

**ДНПРОВСЬКИЙ 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
ступеня вищої освіти «Бакалавр» на тему:

**Удосконалення технологічного процесу подрібнення рослинних
решток грубостеблових культур та розробкою конструкції катка-
подрібнювача**

Виконав: студент 3 курсу, групи МС-4-20 за
спеціальністю 208 «Агроінженерія»

_____ Моссеєнко Анатолій Вадимович

Керівник: _____ Волик Борис Анатолійович

Рецензент: _____

ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра тракторів і сільськогосподарських машин

Ступінь вищої освіти: «Бакалавр»

Спеціальність: 208 «Агроінженерія»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

ТСГМ

(назва кафедри)

ДОЦЕНТ

(вчене звання)

Теслюк Г.В.

(підпис)

(прізвище, ініціали)

«__» _____ 2023 р.

**ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ СТУДЕНТУ**

Моссеєнку Анатолію Вадимовичу

1. Тема роботи: Удосконалення технологічного процесу подрібнення рослинних решток грубостеблових культур та розробкою конструкції катка-подрібнювача

керівник роботи Волик Борис Анатолійович, к.т.н., доцент

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від

«8» травня 2023 року № 820

2. Строк подання студентом роботи _____.

3. Вихідні дані до проєкту Огляд стану питання в галузі післязбиральної обробки ґрунту за агрофоном стерні грубостеблових культур. Конструкторська документація заводу-виробника (ТОВДСМ). Патентний пошук, аналіз літературних джерел, останніх досліджень з обраної тематики.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити). Характеристика виробничої діяльності базового господарства. 2. Огляд існуючих технологій обробітку пожнивних решток грубостеблових культур і машин і машин для їх виконання 3. Удосконалення

конструкції серійного катка-подрібнювача. 4. Охорона праці. 5. Техніко-економічна оцінка впровадження удосконаленого катка-подрібнювача в виробництво. Висновки та пропозиції. Бібліографічний список.

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

1. Огляд конструкцій катків-подрібнювачів (А1). 2. Аналітичне обґрунтування конструкції 3. Загальний вид модернізованого катка-подрібнювача(А1) Складові одиниці (А2) Економічні показники (А1).

6. Консультанти розділів проєкту

| Розділ | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Підпис, дата | |
|---------------|---|----------------|------------------|
| | | завдання видав | Завдання прийняв |
| 4 | Деркач О., доцент | | |
| нормоконтроль | Пономаренко Н.О., доцент | | |

7. Дата видачі завдання: 12.02.2023 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| № з/п | Назва етапів дипломного проєкту | Строк виконання етапів роботи | Примітка |
|-------|---------------------------------|-------------------------------|----------|
| 1 | Аналітичний (оглядовий) | | |
| 2 | Технологічний | | |
| 3 | Конструкційний | | |
| 4 | Охорона праці | | |
| 5 | Економічний | | |
| 6 | Графічна частина | | |

Студент

_____ (підпис)

Моссеєнко А.В.

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Волик Б.А.

_____ (прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Моссеєнко А.В. Удосконалення технологічного процесу подрібнення рослинних решток грубостеблових культур та розробкою конструкції катка-подрібнювача – Дипломний проект ступеня бакалавра за спеціальністю №208 «Агроінженерія». – ДДАЕУ, Дніпро,- 2023

В дипломному проекті запропонована нова конструкція катка-подрібнювача, адаптована до роботи по агрофону стерні грубостеблових культур. Обраний технічний прототип і запропонований біологічний аналог конструкції. Аналітично проаналізований технологічний процес, що виконує модернізована конструкція

Прогнозований економічний ефект від впровадження конструкції у виробництво становить 9198 грн в розрахунку на навантаження 200 га.

Ключові слова: каток-подрібнювач, коренева система, подрібнення рослинних решток, органічне землеробство, біологічний аналог ножа.

ЗМІСТ

| | |
|---|----|
| Вступ..... | 6 |
| 1. Аналіз виробничої діяльності підприємства..... | 8 |
| 1.1 Загальні відомості про підприємство..... | 8 |
| 1.2 Аналіз матеріально-технічної бази об'єктів ремонтно обслуговуючого | |
| комплексу..... | 9 |
| 1.3 Аналіз існуючих технологій за темою..... | 11 |
| 1.3.1 Методи використання рослинних решток..... | 11 |
| 1.3.2 Огляд та аналіз технологічних | 12 |
| 1.4 Агротехнічні вимоги до процесу | 13 |
| 1.5 Обґрунтування теми дипломного проекту..... | 14 |
| 2. Огляд існуючих конструкцій машин (вузлів), технічних рішень, технологій, енергетичних джерел..... | 16 |
| 2.1 Загальні відомості..... | 16 |
| 2.2 Агрегати які пропонуються для модернізації..... | 22 |
| 2.3 Огляд аналітичних досліджень | 24 |
| 3. Обґрунтування конструкції. Аналітичні дослідження..... | 30 |
| 3.1 Постановка проблеми..... | 30 |
| 3.2 Обґрунтування технологічного процесу і біологічного аналог..... | 32 |
| 3.3 Адаптація профілю леза до роботи в умовах ґрунтового середовища..... | 35 |
| 3.4 Прогнозований тяговий опір..... | 38 |
| 3.4.1 Етапи заглиблення ножа..... | 38 |
| 3.4.2 Горизонтальний і вертикальний режими роботи..... | 40 |
| 4. Охорона праці та захист навколишнього середовища..... | 42 |
| 5. Економічна ефективність роботи..... | 47 |
| Висновки..... | 54 |
| Список використаних джерел..... | 56 |

Додатки

Вступ

На сьогоднішній день, проблема забур'яненості на звільнених від окупації полях та незадовільний стан ґрунту стали актуальними. Для вирішення цих проблем, була обрана тема модернізації універсальної машини - катка подрібнювача. Головна мета розробки полягає в тому, щоб ефективно боротися зі забур'яненістю, одночасно поліпшуючи стан ґрунту. Особлива увага приділяється оптимальній роботі з обробки соняшника та кукурудзи. Нова модернізована машина катка подрібнювача має задовольняти вимоги сучасних аграрних потреб, забезпечуючи ефективну боротьбу зі забур'яненістю на полях, а також покращуючи структуру та родючість ґрунту. Ця інноваційна розробка спрямована на підвищення ефективності та якості сільськогосподарського виробництва, використовуючи ресурси на максимум і допомагаючи забезпечити стабільність у галузі сільського господарства.

Мета – Підвищення рівня якості аспектів формування шару мульчі шляхом інтенсифікації подрібнення кореневої системи стерні.

Задачі дипломного проекту:

Виконаний аналіз сучасних технологій і технічних засобів формування шару мульчі.

Обґрунтований технічний прототип і біологічний аналог;

Обґрунтована конструктивна схема знаряддя;

Аналітично досліджено процес взаємодії розробленого знаряддя з ґрунтовим середовищем.

Проаналізовані умови експлуатації машини з точки зору охорони праці і навколишнього середовища.

Виконані техніко-економічні розрахунки ефективності досліджень.

Об'єкт дослідження – технологічний процес подрібнення кореневої системи грубостеблових культур і формування шару мульчі.

Предмет дослідження – Залежність якості кришення від конструктивних параметрів.

Практичне значення отриманих результатів.

Результати застосування конструкції дозволяють знизити тяговий опір знаряддя та покращити якість обробітку ґрунту.

1. АНАЛІЗ ВИРОБНИЧОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ПІДПРИЄМСТВА

1.1 Загальні відомості про підприємство.

ТОВ «Крупа ІК» знаходиться за адресою: смт. Слобожанське, вул. Кримська, 22. Територіально підприємство розміщено дуже вдало так як на ремонт інколи надходить великогабаритна техніка (комбайни, жатки, трактори, ґрунтообробні агрегати) яку в місто доставити дуже важко, а інколи навіть не можливо. Головний виїзд з підприємства виходить на Донецьке шосе це дає можливість швидкому логістичному зв'язку з іншими містами для відправлення запчастин на ремонт (форсунок, насосу високого тиску, турбіни та інших деталей які потребують високої точності в ремонті).

Дане підприємство надає великий комплекс послуг а саме:

- капітального ремонту двигунів переважно фірми “Cummins”;
- ремонт коробок передач;
- відновлення гідравлічної системи трактора;
- ремонт і модернізація навісного обладнання;

До підприємства на ремонт переважно надходить така техніка Case 2388, Case Magnum 310 (рис.1.1) та (рис.1.2) комбайн Case 2388 так як вони є найрозповсюдженішими.



Рис 1.1. Трактор Case Magnum 310



Рис.2.2. Комбайн Case 2388

Останнім часом підприємство зробило акцент на ремонті навісного обладнання та пропозиції по його покращенню, підходить до завдання ремонту творчо і пропонує свої варіанти для модернізації конструкцій та агрегатів.

1.2. Аналіз матеріально – технічної бази об'єктів ремонтно-обслуговуючого комплексу.

ТОВ «Крупа ІК» в своєму розпорядженні має такі ремонтні дільниці:

- дільниця яка спеціалізується на відновленні двигунів різних марок, зокрема двигунів Cummins.
- дільниця випробування та ремонту гідравлічного обладнання сільськогосподарської техніки.
- Дільниця дні ремонту навісного обладнання тракторів і комбайнів.

На ремонтній дільниці спеціалізуються на виконанні повного ремонту двигунів, в частості двигунів Cummins. Цей процес включає розбирання двигунів на складові частини та перевірку окремих деталей на наявність дефектів. Наше підприємство співпрацює з іншими спеціалізованими компаніями, які займаються відновленням основних компонентів двигуна, таких як блок циліндрів, головка

блоку циліндрів, колінчастий вал, розподільчий вал, шатуни та інші, а також ремонтом паливної апаратури та турбокомпресорів.

Для виконання ремонтних робіт на двигунах використовуються різноманітні інструменти, такі як накидні ключі, торцеві головки, динамометричні ключі та інші.

Дільниця по ремонту гідравлічного обладнання виконується перевірка та ремонт таких агрегатів як гідравлічні насоси, гідросистеми навісного обладнання і гідророзподільники, а також гальмівні циліндри. Перед ремонтом проводиться дефектування для виявлення можливих проблем. Якщо знайдені несправності, виконуємо їх усунення шляхом заміни відповідних елементів. Після ремонту механізми проходить випробування на спеціальному після задовільних випробувань деталь віддається замовнику.

Коли на підприємство приходить замовлення на ремонт, підсилення або модернізацію навісного обладнання чи робочих органів трактора та комбайна ми підходили до завдання відповідально і проектуємо спочатку в компасі способи вирішення тих чи інших недоліків конструкцій, а вже потім перевіряємо наше вдосконалення на практиці.

Ідеї та пропозиції по покращенню та модернізації конструкцій та агрегатів зазвичай надходять від знайомого директора Посмітюхо О.П. Доцента кафедри матеріалознавства (ДІТ) він як правило і втілює їх в життя.

