава, компост) для збереження вологи, запобігання ерозії та захисту від бур'янів. Мульчування активно впроваджується на органічних господарствах, особливо в умовах посушливих регіонів. Це дає змогу зменшити кількість поливів і підвищити врожайність без використання гербіцидів.

Сидерація. Вирощування певних культур (зазвичай бобових), які після збирання закладають в ґрунт для його збагачення азотом і органічними речовинами. В українських органічних господарствах використовують сидерати, як-от люцерна, конюшина, вика, для поліпшення структури ґрунту і збагачення його азотом.

Природні методи боротьби з бур'янами. Використання ручної праці, міжрядного обробітку, мульчування та спеціальних рослин для захисту від бур'янів замість гербіцидів. Українські фермери застосовують міжрядний обробіток, сидерати та мульчування для захисту від бур'янів без хімічного втручання.

Перехід на органічне землеробство - це нагальна потреба сучасного суспільства. Безконтрольне використання засобів хімізації - це реальна загроза природі, вживання неякісних продуктів харчування – загроза здоров'ю людини [10]. Однак різка відмова від добрив і пестицидів, особливо в умовах низької родючості ґрунтів і культури землеробства, супроводжується зниженням повернення мінеральних елементів в ґрунт, що призводить до збільшення забур'яненості посівів, ураження їх шкідниками та хворобами, і, як наслідок, істотного зниження урожайності сільськогосподарської продукції. Такі наслідки вимагають від сільськогосподарських товаровиробників органічної продукції проведення моніторингу ґрунтової родючості, фітосанітарного стану посівів та якості продукції.

Проведення зазначених досліджень дозволить оцінити агроекологічну ефективність використовуваної органічної системи землеробства і удосконалити використовувані технології вирощування сільськогосподарських культур. Слід зазначити, що інтенсивний відвальний метод обробки ґрунту призвів до розвитку вітрової та водної ерозії, зниження активності ґрунтового біорізноманіття, зниження вмісту гумусу, погіршення агрофізичних властивостей і водно-повітряного режиму, і, як наслідок, до суттєвого зниження врожайності польових культур у несприятливі роки [10].

Органічне землеробство ґрунтується на принципі збереження родючості ґрунту за допомогою застосування дрібної, або поверхневої консервуючої обробки ґрунту, мульчування її поверхні пожнивними (поукосними) залишками, сидерації та застосування органічних добрив і ефективних мікробіологічних препаратів. Такі агрономічні підходи активізують

мікробіологічні процеси в ґрунті, відновлюють та покращують його агрохімічні та агрофізичні властивості тощо [10].

Наступним принципом органічного землеробства є отримання екологічно чистої продукції, вільної від залишків пестицидів, важких металів та інших, шкідливих для організму людини чи тварин речовин. Органічне землеробство ґрунтується на використанні лише органічних добрив, а тому мінеральні агрохімікати, синтетичні препарати і пестициди не застосовуються. Виходячи із зазначених підходів впливає той факт, що за рахунок переходу на засади органічного землеробства, відбувається цілеспрямована підтримка у сприятливому стані навколишнього середовища – зниження надходження шкідливих речовин в атмосферу, воду і ґрунт.

При виробництві органічної продукції галузі рослинництва за законодавством необхідно дотримуватися таких вимог:

1. Відокремлення виробництва органічної продукції від виробництва звичайної продукції, заборона на їх змішування при зберіганні і транспортуванні.
2. Заборона на застосування агрохімікатів, пестицидів і стимуляторів росту.
3. Заборона на використання клонування та генної інженерії, а також продукції отриманої з використанням таких методів.
4. Заборона на використання гідропонного методу вирощування рослин.
5. Заборона на використання іонізуючого випромінювання.
6. Дозволяється застосування для боротьби з хворобами, шкідниками і бур'янами засобів біологічного походження, агротехнічних підходів і методів термічної обробки.
7. Підбір найбільш адаптивних і стійких до хвороб сортів.
8. Дозволяється використання прийомів обробки ґрунту, що зберігають його природну родючість і біорізноманіття.
9. Рекомендується застосування сівозмін з бобовими, сидеральними і проміжними культурами.

10. Засоби виробництва рослинного (насіння, садивний матеріал) і тваринного (органічні добрива) походження повинні бути отримані в умовах органічного виробництва [10].

Органічна продукція повинна бути сертифікована відповідними вітчизняними або міжнародними акредитованими органами.

Органічне землеробство дозволяє істотно підвищити якість продовольчої продукції. Виробництво, розміщене на ґрунтах чистих від важких металів і пестицидів, дозволяє отримувати виключно безпечну продукцію. Прийоми агротехніки, що застосовуються в органічному землеробстві, перешкоджають їх накопиченню в продукції. Це стосується дрібної обробки ґрунту, відмови від застосування добрив.

При інтенсивному веденні виробництва особливо багато шкідливих речовин накопичується в овочевих і плодкових культурах. За окремими позиціями накопичення шкідливих речовин в них перевищує ГДК в 1,6–3,1 рази [10].

Традиційне сільське господарство, займаючи величезні площі, суттєво впливає на навколишнє середовище. По-перше, втрачається родючість ґрунту. Постійна відвальна обробка ґрунту призводить до мінералізації гумусу, втрати якого не компенсуються надходженням органічної речовини. Компенсувати такі втрати можна тільки ціною внесення високих доз органічних і мінеральних добрив.

Консервуюча система обробки ґрунту у поєднанні з внесенням органічних добрив, включенням до сівозміни сидеральних культур, що застосовується в органічному землеробстві, здатна запобігти втраті родючості ґрунту, вологи та ерозійним процесам. За даними Швейцарських вчених в органічних системах землеробства збільшується біорізноманіття мікроорганізмів, довжина мікоризи грибів збільшується на 40%, біомаса дощових черв'яків – у 1,3–3,2 рази, що підвищує ефективність використання органічної речовини та мінеральних ресурсів ґрунту [10].

Порівняльні оцінки показують, що органічне землеробство менш витратне, ніж традиційне, оскільки зникають такі дорогі агроприйоми, як відвальна обробка ґрунту, застосування мінеральних добрив і пестицидів. Двадцятирічний досвід швейцарських аграрників показує, що витрати на добрива знижуються на 50%, пестицидів – на 97%. За даними австрійських вчених загальні витрати в інтенсивному органічному землеробстві нижчі на 9%. За даними вітчизняних вчених витрати при відвальній обробці ґрунту вищі, ніж при безвідвальній на 30 %, а при дрібній – на 75%.

Вчені відзначають, що при заміні традиційних систем землеробства на органічну систему, є певний перехідний період, який пов'язаний з відновленням всіх природних процесів у ґрунті та подальшої його сертифікації, а також у цей період відпрацьовується технологія та накопичуються необхідні компетенції. Багаторічні дослідження зарубіжних вчених показують, що в перспективі органічні методи вирощування можуть забезпечувати рівень врожайності польових культур на рівні 90–100% традиційних, особливо в несприятливі роки, коли засоби інтенсифікації менш ефективні [10].

2 ХАРАКТЕРИСТИКА АГРОФОНУ ПОЛЯ ПІСЛЯ ЗБИРАННЯ УРОЖАЮ

Найбільш проблемними з точки зору подальшої заробки рослинних залишків є поля після збирання кукурудзи і соняшнику. На сьогодні існують і застосовуються різні технології їх збирання. Але при будь-якій з них на полі залишається значна частина листостеблової маси різної довжини.

У процесі збирання кукурудзи через комбайн проходить тільки качан, тому у валок може бути укладена лише обгортка з частково подрібненими стрижнями. Після збирання кукурудзи її листо-стеблова частина залишається на поверхні поля цілою або частково подрібненою по ширині захвату жатки. Зазначена маса розташовується в жорсткій стерні, висота якої сягає 20 см і більше. В процесі збирання соняшнику взагалі нижні частини стебел залишаються стояти на полі, а через комбайн проходять лише кошики та верхні частини стебел.

Як кукурудзу на зерно, так і соняшник збирають в обмолоченому вигляді, використовуючи зернозбиральні комбайни. При цьому використовують спеціалізовані жатки, причому кукурудзяна жатка, подрібнюючи стебло, залишає стерню висотою 15–20 см, тоді як стерня соняшника становить 0,5–0,7 від загальної висоти стебла соняшника. Технологія збирання кукурудзи в качанах використовується лише у разі її збирання для потреб насінництва. На рис. 2.1 схематично представлено будову рослин кукурудзи і соняшнику та виділено частини рослин, які збираються зернозбиральними комбайнами або залишаються після збирання [11].

В більшості технологій через комбайн проходять лише качани та кошики з зерном, які від загальної маси становлять 55–68 % для кукурудзи та 55–64 % - для соняшнику (табл. 2.1). Стерню соняшнику залишають такої висоти задля можливості легко подрібнити і загорнути у ґрунт дисковою бороною. За потреби стебла соняшнику, як і стебла кукурудзи, можна скошувати жаткою і

частково подрібнювати при цьому. Аналізуючи можливості відомих технічних засобів для збирання незернової частини урожаю (НЧУ) кукурудзи та соняшнику нескладно сформувані шість можливих технологій збирання зазначеної НЧУ, які наведено на рис. 2.2 [11]. Збирання НЧУ проводиться з метою використання її в якості біопалива.

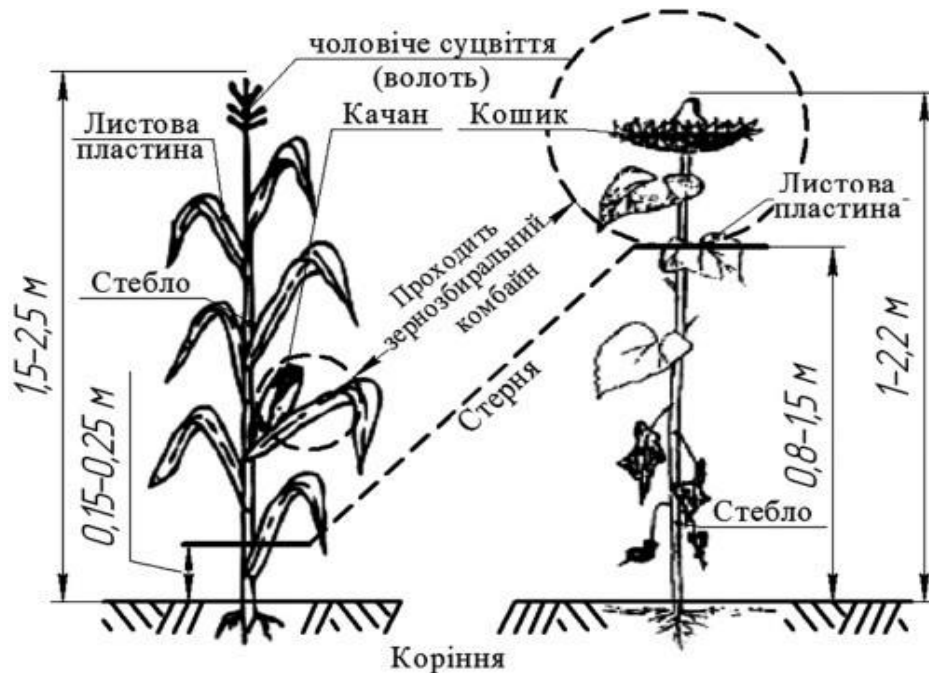


Рисунок 2.1-Основні складові кукурудзи і соняшнику та характеристики НЧУ

Таблиця 2.1 - Показники складових незернової частини урожаю кукурудзи та соняшнику в процесі збирання [11]

Складова рослинної продукції	Кукурудза		Соняшник	
	Частка в загальній масі (в абс. сух. реч.)	Вологість, %	Частка в загальній масі (в абс. сух. реч.)	Вологість, %
Зерно	45–55	18–30	38,4–42,1	8,1–15,2
Стебла	21,5–27,3	25–75	29,7–36,3	18–58
Листя	11,0–15,1	17–22	5,9–6,8	16–18
Стрижні качанів	7,8–9,1	17–35	-	-
Обгортка	2,2–4,35	17–26	-	-
Кошик	-	-	16,1–22,6	15,2–40,3

Технологія I передбачає одночасне збирання і перевезення всього зерна і НЧУ. Особливістю технології I збирання НЧУ є відокремлення відходів на стаціонарі під час очищення зерна після комбайна. Завдяки можливості виконувати роботи на стаціонарі вдається ретельніше очищати зерно від НЧУ.

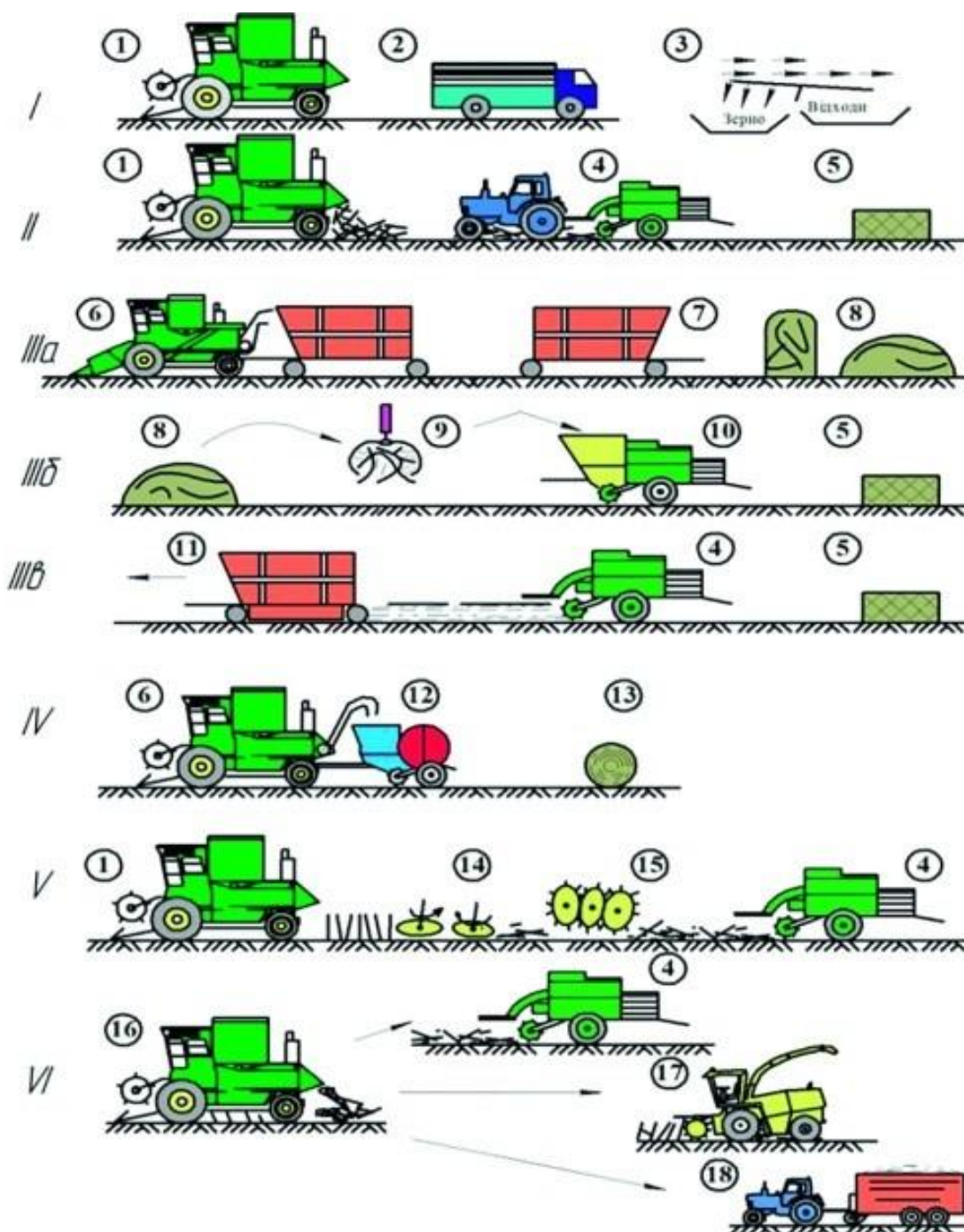


Рисунок 2.2 – Основні технології збирання незернової частини урожаю(НЧУ) кукурудзи і соняшнику (I–VI), які можуть бути використані в сучасному сільгоспвиробництві, та операції для їхнього здійснення: 1 – збирання зерна; 2 – транспортування суміші зерна та НЧУ; 3 – очищення зерна на стаціонарі; 4 – підбирання валків та пресування НЧУ; 5 – складування паків НЧУ; 6 – збирання зерна та НЧУ; 7 – транспортування НЧУ; 8 – складування НЧУ; 9 – навантаження НЧУ; 10 – пресування НЧУ; 11 – формування валків НЧУ; 12 – формування рулонів НЧУ ; 13 – складування рулонів; 14 – скошування стебел; 15 – згрібання НЧУ; 16 – збирання зерна зі скошуванням стебел та формуванням валка; 17 – підбирання валків із подрібненням НЧУ; 18 – підбирання валків із ущільненням НЧУ [11]

Ця технологія дає змогу:

- підвищити продуктивність комбайнів;
- уникнути втрат плюсклого зерна;
- спростити логістику перевезення НЧУ до місця переробки.

За технологією I можна збирати як частину кошика, так і майже весь стрижень качана. Обмеженням є технологічні властивості отримуваної суміші - вона повинна без порушень технологічного процесу подаватися в бункер та вивантажуватися з нього. Заміри показали, що таким чином можливе збирання 35–75% кошиків чи качанів, що становить 5,5–7,5% від загальної маси НЧУ.

Однак за потреби збирання більшої частини НЧУ можливо реалізувати інші технології збирання (II–VI, рис. 2.2). За цими технологіями через комбайн (табл. 2.1) проходить обгортка і стрижень качанів кукурудзи (10,0–13,45%), або кошик і частина стебла соняшнику (23,7–31,8%, табл. 2.1). Згідно технології II (рис. 2.2) маса НЧУ укладається у валок позаду комбайна. Підбирання сформованого валка підбирачем преса (як за збирання зернових) через особливості властивостей сировини призводить до значних втрат маси. Підбирається лише 25–33% маси валка. Таким чином реалізація технології II дає змогу збирати до 8–10% від загальної маси сировини, що не перевищує суттєво її збір за технологією I.

Зібрати сировину, що проходить через комбайн, без втрат можливо, уникнувши укладання її у валок (технологія III, рис. 2.2). При цьому можна збирати її як у розсипному вигляді (за аналогією з широковідомою потоковою технологією, варіант III а) з наступним пакуванням у тюки чи рулони за допомогою комбінації прес-підбирача з дозатором (варіант III б) чи підбираючи валки підвищеної потужності, сформовані з використанням причепа-накопичувача (варіант III в), так і пресуючи у рулони, використовуючи комбінацію прес-підбирача-дозатора в агрегаті з комбайном (технологія IV).

Розсипну сировину, отриману за варіанта III а, можна перевозити до місць зберігання і складувати. Формування паків, використовуючи

навантажувач та комбінацію дозатора з великопаковим пресом (варіант III б) або формуючи валки зі збільшеною погонною масою безпосередньо з причепа (варіант III в), доцільно проводити на краю поля для уникнення перевезення маси в розсипному вигляді.



Рисунок 2.3 – Фон поля після збирання кукурудзи



Рисунок 2.4 – Фон поля при розкиданні НЧУ по поверхні

Реалізуючи технологію III за варіантами III а та III б, можна збирати стрижні, обгортки кукурудзи та кошики й третину стебел соняшнику, частки яких від загальної маси рослин відповідно становлять 10,0–13,5% та 23,7–

13,8%. За реалізації цієї технології за варіантом III в можливе отримання сировини на 10–15% менше, ніж за варіантами III а та III б. Це пов'язано з неминучими втратами рослинної маси під час підбирання валків.

Варіант IV дає можливість отримувати сировину в тих самих об'ємах, що й варіант III а, але без її втрат. Однак реалізація цього варіанта потребує більш складної модернізації комбайна —крім встановлення кидалки з приводом взамін причепа, потрібно встановлювати комбінацію дозатора з прес-підбирачем. За такої конструкційно-технологічної схеми суттєво ускладнюється привод дозатора та прес-підбирача.

Реалізація проаналізованих варіантів (I–IV) забезпечує збирання лише частини НЧУ, яка проходить через молотарку комбайна. Збирання стебел, що залишаються на полі, передбачають технології V та VI.



Рисунок 2.5 – Фон поля при укладанні НЧУ у валок

Загальновідомо, що соняшник є складнішою культурою у збиранні НЧУ, оскільки частина його стебел залишається стояти нескошеними (стерня), їхня висота сягає 1,5 м (варіант V). Технологічний процес збирання у такому разі має включати операції скошування, згрібання у валки та їх підбирання. Збирання НЧУ кукурудзи дещо простіше, адже з процесу виключається

операція скошування, яка виконується жаткою комбайна для збирання зерна кукурудзи (рис. 2.3 – 2.5).

Після проходження комбайна при збиранні соняшнику залишаються стебла довжиною 74–79 см, причому вони можуть бути нахилені під кутом 48,3–55,8° за напрямком руху комбайна (рис. 2.6).



Рисунок 2.6 – Фон поля після збирання соняшнику

Скошування і збирання залишків стебел після проходу комбайна можливе для подальшого використання в якості біопалива. При цьому можна використовувати двобарабанну ротаційну косарку КР-1,6, граблі ГВ-3,4, рулонний прес-підбирач ПР-Ф-145 та ін. Але доцільніше для подальшої заробки в ґрунт НЧУ соняшнику стебла подрібнювати і рівномірно розсіювати по поверхні поля.

3 АНАЛІЗ СУЧАСНОЇ ТЕХНІКИ ДЛЯ МУЛЬЧУВАННЯ РОСЛИННИХ РЕШТОК

Новітні технології в галузі рослинництва потребують суттєвої зміни й самої системи машин. Так, запровадження мінімальних і нульових технологій обробітку ґрунту, прямої сівби в свою чергу передбачають виконання нових технологічних операцій. До таких операцій відноситься підготовка стану поверхні поля до мінімального обробітку чи прямої сівби мульчування чи подрібнення рослинних решток крупностеблових культур – соняшнику, кукурудзи та інших.

Останнім часом на селі обробіток полів, засмічених великими рослинними рештками, після збирання врожаю став проблемою. І таких полів в Україні поки не зменшується з деяких причин: по-перше, значно збільшилися посіви соняшника; по-друге, кукурудзу останнім часом вирощують переважно на зерно без подрібнення стебел при збиранні врожаю; по-третє, намагання підвищити продуктивність зернозбиральних комбайнів завдяки значному збільшенню висоти зрізу стебел під час збирання зернових культур, залишаючи на полі дуже високу стерню (більше 30 см) і зменшуючи таким чином кількість соломи у вороху; по-четверте, з'явилися тимчасово покинуті поля, які без подрібнення стебел обробити неможливо. Особливо це проблема для вирощування такої культури, як цукровий буряк.

Сьогодні такі засмічені великими рослинними рештками поля готують для ґрунтообробки переважно важкими дисковими боронами. Однак навіть два проходи такої борони, як показує практика, не завжди дають необхідне подрібнення стебел для подальшої якісної ґрунтообробки та сівби. Більше того, обробіток таких полів дисковими боронами призводить до негативних екологічних явищ і в першу чергу через утворення у поверхневому шарі ґрунту великої кількості пилу.

Культиватори мульчувачі відомих світових фірм задовільно обробляють

грунт з невисокою стернею після збирання зернових. Так начіпний культиватор Senius фірми AMAZONE з 3-х балковою рамою (рис. 3.1) використовується для поверхневого обробітку ґрунту з невисокою стернею

Рисунок 3.1 - Начіпний культиватор Senius фірми AMAZONE

Рисунок 3.2 - Причіпний культиватор Das Sistem фірми LEMKEN

Рисунок 3.3 - Начіпний культиватор Das Konzept фірми LEMKEN

двома рядами увігнутих дисків. Аналогічно виконує технологічний процес культиватор Das Sistem, Das Konzept або Smaragd фірми LEMKEN (рис. 3.2, 3.3 і 3.4).

Рисунок 3.4 - Начіпний культиватор Smaragd фірми LEMKEN

Техніко-експлуатаційні характеристики мульчувачів провідних вітчизняних і зарубіжних виробників, які відповідають агротехнічним вимогам за якістю роботи, зокрема ступеню подрібнення і рівномірністю розподілення по полю, наведено в табл. 3.1-3.9 [5].

Мульчувачі забезпечують такі показники якості: дрібних часток довжиною менше 100 мм більше 80%, ступінь нерівномірності розподілу – не менше 20%. Цим вимогам відповідають сучасні зернозбиральні комбайні, обладнані подрібнювальними пристроями, а також спеціальні подрібнювачі (мульчувачі), агрегатовані з тракторами (табл. 3.1-3.9) [5].

Таблиця 3.1 – Технічна характеристика подрібнювачів рослинних Решток ТОВ НВП «Білоцерків МАЗ»

Показник	Марка		
	ПРЗ-2,0	ПН-2,0	ПН-4,0
Тип	Причіпний	Начіпний	
Робоча швидкість, км/год	8 - 12	8 - 12	
Ширина захвату, м	2,0	2,0	4,0
Теоретична продуктивність, га/год	1,6 – 2,4	1,6 – 2,4	3,2 – 4,8
Маса конструктивна, кг	880	740	1680
Агрегатується з тракторами	МТЗ-80		ХТЗ-17221

Таблиця 3.2 – Технічна характеристика подрібнювача-розкидача соломи ПРС-2,1

Показник	Значення показника
Конструктивна ширина захвату, м	2,1
Робоча швидкість руху, км/год	До 10
Ширина смуги розкидання соломи, м	3,9
Продуктивність за годину основного часу, га	3,9
Середній розмір подрібнених часток, мм	67,7
Габаритні розміри, м:	
- довжина	1,96
- ширина	2,5
- висота	0,96
Маса конструктивна, кг	775
Обслуговуючий персонал	1 (тракторист)
Виробник	ВАТ «Бердянськсільмаш»

Проте подрібнення соломи зернозбиральним комбайном зменшує продуктивність на обмолоті хлібів до 15%. Слід зауважити, що мульчувачі можуть подрібнювати не тільки солому, а й стерню грубостебельних культур (кукурудза, соняшник та ін.). ТОВ НВП «БілоцерківМАЗ» пропонує мульчувачі в причіпному і напівначіпному варіанті (табл. 3.1). Подрібнювати і розкидати солому по полю можна зернозбиральним комбайном з подрібнювачем або машиною ПРС-2,1, агрегатованою з трактором кл. 1,4 (табл. 3.2). При русі агрегату вздовж валка соломи після зернозбирального

Таблиця 3.3 - Характеристика подрібнювача рослинних решток ПРН-4,5

Показник	Значення показника
Тип	Напівначіпний
Робоча ширина захвату, м	4,5
Продуктивність за годину основного часу, га	4,5
Частота обертання ножів, хв ⁻¹	1000
Габаритні розміри в робочому положенні, м:	
- довжина	4,85
- ширина	4,92
- висота	0,95
Агрегується з трактором, кл	3
Маса конструктивна, кг	2200
Виробник	Красилівський машинобудівний завод

комбайна машина ПРС-2,1 підбирає, подрібнює і розкидає соломі, залишаючи її на поверхні поля.