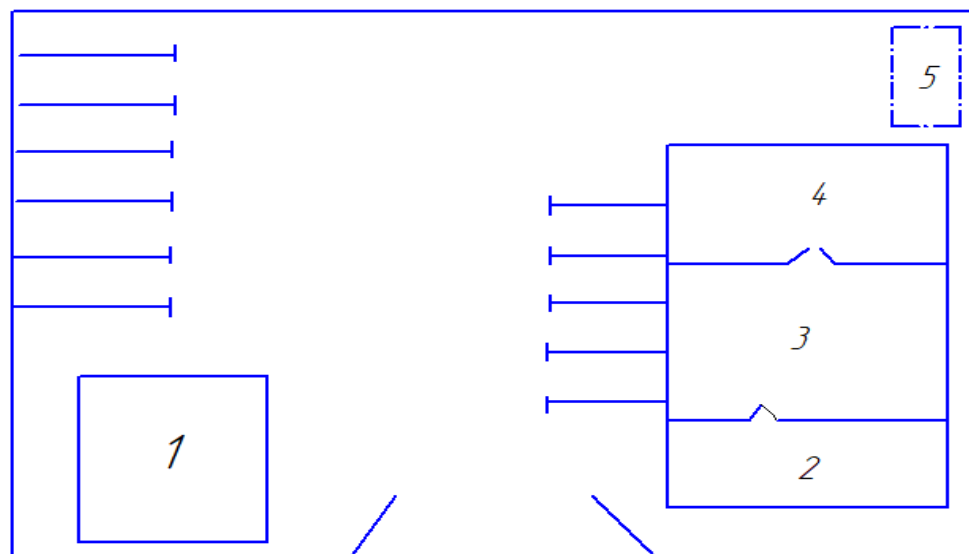


Рис. 1.3. План - схема підприємства “Крупа ІК”

1 – ділянка по ремонту та обслуговуванню гідравлічного обладнання; 2 – адміністративне приміщення; 3 – ділянки по ремонту навісного обладнання; 4 – ділянка по ремонту двигунів; 5 – майданчик для металобрухту.

1.3 Аналіз існуючих технологій за темою дипломного проекту

1.3.1 Методи використання рослинних решток

Традиційний метод заорювання решток, який полягає у закопуванні їх у ґрунт, має деякі особливості. Процес розкладання решток триває протягом 2,5-3 років, під час якого мікроорганізми забирають мінеральний азот (10 кг на 1 тону сіна) з гумусу, що створює дефіцит азоту для наступних культур. Якщо ввести таку саму кількість мінерального азоту, процес розкладання трохи прискорюється, але баланс азоту для майбутніх культур буде незмінним. Коли солому не розкидають рівномірно по полю перед заорюванням, у місцях сконцентрованої великої кількості мікроорганізмів та грибів, які виділяють ферменти, включаючи фенольні речовини, що можуть бути шкідливими для рослин. Заорювання соломи сприяє розмноженню як корисних, так і шкідливих мікроорганізмів, що збільшує патогенне навантаження на ґрунт та сприяє поширенню хвороботворних бактерій. Перегнівання заораної соломи прискорює процес нітрифікації, але зменшує утворення гумусових речовин. Крім того, при розкладанні соломи, яка була приорана, вуглець, що міститься в рештках, перетворюється на метан, а не на вуглекислий газ, який позитивний вплив на розмноження мікроорганізмів в ґрунті.

Метод подрібнення перемішуванням рослинних решток з ґрунтом має свої особливості. Однією з переваг є рівномірне розташування рослинних решток на поверхневому шарі ґрунту. Це створює більш сприятливі умови для аеробних мікроорганізмів, збільшить відсоток проникнення води та зберігання глибинної

вологи. Однак, цей метод також має свої недоліки. Високі температури можуть уповільнити життєдіяльність облігатних бактерій, які оптимально функціонують при температурі +18...28 °C та вологості 40–60% вологоємності ґрунту.

Метод подрібнення та рівномірного розкидання рослинних решток по поверхні ґрунту без перемішування з ним застосовується у системах No-till та Strip-till і частково Verti-till. Цей метод має кілька переваг. Захищає ґрунт від високих температур та прямих сонячних променів, запобігає утворенню земляної кірки яка погіршує проникність вологи у ґрунт, утримує воду в ґрунті створюючи ефект парника, зменшує вплив вітру на верхній шар ґрунту та вимивання його водою при значних опадах. Крім того, цей метод сприяє активізації життєдіяльності мікроорганізмів у точці взаємодії між мульчою та ґрунтом. Однак, в методі також є певні недоліки. Збільшується активність грибків і гризунів, шари ґрунту не обертаються і гумус зосереджується ближче до поверхні, перегнивання решток відбувається повільно, а урожайність у перші роки застосування цього методу як правило зменшуються на 25-30 %.

1.3.2 Огляд та аналіз технологічних рішень

Всі сидерати мають свої особливості. Деякі види мають розгалужену кореневу систему, це зменшує ущільнення ґрунту. Інші види допомагають боротися з хворобами і збагачують ґрунт азотом. Існують культури, які володіють універсальними властивостями і поєднують у собі чотири позитивні аспекти, здатні балансувати один одного.

Не можна знайти ідеального сидерата, який був би універсальним для всіх типів ґрунту, усіх сезонів та підходив би до будь-якої культури. Для вибору сидерата треба підходити ретельно в залежності яка наступна культура буде рости на полі і які їй мікроелементи потрібні в більшій кількості.

До групи бобових сидератних культур належать горох, ріпак, люцерна, квасоля, льон, люпин, нут і конюшина. Основною перевагою бобових сидератів є накопичення азоту в ґрунті під час їх вегетації. При овочівництві вміст азоту в

грунті особливо важливий, тому рекомендується сіяти бобові як культуру попередник перед овочами.

До групи злакових сидератів належать пшениця, ячмінь, овес, жито, кукурудза і сорго. Ці культури відрізняються високим вмістом живильних білків, мають значні запаси калію і проявляють певну незалежність від типу ґрунту.

Хрестоцвітні сидерати включають у себе такі рослини, як ярий ріпак, біла гірчиця, сиза гірчиця, суріпиця і редька. Ці культури є відмінними органічними добривами, які переважають будь-який мінеральний добривний комплекс. Вони мають сильну кореневу систему і витримують широкий діапазон температур. Хрестоцвітні мають здатність забирати фосфор та калій з глибоких шарів ґрунту і переносити їх у верхні шари через свою кореневу систему.

У групи гречаного сидерату є лише один представник - гречка. Вона має низку переваг, включаючи швидке зростання, здатність глибоко розпушувати ґрунт і знижувати його кислотність.

У групі гречаного сидерату є лише один вид - гречка. Вона володіє численними перевагами, включаючи швидкий ріст, здатність глибоко розпушувати ґрунт та знижувати РН ґрунту.

Групу гідрофільних сидератів представляє теж один вид - фацелія. Ця унікальна культура вирощує велику кількість вегетативної маси, дана рослина не боїться значних перепадів. Вона не вибаглива до ґрунтового шару може рости на суглинкових, піщаних і глинистих ґрунтах. Також вона має красиві квіти.

У групі амарантових сидератів ми можемо виділити одного представника - амарант. Амарант має надзвичайну здатність стимулювати активність корисних мікроорганізмів в ґрунті і постачати йому азот. Він також витриває до холодних умов і не піддається хворобам та шкідникам.

1.4 Агротехнічні вимоги до процесу

Агрегат повинен виконувати технологічний процес відповідно до агротехнічних умов на плантації. Це означає, що робота повинна бути забезпечена як на оброблених, так і на ущільнених ґрунтах різної структури, для різних типів

рослин. Умови роботи включають вологості ґрунту в межах 23-27%, вологості рослинних залишків від 15% до 35%, твердості ґрунту до 3,5 МПа і питомого зчеплення часток до 5 МПа.

Агрегат повинен бути ефективним на полях, де немає значних скупчень поживних залишків у вигляді куп та валків. Рельєф та мікрорельєф повинні бути рівними, оскільки нерівності можуть призвести до неправильного контакту катка з ґрунтом та нераціонального кута різання. Не допускаються сторонні включення або углиблення в ґрунті. Ухил поверхні плантації не повинен перевищувати 8 градусів. Небажано працювати поперек ухилу, оскільки це не дозволяє забезпечити паралельність осі обертання барабана з поверхнею ґрунту.

Агрегат повинен виконувати такі завдання:

- Дрібнити рештки до довжини 100-150 мм.
- Заорювати рештки на глибину до 100 мм.
- Дотримуватись нерівномірності заорювання не більш як ± 20 мм.
- Агрегат не розрахований на кришення ґрунту, тому всі грудки розбити ним неможливо.

1.5 Обґрунтування теми дипломного проекту

Тема катків подрібнювачів на сьогоднішній день особливо актуальна, вкрай потрібні вони зараз в районах звільнених від окупації (Київська, Сумська, Харківська, та особливо Херсонська області) так як поля були заміновані окупантами і в цей період на полях розвивались небажані рослини, обробляти поля від забур'яненості було життєво небезпечно. На господарствах які встигли розмінувати свої поля до посівної компанії постигло питання боротьби з великої забур'яненістю, оскільки гербіциди суцільної дії можуть тільки знищити рослину, але вона залишиться на полі в стоячому стані, а її ще потрібно подрібнити і замульчувати або перемішати з ґрунтом в свою чергу катки подрібнювачі можуть об'єднати ці дві енерговитрати і об'єднати їх в одну. Зараз

навіть присутні такі ситуації коли господарство купляє собі каток подрібнювач, бориться з бур'янами та продає його відразу на інше господарство.

Каток-подрібнювач є ефективним інколи навіть незамінним інструментом для обробки поверхні ґрунту, який може використовуватись як самостійний агрегат. Цей інструмент особливо корисний на слабо консолідованих ґрунтах і досить перспективний для використання в умовах органічного землеробства. Крім того, важкий каток може бути ефективним на важких та засмічених чагарником ґрунтах.

2. ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ КОНСТРУКЦІЙ МАШИН (ВУЗЛІВ), ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ, ТЕХНОЛОГІЙ, ЕНЕРГЕТИЧНИХ ДЖЕРЕЛ

2.1 Загальні відомості

На ринку ґрунтообробної техніки є багато пропозицій по вирішення питання подрібнення рослинних решток на створення шару мульчі також розглянемо саморобні конструкції та пропозиції від виробників ґрунтообробних агрегатів, серед них проведемо огляд найрозповсюдженіших і на мій погляд дієвих конструкцій.

На (рис.1.1) зображено конструкцію шпорового катка, яка призначена для подрібнення великих грудок ґрунту і одночасного переміщення його з рослинними рештками грубостеблових культур. Цей тип машини є досить енергоємним, тому його поширення не є широким.

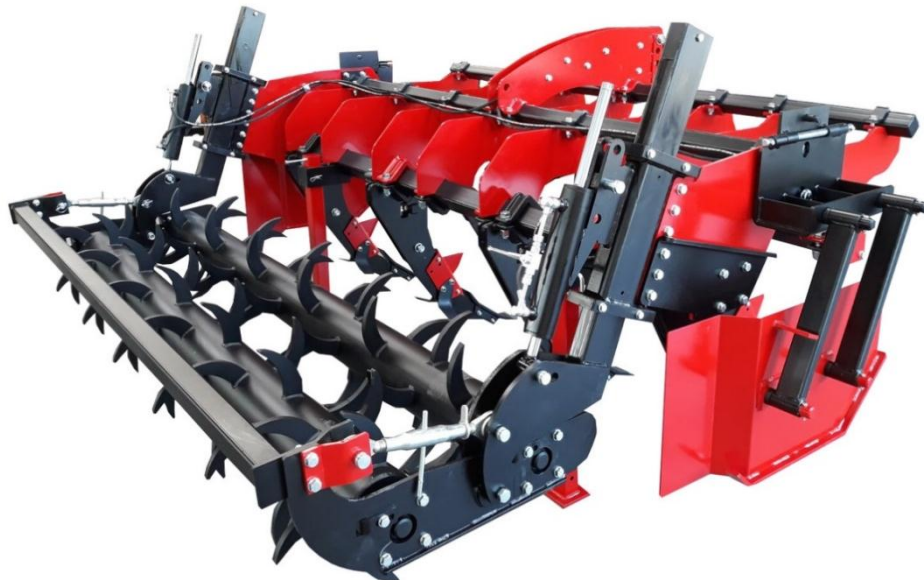


Рис.1.1 – шпоровий каток

Подібність профілю ножів була відправною точкою для розробки даної конструкції, яку ретельно проаналізував Л.Ф. Бабицький[2]. Засновано на принципі зрізання з ковзанням, ця конструкція виявилася дуже ефективною при виконанні смугового розкладання залишків рослинності.

У конструкції (рис.1.2) використовуються планки спіралевидної форми, які забезпечують зсув ґрунту. Ця конструкція дозволяє досягти скупчення рослинних решток на поверхні ґрунту. Кінематика цього процесу схожа на роботу шнеку.

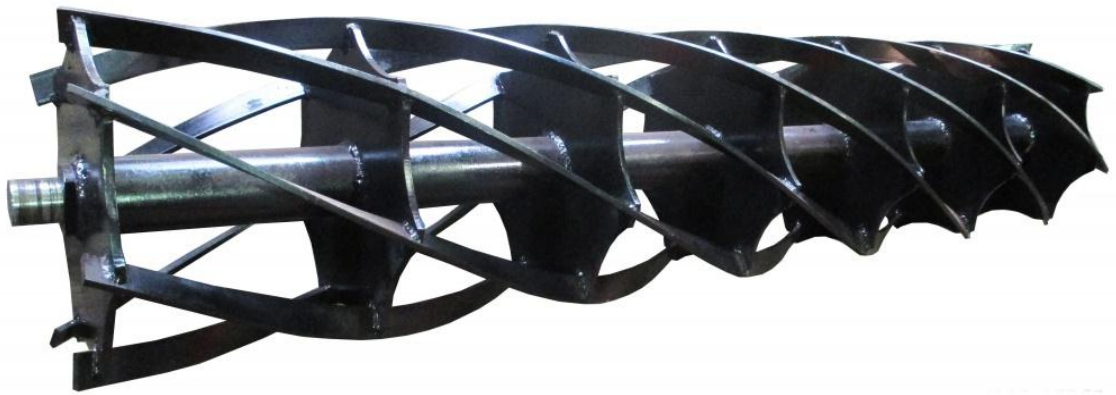


Рис. 1.2 – Каток з планками спіралевидного типу

Один зі простих варіантів виконання полягає у використанні валу з прикріпленими 8-гранними опорами, цей каток і є найрозповсюдженішим. Планки, які рухаються в прямій лінії, кріпляться до цих опор (рис. 1.3).



Рис. 1.3 Конструкція реберчасто-планчатого катка.

Дана конструкція катка має простий конструктивний вигляд, мінімальні допустимі розміри і широко використовується у поєднанні з іншими агрегатами.

Виготовлення двох попередніх конструкцій ускладняється через необхідність використання планок зі сталі 65Г, що вимагає особливого методу зварювання, попереднього нагріву обох частин металу перед зварюванням. Однак, переваги, які отримуються від використання цього матеріалу, виправдовують складнощі.

Конструкцію, яка зображена на наступному (рис. 1.4), можна вважати легким катком, що складається з дисків, встановлених пакетним методом.



Рис 1.4 Конструкція з плоских дисків з рифленням.

Основою конструкції є рифлені диски, які закріплені на одній осі і рухаються обертаючись по поверхні поля з обраним боковим відхиленням.. Конструкція має невелику вагу (600-700 кг), не глибоко заглиблюється в ґрунт, тому для правильного ефекту швидкісні режими повинні бути в межах ($V \geq 20-22$ км/год). Агрегат ефективно працює тільки з зваленими рослинами або з тими які перемішані з ґрунтом. Головною перевагою є те, що агрегат є універсальним він виконує різання з ковзанням, в залежності від кута атаки дисків ще може й виконувати приорування рослинних решток.

Цей саморобний каток (рис.1.5) будується за принципом ребристого профілю, що робить його ефективним у переміщенні грудок та рослинних залишків, а також в боротьбі з ерозією ґрунту завдяки ущільненому V-подібному профілю ребер. Ця конструкція максимально проста і може бути виготовлена в умовах сільської майстерні.



Рис.1.5 Саморобний каток переминаючої дії

Серед саморобних конструкцій можна також відмітити дисковий каток (рис.1.6). Каток показав хороші результати в умовах роботи на плантаціях, засмічених великою кількістю рослинних решток грубостеблових культур. Взагалі дослідження саморобних конструкцій є дуже корисним з точки зору запозичення оригінальних конструктивних ідей.



Усі раніше згадані агрегати не призначені для роздроблення грудок, для кришення грудок розробили каток з приєднаними до нього планки шевронного типу (рис. 1.7).



Рис.1.7 Каток-грудкоподрібнювач, який має зубчасті планки з шевронним профілем.

Застосування цього обладнання як самостійного агрегату є неефективним, тому його використовують в комбінації з іншими сільськогосподарськими агрегатами.

Існує спеціальна категорія катків, відомих як спіралевидні катки. Конструкція цього катка складається з навитої спіралі, виготовленої з труби діаметром 25-400 мм. Діаметр спіралі зазвичай становить 500-600 мм. Даний каток зовсім не підходить для подрібнення, а от після проходження ним по вже подрібненим рослинним решткам переважна більшість їх піднімається на поверхню поля. (див. рис. 1.8).

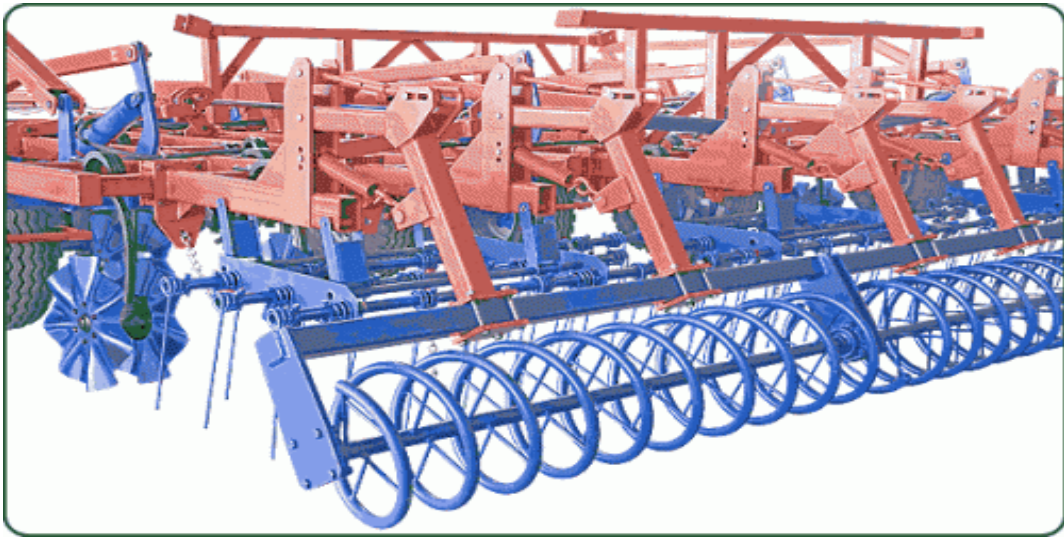


Рис.1.8 Спиральний каток у поєднанні з турбодисковим агрегатом.

У деяких випадках, при висіванні мілконасінневих культур, необхідно більш детальне подрібнення рослинних залишків. Це досягається шляхом використання комбінації катків з різними розмірами барабанів та відстанями між планками. Наприклад, секція реберчасто-планчатих катків серії АГК ґрунтообробного агрегату (рис. 1.9) може бути прикладом такого застосування.

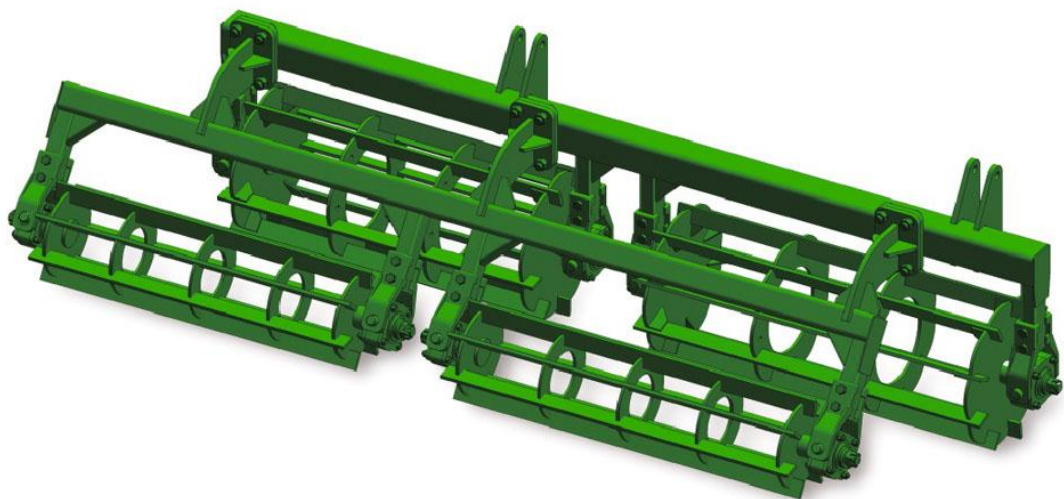


Рис.1.9 Серія ґрунтообробних агрегатів АГК, яка включає в себе секцію реберчасто-планчатих катків.

2.2 Агрегати які пропонуються для модернізації

Після дослідження літературних джерел та рекламних матеріалів виробників, було відзначено кілька загальних конструктивних рішень, які були обрані для модернізації. Один із прикладів простого конструктивного рішення можна розглянути каток-подрібнювач КЗК-6 зображений на (рис.1.1.).



Рис.2.1 – Каток подрібнювач КЗК-6.

Каток складається з трьох суцільних валів довжиною 2 метри, на яких закріплені радіальні ножі. Відсутній барабан. На рисунку зображено, як каток розташовується в транспортному положенні.

Сучасніша версія має так звану ламану конструкцію. (рис.1.2)



Рис.2.2- Каток-подрібнювач Demetra

Конструкція має ножі, що встановлені на коротких валах зі зміщенням один відносно одного, що розсіює силу дії та зменшує динамічний режим машини, цим агрегат відрізняється від аналогів.