Високою якістю і продуктивністю відзначається подрібнювач рослинних решток ПРН 4,5 (табл. 3.3) [5].

Подрібнювач соломи у валках MS 170 (Словенія) (табл. 3.4) працює за такою ж технологією, як і машина ПРС-2,1.

Практика свідчить, що подрібнювач MS 170 може виконати роботу двох-чотирьох зернозбиральних комбайнів. Він подрібнює соломі з валка зернових колосових і зернобобових культур, люпину, рису, сорго та ін. Сезонний наробіток подрібнювача сягає 1500 га без відмов за гарантією. Технічні характеристики подрібнювачів (мульчувачів) рослинних решток американських компаній JOHN DEERE і RHINO подано в табл. 3.5 і 3.6. Мульчувачі RHINO пропонуються в начіпному і причіпному варіантах. Висока щільність розміщення ріжучих ножів сприяє якісному подрібненню рослинних решток і рівномірному розподілу їх на поверхні поля. Довговічність роботи ножів забезпечує надтвердий сплав сталі і карбід вольфрама.

Рисунок 3.5 – Чеський подрібнювач мульчувач FALC-2500
і технологічна схема його роботи

Таблиця 3.4 - Технічна характеристика подрібнювача MS 170

Показники	Значення показників
Ширина захвату, м:	
- конструктивна	1,7
- робоча	6,5
Робоча швидкість руху, км/год	6 – 8
Продуктивність за годину основного часу, га	3,9 – 5,2
Тип різальних апаратів	Система рівних ножів і протиножів у корпусі
Кількість ножів, шт	64
Кількість протиножів, шт	65
Довжина подрібненої маси, см	2 – 3
Пропускна здатність, кг/с	4,4 – 16
Повнота збирання, %	97,9
Витрати палива, кг/га	1,5 – 4,2
Маса конструктивна, кг	443

Таблиця 3.5 - Технічна характеристика подрібнювача John Deere 120

Показник	Значення показника
Ширина захвату, м:	6,1
Висота подрібнення (зрізу) мм:	
- мінімальна	76
- максимальна	254
Кількість ножів, шт	160
Переріз ножів, мм	8 x 64
Кількість подрібнень за хвилину	240
Привід від ВВП, хв ⁻¹	1000
Габаритні розміри, м:	
- довжина	2,39
- ширина	1,22
- висота	7,34
Маса конструктивна, кг	2100
Необхідна потужність трактора, кВт	125

*Примітка: третина ножів – молоткові.

Надійністю, якістю і продуктивністю в роботі відрізняються мульчувачі компанії KUNN (табл. 3.7). В залежності від обсягу роботи покупець може замовити подрібнювачі шириною захвату 2,36; 2,80; 3,23; 4,01; 4,80; 6,10 або 8,20 м.

Таблиця 3.6 – Технічна характеристика подрібнювачів фірми RHINO

Показник	Модель				
	RC 12	RC 15	RC 18	RC 20	RC 25
Робоча ширина захвату, м:	3,7	4,6	5,5	6,1	7,6
Кількість ножів, шт	128	168	200	216	272
Привід від ВВП, хв ⁻¹	1000				
Висота подрібнення (зрізу), мм:					
- мінімальна	25				
- максимальна	46				
Маса конструктивна, кг	1830	2090	2130	2340	2860
Необхідна потужність трактора, кВт, для варіанту – начіпного	66	88	96	103	136
-причіпного	59	74	81	88	103

Таблиця 3.7 – Технічна характеристика подрібнювачів фірми KUNN

Показник	Марка					
	RM 240	RM 280	RM 320	RM 400	RM 480R	RM 610R
Робоча ширина захвату, м:	2,36	2,80	3,23	4,01	4,80	6,10
Діаметр ротора, мм	647	647	647	703	620	620
Кількість V-подібних і молоткових ножів*	84	96	108	132	168	216
Мінімальна/максимальна потужність від ВВП, кВт	45/60	52/93	60/103	84/152	110/191	140/221
Маса конструктивна, кг	1195	1400	1820	2130	2600	3200

*Примітка: третина ножів – молоткові

Фірма KUNN випускає також подрібнювачі (мульчувачі) рослинних решток моделей ВК шириною захвату 2,3; 2,8 і 3,2 м, а також моделей НК шириною захвату 2,8; 3,2; 4,05 і 4,95 м з молотковими V-універсальними ножами (рис. 3.6, 3.7 і 3.8). Для подрібнення рослинних решток, у тому числі грубостеблових культур, можна скористатись мульчувачами компанії Quivogne (Франція) з вертикальними (модель VL), (табл. 3.8) і горизонтальними (модель

Рисунок 3.6 - Подрібнювач (мульчувач) рослинних решток фірми KUHN в роботі

Рисунок 3.7 - Подрібнювач (мульчувач) рослинних решток фірми KUHN

Рисунок 3.8 – Робочі ножі подрібнювача фірми KUHN

ВР), (табл. 3.9) роторами.

Якісне подрібнення рослинних решток мульчувачами моделі ВЛ забезпечується роторами з трилопасним кріпленням по 3 ножі на кожний. Вага ножа становить 7 кг, чим забезпечується якісне подрібнення рослинних решток, у тому числі грубостеблових культур (кукурудза, соняшник). Мульчувачі приводяться в дію від ВВП трактора з частотою обертання 540 або 1000 хв⁻¹. При транспортуванні причіпні машини складаються за допомогою гідравлічної системи на ширину не більше 2,9 м.

Таблиця 3.8 – Технічна характеристика мульчувачів моделі ВЛ

Показник	ВЛ4200	ВЛ4600	ВЛ6200	ВЛ8200	ВЛ9100	ВЛ12100
Спосіб агрегування	Начіпний	Причіпний				
Ширина захвату, м	4,20	4,60	6,20	8,20	9,10	12,10
Кількість роторів/ножів	3/9	3/9	5/15	5/15	5/15	7/21
Маса конструктивна, кг	1760	2405	3005	4105	5200	6800
Необхідна потужність трактора, кВт	59	88	147	191	199	221

Таблиця 3.9 - Технічна характеристика мульчувачів моделі ВР

Показник	ВР260/1	ВР300/1	ВР360/1	ВР450/2	ВР520/2	ВР600/2
Ширина захвату, м	2,6	3,0	3,6	4,5	5,2	6,0
Кількість роторів	1	1	1	2	2	2
Кількість ножів, шт	56	64	84	100	116	132
Маса конструктивна, кг	1200	1380	1850	2170	2550	2800
Необхідна потужність трактора, кВт	48	66	96	118	132	147

Мульчувачі моделі ВР обладнано широкопрофільними універсальними V-подібними ножами і молотковими для подрібнення рослинних залишків кукурудзи, соняшнику та інших грубостеблових культур. Робочі органи мульчувачів мають значний запас міцності і можуть використовуватись також для подрібнення кущів діаметром стовбура до 6 см.

На підставі аналізу конструкції машин нами було вибрано напрямок розробки універсального подрібнювача для малих фермерських господарств, які хочуть перейти на органічне землеробство.

4 ОБГРУНТУВАННЯ СХЕМИ ПОДРІБНЮВАЧА

Аналіз наукової і технічної літератури показав, що парк сільськогосподарських машин для органічного землеробства повинен мати нову спеціальну машину для подрібнення рослинних решток на поверхні поля. Подрібнені рослинні рештки можна використовувати з великою користю для поля: як органічні добрива, які не треба вивозити на поле; залишати їх на поверхні для захисту поля від водної та вітрової ерозії, а також для захисту від випаровування вологи з ґрунту або для накопичення її у степових та лісостепових зонах України. Через відсутність подрібнювача не знаходить широкого впровадження в Україні високопродуктивна та енергозберігаюча технологія збирання зернових культур (які є попередниками цукрових буряків) методом обчісування колосків на корені, тому що після обчісування колосків на полі залишаються високі стебла (солома), які необхідно подрібнити, щоб можна було готувати поле під сівбу.

Аналіз показав, що машини-подрібнювачі можуть бути двох типів: з вертикальною та горизонтальною віссю обертання ножів. В основу конструкції цих машин покладено відомі технології зрізу стебел як, наприклад, в роторній косарці КРН-2,1 з вертикальною віссю обертання ножів та косарці-подрібнювачі КИР-1,5 з горизонтальною віссю обертання ножів.

Нами запропонована схема подрібнювача з горизонтальною віссю обертання шарнірно закріплених на валу ножів. Така конструкція менш матеріалоемна і потребує менших затрат енергії на привід робочих органів.

В процесі роботи агрегат рухається з оптимальною швидкістю, а ножі, шарнірно закріплені на валу ротора, поступово зрізають і подрібнюють (мульчують) всю рослинну масу, яка рівномірно розкидається позаду машини по поверхні поля. Довжина подрібнених часток регулюється швидкістю руху трактора. Висота зрізу регулюється гвинтовим механізмом двох опорних коліс.

Крім того, мульчувач може бути обладнаним шнеком, який встановлюється позаду ротора і вивантажувальним транспортером. Ці два вузли збирають подрібнену масу і її можна навантажувати на транспортні засоби для вивезення з поля і використання, наприклад, для отримання біогазу. Така конструкція робить запропоновану машину універсальною і збільшує можливості її використання. Розроблені креслення загального виду машини і деталей представлені в додатку.

5 РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ УДОСКОНАЛЕНОЇ МАШИНИ

5.1 Кінематичний розрахунок машини

Розглянемо залежність основних параметрів різального апарату і режиму його роботи. Маємо барабан радіусом R (рис. 5.1) по кінцевих точках першого 1 і другого 2 ножів, центральний кут між якими α . Барабан обертається за ходом годинникової стрілки, а косарка рухається в напрямку осі x прямокутної системи координат xOy .

Складаємо рівняння руху кінцевої точки a ножа 1. Коли барабан повернеться на кут ωt , тобто точка a переміститься в положення b , машина за цей час переміститься з точки b у точку d , тобто на відстань $v_M t$.

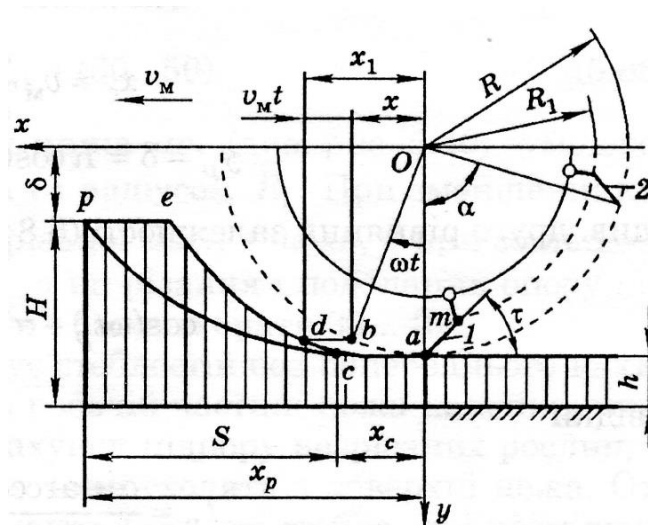


Рисунок 5.1 - Схема до визначення параметрів ротаційного різального апарату з горизонтальною віссю обертання

Тоді рівняння руху кінцевої точки ножа 1 матимуть вигляд

$$\left. \begin{aligned} x_1 &= R \sin \omega t + v_M t; \\ y_1 &= R \cos \omega t, \end{aligned} \right\} \quad (5.1)$$

де v_M — поступальна швидкість машини;

ω — кутова швидкість барабана;

t — час, за який барабан повертається на кут ωt .

Траєкторією кінцевої точки ножа 1 буде крива ade . Кінцева точка ножа 2 опише таку саму траєкторію, але зміщену в напрямку v_m на величину

$$x_c = v_m t_c = v_m \frac{\alpha}{\omega}$$

де α — центральний кут між суміжними ножами, які рухаються по одному і тому самому сліду.

Рівняння руху кінцевої точки ножа 2 матимуть вигляд

$$\left. \begin{aligned} x_2 &= R \sin(\omega t - \alpha) + v_m t; \\ y_2 &= R \cos(\omega t - \alpha), \end{aligned} \right\} \quad (5.2)$$

а траєкторією буде крива cp .

Зона різання S у проекції на вісь x дорівнює

$$S = x_p - x_c$$

Оскільки

$$x_p = R \sin(\omega t_p - \alpha) + v_m t_p;$$

$$x_c = v_m \frac{\alpha}{\omega},$$

$$y_p = \delta = R \cos(\omega t_p - \alpha)$$

(див. друге рівняння залежності (5.1), маємо

$$\cos(\omega t_p - \alpha) = \frac{\delta}{R},$$

Звідки

$$t_p = \frac{\alpha + \arccos \delta / R}{\omega}.$$

Оскільки $\sin(\omega t_p - \alpha) = \sqrt{1 - \cos^2(\omega t_p - \alpha)} = \frac{\sqrt{R^2 - \delta^2}}{R}$, то остаточно

Отримаємо

$$S = \frac{\alpha + \arccos \frac{\delta}{R}}{\omega} \cdot v_p - v_m \frac{\alpha}{\omega} + \sqrt{R^2 - \delta^2} = \quad (5.3)$$

$$= \frac{v_m}{\omega} \left(\frac{1}{2} + \arccos \frac{\delta}{R} \right) + \sqrt{R^2 - \delta^2}.$$

Частоту обертання n ротора барабана визначають із умови, що лінійна швидкість u_i ; кінцевої точки ножа має бути більшою від швидкості v_p безпідпiрного рiзання, тобто

$$u_1 = \omega R = \frac{\pi n}{30} R > v_p, \text{ звiдки } n > \frac{30v_p}{\pi R}$$

де $v_p = 20 \dots 50$ м/с (визначають експериментально).