Технічна особливість іще однієї машини полягає у тому, що планки мають вигнутий шевронний профіль (рис.1.3). За результатами досліджень в процесі експлуатації було встановлено, що такий профіль забезпечує більш якісне формування шару мульчі, зробивши його більш однорідним у ширині захоплення.



Рис. 2.3 – барабан катка, оснащений планками шевронного профілю.

В конструкції присутні і недоліки, планки перекривають ширину захвату барабана.

Каток-подрібнювач КМ-6 "Степ"(рис.1.4) зібрав у собі переваги попередніх конструкцій. У цій новій конструкції, барабан розбитий на чотири окремі барабани, які розташовані у шахматному порядку, а планки зроблені шевронним типом. Таке поєднання переваг дозволяє покращити якість обробітку та робить її більш ефективною.



Рис. 2.4 – Каток-подрібнювач КМ-6 «Степ»

2.3 Огляд аналітичних досліджень

За даними літературних джерел, було проведено дослідження щодо встановлення конструктивних параметрів барабана та математичної взаємодії його з ґрунтовим середовищем [4,5]. На рисунку 1.15 наведена схема для силового аналізу впливу барабана катка на ґрунт, а на рисунку 1.16 - схема для визначення мінімально допустимого радіусу барабана, беручи до уваги уникання перекочування катка через великі грудки.

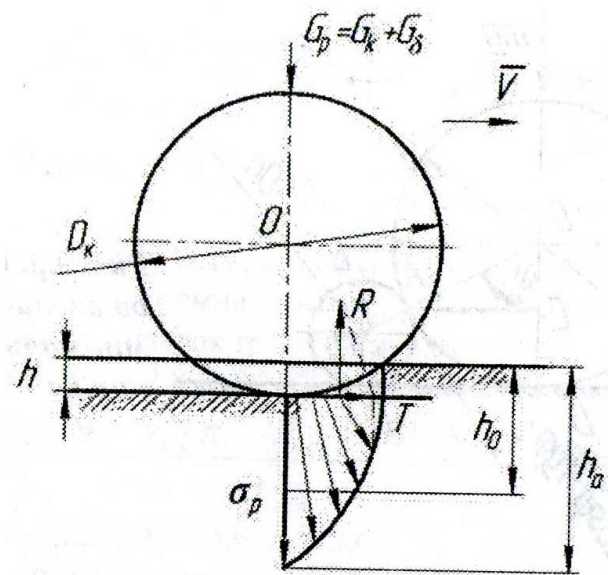


Рисунок 1.15 Структура, що використовується для обчислення силового впливу барабану катка на ґрунт.

Згідно з проведеними розрахунками, однорідна щільність досягається на певній глибині під впливом катка.

$$H_0 = 0,014 \cdot \frac{\Delta}{\Delta_{\text{КР}}} \cdot \sqrt{q \cdot D}, \quad (1.1)$$

де

D – діаметр катка;

q – питомий тиск на ґрунт;

Δ – вологість ґрунту виражається у відношенні маси води до маси сухої частки ґрунту;

Δ_{KP} - критична вагова вологість [5].

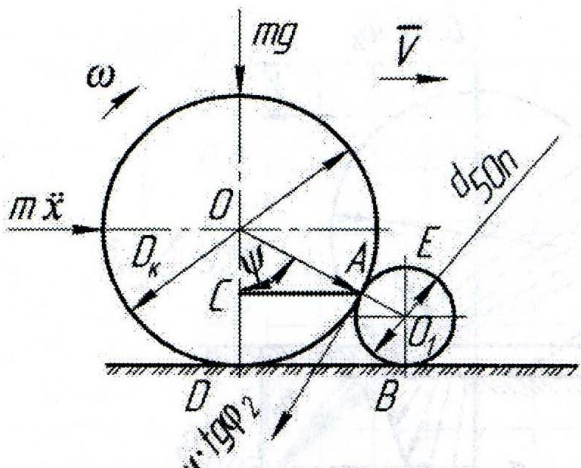


Рис. 1.16 Розрахункова схема для встановлення найменшого радіусу барабану з урахуванням процесу перекочування через великі грудки.

Із розрахункової схеми видно, що оптимальна швидкість руху катка враховує перекочування через грудку з усередненим діаметром d .

$$V \geq \frac{g(\sin\psi + \cos\psi \cdot tg\varphi) \cdot d}{D - d} \cdot t_1 + C, \quad (1.2)$$

де φ – кут внутрішнього тертя ґрунту у консолідованому стані

t_1 - час від початку руху;

при $t_1 = 0$; $c = 0$.

Висновок Л.Ф. Бабицького вказує на те, що оптимальною траєкторією руху ножа (планки) катка в ґрунті є така, яка сприятиме формуванню раціональної структури. Це досягається шляхом використання мікровибуху, тобто напрямок дії леза під час підкопування повинен бути спрямований до денної поверхні.

Ніж катка можна уявити як структуру, що складається з безлічі надзвичайно тонких голок. Проведенням досліджень реакції ґрунту на одну таку голку і інтегруванням отриманої реакції можна отримати повну реакцію на всю робочу поверхню. Цю надзвичайно тонку структуру можна уявити як диск, на периметрі якого розташовані голки. Л.Ф. Бабицьким було доведено, що для забезпечення мінімальних витрат енергії необхідно використовувати диски з криволінійними голками, при цьому дотична до їх профілю в точці входження в ґрунт А (рис. 1.17) повинна співпадати з напрямком поступального руху знаряддя.

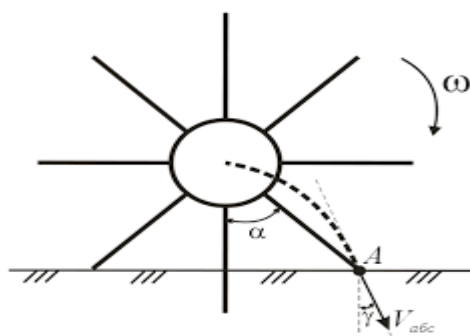


Рис. 1.17 Опис руху голки на диску з точки зору кінематики.

Записати іншими словами:

За допомогою аналітичних досліджень, проведених за даною схемою, можна аргументувати наступну конструкцію голки (рис. 1.18). Траєкторія руху кінцевого елемента голки виконує форму подібну до лопаті. Це забезпечує вертикальну обробку ґрунту. Аналогічну схему можна також розглядати для ножа катка подрібнювача.

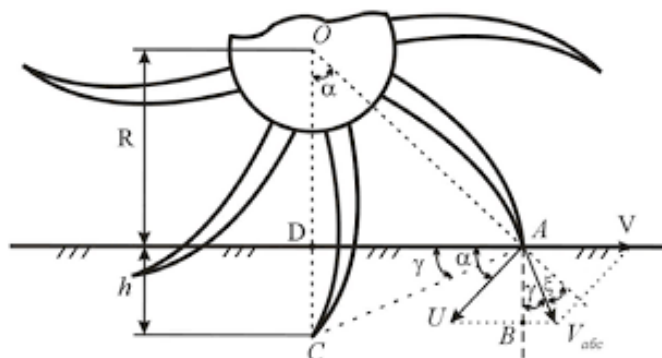


Рис. 1.18 Представлений загальний вигляд голки, запропонований Л.Ф. Бабицьким [2], включає в себе такі основні елементи.

Одним з ключових факторів конструкції є кількість ножів на барабані, що визначається за допомогою методики, запропонованої в дослідженні [6]. Дана методика ґрунтується на розрахунковій схемі, яка представлена на (рис. 1.19).

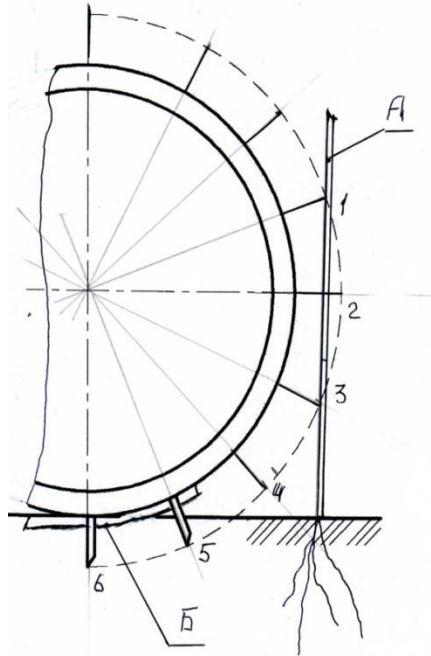


Рисунок 1.19 Розрахункова схема використовується для визначення кількості планок або ножів, які можуть бути розміщені на барабані [6].

Протягом даного проміжку часу, ніж виконає повний оберт.

$$T = \frac{2 \cdot \pi \cdot R}{V} \quad (1.3)$$

Часовий проміжок між двома послідовними положеннями ножа.

$$t = \frac{T}{n} = \frac{2 \cdot \pi \cdot R}{n \cdot V}, \quad (1.4)$$

де n – кількість ріжучих інструментів на барабані.

Попередній ніж (точка АІ), рухаючись, зрізав свою ділянку і звільнився від зчеплення зі стовбуром. Відстань, на яку була відокремлена частина стовбура розраховують за формулою:

$$l_1 = \omega \cdot t \cdot R \quad (1.5)$$

Оптимальною є схема, в якій використовуються 3 ножі зі специфічними функціями: перший ніж проникає в рослинну масу, другий ніж активно ріже її, третій ніж перебуває на стадії виходу. Ножі 4, 5 і 6 призначені для подрібнення решток рослин, що знаходяться на поверхні.

Для забезпечення такої схеми ефективної різки необхідно, щоб між ножами утворювався кут 22.5° або на барабані було використано 96 ножів. Найбільш ефективно різання відбуватиметься, коли швидкість руху леза буде максимальною у напрямку Х, тобто у напрямку руху механізму. Швидкість у напрямку Y не має великого значення, оскільки бічна поверхня леза відокремлює масу від загального об'єму. Розділені рештки випадають на землю під власною вагою.

Швидкість леза в напрямку - це похідна рівняння траєкторії

$$V_X = \frac{dX}{d\varphi} = (R - a \cdot \sin\varphi) \cdot \cos\varphi - (R + a \cdot \cos\varphi) \cdot \sin\varphi + V \quad (1.6)$$

Технологічний процес машини розділяється на наступні компоненти:

- Ножі активно проникають в нерухому масу стебел і розділяють їх на кілька частин, довжина яких залежить від відстані між ножами та швидкості руху;
- Залишки, що виникають під час першого етапу, покладаються на поверхню, а наступні ножі остаточно роздрібнюють їх шляхом підпірного різання;
- Ножі поглиблюються в ґрунт і досягають повної глибини, доки не з'єднаються з поверхнею ґрунту барабану, заховуючи непорізані рештки в поверхневому шарі ґрунту;
- Барабан прокочується по поверхні, згладжуючи залишкові рештки і стискаючи поверхневий шар. Згладжування є важливою складовою, оскільки

порушує цілісність захисного шару стебла рослини, що сприяє прискоренню процесу гуміфікації.

Важливо зазначити, що в даній моделі враховано кут внутрішнього тертя ґрунтового середовища. Цей кут суттєво відрізняється від кута, що спостерігається у консолідованому ґрунті. У випадку, коли ґрунт насичений рослинними рештками, цей кут має проміжне значення між кутом консолідованого і розпушеного ґрунту.

Висновок

Аналіз літературних джерел підтверджує, що найбільш ефективним методом збирання врожаю кукурудзи і соняшнику є відокремлення лише зернової частини від рослини і залишати стовбур і листя на ньому в стоячому стані в цьому методі є багато переваг, серед них:

- За умов наявності достатніх зимових опадів, рослинні залишки будуть зберігати сніг на полі, що сприятиме накопиченню значного обсягу вологи в глибинних шарах ґрунту. Це, в свою чергу, сприятиме покращенню росту рослин, а також збільшить їх здатність переносити високі температури та періоди посухи.

- Лишені рослинні рештки будуть обмежувати дію вітрової, та водної ерозії у весняний період.

- Рослина яка не перемішана з ґрунтом буде краще контактувати з сонячним світлом (ультрафіолетом) швидше зруйнується і стане більш крихкою та віддасть корисні речовини в ґрунт.

Подрібнення рослинних залишків найкраще здійснювати за допомогою реберчасто-планчастих катків з загостреними лезами. Під час руху барабани катка обертаються, а ножі, розташовані на них, проникають у рослинні залишки,

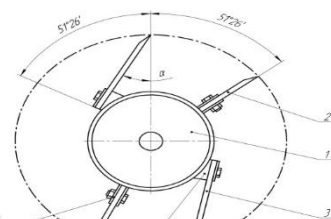
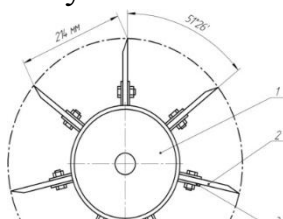
розтинають їх на дрібні частинки та закладають в ґрунт. Цей процес також сприяє мульчуванню верхніх шарів ґрунту, що регулює водний та повітряний баланс.

3. ОБГРУНТУВАННЯ КОНСТРУКЦІЇ. АНАЛІТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

3.1. Постановка проблеми

Формування шару мульчі являє собою ефективний прийом покращення агрофізичних властивостей ґрунту, як то пористість, щільність, протиерозійна стійкість, тепловий, мікробіологічний та поживний режими. Технологія формування передбачає подрібнення зеленої маси, що знаходиться на поверхні плантації, часткове заорювання і перемішування подрібненої маси. На сучасному етапі каток-подрібнювач є найбільш ефективною машиною, що виконує наведені механічні операції. Конструктивно всі види машин об'єднані одним конструктивним рішенням: барабан у підшипникових опорах з закріпленими по периметру радіально ріжучими пластинами-ножами. В залежності від діаметру барабана катки поділяють на такі що працюють по агрофону грубостеблових і трав'янистих культур. За принципом дії, ножі катків виконують рублячи різання, що в більшості випадків потребує попереднього укладання зеленої маси на поверхню поля. Ножі катків за правило мають прямолінійне лезо, бо конструкція не передбачає різання з ковзанням.

Оглядом літературних джерел і рекламних проспектів фірм-виробників відмічено ряд відмінних конструктивних рішень. Розглянемо найбільш характерні. Перш за все необхідно відмітити, що катки можуть бути ріжучої, і зминаючої дії, рис.3.1,*а,б*. [1.2] Окрім того кафедрою тракторів і сільськогосподарських машин ДДАЕУ була запропонована конструкція підкопуючої дії, побудованої на основі аналізу технологічного процесу, що виконує звичайна садова лопата (рис.3.1,*в*) [11].



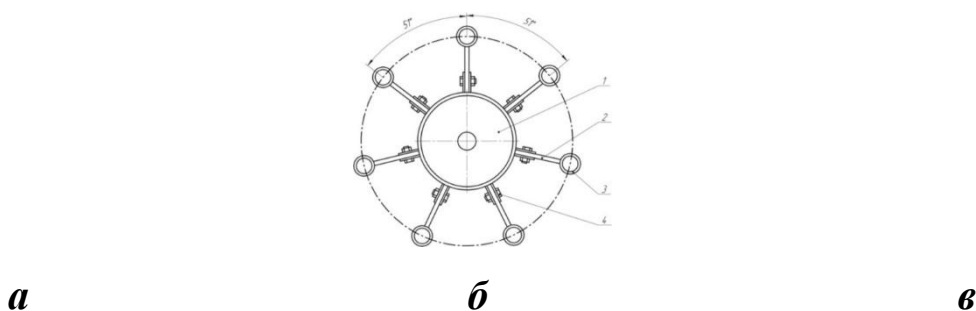


Рис.3.1 – Класифікація катків за типом планок : а – ріжучий; б – зминаючий;
в – підкопуючий: де 1 – барабан; 2- ніж радіальний; 3 – трубчатий наконечник; 4 – метизи кріплення [1,2,11]

Шар мульчі раціонально повинен мати три рівні: поверхневий, мілкий на глибину 5-8 см і мілкий на глибину до 15 см.[7,8].

Але, особливість роботи по агрофону грубостеблових культур полягає в тому, що катки наведених конструкцій не подрібнюють кореневу систему грубостеблових культур нижче рівня денної поверхні на 5-8 см . Тому існує проблема в порушенні структури кореневої системи на більшу глибину ніж 5-8 см, на якій працюють катки звичайної конструкції.

На рис.3.2. Наведено зовнішній вид типової кореневої системи.



Рис. 3.2 – Типовий вигляд верхнього ярусу кореневої системи кукурудзи і соняшника

Коренева система кукурудзи (рис.(3.2,а) мичкувата, добре розвинена, окремі корені проникають у ґрунт на глибину 2-3 м. В основному У кукурудзи

розрізняють три яруси коренів: які відрізняє глибина залягання, за різними джерелами до 2,5 м.

Коренева система соняшника (рис.3.2,б) стрижнева, тобто має у своїй будові чітко виражений головний корінь з бічними корінцями, що відходять від нього. На наш погляд у обох культур доцільно обробляти тільки самий верхній ярус.

Аналіз структури кореневої системи грубостеблових культур показує, що існує верхній шар глибиною залягання до 10 см і шириною 15-20 см. Саме цей шар необхідно подрібнити. Більш глибокі шари позитивно впливають на стан ґрунтового середовища і потреби в їх подрібненні немає.

3.2 Обґрунтування технічного прототипу і біологічного аналогу

Виходячи з наведеного, нами пропонується в якості технічного прототипу прийняти ріжучий планчастий каток (рис.3.1,а),але в конструкцію додати ножі з раціональним профілем леза для подрібнення саме верхнього ярусу кореневої системи. Таким чином, планчасті ножі будуть виконувати обробіток рослинних решток, що знаходяться на поверхні, а ножі – залишки кореневої системи.

Загальновідомо, що кіготь звичайної домашньої кішки, рис.3.3 максимально адаптований до розшаровування різних матеріалів, як то кори дерев, ущільненого ґрунту тощо. Така особливість була використана в конструкції керамбіту – зброї рукопашної боротьби. Призначення керамбіту – наносити порізи в споруючими рухами,рис.3.4, що може бути ефективним у нашому випадку,

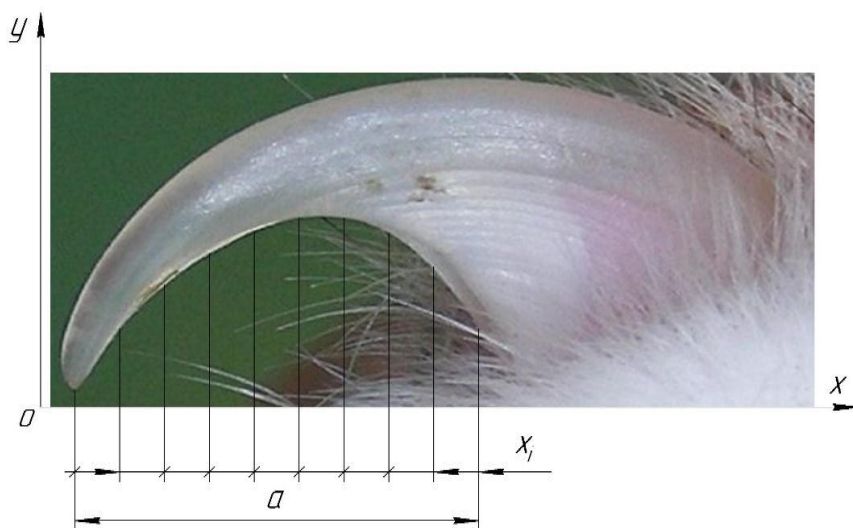


Рис.3.3 – Розрахункова схема побудови геометричної моделі кігтя кішки

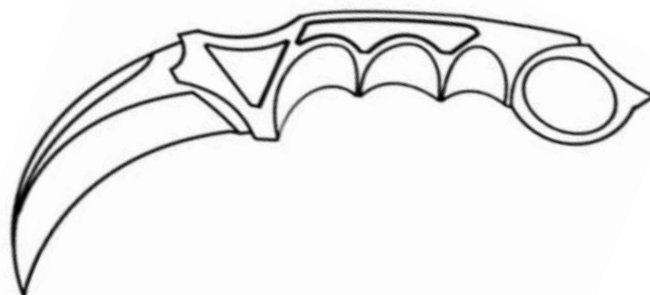


Рис.3.4. - Загальний вид керамбіту

Таким чином, приймаємо профіль леза за аналогією з керамбітом.

Розробку ножа за прийнятим біологічним аналогом виконуємо за методикою яка запропонована для стрілчатої лапи [12].методика має наступні етапи

- Цифрова модель;
- Геометрична модель;
- Математична регресійна модель;
- Конструктивна схема;
- Адаптація конструктивної схеми до роботи в умовах ґрунтового середовища.

Для формування цифрової моделі помістимо реальний фотовідбиток кігтя в систему координат X-Y (рис.3.3) Але зображення необхідно масштабувати під конкретні проектні розміри ножа.

Ніж має дві чітко виражені частини – це лезо і кронштейн. Основний робочий елемент – лезо. Кронштейн виконує несучу функцію і визначає глибину ходу леза. Визначальний розмір конструкції параметр $a = 90\text{мм}$ забезпечує проходження леза крізь основну масу поверхневої частини кореневої системи обох культур.

Таблиця 3.1.