Радіус барабана R по кінцевих точках ножів визначають із умови, що розмір зони рiзання по вертикалі не повинен перевищувати величину

$$R > H - h, \quad (5.4)$$

де H — висота стебла;

h — задана висота зрізу.

У косарках-подрiбнювачах $R = 250 \dots 350$ мм.

Ширину ножа вибирають, виходячи із максимального діаметра стебла $<i_{\text{тах}}$ культури, що збирається, мм:

$$B = d_{\text{мах}} + (30 \dots 50) \quad (5.5)$$

Довжина робочої частини ножа am (див. рис. 5.1) зумовлюється кутом установлення ножа τ і радіусом R_1 . При зменшенні кута τ погіршується сходження зрізаної маси з ножа, а при збільшенні — значно збільшується енергія на рiзання і подолання опору повітря. Досліди показують, що кут τ бажано брати $30 \dots 40^\circ$.

Якщо рiзальний апарат зрізує стеблостій без попереднього нахилу, то до кінця фази рiзання на робочій частині ножа накопичуються зрізані частинки

стебел за рахунок підпору незрізаних рослин, а потім під дією відцентрових сил вони сходять з поверхні ножа. Отже, на робочій поверхні ножа мають бути всі стебла, які розміщені на ділянці S .

Визначаємо довжину робочої частини ножа L і радіус R_1 :

$$\begin{aligned} L &= am \geq Nd = \sqrt{k}Sd; \\ R_1 &= R - am \sin \tau, \end{aligned} \quad (5.6)$$

де N — кількість стебел на довжині S зони різання;

d — діаметр стебла;

k — кількість стебел на 1 м^2 ;

\sqrt{k} — кількість стебел, розміщених на одиниці довжини.

Кількість рядів ножів z , що проходять по одному сліду, визначаємо із таких міркувань. Якщо зрізують довгі, паралельно нахилені листки, то за довжину різки l можна взяти відрізок ep . Зв'язок l із z отримаємо таким чином.

$$\text{Оскільки } ep = l = v_m \frac{\alpha}{\omega}, \text{ а } \alpha = 2\pi / z, \text{ то } l = 2\pi \frac{v_m}{z\omega},$$

звідки

$$z = \frac{2\pi v_m}{l\omega} \quad (5.7)$$

За рекомендаціями академіка Василенка П.М. [18, ст.72] при конструюванні машини, задавались швидкістю зрізання $V_{зр} = 14 \text{ м/с}$. Число обертів ножа n_H машини визначимо із формули

$$n_H = \frac{V_{зр} \cdot 60 \cdot 1000}{\pi \cdot D}. \quad (4.8)$$

Підставивши дані, отримаємо

$$n_H = \frac{14 \cdot 60 \cdot 1000}{3,14 \cdot 420} = 63606 / \text{хв}.$$

За кінематикою від ВВП трактора ($n_T = 540$ об/хв) кінематичне рівняння приводу ріжучого ножа машини - аналога дорівнює

$$540 \cdot \frac{23}{22} \cdot \frac{16}{19} \cdot \frac{28}{20} = 675 \text{ об / хв} = n_{\text{ножа}}.$$

Із збільшенням швидкості різання значно зменшуються зусилля, необхідні для зрізання сільськогосподарських культур. Тому при проектуванні кінематичного ланцюга приводу зрізального апарату збиральної машини, яка працює на підвищених поступальних швидкостях та на ланах із забур'яненними полями, підвищуємо і швидкість ножа [14, 18, ст.72].

При застосуванні ножів шабельного типу діаметром з шаховим розташуванням задаємося швидкістю різання $V_{ЗР} = 24$ м/с. Знаходимо число обертів ножа

$$n_H = \frac{24 \cdot 60 \cdot 1000}{3,14 \cdot 530} = 800 \text{ об / хв}.$$

Рівняння кінематичного балансу від ВВП трактора ($n_T = 540$ об/хв) буде таким

$$540 \cdot \frac{20}{20} \cdot \frac{17}{17} \cdot \frac{17}{15} \cdot \frac{28}{20} = 875 \text{ об / хв} = n_H.$$

5.2 Розрахунок ланцюгової передачі приводу різального апарату

Згідно кінематичної схеми на роторі встановлено 6 секцій, які приводяться у рух ланцюгового втулково-роликовою передачею. Потужність, що передається ланцюгом визначається формулою

$$N = 3 \cdot N_{p.a} = 3 \cdot 1,12 = 3,36 \text{ кВт.} \quad (5.9)$$

Кутова швидкість вала редуктора з веденою зірочкою $n_1 = 612$ об/хв. Ланцюг роликовий, робота в 1 зміну, змащення періодичне, регулювання

натягування ланцюга зміною осі однієї із зірочок. Лінія центрів зірочок утворює з горизонтом кут $V \approx 30^\circ$.

З рівняння кінематичного балансу привода маємо, що

$$540 \cdot \frac{20}{20} \cdot \frac{17}{17} \cdot \frac{Z_1}{Z_2} \cdot \frac{28}{20} = n_{\text{ножа}} = 857 \text{ об / хв},$$

визначаємо, що $n_{\text{дв}}=540$ об/хв; $n_1=612$ об/хв.

Передаточне число ланцюгової передачі буде

$$u = \frac{n_1}{n_{\text{об}}} = \frac{612}{540} = 1,13.$$

Попередньо орієнтуючись на роликівий ланцюг за [18, табл. П18], вибираємо кількість зубів меншої зірочки. При $u=1\dots 2$ рекомендується $Z_1=31\dots 27$, але з конструктивних міркувань за габаритами привода приймаємо $Z_1=15 > Z_{\text{min}}=13(9)$ – (непарне число).

Визначаємо кількість зубів більшої (ведучої) зірочки

$$Z_2 = u \cdot Z_1 = 1,133 \cdot 15 = 17$$

За [32] знаходимо орієнтоване значення кроку ланцюга.

Визначаємо значення коефіцієнта навантаження

$$K = K_d K_A K_H K_{\text{рег}} K_3 K_p, \quad (5.10)$$

де K_d – коефіцієнт, що враховує динамічність навантаження, $K_d=1,2$ (змінні навантаження при поштовхах);

K_A – коефіцієнт міжосьової віддалі A , $K_A=1,0$ (при $A=(30\dots 50)$ t);

K_H – коефіцієнт, що враховує нахил передачі, $K_H=1,0$ ($V=30^\circ < 60^\circ$);

$K_{\text{рег}}$ – коефіцієнт регулювання натягу, $K_{\text{рег}}=1,0$ (регулювання осі зірочки);

K_3 – коефіцієнт змащення, $K_3=1,5$ (періодичне змащення ланцюга);

K_p – коефіцієнт тривалості роботи, $K_p=1,0$ (1 зміна).

Всі коефіцієнти взяті з [18, П20].

Тоді,

$$K = 1,2 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,5 \cdot 1 = 1,8.$$

Приймаючи однорядний ланцюг, визначимо його крок за формулою [18]:

$$t = 600 \cdot \sqrt[3]{\frac{K \cdot N}{Z_1 \cdot n_1 \cdot [p] \cdot m}} \quad , \quad (5.11)$$

де N – потужність, що передається ланцюгом, $N=3,36$ кВт;

Z_1 – число зубів меншої зірочки, $Z_1 = 15$;

n_1 – число обертів меншої зірочки, $n_1 = 612$ об/хв;

$[p]$ – допустимий середній тиск у шарнірах ланцюга з передбачуваним кроком $t = 19,05 \dots 25,40$ мм при $n_1=600$ об/хв, $[p] = 22,9$ Н/мм² [18, П19];

t – число рядів ланцюга, $t = 1,0$ (приймаємо).

Отже,

$$t = 600 \cdot \sqrt[3]{\frac{1,8 \cdot 3,36}{15 \cdot 612 \cdot 22,9 \cdot 1}} = 18,385 \text{ мм.}$$

Найближчі стандартні значення кроку t з [18, табл. П16] $t = 19,05$ та $25,4$ мм. З огляду на уніфікацію приводу приймаємо однорядний ланцюг з $t = 25,4$ мм.

Характеристика ланцюга [18, П16]: руйнівне навантаження $Q=56700$ Н; маса 1м ланцюга $q=2,60$ кг/м; діаметр рамки $d=7,95$ мм; ширина ланцюга $B=22,6$ мм; площа опорної поверхні шарніра $F=180$ мм².

Перевіряємо швидкість ланцюга за формулою

$$V_{\text{л}} = \frac{Z_1 \cdot n_1 \cdot t}{60 \cdot 10^3} \quad . \quad (5.12)$$

Підставивши дані, отримаємо

$$V_{\text{л}} = \frac{15 \cdot 612 \cdot 25,4}{60 \cdot 10^3} = 3,88 \text{ м/с.}$$

Умова з дотримання допустимої швидкості [18, ст.66] виконується, оскільки

$$V_{Л} = 3,9 \text{ м/с} \ll [V_{Л}] = 15 \text{ м/с}.$$

Приймаємо конструктивно міжосьову віддаль:

$$A = 12,5 \cdot t = 12,5 \cdot 25,4 = 320 \text{ мм}.$$

$$\text{Відношення } \frac{A}{t} = A_t = 12,5 < A_{\text{опт}} = 30..50.$$

Число ланок визначимо за формулою [32]

$$L_t = 2A_t + \frac{Z_1 + Z_2}{2} + \frac{\left(\frac{Z_2 - Z_1}{2\pi}\right)^2}{A_t}. \quad (5.13)$$

Підставивши дані, отримаємо

$$L_t = 2 \cdot 12,5 + \frac{15 + 17}{2} + \frac{\left(\frac{17 - 15}{6,28}\right)^2}{12,5} = 42.$$

Розрахункові значення $n_{\text{дв}} = 540$ об/хв; $n_1 = 612$ об/хв. Для обраного ланцюга умова $n < [n]_{\text{max}}$ виконується, бо $n_1 = 612$ об/хв $< [n]_{\text{min}} = 1150$ об/хв [18, табл.7.6].

Число ударів ланцюга

$$u_{Л} = \frac{Z_1 \cdot n_1}{15 \cdot L_t}. \quad (5.14)$$

Підставивши дані, отримаємо

$$u_{Л} = \frac{15 \cdot 612}{15 \cdot 42} = 14,57 \approx 15 \text{ 1/сек};$$

$$u_{Л} = 15 \text{ 1/сек} \ll [u_{Л}] = 30 \text{ 1/сек} \quad [18, \text{табл.7.7}].$$

Колове зусилля визначимо, користуючись формулою [18].

$$P = \frac{N \cdot 10^3}{V_L}. \quad (5.15)$$

Підставивши дані, отримаємо

$$P = \frac{3,36 \cdot 10^3}{3,88} = 866 \text{ Н}.$$

Середній тиск у шарнірах ланцюга

$$p = \frac{P \cdot K}{F} \ll [p] = 22,9 \text{ Н/мм}^2. \quad (5.16)$$

Отже,

$$p = \frac{866 \cdot 1,8}{180} = 8,7 \text{ Н/мм}^2 \ll [p] = 22,9 \text{ Н/мм}^2.$$

Умова міцності ланцюга виконується.

Зусилля від відцентрових сил знайдемо за формулою [18].

$$P_{ц} = q \cdot V_L^2; \quad (5.17)$$

$$P_{ц} = 2,57 \cdot 3,88^2 = 38,7 \text{ Н}.$$

Зусилля від провисання ланцюга буде

$$P_f = K_f \cdot q \cdot g \cdot A; \quad (5.18)$$

де K_f - коефіцієнт впливу нахилу передачі, при $\nu = 30^\circ$ $K_f = 3,0$ [18, с.142.], враховуючи дані, отримаємо

$$P_f = 3 \cdot 2,57 \cdot 9,81 \cdot 0,32 = 24,2 \text{ Н}.$$

Перевіримо ланцюг на розрив і визначимо розрахунковий коефіцієнт запасу міцності $n_{зап}$ ланцюга [18]

$$n = \frac{Q}{K_d \cdot P + P_{ц} + P_f}, \quad (5.19)$$

З врахуванням отриманих значень буде

$$n_{зАП} = \frac{56700}{1,2 \cdot 866 + 38,7 + 24,2} = 51,5.$$

Умова міцності на розрив виконується, так як $n_{зап}=51,5 \gg [n]=30$ [18, табл.7.8.]

Зусилля від ланцюгової передачі, що діє на ведучий вал редуктора різального апарату знайдемо за формулою

$$R = P + 2P_f. \quad (5.20)$$

$$R = 866 + 2 \cdot 24,2 = 914 \text{ Н.}$$

За результатами розрахунків у приводі застосовуємо роликівий однорядний ланцюг ПР-25,4-5670 ГОСТ13568-75.

5.3 Розрахунок редуктора приводу різального апарату

Вихідні дані для проектування конічного редуктора: частота обертання швидкісного веденого вала, на якому закріплені ріжучі ножі за дослідними даними, які визначались при експлуатації збиральної машини на забур'яненних полях, повинна бути 800-900 об/хв; потужність, що споживається зрізувальним апаратом -1,12 кВт.

Визначимо загальний ККД редуктора за формулою

$$\eta = \eta_1^2 \cdot \eta_2; \quad (5.21)$$

де η_1 – ККД пари підшипників кочення, $\eta_1=0,99$;

η_2 – ККД зубчатої конічної пари, $\eta_2=0,97$ [12, табл.11].