Цифрова модель профілю леза

| | | | | | | | | | |
|---|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| X | 1,0 | 9 | 18 | 27 | 36 | 40 | 63 | 72 | 90 |
| Y | 17 | 29 | 37 | 44 | 48 | 51 | 48 | 42 | 28 |

За допомогою онлайн калькулятора апроксимації функції однієї змінної [10]

Отримуємо раціональні рівняння регресії

За коефіцієнтами кореляції і детермінації найбільше підходять квадратична і кубічна регресійні моделі (рис.3.5

Квадратична регресія :

$$y = -0.0142x^2 + 1.3988x + 16.5537 = -0.01422 + 1.3988 + 16.5537$$

Коефіцієнт кореляції $K_K = 0.9968$

Коефіцієнт детермінації $K_D = 0.9936$

Кубічна регресія :

$$y = 0.0000x^3 - 0.0181x^2 + 1.5296x + 15.7681 = \\ = 0.00003 - 0.01812 + 1.5296 + 15.7681$$

Коефіцієнт кореляції $K_K = 0.9979$

Коефіцієнт детермінації $K_D = 0.9959$

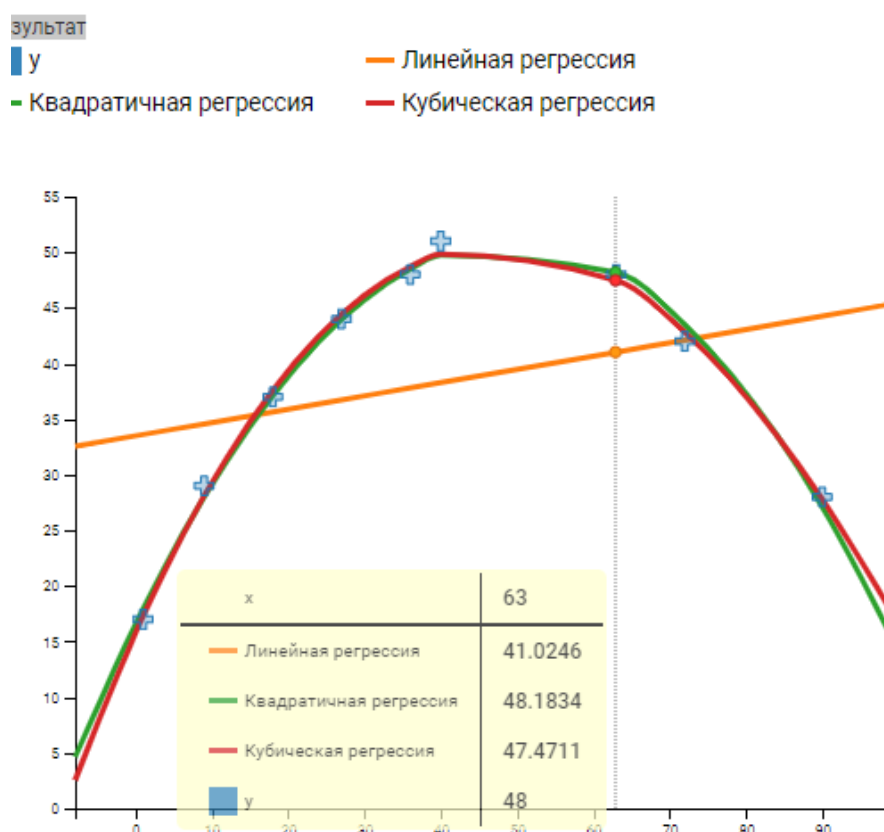


Рис.3.5 – Графічна інтерпретація рівняння регресії

3.3 Адаптація профілю леза до роботи в умовах ґрунтового середовища

Отримана у відповідності до представленої схеми геометрична модель робочого органу потребує адаптації до роботи в умовах ґрунтового середовища, що потребує наявності математичної моделі взаємодії з середовищем.

В розрахунковій схемі β – кут між напрямком руху ділянки леза і нормаллю до його профілю [6]

Варіанти режимів різання:

$\beta = 0$ – рубляче різання

$\beta \leq \varphi$ – різання з повздовжнім переміщенням

$\beta \geq \varphi$ – різання з ковзанням

Таким чином необхідно мати залежність зміни β від положення елементарної ділянки. Для цього необхідно спочатку отримати рівняння нормалі до профілю леза. Рівняння нормалі до кривої в загальному виді :

$$y - f(x_0) = -\frac{1}{f'(x_0)}(x - x_0) \quad (3.1)$$

де x_0 – абсцисса довільно взятої точки на кривій

$f(x)$ – регресійне рівняння профілю ріжучого периметру.

Залежність (3.1) являє собою класичне рівняння прямої лінії в прямокутній системі координат $y = x \cdot \operatorname{tg}\beta + c$, або

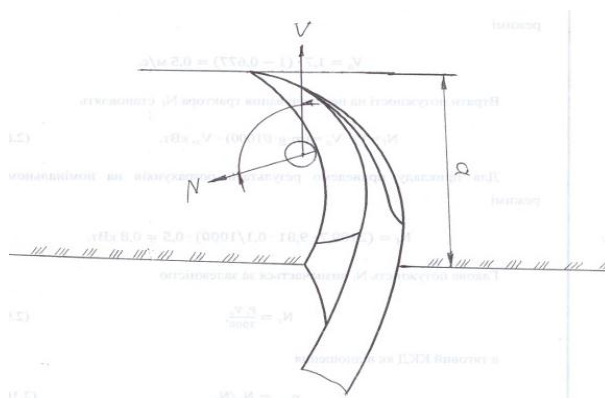
$$y = [f(x_0) + \frac{x(0)}{f'(x(0))}] - \frac{1}{f'(x(0))} \cdot x \quad (3.2)$$

Таким чином
$$\beta = \left[\arctg\left(\frac{1}{f' x}\right) \right] \quad (3.3)$$

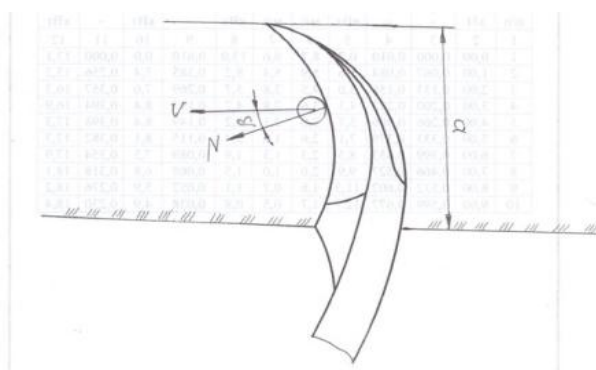
Важливим показником, що характеризує ріжучу спроможність леза є коефіцієнт ковзання, який в нашому випадку можна одержати за залежністю[6]

$$i = \frac{\sin(\beta - \varphi)}{\cos\beta} \quad (3.4)$$

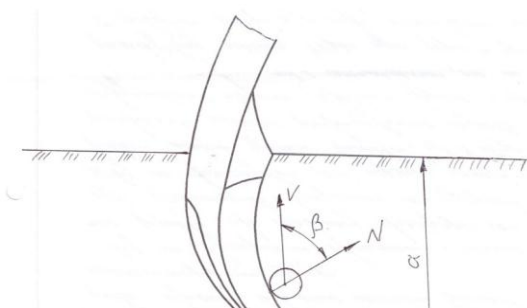
Розглянемо послідовно процес взаємодії леза ножа з умовним коренем,рис.3.6.



а



б



В

Рис.3.6. – Етапи взаємодії ножа з оброблюваним середовищем

Рациональні параметри катка базової конструкції аргументовані в роботах [1,2]. Основна мета досліджень полягала в тому, що ножі катка повинні виконувати вертикальний обробіток ґрунту. Це накладає певні обмеження на співвідношення ширини ножа, діаметра барабану і ексцентриситету кріплення ножів відносно повздовжньої осі барабану. В тому в якості рублячої частини ножа приймаємо саме конструкцію аргументовану в даних роботах, рис.3.1,а. Але планки виконуємо не суцільними, а з вирізами шириною 140 мм для розміщення розроблених ножів. Планки виконують подвійну функцію, а саме : рублять поверхневі рослинні рештки і забезпечують примусове обертання катка. Діло в тому, що ножі мають від’ємний кут атаки і їх необхідно занурювати примусово.

Робоча гіпотеза полягає в тому, що працездатність конструкції визначається режимом зміни коефіцієнту ковзання рослинних решток починаючи від початку контакту з лезом до моменту припинення контакту.

Зробимо припущення, що технологічний процес робочого органу має три етапи: вертикальне занурення, горизонтальне переміщення і вертикальний вихід на денну поверхню, (рис.3.6.). При цьому всі три етапи будуть робочими, тобто холостого ходу немає. Наслідком такого інтенсивного режиму буде затуплення леза ріжучого периметру, що для перерізання кореневої системи не бажане. Існує технічне рішення [13] в якому пропонується формувати на профілі елементи локального зміцнення. За рахунок різної інтенсивності зношення профілю відбувається ефект самозаточування леза. Недоліком такого конструктивного рішення є те, що локальне зміцнення утворюється шляхом нанесення смуг

зносостійкого матеріалу (сормайт), що технологічно складно і при виготовленні дає великий процент браку. Нами пропонується виконати поверхневе зміцнення шляхом лазерного опромінювання. Така технологія практично відпрацьована [9] і може бути абсолютно автоматизована.

З точки зору технології виготовлення профіль леза вигідно прийняти квадратичної залежності. Тоді

$$f' = - 0,0284 \cdot x + 1,3988$$

Перевіримо отриманий профіль на режим різання. Результати розрахунків представимо у вигляді таблиці (табл.3.2.

Таблиця 3.2.

Розрахункові дані режиму різання

| Розрахункова схема, рис | X_0 , мм | $f'(x)$ | β , град | i |
|----------------------------|---------------|---------|-------------------|-------|
| 3.6 | 10 | 1,68 | 31 | 0,082 |
| | 20 | 1,96 | 27 | 0,075 |
| | 50 | 2,81 | 19 | 0,10 |

Аналіз отриманих розрахункових даних показує, що режим різання з ковзанням виконується.

3.4 Прогнозований тяговий опір

3.4.1 Етап заглиблення ножа

Тяговий опір модернізованого катка-подрібнювача складається з опору ріжучих пластин, ножа в режимі заглиблення, ножа в режимі робочого горизонтального ходу і ножа в режимі робочого ходу в процесі вертикального руху в напрямку денної поверхні.

Для енергетичної оцінки технологічного процесу, що виконує робочий орган скористаємось теорією внутрішньої напруги [6].

Перш за все дослідження необхідно обмежити припущенням що робочий орган працює на до критичній глибині, що визначає вид розрахункової схеми

Друге припущення полягає в тому, що процес заглиблення відбувається за відсутності кореневої системи, тобто вважаємо, що в поверхневому шарі до 8-10 см монолітна коренева система відсутня.

Для аналізу приймаємо найскладніший варіант, коли всі означені сили діють одночасно і у максимальному режимі, що відповідає розміщенню на валу ножів зі зміщенням на 60 градусів. Енерговитрати на перекочування машини не враховуємо бо сумарна вага внесених конструктивних елементів мінус вага укорочених ріжучих планок принципово не впливають на загальну вагу катка, а зміни в ходову частину не вносились. Розглянемо розрахункову схему процесу заглиблення ножа.

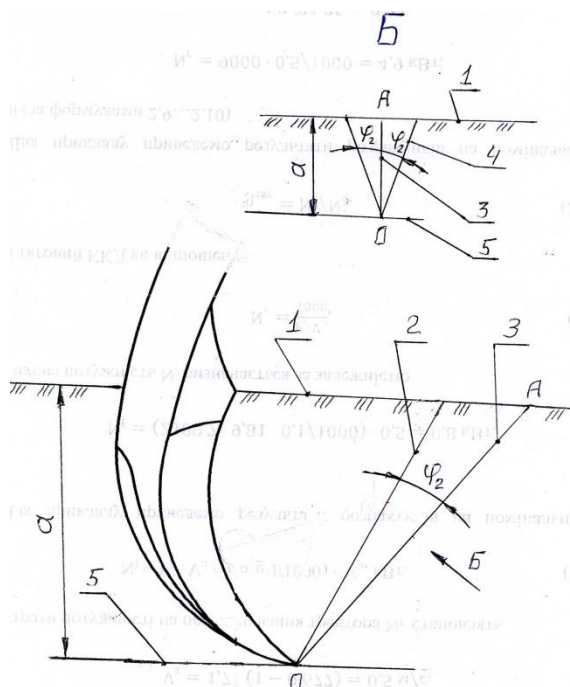


Рис.3.7 – Розрахункова схема етапу заглиблення на робочу глибину:

1 – рівень денної поверхні; 2 – нормаль до профілю в точці носка леза; 3 – пріоритетний напрямок розгалуження лінії сколу у ґрунті у повздовжно-вертикальній площині [6]; 4 - пріоритетний напрямок розгалуження лінії сколу у ґрунті поперечно-вертикальній площині [6]; 5 – дно борозни.

У відповідності до [6] сила сколу призми ґрунту дорівнює (ф-ла 176 [6])

$$P_{ск} = C_{пит} \cdot S, \quad (3.5)$$

де $C_{\text{ПІТ}} = 1,8 \text{ кН/м}^2$ – усереднене значення питомого зчеплення часток ґрунту для умов Дніпропетровської області;

S – загальна площа сколотої поверхні.

У відповідності до розрахункової схеми :

$$S = b \cdot (OA) = \frac{a^2 \cdot \text{tg}(\varphi_2)}{\sin(\beta + \varphi)} \quad (3.6)$$

На підставі рекомендації [7] Приймаємо глибину робочого ходу $a = 0,15 \text{ м}$.

Кут внутрішнього тертя оброблюваного середовища $\varphi_2 = 25^\circ$ [5]

Підставивши значення вихідних даних отримуємо :

$$P_{\text{СК}} = 1,8 \cdot \frac{0,15^2 \cdot \text{tg}25}{\sin70} = 0,2 \text{ кН}$$

Отримане значення сили доведене до носка леза і спрямоване в напрямку руху машини.

3.4.2 Горизонтальний і вертикальний режими різання

Після виходу на робочу глибину, ніж починає горизонтальний рух, який поступово переходить у вертикальний в напрямку денної поверхні. Процеси пов'язані : горизонтальний плавно переходить у вертикальний і відділяти один від одного сенсу не має.

Ми можемо визначити прогнозоване миттєве значення діючої сили для консолідованого середовища [6]. Але вся складність полягає в невизначеності механіко-технологічних характеристик оброблюваного середовища. Фактично ми маємо ґрунтове середовище, яке армоване паростками кореневої системи. Армування підвищує міцнісні характеристики середовища, але методика визначення ступеня цього зміцнення має невизначений характер. Залишається тільки за рекомендацією [14] ввести коефіцієнт, який би враховував це збільшення. Базова залежність за якою необхідно визначати тяговий опір у відповідності до теорії внутрішньої напруги ф-ла 201[6]

У зв'язку з невизначеністю вихідних параметрів розрахунки можуть носити тільки самий наближений характер. Для роботи приймаємо базову формулу[6] :

$$\begin{aligned}
P_{p1} = & \left| C_{nz} \left[\frac{0,66a^2 \cdot ctg\varphi_2}{\cos(\alpha_p - \varphi_2)} + \epsilon_3 \cdot a \right] \cdot tg(\alpha_p + \varphi_2) + 4,9\epsilon_3 \cdot a^2 \times \right. \\
& \times tg^2(45^\circ - 0,5\varphi_2) \cdot \gamma \left[\sin\varphi_2 + \cos(\alpha_p + \varphi_2) \cdot \cos\alpha_p \cdot tg\varphi_1 \right] + \\
& + 2a^2 \{ 0,5C_{nz} [tg(45^\circ + \varphi_2) + ctg\alpha_p] \cdot \left[\frac{0,55ctg\varphi_2}{\cos(45^\circ + \varphi_2)} \right] + \quad (3.7) \\
& + 4,9\delta_p \cdot tg^2(45^\circ - 0,5\varphi_2) \sin\varphi_2 \gamma \} \cdot tg\varphi_1 + K'(Z + X \cdot tg\varphi_1) \times \\
& \times \epsilon_3 + \frac{9,81\epsilon_3 \cdot a \cdot \gamma}{g} \cdot \frac{\sin\alpha_p \cdot \cos\theta}{\sin(\alpha_p + \theta)} \cdot V^2 \left| \cdot \cos \left[\arctg \left(\frac{i + \sin\varphi_1}{\cos\varphi_1} \right) \right] \right|,
\end{aligned}$$

За умови формування конструкції ножі катка виконують вертикальний обробіток ґрунту тому горизонтальна ділянка дуже мала і її розмірами нехтуємо. Особливість розрахунків полягає в тому, що кут різання α_p носить змінний характер. Тому розрахунки виконуємо у відповідності до точок X_0 прийнятих в табл 3.1.3 подальшим підсумовуванням проміжних результатів. Результатів.

Для прийнятого в попередніх розрахунках питомого зчеплення часток

$$C_{\text{П}} = 1,8 \text{ кН/м}^2 \text{ межа несучої спроможності } K' = 380 \text{ кН/м}^2$$

У зв'язку з невизначеністю чисельних величин вихідних даних окреслимо їх можливі діапазони в ґрунтових умовах Дніпропетровської області і виконавши розрахунки за формулою (3.7) для ряду випадкових сполучень вихідних даних визначимо ймовірний діапазон значень тягового опору.

Таблиця 3.3

Прогнозовані значення вихідних даних і діапазон зміни тягового опору

| Показник | Позначення | Розмірність | Діапазон значень |
|---------------------------|------------------|-------------------|------------------|
| Питоме зчеплення часток | $C_{\text{Пит}}$ | кН/м ² | 1,8- 4,0 |
| Межа несучої спроможності | K' | | 380-800 |
| Питома вага | γ | т/м ³ | 1,2 – 1,4 |
| Кут внутрішнього тертя | φ_2 | град | 22 45 |
| Кут тертя по сталі | φ_1 | град | 25-50 |

| | | | |
|---|----------|----|-----------|
| Розрахункове значення тягового опору | $P_{РХ}$ | кН | 0,3 -0,55 |
|---|----------|----|-----------|

Висновки

Оглядом аналітичних і експериментальних досліджень підтверджена необхідність деструкції кореневої системи стерні грубостеблових культур. Знайдене технічне рішення, що дозволяє виконати таку деструкцію. Робочий орган повинен виконувати вертикальне різання в напрямку денної поверхні. Сама конструкція сформована з використанням механіко-біологічного моделювання на основі методу функціональної аналогії.

4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

Оцінка умов праці та забезпечення безпеки на підприємстві "Крупа ІК"

В господарстві відповідальність за охорону праці несе директор та спеціаліст з охорони праці, вони і визначають стратегічні цілі та політику охорони праці на підприємстві. Спеціаліст з охорони праці проводить оцінку ризиків на робочих місцях, виявляє потенційні небезпеки та розробляє заходи для їх усунення або зниження.

Відповідальний за охорону праці здійснює ознайомлення нових працівників, які надходять на підприємство для працевлаштування. Під час цього ввідного інструктажу він також реєструє їх у спеціальному журналі.

Періодичний інструктаж проводить раз у півроку для всіх працівників, але для робітників, які працюють на небезпечних участках, інструктаж проводиться кожні три місяці. Усі робітники підприємства отримують спецодяг, який міняється відштовхуючись від погодних умов.

Керівник ділянки також несе відповідальність за організацію та контроль за безпекою праці в межах своєї ділянки. Слідкує за впровадженням положень з

ОП, забезпечує належне навчання працівників та контролює дотримання вимог безпеки на робочому місці, стежить за дотриманням правил користування обладнання та інструкцій з безпеки.

Виконуючи модернізацію катка використовуються такі інструменти :

- молоток;
- кутова шліфувальна машина;
- дріль для створення отворів в металі;
- заклепковий прес;
- балон з пропаном для нагрівання заклепок;

При здійсненні робіт на ділянці з модернізації навісного обладнання необхідно дотримуватися таких правил з охорони праці:

До роботи не допускаються несправні інструменти з причин безпеки.

Несправний інструмент може бути небезпечним для працівника, оскільки його функціонування може бути непередбачуваним. Наприклад, якщо рукоятка молотка тріснула або пошкоджена, її може бути важко контролювати під час виконання роботи, що може призвести до втрати контролю над інструментом та потенційної травми. Якщо робітником було виявлено несправність будь-якого інструменту він повинен сповістити про це керівнику.

Електричні інструменти які вийшли з ладу можуть призвести до нещасних випадків на робочому місці. Наприклад, якщо в болгарці є пошкодження електричних проводів, це може призвести до електричного ураження для працівника, який використовує цей інструмент, тому перед початком зміни працівники ретельно оглядають інструменти якими будуть працювати.

Неполадки в роботі механізму може не забезпечувати якісне та ефективне виконання роботи. Якщо дрель має пошкоджені затискачі або перебої в роботі мотора, це може ускладнити процес свердління та знизити якість отворів, час на виконання роботи збільшиться, а якість зменшиться.

При роботі з гарячими деталями необхідно вживати ряд заходів безпеки для запобігання опікам та травмам. Перш за все, працівники повинні носити

відповідний захисний спецодяг, який включає термостійкі рукавиці, одяг з високою термостійкістю та захисні окуляри або шолом. Це допоможе зменшити ризик отримання опіків та пошкоджень шкіри при контакті з гарячими деталями. Треба використовувати ізольовані інструменти або рукавиці з теплоізоляційним покриттям для захисту від тепла та опіків під час роботи з гарячими предметами. Також важливо належно організувати робоче місце, уникати контакту з гарячими деталями та забезпечити належну вентиляцію для зменшення теплового впливу на працівників. Додатково, рекомендується встановлювати теплоізоляційні матеріали або покриття на ручки, поверхні або конструкції, які можуть нагріватися, щоб зменшити передачу тепла та ризик опіків. Забезпечення доступу до охолоджувальних систем або джерел води також є важливим, для швидкого охолодження гарячих деталей та забезпечення комфорту працівників в умовах високої температури.

Слід встановлювати попереджувальні знаки та сигналізацію, які вказують на небезпеку гарячих деталей, а також навчати працівників про правила безпеки при роботі з гарячими деталями.

Техніка безпеки під час тестування агрегату у робочому середовищі

При роботі з катком подрібнювачем в полі необхідно дотримуватися ряду заходів безпеки, щоб запобігти травмам та забезпечити безпечну та ефективну роботу.

По-перше, переконатись, що каток належним чином підготовлений до роботи. Перевірте стан інструменту, ніжок та інших деталей, щоб упевнитися в їхній справності. Забезпечте правильне налаштування тиску та швидкості роботи залежно від умов ґрунту та завдань. Перед початком роботи, огляньте робочу ділянку на полі не повинно бути зайвих предметів. Видаліть зайві перешкоди, такі як камені, дерев'яні брухти або інші небезпечні об'єкти, які можуть пошкодити каток або спричинити аварійну ситуацію.