Тоді,

$$\eta = 0,99^2 \cdot 0,97 = 0,95.$$

З рівняння кінематичного ланцюга частота обертання валів буде:

$$\text{- ведучого} \quad 540 \cdot \frac{20}{20} \cdot \frac{17}{17} \cdot \frac{17}{15} = n_{ведуч} = n_1 = 612 \text{ об / хв};$$

$$\text{- веденого} \quad 540 \cdot \frac{20}{20} \cdot \frac{17}{17} \cdot \frac{17}{15} \cdot \frac{28}{20} = n_{\text{веден}} = n_2 = 857 \text{ об / хв.}$$

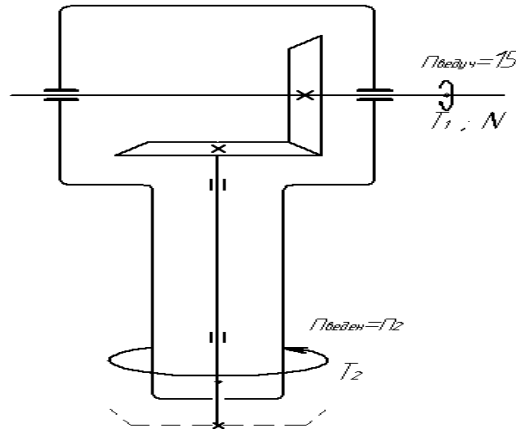


Рисунок 5.2 - Схема редуктора

Передаточне відношення редуктора

$$u = \frac{n_2}{n_1} = \frac{857}{612} = 1,4.$$

Обертальні моменти на валах:

$$\text{- ведучого} \quad T_1 = \frac{973,8 \cdot N_{p.a.}}{n_1} = \frac{973,8 \cdot 1,12}{612} = 17,8 \text{ Нм};$$

$$\text{- веденого} \quad T_2 = \frac{T_1}{u \cdot \eta} = \frac{17,8}{1,4 \cdot 0,95} = 13,4 \text{ Нм}.$$

Використовуючи [18] призначаємо для виготовлення зубчастих коліс сталь 40Х, термообробка – нормалізація (НВ 210...230) – для колеса, поліпшення (НВ 240...280) – для шестерні.

Допустимі напруження на контакту і згинальну витривалість зубів визначимо за [18]:

- для сталі 40Х НВ 210...230 (колесо)

$$\sigma_{\text{HP}}^0 = 550 \text{ Н/мм}^2; N_{\text{HO}} = 10^7; \sigma_{\text{FP}}^0 = 220 \text{ Н/мм}^2; N_{\text{Fo}} = 4 \cdot 10^6;$$

- для сталі 40Х НВ 240...280 (шестерня)

$$\sigma_{HP}^0 = 650 \text{ Н/мм}^2; N_{HO} = 4 \cdot 10^7; \sigma_{FP}^0 = 230 \text{ Н/мм}^2; N_{FO} = 4 \cdot 10^6.$$

Призначаємо ресурс передачі $t_{год} = 2000$ год; знаходимо кількість циклів зміни напружень:

$$N_{HE} = N_{FE} = 60 \cdot 875 \cdot 2000 = 10,3 \cdot 10^7.$$

Оскільки $N_{HE} > N_{HO}$ і $N_{FE} > N_{FO}$, то значення коефіцієнтів довговічності [32]

$$K_{HL} = 1,0; \quad K_{FL} = 1,0.$$

Таким чином, допустимі напруження

- для колеса:

$$\sigma'_{HP} = \sigma_{HP}^0 \cdot K_{HL} = 550 \cdot 1 = 550 \text{ Н/мм}^2,$$

$$\sigma'_{FP} = \sigma_{FP}^0 \cdot K_{FL} = 200 \cdot 1 = 200 \text{ Н/мм}^2,$$

- для шестерні:

$$\sigma'_{HP} = \sigma_{HP}^0 \cdot K_{HL} = 650 \cdot 1 = 650 \text{ Н/мм}^2,$$

$$\sigma'_{FP} = \sigma_{FP}^0 \cdot K_{FL} = 230 \cdot 1 = 230 \text{ Н/мм}^2.$$

Визначимо значення коефіцієнта, що входить до формули [32]:

$$K_{вс} = \frac{6}{R_e} = 0,285 \text{ (приймаємо);}$$

$$\frac{K_{вс} \cdot u}{2 - K_{вс}} = \frac{0,285 \cdot 1,4}{2 - 0,285} = 0,233 \text{ за [32, табл. П29];}$$

$K_{H\beta} = 1,14$ - для передбачуваних кулькових опор;

$V_H = 0,85$ (для прямозубої передачі) [18, ст.117].

Отже, для $\sigma_H = \sigma_H^{max} = \sigma_{HP}^1 = 650 \text{ Н/мм}^2$; з умови опору проти контактної

втомленості зубів

$$d_{e2} \geq 17 \cdot 10^3 \cdot \sqrt[3]{\frac{K_{H\beta} \cdot u \cdot T_2}{V_H \cdot \sigma_{HP}^2}} \text{ мм.} \quad (5.22)$$

Значення ділительного діаметра сталюї шестерні буде

$$d_{e2} \geq 17 \cdot 10^3 \cdot \sqrt[3]{\frac{1,14 \cdot 1,4 \cdot 13,4}{0,85 \cdot (650 \cdot 10^3)^2}} = 66,4 \text{ мм.}$$

За ГОСТ 12289-76 приймаємо $d_{e2} = 80$ мм.

Зовнішній ділительний діаметр колеса буде

$$d_{e1} = d_{e2} \cdot i = 80 \cdot 1,4 = 112 \text{ мм.}$$

За графіком [18] при $i = 1,4$ і $d_{e1} = 80$ мм, $Z_2^1 = 15$ і при твердості коліс <HB 350 знайдемо, що $c = 1,3$; тоді число зубів шестерні буде

$$Z_2 = c \cdot Z_2^1 = 1,3 \cdot 15 = 19,5.$$

Приймаємо $Z_2 = 20$.

Кількість зубів колеса буде

$$Z_1 = i \cdot Z_2 = 1,4 \cdot 20 = 28.$$

Обчислюємо зовнішній і середній колові модулі [32]:

$$m_e = \frac{d_{e2}}{Z_2} = \frac{80}{20} = 4,0 \text{ мм.}$$

Приймаючи $K_{вс} = 0,285$, отримуємо

$$m_m = m_e (1 - 0,5 \cdot K_{вс}) = 4 (1 - 0,5 \cdot 0,285) = 3,43 \text{ мм.}$$

Визначаємо кути ділительних конусів при $i = 1,4$:

$$\text{tg } \delta_1 = u = 1,4; \quad \delta_1 = \text{arctg } u = \text{arctg } 1,4 = 54,46^\circ = 54^\circ 28';$$

$$\delta_2 = \sum -\delta_1 = 90^\circ - 54,46^\circ = 35,54^\circ = 35^\circ 32'.$$

Зовнішня конусна віддаль і ширина вінця зуба відповідно

$$R_e = \frac{d_{e2}}{2 \sin \delta_2} = \frac{80}{2 \sin 35^\circ 32'} = 68,84 \text{ мм;}$$

$$B = R_e \cdot K_{вс} = 68,84 \cdot 0,285 = 19,62 \text{ мм.}$$

Приймаємо $v = 20$ мм.

Уточнюємо значення коефіцієнта $K_{вс}$ і середнього нормального модуля:

$$K_{вс} = \frac{v}{R_e} = \frac{20}{68,84} = 0,2905 < [0,3]_{\max};$$

$$m_m = m_e (1 - 0,5 \cdot K_{вс}) = 4(1 - 0,5 \cdot 0,2905) = 3,419 \text{ мм.}$$

Обчислюємо швидкість точки на колі середнього ділильного діаметра і призначаємо ступінь точності передачі:

$$V_m = 3,07 \text{ м/с} < [V_m]_{\max} = 4 \text{ м/с.}$$

За [18, табл.2, ст.95] при $V_m < 4,0 \text{ м/с}$ приймаємо 8 ступінь точності зубчастої передачі.

$$\text{За [18, табл.П29] при } \frac{u \cdot K_{ге}}{2 - K_{ге}} = \frac{1,4 \cdot 0,2905}{2 - 0,2905} = 0,2379 \text{ і твердості } < \text{НВ } 350$$

отримуємо для кулькових опор $K_{Н\beta} = 1,08$; $K_{F\beta} = 1,13$.

За [18, табл.П26] при 8 ступені точності і $< \text{НВ } 350$ при $V_m = 3,1 \text{ м/с}$ знайдемо для прямозубих коліс:

$$K_{HV} = 1,08; \quad K_{FV} = 2K_{HV} - 1 = 2 \cdot 1,08 - 1 = 1,16.$$

Обчислюємо еквівалентну кількість зубів

$$\text{- колеса} \quad Z'_{Vt} = \frac{Z_1}{\cos \delta_1} = \frac{28}{\cos 54^\circ 28'} = 48,17;$$

$$\text{- шестерні} \quad Z''_{Vt} = \frac{Z_2}{\cos \delta_2} = \frac{2}{\cos 35^\circ 32'} = 24,58.$$

За [18, табл.П27] знаходимо коефіцієнт форми зуба колеса $Y'_F = 3,65$ і шестерні $Y''_F = 3,90$.

Оскільки

$$\frac{\sigma'_{FP}}{Y'_F} = \frac{200}{3,65} = 54,8 \text{ Н/мм}^2 < \frac{\sigma''_{FP}}{Y''_F} = \frac{230}{3,9} = 58,97 \text{ Н/мм}^2,$$

то перевірку на витривалість зуба на згин зробимо по зубу колеса.

Обчислимо робоче контактне напруження, користуючись формулою [18]

$$\sigma_H = 212 \cdot 10^4 \cdot \sqrt{\frac{K_H \cdot u \cdot T_1}{V_H \cdot d_{e1}^3}} \quad (5.23)$$

Підставивши дані, отримаємо

$$\sigma_H = 212 \cdot 10^4 \cdot \sqrt{\frac{1,16 \cdot 1,4 \cdot 17,8}{0,85 \cdot (112 \cdot 10^{-3})^3}} = 329,8 \text{ Н/мм}^2;$$

умова міцності виконується, оскільки $\sigma_H = 330 \text{ Н/мм}^2 \ll \sigma'_{HP} = 550 \text{ Н/мм}^2$.

Визначаємо найбільші напруження згину у небезпечному перерізі зуба колеса за формулою [18]

$$\sigma_F = \frac{2,72 \cdot K_F \cdot Y_F' \cdot T_1}{V_F \cdot v \cdot d_{e1} \cdot m_e} \quad (5.24)$$

$$\sigma_F = \frac{2,72 \cdot 1,31 \cdot 3,65 \cdot 17,8}{0,85 \cdot 20 \cdot 112 \cdot 4 \cdot 10^{-9}} = 30,4 \text{ Н/мм}^2.$$

Умова міцності виконується, бо $\sigma_F = 30,3 \text{ Н/мм}^2 \ll \sigma'_{FP} = 200 \text{ Н/мм}^2$.

Визначаємо решту параметрів передачі і сили, що діють у зачепленні.

Середня конусна віддаль

$$R_m = R_e - 0,5v = 68,84 - 0,5 \cdot 20 = 58,84 \text{ мм.}$$

Обчислюємо зовнішні і середні ділильні діаметри вершин і западин зубів шестерні і колеса:

$$d_{e1} = m_e \cdot z_1 = 4 \cdot 28 = 112 \text{ мм}; \quad d_{m1} = m_m \cdot z_1 = 3,1419 \cdot 28 = 95,732 \text{ мм};$$

$$d_{ae1} = d_{e1} + 2 m_e \cdot \cos \delta_1 = 112 + 2 \cdot 4 \cos 54^\circ 28' = 116,65 \text{ мм};$$

$$d_{fe1} = d_{e1} - 2,4 m_e \cdot \cos \delta_1 = 112 - 2,4 \cdot 4 \cos 54^\circ 28' = 106,42 \text{ мм};$$

$$d_{e2} = m_e \cdot z_2 = 4 \cdot 20 = 80 \text{ мм}; \quad d_{m2} = m_m \cdot z_2 = 3,1419 \cdot 20 = 68,38 \text{ мм};$$

$$d_{ae2} = d_{e2} + 2m_e \cdot \cos \delta_2 = 80 + 2 \cdot 4 \cos 35^\circ 32' = 86,51 \text{ мм};$$

$$d_{fe2} = d_{e2} - 2,4 m_e \cdot \cos \delta_2 = 80 - 2,4 \cdot 4 \cos 35^\circ 32' = 72,188 \text{ мм}.$$

Колова сила на колі середнього ділильного діаметра

$$F_t = \frac{2T_1}{d \cdot m_1} = \frac{2 \cdot 17,8}{95,732 \cdot 10^{-3}} = 372 \text{ Н}.$$

Осьову силу на шестерні, що дорівнює радіальній силі на колесі знайдемо за формулою

$$F_{a2} = F_{r1} = F_t \cdot \operatorname{tg} \alpha \cdot \sin \delta_1 = 372 \cdot 0,364 \cdot \sin 54^\circ 28' = 110 \text{ Н}.$$

Радіальна сила на шестерні, що дорівнює осьовій силі на колесі, визначимо її за формулою

$$F_{r2} = F_{a1} = F_t \cdot \operatorname{tg} \alpha \cdot \cos \delta_1 = 372 \cdot 0,364 \cdot \cos 54^\circ 28' = 79 \text{ Н}.$$

Конструктивні розміри зубчастої пари приймають залежно від діаметра вихідного кінця вала. Цей розмір визначають орієнтовним розрахунком на міцність при крученні за заниженим допустимим напруженням $[\tau_k] = 15\text{-}30 \text{ Н/мм}^2$.

Приймаємо для валів $[\tau_k] = 20 \text{ Н/мм}^2$.

Тихохідний вал. З рівняння міцності [18] визначаємо діаметр вихідного кінця вала

$$\tau_k = \frac{T_1}{W_p} = \frac{16 \cdot T_1}{\pi \cdot d_{e1}^3}. \quad (5.25)$$

Підставивши дані, отримаємо

$$d_{e1} \geq \sqrt[3]{\frac{16 \cdot T_1}{\pi \cdot [\tau_k]}} = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot 13,4 \cdot 10^3}{3,14 \cdot 20}} = 15,1 \text{ мм}.$$

Приймаємо $d_{e2} = 25 \text{ мм}$.

Міцність валів перевіряємо за гіпотезою найбільших дотичних напружень. Для матеріалів валів – сталь 60С2 (приймаємо), границя витривалості при симетричному циклі навантажень

$$\sigma_{-1} \approx 0,43 \sigma_B = 0,43 \cdot 1050 = 452 \text{ Н/мм}^2$$

Приймаючи $[\sigma]_{\text{зп}} = 2,2$; $K_\sigma = 2,2$; $K_{\text{р.зг}} = 1$, обчислюємо допустимі напруження згину при симетричному циклі

$$[\sigma_{\text{зг}}]_{-1} = \frac{\sigma_{-1} \cdot K_{\text{р.зг.}}}{[n] \cdot K_\sigma} = \frac{452 \cdot 1}{2,2 \cdot 2,2} = 93 \text{ Н/мм}^2.$$

Ведучий вал. Вал навантажений силами $F_t = 372 \text{ Н}$; $F_{r1} = 110 \text{ Н}$; $F_{a1} = 79 \text{ Н}$; $R = 914 \text{ Н}$ (навантаження ланцюгової передачі) $T_1 = 17,8 \text{ Нм}$; $d_{m1} = 95,732 \text{ м}$.

Виконаємо розрахунок ведучого (тихохідного) валу. Креслимо схему навантажень вала (рис. 5.3) і будуємо епюри згинальних і крутних моментів.

Визначаємо реакції опор у вертикальній площині zOy

$$\sum M_A = F_{r1} \cdot 90 + F_{a1} \cdot \frac{d_{m1}}{2} + Y_B \cdot 115 - R \cdot 190 = 0;$$

$$Y_B = \frac{R \cdot 190 - F_{r1} \cdot 90 - F_{a1} \cdot d_{m1} / 2}{115} = \frac{914 \cdot 190 - 110 \cdot 90 - 79 \cdot 47,9}{115} = 1391 \text{ Н};$$

$$\sum M_B = R \cdot 75 - F_{a1} \cdot \frac{d_{m1}}{2} + F_{r1} \cdot 25 - Y_A \cdot 115 = 0;$$

$$Y_A = \frac{914 \cdot 75 - 79 \cdot 47,9 + 110 \cdot 25}{115} = 587 \text{ Н}.$$

$$\text{Перевірка } \sum Y = 0; -Y_A + Y_B + F_{r1} - R = -587 + 1391 + 110 - 914 = 0.$$

Визначаємо реакції опор у горизонтальній площині xOz:

$$\sum M_A = F_t \cdot 90 - X_B \cdot 115 = 0; \quad X_B = \frac{F_t \cdot 90}{115} = \frac{372 \cdot 90}{115} = 291 \text{ Н};$$

$$\sum M_B = F_t \cdot 25 - X_A \cdot 115 = 0; \quad X_A = \frac{F_t \cdot 25}{115} = \frac{372 \cdot 25}{115} = 81 \text{ Н.}$$

$$\text{Перевірка } \sum X = 0; \quad X_A + X_B - F_t = 291 + 81 - 372 = 0.$$

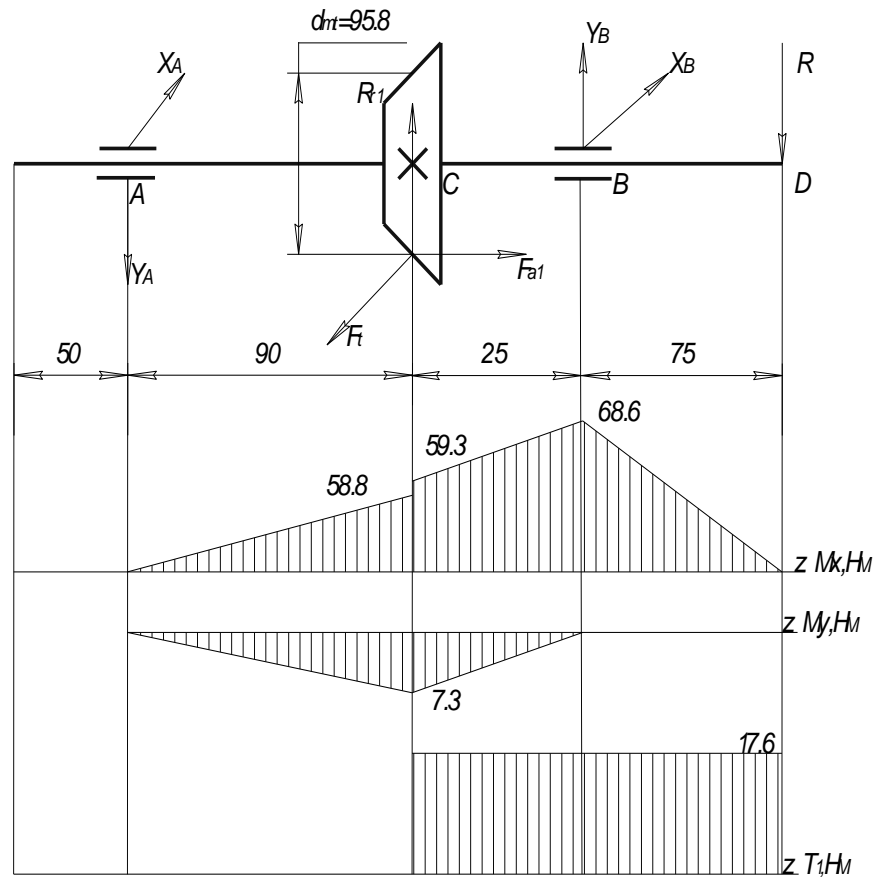


Рисунок 5.3 - Розрахункова схема ведучого валу

Визначаємо згинальні моменти у характерних перерізах - у т. А, В, С, Д:

- у площині zOy :

$$M_A = 0; \quad M_B = R \cdot 0,075 = 914 \cdot 0,075 = 68,6 \text{ Нм};$$

$$M_C^{лів} = Y_A \cdot 0,090 = 587 \cdot 0,090 = 52,8 \text{ Нм};$$

$$M_C^{прав} = R \cdot 0,1 - Y_B \cdot 0,025 = 914 \cdot 0,1 - 1391 \cdot 0,025 = 59,3 \text{ Нм};$$

- у площині xOy :

$$M_A = 0; \quad M_B = 0; \quad M_C = X_A \cdot 0,09 = 81 \cdot 0,09 = 7,3 \text{ Н.}$$

Обчислюємо сумарний згинальний момент і визначаємо нормальні напруження згину у небезпечному січені С (місце посадки колеса, переріз ослаблений наявністю шпонкової канавки) при $d=25$ мм.

$$M_{\text{сум}} = M_{\text{зг}} = \sqrt{M_y^2 + M_x^2} = \sqrt{59,3^2 + 7,3^2} = 59,8 \text{ Нм.}$$

$$\sigma_{\text{зг}} = \frac{M_{\text{зг}}}{W_x} = \frac{32 \cdot M_{\text{зг}}}{\pi \cdot d^3} = \frac{32 \cdot 59,8 \cdot 10^3}{3,14 \cdot 25^3} = 39 \text{ Н/мм}^2.$$

Визначаємо напруження кручення у перерізі С

$$\tau_{\text{к}} = \frac{T_1}{W_k} = \frac{16 \cdot T_1}{\pi \cdot d^3} = \frac{16 \cdot 17,8 \cdot 10^3}{3,14 \cdot 25^3} = 5,8 \text{ Н/мм}^2.$$

За гіпотезою найбільших дотичних напружень знаходимо еквівалентне напруження [19] і порівнюємо з допустимим.

$$\sigma_{\text{eIII}} = \sqrt{\sigma_{\text{зг}}^2 + 4\tau_{\text{к}}^2} = \sqrt{39^2 + 4 \cdot 5,8^2} = 40,7 \text{ Н/мм}^2;$$

$$\sigma_{\text{eIII}} = 40,7 \text{ Н/мм}^2 \ll [\sigma_{\text{зг}}]_{-1} = 93 \text{ Н/мм}^2.$$

Оскільки розрахункові напруження виявились істотно нижчими від допустимих, то коефіцієнт міцності валу буде високим і, отже, перевірка на жорсткість вала непотрібна.

Ведений вал. Вал навантажений силами $F_t=372\text{Н}$; $F_{a2}=110\text{Н}$; $F_{r2}=79\text{Н}$; $R=453\text{Н}$ (навантаження від ріжучих ножів); $T_2=13,4\text{Нм}$; $d_{m2}=68,38\text{мм}$.

Креслимо схему навантажень веденого (швидкохідного) вала і будуємо епюри згинних і крутних моментів (рис. 5.4).

Реакції опор у вертикальній площині zOy:

$$\sum M_A = F_{r2} \cdot 260 - F_{a2} \cdot \frac{d_{m2}}{2} + R \cdot 250 - Z_B \cdot 220 = 0;$$

$$Z_B = \frac{79 \cdot 260 - 110 \cdot 34,2 + 453 \cdot 250}{220} = 591 \text{ Н};$$

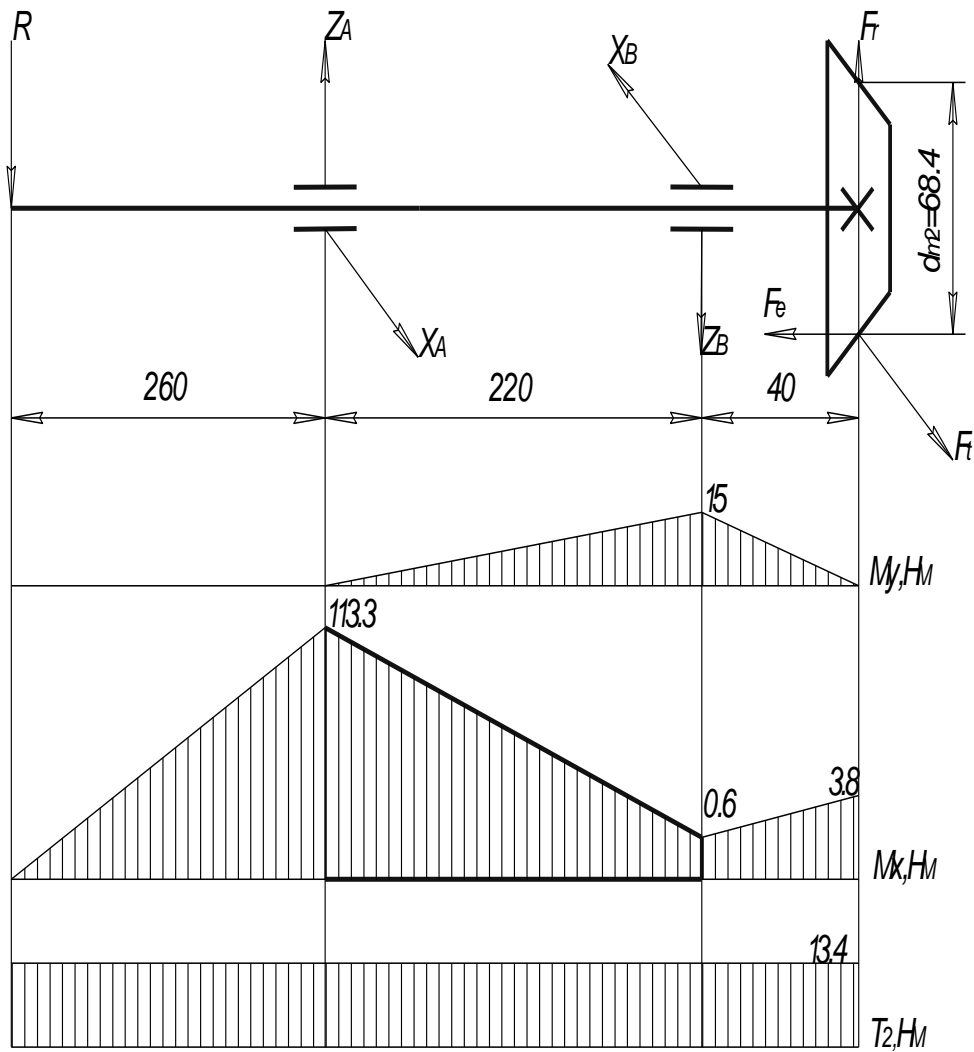


Рисунок 5.4 - Розрахункова схема веденого валу

$$\sum M_B = R \cdot 470 - Z_A \cdot 220 - F_{a2} \cdot \frac{d_{m2}}{2} + F_{r2} \cdot 40 = 0;$$

$$Z_A = \frac{453 \cdot 470 - 110 \cdot 34,2 + 79 \cdot 40}{220} = 965 \text{ Н.}$$

$$\text{Перевірка } \sum Z = 0; -Z_A + Z_B - F_{r2} + R = -965 + 591 - 79 + 453 = 0.$$

Визначаємо реакцію опор у горизонтальній площині xOz :

$$\sum M_A = F_t \cdot 260 - X_B \cdot 220 = 0; \quad X_B = \frac{372 \cdot 260}{220} = 440 \text{ Н;}$$

$$\sum M_B = F_t \cdot 40 - X_A \cdot 220 = 0; \quad X_A = \frac{372 \cdot 40}{220} = 68 \text{ Н.}$$

Перевірка $\sum Z = 0$; $-X_A + X_B - F_{t2} = -68 + 440 - 372 = 0$.

Згинальні моменти у характерних перерізах у т. А, В, С, Д:

- у площині zOy

$$M_C = -F_{a2} \cdot \frac{d_{m2}}{2} = -110 \cdot 34,2 = -3,8 \text{ Нм};$$

$$M_B = -F_{a2} \cdot \frac{d_{m2}}{2} + F_{r2} \cdot 40 = -110 \cdot 34,2 + 79 \cdot 40 = -0,6 \text{ Нм};$$

$$M_D = 0; \quad M_A = -R \cdot 0,25 = -453 \cdot 0,25 = -113,3 \text{ Нм};$$

- у площині xOz

$$M_C = 0; \quad M_{B\Pi} = -F_t \cdot 0,040 = -372 \cdot 0,040 = -15 \text{ Нм};$$

$$M_{B\text{Л}} = -X_A \cdot 0,22 = -68 \cdot 0,22 = -15 \text{ Нм}; \quad M_A = M_D = 0.$$

Сумарний згинальний момент і нормальні напруження згину у небезпечному перерізі А з $d=25$ мм (місце посадки підшипника) $M_{\text{сум}}=M_{\text{зг}}=113,3\text{Нм}$, нормальні напруження визначимо за формулою

$$\sigma_{\text{зг}} = \frac{M_{\text{зг}}}{W_x} = \frac{32 \cdot M_{\text{зг}}}{\pi \cdot d^3} = \frac{32 \cdot 113,3 \cdot 10^3}{3,14 \cdot 25^3} = 73,9 \text{ Н/мм}^2.$$

Напруження кручення у перерізі А:

$$\tau_{\text{к}} = \frac{T_2}{W_k} = \frac{16 \cdot T_2}{\pi \cdot d^3} = \frac{16 \cdot 13,4 \cdot 10^3}{3,14 \cdot 25^3} = 4,4 \text{ Н/мм}^2.$$

Еквівалентне напруження за третьою теорією міцності

$$\sigma_{\text{eIII}} = \sqrt{\sigma_{\text{зг}}^2 + 4\tau_{\text{к}}^2} = \sqrt{73,9^2 + 4 \cdot 4,4^2} = 74,4 \text{ Н/мм}^2;$$

$$\sigma_{\text{eIII}} = 74,4 \text{ Н/мм}^2 < [\sigma_{\text{зг}}]_{-1} = 93 \text{ Н/мм}^2.$$

Розрахункове напруження майже наближене до допустимого.

6.1 Охорона праці при роботі на сільськогосподарській техніці

Охороні праці працюючих у будь-яких сферах виробництва продукції агропромислового комплексу необхідно приділяти належну увагу і виділяти на це достатні кошти. Дотримання вимог охорони праці сприяє впровадженню найнадійніших засобів техніки безпеки, покращення санітарно-гігієнічних умови, які дозволяють звести до мінімуму виробничий травматизм і професійні захворювання.

Державним стандартом і санітарними правилами регламентовані вимоги до конструкції тракторів, самохідних та сільськогосподарських машин (обладнання машин приладами безпеки, сигналізації, спеціальними пристроями, інструментом і документацією), до статичної стійкості машин, гідро- і пневмоприводів, робочого місця оператора, органів керування, від яких залежать умови праці й безпека оператора. При організації охорони праці в господарстві слід керуватися «Правилами охорони праці у сільськогосподарському виробництві», затвердженими наказом Міністерства соціальної політики України 29 серпня 2018 року № 1240 (Зареєстровано в Міністерстві юстиції України 21 вересня 2018 р. за № 1090/32542).

Трактори і самохідні сільськогосподарські машини є зручними й безпечними при технічному обслуговуванні. Усі машини мають безпечний доступ на робоче місце, а параметри мікроклімату відповідають санітарним нормам.

Слід враховувати, що усі сільськогосподарські машини забруднюють навколишнє середовище (повітря, ґрунт, водойми) шкідливими викидами, але не являються джерелом пожеж і вибухів, а матеріали, які застосовуються при експлуатації і технічному обслуговуванні, є безпечними і не шкідливими для людей.

Для роботи допускаються лише технічно справні машини й знаряддя, що повністю відповідають вимогам безпеки. Нові, відремонтовані, а також

машини, що тривалий час не працювали, допускаються до роботи лише після їх, обкатки і реальної перевірки роботи всіх органів.

Для оцінки безпеки сільськогосподарської техніки застосовують різні способи й засоби. Найбільш поширеним є безпосередній огляд, випробування й вимірювання параметрів. В окремих випадках, при експлуатації складного обладнання для оцінки рівня безпеки (небезпеки) сільськогосподарських машин, виробничих процесів, виробництв, із метою запобігання травмонебезпечним, аварійним ситуаціям застосовують аналітичний метод. Усі наведені методи є складовими методу експертної оцінки робочих місць, машин, операцій.

Методом безпосереднього огляду і випробувань визначають стан кабіни, захисного каркасу, безпеку входу і виходу з кабіни, засобів приєднання і від'єднання сільськогосподарських машин і знарядь; наявність і справність огорожувальних та блокувальних пристроїв; стан і роботу вузлів, що працюють під тиском або при підвищеній температурі; справність засобів сигналізації; справність механізмів переведення машин з транспортного положення в робоче і навпаки; наявність і стан засобів фіксації начіпних машин у транспортному положенні; пристрої що забезпечують безпечну роботу в нічний час.

Методом вимірювання оцінюють навантаження на керовані колеса; статичну стійкість машин; люфт рульового колеса; габарити машин; кріплення пасів безпеки; показники оглядовості з робочого місця оператора; сили опору переміщенню органів керування; рівень шуму на робочому місці; рівень зовнішнього шуму; рівень вібрації; концентрацію шуму; наявність шкідливих речовин у повітрі; освітленість.

У процесі перевірки отримані дані порівнюють із нормативними і якщо вони перевищують допустимі, то машина до експлуатації не допускається [22, 23].

6.2 Безпека при комплектуванні та використанні МТА

Комплектує МТА тракторист-машиніст, при потребі, за допомогою допоміжних робітників під обов'язковим контролем бригадира чи механіка. За технічний стан, комплектування і безпечне використання машин, що знаходиться у приватній власності, несе повну відповідальність власник. До експлуатації допускаються абсолютно справні, відрегульовані і перевірені машини, що пройшли відповідну обкатку, у тому числі і нові машини.

Причіпні й начіпні машини заздалегідь перевіряють і агрегують лише з тим трактором, що зазначений у заводській інструкції машини. До роботи на агрегатах допускаються фізично здорові, навчені за спеціальною програмою механізатори. Залежно від виду роботи, механізатори мають бути забезпечені відповідними засобами захисту й спецодягу.

Механізовані роботи й рух агрегатів відповідають розробленим і затвердженим керівником господарства технологіям та маршрутам руху агрегатів.

На ділянках полів, над якими проходять повітряні лінії передач, робота й поїзд машин дозволяється в тому випадку, якщо відстань від найвищої точки машини до нижнього проводу лінії не менше за такі величини:

Напруга лінії, кВт	1-20	35-110	150	200	200-500
Відстань по вертикалі, м	2	3	5	5	6

Особливу увагу слід приділяти агрегатам, що працюють на схилах. До керування такими агрегатами допускають механізаторів не нижче 2 класу, із стажем роботи за спеціальністю не нижче 3 років. В умовах гористої місцевості, як правило, застосовують спеціальні МТА й окремі машини (крутосхилої модифікації). Для роботи на схилах крутістю 8 – 9° допускаються трактори загального призначення.

Виконувати роботи під машинами, піднятими за допомогою гідромеханізмів, забороняється. Усунення несправностей, заміну ножів, операції технічного обслуговування виконують тільки при зупиненому двигуні.

Видаляти масу при забиванні робочих органів можна здійснювати за допомогою спеціальних пристроїв із дотриманням вимог безпеки.

Для проведення ТО використовують стаціонарні пункти обслуговування, а для проведення ТО в польових умовах використовують пересувну майстерню. Технічне обслуговування в польових умовах виконують у світлий час доби. Агрегат технічного обслуговування розташовують на горизонтальному майданчику в найбільш зручному положенні відносно машини, що обслуговується, гальмують та заземлюють. Заміну ножів різальних агрегатів проводять удвох [22; 23].

6.3 Безпека праці при виконанні польових робіт

Одночасно, із додержанням загальних для сільського виробництва правил охорони праці і пожежної безпеки виконуються деякі специфічні вимоги.

До обслуговування машин допускають працівників, добре обізнаних з їх, будовою та правилами безпечної експлуатації. До роботи не допускаються працівники, що не мають посвідчення тракториста-машиніста.

Перед початком роботи треба впевнитись в наявності захисних пристроїв та перевірити надійність їх кріплення. Працювати з незахищеними ланцюговими, пасовими та карданними передачами забороняється.

Перед включенням робочих органів подається заздалегідь встановлений сигнал. трактори і самохідні машини повинні бути забезпечені медичною аптечкою. Перед початком роботи перевірено наявність агрегатних чистиків, гачків і інших засобів для очищення робочих органів машини.

Перед пуском ротаційних косарок перевірити відсутність сторонніх предметів під ротором, а також кріплення роторів і ножів. Забороняється працювати на тракторах чи шасі, не обладнаних іскрогасниками й засобами пожежогасіння.

При скошуванні рослинної маси для підвищення стійкості агрегату перед начіплюванням косарки збільшується ширина колії.

Забороняється на ходу та при працюючому двигуні трактора проводити, ремонт, регулювання та технічне обслуговування агрегату.

Усі види ремонту, регулювання та технічний догляд проводиться тільки при зупиненому двигуні трактора.

Не допускається під час роботи трактора перебування в ньому інших людей.

Ремонтні роботи під косаркою проводяться тільки з надійно встановленими під неї підпорами.

Не роз'єднувати робочі шланги, якщо вони знаходяться під тиском. Перед роз'єднанням шлангів косарку встановлюють у транспортне положення, а розподільник – в нейтральне.

При заміні ножів диск повинен бути зафіксований від прокручування, а сама заміна ножів проводиться за допомогою спеціальних пристосувань, причому у двох та в робочих рукавицях.

Підіймаючи косарку у транспортне положення або, опускаючи в робоче, забороняється братись руками за ножі.

Не залишати на косарці після ремонту інструмент та інші предмети.

Дотримувати правила безпеки при обслуговуванні та заправці трактора. Трактор повинен бути обладнаний вогнегасником, аптечкою.

Забороняється транспортування в темний час доби та в умовах поганої видимості.

7 РОЗРАХУНКИ ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ПРОЄКТУ

Розроблена машини для подрібнення (мульчування) рослинних решток після збирання основного урожаю дозволяє використовувати їх в якості органічних добрив для подальшого вирощування сільськогосподарських культур в системі органічного землеробства.

Визначення економічної ефективності від впровадження розробок проведемо в порівнянні з найближчим аналогом – косаркою КИР-1,5.

Вихідні дані для визначення економічних показників проекту представлені в таблиці 7.1.

Таблиця 7.1 - Вихідні дані для розрахунку економічних показників

Назва показників	Базова машина	Розроблена
1.Робоча швидкість, км/год	до 6,0	до 10
2. Продуктивність, га/год.	0,9	1,5
3. Питомі витрати палива, кг/га	4,75	3,27
4. Вартість машини, грн.	347000	328000
5. Ширина захвату, м	1,5	1,7
6. Кількість обслуговуючого персоналу	1	1

Затрати праці на збиранні гички цукрових коренеплодів визначаються за формулою:

$$H = \frac{m}{W_{\text{год}}}, \quad (7.1)$$

де: m – кількість обслуговуючого персоналу;

$W_{\text{год}}$ - продуктивність машини за годину, га/год.

При подрібненні рослинних залишків базовою машиною затрати праці становлять:

$$H_6 = \frac{1}{0,9} = 1,11 \text{ люд.год./га.}$$

При подрібненні рослинних залишків розробленим подрібнювачем затрати праці будуть становити:

$$H_M = \frac{1}{1,5} = 0,67 \text{ люд.год./га.}$$

Зниження затрат праці при використанні розробленої машини будуть становити:

$$H_3 = H_6 - H_M = 1,11 - 0,67 = 0,44 \text{ люд.год./га.}$$

Прямі експлуатаційні затрати при мульчуванні рослинних решток розраховуються за формулою:

$$C = C_o + C_a + C_p + C_{\text{пмм}}, \quad (7.2)$$

де C_o – оплата праці з нарахуваннями, грн./га;

C_a – амортизаційні відрахування, грн./га;

C_p – витрати на ремонт і технічне обслуговування, грн./га;

$C_{\text{пмм}}$ – витрати на паливо і мастильні матеріали, грн./га.

Оплата праці механізатору, який працює на агрегаті, нараховується по шостому розряду за тарифною сіткою за норму виконаної роботи [24]. За 1 га зібраної площі оплата праці становить:

$$C_o^1 = \frac{C_T}{W_{\#M}}, \quad (7.3)$$

де C_T – оплата праці за тарифною сіткою, грн./зм.;

$W_{зм}$ – продуктивність агрегату за зміну, га/зм.

Для механізатора, який працює на базовому агрегаті оплата праці по шостому розряду тарифної сітки з врахуванням мінімальної заробітної плати 8000 грн. за місяць становить 348 грн. за зміну. А за 1 га скошеної площі оплата праці буде становити:

$$C_{O.B}^1 = \frac{348}{6,3} = 55,2 \text{ грн./га.}$$

Крім того, в господарстві проводиться доплата: 50 % - за складність робіт (становить 27,6 грн./га), 12% - за інтенсивність робіт (становить 6,7 грн./га). І тоді оплата праці з нарахуваннями буде становити:

$$C_{об}^н = 55,2 + 27,6 + 6,7 = 89,5 \text{ грн./га.}$$

На цю суму механізатору нараховується 20 % за класність (становить 17,9 грн./га) і 51 % соціального страхування і ін. (становить 45,6 грн./га). І тоді вся оплата праці з нарахуваннями механізатору, який працює на базовому агрегаті, становить:

$$C_{об} = 89,5 + 17,9 + 45,6 = 153,0 \text{ грн./га.}$$

Для механізатора, який працює на агрегаті з розробленою косаркою-подрібнювачем, оплата праці буде проводитися по шостому розряду тарифної сітки і за 1 га скошеної площі вона становить:

$$C_{O.H}^1 = \frac{348}{10,5} = 33,2 \text{ грн./га.}$$

Аналогічно нараховуються всі необхідні доплати: 50 % за складність робіт (16,6 грн./га), 12 % за інтенсивність робіт (4,0 грн./га). І оплата праці з нарахуваннями буде становити:

$$C_{он}^н = 33,2 + 16,6 + 4,0 = 53,8 \text{ грн./га.}$$

На цю суму нараховується 51 % соціального страхування (27,4 грн./га) і 20% за класність (становить 10,8 грн./га) і оплата праці з усіма нарахуваннями для механізатора, який працює на новому агрегаті, буде становити

$$C_{\text{он}} = 53,8 + 27,4 + 10,8 = 92,0 \text{ грн./га.}$$

Амортизаційні відрахування визначаються виходячи з річних норм на відрахування від загальної вартості машини за формулою:

$$C_a = \frac{C \cdot \alpha}{100 \cdot D \cdot K \cdot W_{3M}} \quad (7.4)$$

де C – балансова вартість машини, грн.;

D – кількість днів роботи в рік;

K – коефіцієнт змінності.

За нормативами річна норма відрахувань на амортизацію для роторних косарок становить 15%. Тоді відрахування для базової машини будуть становити:

$$C_{\text{аб}} = \frac{347000 \cdot 15}{100 \cdot 30 \cdot 1,8 \cdot 6,3} = 153,0 \text{ грн./га.}$$

Амортизаційні відрахування на розроблений подрібнювач (мульчувач) будуть становити:

$$C_{\text{ар}} = \frac{328000 \cdot 15}{100 \cdot 30 \cdot 1,8 \cdot 10,5} = 86,8 \text{ грн./га.}$$

Затрати на ремонт і технічне обслуговування агрегату також визначається за нормативами, які становлять 15 % в рік від вартості машини. Розрахунки проводяться за формулою:

$$C_p = \frac{Ц \cdot \beta}{100 \cdot Д \cdot К \cdot W_{3M}}, \quad (7.5)$$

де β - норма річних відрахувань.

Для базової машини затрати на ремонт і технічне обслуговування машини будуть дорівнювати:

$$C_{p.б} = \frac{347000 \cdot 15}{100 \cdot 30 \cdot 1,8 \cdot 6,3} = 153,0 \text{ грн./га.}$$

Для розробленого подрібнювача затрати на ремонт і технічне обслуговування будуть дорівнювати:

$$C_{p.н.} = \frac{328000 \cdot 15}{100 \cdot 30 \cdot 1,8 \cdot 10,5} = 86,8 \text{ грн./га.}$$

Питомі витрати на паливо і мастильні матеріали можна визначити за формулою:

$$C_{ПММ} = Q Ц_k, \quad (7.6)$$

де Q – витрати палива, л/га;

$Ц_k$ – комплексна ціна палива, грн./л.

Комплексна ціна включає витрати на основне паливо, а також на мастильні матеріали. Норми витрат мастильних матеріалів в % до основного палива для МТА становлять: дизельне мастило – 5 %; автотракторне мастило – 3,7 %; солідол – 0,5 %; трансмісійне мастило – 0,8 %.

Вартість палива і мастил коливаються на ринку і залежать від об'ємів закупок, постачальника і інших факторів. З врахуванням сьогоднішніх цін приймаємо комплексну ціну ПММ 59,7 грн./л. Тоді, питомі витрати на паливо і мастильні матеріали для базової технології будуть становити

$$C_{\text{ПММ}}^{\text{б}} = 4,75 \cdot 59,7 = 283,6 \text{ грн./га.}$$

Для нової машини витрати на ПММ можна визначити так:

$$C_{\text{ПММ}}^{\text{к}} = 3,27 \cdot 59,7 = 195,2 \text{ грн./га.}$$

Загальні питомі прямі експлуатаційні витрати будуть становити:

- для базової машини:

$$C^{\text{б}} = 153,0 + 153,0 + 153,0 + 283,6 = 742,6 \text{ грн./га,}$$

- для нової машини:

$$C^{\text{м}} = 92,0 + 86,8 + 86,8 + 195,2 = 460,8 \text{ грн./га.}$$

Зниження прямих експлуатаційних затрат буде становити

$$C_{\text{Е}} = C^{\text{б}} - C^{\text{м}} = 742,6 - 460,8 = 281,8 \text{ грн/га} \quad (7.7)$$

Річний економічний ефект від впровадження кондиціонера можна визначити за формулою:

$$E_{\text{р}} = C_{\text{Е}} \cdot T_{\text{р}}, \quad (7.8)$$

де $T_{\text{р}}$ – річний виробіток машини, га.

При річному виробітку машини на подрібненні залишків кукурудзи, соняшника та зернових культур 1000 га, річний економічний ефект буде становити

$$E_{\text{р}} = 281,8 \times 1000 = 281800 \text{ грн.}$$

Після проведених розрахунків визначимо термін окупності запропонованої машини за формулою:

$$O = \frac{B_{\text{м}}}{E_{\text{р}}}, \quad (7.9)$$

де B_m – вартість виготовлення подрібнювача, грн.

E_p – річний економічний ефект, грн.

$$O = \frac{328000}{281800} \approx 1,1 \text{ років.}$$

Всі розраховані дані зводимо в таблицю 7.2.

Таблиця 7.2 - Основні економічні показники

Назва показника	Базова машина	Нова машина	Відхилення + .–
Продуктивність, га/год.	0,9	1,5	0,6
Затрати праці , люд-год./га	1,1	0,67	0,44
Прямі експлуатаційні затрати, грн./га В тому числі:	746,2	460,8	281,8
- оплата праці	153,0	92,0	61,0
- відрахування на реновацію	153,0	86,8	66,2
- затрати на ремонт	153,0	86,8	66,2
- затрати на ПММ	283,6	195,2	88,4
Зниження прямих експлуатаційних затрат, грн./га	-	281,8	
Річний економічний ефект, грн.	-	281800	
Термін окупності проекту, років	-	1,1	

Результати розрахунків економічної ефективності показують, що запровадження розробленого подрібнювача у виробництво дасть змогу одержати річний економічний ефект в сумі 281800 грн., а затрати на його виготовлення окупляться протягом року експлуатації.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. В сучасних умовах сільськогосподарського виробництва проблема заробки пожнивних залишків є дуже актуальною. Технологічно і функціонально найвідповідальнішими є процеси подрібнення, рівномірного просторового розподілу, і насамперед, загортання в ґрунт сухої чи зеленої фітомаси.

2. Максимальне використання як добрива побічної продукції рослинництва є дієвим, екобезпечним, енергоощадним, недорогим агрозаходом відтворення елементів ґрунтової родючості й забезпечення стійкої продуктивності сільськогосподарських культур.

3. Розроблена конструкція подрібнювача рослинних залишків дає можливість якісного проведення технологічної операції, яка лягає в основу біоорганічних агротехнологій вирощування сільськогосподарських культур в сучасних умовах.

4. В результаті розрахунків оптимізовано геометричні та кінематичні параметри роторного подрібнювача (мульчувача) рослинних решток. Розроблено окремі вузли і деталі машини.

5. Розроблені правила техніки безпеки при роботі агрегату, при їх обов'язковому виконанні, дозволять підвищити безпеку праці, зменшити виробничий травматизм та рівень професійних захворювань механізаторів.

6. Розрахунки техніко-економічних показників впровадження машини у виробництво підтверджують доцільність цієї роботи. При цьому економічний ефект від використання агрегату складає 281,8 грн./га.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Розвиток органічного виробництва / Федоров М.М., Ходаківська О.В., Корчинська С.Г.: за ред.. М.М.Федорова, О.В.Ходаківської. – К.: ННЦ ІАЕ, 2011. – 146 с.
2. Рудницька О.В. Формування попиту на органічну продукцію в Україні: аналіз і перспективи / О.В.Рудницька // Економіка АПК. – 2005. №10. – С.116-120.
3. В Україні зменшилась площа земель виділених під органічне землеробство//<https://eco.rayon.in.ua/news/640962-v-ukraini-zmenshilas-ploshcha-zemel-vidilenikh-pid-organichne-zemlerobstvo>
4. Органічне землеробство в Європі - план збільшення на чверть. А що ж Україна? //09.04.2021.// <https://himagro.com.ua/organichne-zemlerobstvo-v-yevropi-plan-zbilshennya-na-chvert-a-shho-zh-ukra%D1%97na>
5. Гречкосій В.Д., Шатров Р.В. Мульчування рослинних решток у системі органічного землеробства// Сучасні аграрні технології. - №42, вересень 2013.
6. Оптимізація комплексів машин і структури машинного парку та планування технічного сервісу / Мельник І.І., Гречкосій В.Д., Бондар С.М. [та ін.]. – К.: Видавничий центр НАУ, 2004. – 151с.
7. Рожанський О., Боднар О. Доцільність повернення соломи в ґрунт та чинники, що впливають на ефективність цього заходу // Техніка і технології АПК, №8(23), серпень, 2011. – С.27-29.
8. Власова О. Органічне виробництво в Україні та закордоном// Агрономія сьогодні - Вівторок, 26 червня 2018// <https://agro-business.com.ua/agro/ahronomiia-sohodni/item/10676-orhanichne-vyrobnytstvo-v-ukraini-ta-zakordonom.html>.
9. Рева С. Органічні технології виробництва: переваги і недоліки// IX Міжнародна науково-практична конференція «ОРГАНІЧНЕ ЗЕМЛЕРОБСТВО».

- Київ, листопад, 2024.

10. Орел А.М., Дяченко В.В. Сучасні аспекти розвитку органічного землеробства в умовах сталого сільського господарства// Економіка та суспільства. – вип. 48, 2023. – с.

11. Адамчук В., Кузьменко А., Кузьмич А., Максименко В. Збирання незернової частини урожаю кукурудзи та соняшнику як твердого біопалива// Пропозиція. - 25.10.2022. - <https://propozitsiya.com/ua/zbyrannya-nezernovoyi-chastyny-urozhayu-kukurudzy-ta-sonyashnyku-yak-tverdogo-biopalyva>.

12. Кобець А.С., Іщенко Т.Д., Волик Б.А., Демидов О.А. Механіко-технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів: Навчальний посібник. – Дніпропетровськ: РВВ ДДАУ, 2009. – 84 с.

13. Механізація вирощування сільськогосподарських культур в Україні/ А.С.Кобець, О.Д.Деркач, М.І.Ролдугін, В.М.Яцук, П.М.Кухаренко, А.М.Пугач; Дніпропетровський державний аграрно-економічний університет. – Дніпропетровськ, 2014. – 285 с.

14. Кобець А.С. Основи теорії робочих органів сільськогосподарських машин: Навчальний посібник/ Дніпропетровський державний аграрний університет. – Дніпропетровськ, 1999. – 204 с.

15. Войтюк Я.Ю., Гаврилюк Г.Р. Сільськогосподарські машини. – К.: Урожай, 1994. – 448 с.

16. Машиновикористання та екологія довкілля: Підручник/ Головчук А.Ф., Лімонт А.С., Бондаренко М.Г. За ред. А.Ф.Головчука. – К.: Грамота, 2007.- 360 с.

17. Сисолін П.В., Сало В.М., Кропівний В.М. Сільськогосподарські машини: теоретичні основи, конструкція, проектування. Кн.1. Машини для рільництва /За ред. Чорновола М.І.- К.: Урожай, 2001. - 384с.

18. Довідник з опору матеріалів / Писаренко Г.С., Яковлев А.П., Матвієв В.В. Відп. Ред. Писаренко Г.С. – 2-е вид., перероб. і доп. К: Наукова думка, 1988 – 736 с.

19. Землеробська механіка. Т.2. Теоретичні основи сільськогосподарської механіки/ А.С. Кобець, А.Г. Дем'яненко, О.Ю. Береза, О.А. Гонь і ін.- Дніпро, «Свідлер А.Л.», 2022. – 712 с.

20. Машиновикористання в землеробстві /В.Ю. Ільченко, Ю.П. Нагірний, П.А. Джолос та ін.; За ред. В.Ю. Ільченка, Ю.П. Нагірного. – К.: Урожай, 1996. –384с.

21. Експлуатація машинно-тракторного парку в аграрному виробництві /В.Ю. Ільченко, В.П. Карасьов, А.С. Лімонт та ін.; За ред. В.Ю. Ільченка. –К.: Урожай, 1993. 224 с.

22. Правила охорони праці у сільськогосподарському виробництві// Затверджені наказом Міністерства соціальної політики України 29 серпня 2018 року № 1240, зареєстровано в Міністерстві юстиції України 21 вересня 2018 р. за № 1090/32542.

23. Гряник Г.М., Лехман С.Д., Бутко Д.А. Охорона праці. – К.: Урожай, 1994. – 272 с., іл..

24. Вініченко І.І, Сітковська А.О. Методичні рекомендації з економічного обґрунтування дипломних робіт для студентів факультету механізації сільського господарства// Дніпропетровськ: ДДАЕУ, 2016. – 27 с.