Не забувайте про особисту безпеку. Носіть відповідний захисний спецодяг, включаючи рукавиці, захисні окуляри, вушні протектори та відповідний одяг.

Уникайте носити вільні або обертові предмети, які можуть зачепитися за рухомі частини катка.

Завжди дотримуйтесь правил безпеки під час використання катка. Треба тримати дистанцію від інших осіб та об'єктів, уникайте похибок у керуванні та раптових зупинок. Регулярно контролюйте роботу катка та переконайтеся, що він функціонує належним чином.

Модернізована конструкція катка з додатково закріпленими до катка спеціальних ножів вимагає більш відповідального підходу до експлуатації. Це означає, що під час роботи катка, особливу увагу потрібно приділяти стану цих ножів і їх правильній фіксації. При роботі каток обертається з достатньо високою швидкістю і ножі які закріплені на катку перші занурюються в землю (б'ються об неї) і приймають на себе найбільше навантаження тому перевірці кріплень (заклепок) цих ножів перед роботою треба приділити особливу увагу.

Окрім того, операторам катка необхідно мати достатні знання та навички для роботи з цією модернізованою конструкцією. Вони повинні бути навчені правильному використанню катка та вміти вчасно виявляти будь-які проблеми з ножами або їхніми кріпленнями.

У разі виникнення аварійної ситуації або травми треба негайно припинити роботу та звернутись до медичної допомоги.

Захищаючий каркас на тракторі є невід'ємною частиною безпеки при роботі з катком подрібнювачем в полі. Він має на меті захистити оператора та оточуючих від можливих травм та ушкоджень. Каркас створює бар'єр між катком і оператором, запобігаючи потраплянню рослинних решток або інших матеріалів до робочої зони. Він також допомагає захистити від можливих ударів обривами гілок або каміння, що можуть піднятися під час роботи. Захищаючий каркас має бути належним чином встановлений та підтримуватись у справному стані. Його наявність є важливою для забезпечення безпеки під час роботи з катком подрібнювачем в полі.

Зберігання катка після виконаної роботи

Збереження катка подрібнювача рослинних решток вимагає врахування різних заходів безпеки для забезпечення безпечного та ефективного зберігання. Перш за все, необхідно вибрати відповідне місце для зберігання, яке буде сухим і захищеним від погодних умов, таких як дощ, пряме сонячне світло або вітер. Рекомендується складське приміщення або гараж з належними умовами для зберігання.

Важливо також забезпечити стійке та безпечне розміщення катка. Переконайтеся, що він розміщений на рівній підлозі і стійкий. Якщо необхідно, використовуйте підставки або фіксатори для додаткової стабільності.

Регулярне очищення та підтримка катка також є важливою складовою безпеки при зберіганні. Видаліть будь-які залишки рослинних матеріалів або пилу з катка. Періодично перевіряйте стан ножів або роторів та замінійте їх, якщо вони зношені або пошкоджені. Дотримуйтесь інструкцій виробника щодо регулярного технічного обслуговування.

Важливо також забезпечити відповідну сигналізацію та обмеження доступу до катка. Розмістіть попереджувальні знаки та інструкції щодо безпеки на видному місці. Обмежте доступ неповнолітніх та неавторизованих осіб до катка.

Висновки

В цілому аналіз умов експлуатації показує, що внесені конструктивні зміни не погіршили стану охорони праці і навколишнього середовища.

5. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ РОБОТИ

В даному розділі будуть виконані розрахунки на продуктивність машини до покращення і після та окупність покращеного агрегату. Машина має додаткові ножі розпушувачі для порушення кореневої системи стерні грубостеблових культур це нововведення ми і будемо розраховувати. В табл.6.1. вказані дані для розрахунків.

Таблиця 6.1.

Вихідні дані до техніко-економічних розрахунків.

| № | Показник | Розмірність | Технологічна машина | |
|---|---|-------------|---------------------|---------------|
| | | | Серійна | Модернізована |
| 1 | Річний обсяг роботи | га | 200 | 200 |
| 2 | Продуктивність | га/год | 7,5* | 7,9** |
| 3 | Витрати ПММ | кг/га | 5,81 | 4,92 |
| 4 | Вартість станом на перше червня 2023року: | грн | | |
| | - Трактора | | 443107 | 443107 |
| | - Машини | | 240000* | 250000** |
| | - Всього | | 683107 | 693107 |
| 5 | Кількість обслуговуючого персоналу | | 1 | 1 |

*За даними (ТОВ ДСМ)

**На основі експертної оцінки спеціалістів (ТОВ ДСМ)

Кількість нормо-годин у обсязі робіт

$$K_{\text{НГ}}^{\text{б}} = \frac{W_{\text{СЕЗ}}}{W_{\text{ГОД}}} = \frac{200}{7,5} = 26,6 \text{ ГОД}$$

$$K_{\text{НГ}}^{\text{п}} = \frac{W_{\text{СЕЗ}}}{W_{\text{ГОД}}} = \frac{200}{7,9} = 25,3 \text{ ГОД} \quad (6.1)$$

Витрати праці:

$$B_{\text{П}}^{\text{б}} = K_{\text{НГ}}^{\text{б}} \cdot n = 26,6 \cdot 1 = 26,6 \text{ год} \quad (6.2)$$

$$B_{\text{П}}^{\text{п}} = K_{\text{НГ}}^{\text{п}} \cdot n = 25,3 \cdot 1 = 25,3 \text{ год}$$

де $n = 1$ - кількість обслуговуючого персоналу.

Експлуатаційні витрати

Витрати, пов'язані з експлуатацією, складаються з основної та додаткової заробітної плати, амортизації, витрат на паливо-мастильні матеріали, технічне

обслуговування, ремонт та зберігання обладнання. Розрахунки по даним пунктам наведені нижче.

Основна і додаткова заробітна плата

Основна і додаткова заробітна плата з нарахуваннями:

$$П = \frac{C_T}{W_{год}} \cdot K_1 \cdot K_2, \quad (6.3)$$

де C_T - тарифна ставка, 33,00 грн./год;

$K_1 = 1,2$ – коефіцієнт, що враховує додаткову оплату (20%);

$K_2 = 1,375$ – коефіцієнт, що враховує нарахування на соціальні мироприємства.

$$П^{\delta} = \frac{33}{7,5} \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 1,375 = 7,26 \text{ грн./га}$$

$$П^n = \frac{33}{7,9} \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 1,375 = 6,89 \text{ грн./га}$$

Амортизаційні відрахування

Норма амортизації для трактора – 17.5%, машини – 14.2%.

Нормативне завантаження на рік:

- трактора - 1550год;

- машини - 580год

Трактор:

$$A_{\text{ТР}}^{\delta} = \frac{443107 \cdot 17.5}{100 \cdot 1550 \cdot 7,5} = 6,67 \text{ грн./га}$$

$$A_{\text{ТР}}^n = \frac{443107 \cdot 17.5}{100 \cdot 1550 \cdot 7,9} = 6,3 \text{ грн./га}$$

Машина:

$$A_{\text{M}}^{\text{б}} = \frac{240000 \cdot 17.5}{100 \cdot 580 \cdot 7.5} = 9,65 \text{ грн./га}$$

$$A_{\text{M}}^{\text{п}} = \frac{250000 \cdot 17.5}{100 \cdot 580 \cdot 7.9} = 9,54 \text{ грн./га}$$

Всього:

$$A_{\Sigma}^{\text{б}} = 6,67 + 9,65 = 16,32 \text{ грн./га}$$

$$A_{\Sigma}^{\text{п}} = 6,3 + 9,54 = 15,86 \text{ грн./га}$$

Витрати на ПММ

$$B_{\text{ПММ}}^{\text{б}} = C_{\text{ПММ}} \cdot V_{\text{ПММ}} = 42 \cdot 5,81 = 244,02 \text{ грн./га}$$

$$B_{\text{ПММ}}^{\text{п}} = 42 \cdot 4,92 = 206,64 \text{ грн./га}$$

Витрати на ТО, ПР, зберігання

Норма витрат на ПР, ТО і зберігання:

- $\alpha_{\text{ТО}} = 11\%$ - норма відрахувань на ТО;
- $\alpha_3 = 0,2\%$ - норма відрахувань на зберігання;
- $\alpha_{\text{ТР}} = 8\%$ - норма відрахувань на ремонт.

Витрати на ТО, ПР і зберігання:

$$B = \frac{B_{\text{Б}} \cdot (\alpha_{\text{ТО}} + \alpha_3 + \alpha_{\text{ТР}})}{100 \cdot K_{\text{НГ}} \cdot W_{\text{ГОД}}} \cdot K, \quad (6.4)$$

де $B_{\text{Б}}$ – балансова вартість, грн;

K – коефіцієнт переводу трактора у еталонний.

Трактор:

$$B_{TP}^{\delta} = \frac{443107 \cdot (11+8+0,2)}{100 \cdot 26,3 \cdot 7,5} = 431,31 \text{ грн./га}$$

$$B_{TP}^n = \frac{443107 \cdot (11+8+0,2)}{100 \cdot 25,3 \cdot 7,9} = 425,65 \text{ грн./га}$$

Машина:

$$B_M^{\delta} = \frac{240000 \cdot (8+0,2)}{100 \cdot 26,3 \cdot 7,5} = 99,77 \text{ грн./га}$$

$$B_M^n = \frac{250000 \cdot (8+0,2)}{100 \cdot 25,3 \cdot 7,9} = 102,56 \text{ грн./га}$$

Всього по агрегатам:

$$B^{\delta} = B_{TP} + B_M = 426,44 + 99,77 = 526,21 \text{ грн./га}$$

$$B^n = 425,65 + 102,56 = 528,21 \text{ грн./га}$$

Всього експлуатаційних витрат на 1 га:

$$E_B^{\delta} = 7,26 + 16,32 + 244,02 + 526,21 = 793,81 \text{ грн./га}$$

$$E_B^n = 6,69 + 16,86 + 206,64 + 518,42 = 728,77 \text{ грн./га}$$

Експлуатаційні витрати на весь обсяг роботи:

$$E_{\Sigma}^{\delta} = E_B \cdot W_{CEZ} = 793,81 \cdot 200 = 158762 \text{ грн.}$$

$$E_{\Sigma}^n = 728,77 \cdot 200 = 151680 \text{ грн.}$$

Капітальні вкладення

Капітальні вкладення на 1 га:

Трактор:

$$K_B^{\delta} = \frac{B_B}{W_{CEZ}} = \frac{443107}{200} = 2215,53 \text{ грн./га}$$

$$K_B^n = \frac{443107}{200} = 2215,53 \text{ грн./га}$$

Машина:

$$K_B^{\delta} = \frac{240000}{200} = 1200 \text{ грн./га}$$

$$K_B^{\pi} = \frac{250000}{200} = 1250 \text{ грн./га}$$

Всього:

$$K_B^{\delta} = 2215,53 + 1200 = 3415,53 \text{ грн./га}$$

$$K_B^{\pi} = 2215,53 + 1250 = 3465,53 \text{ грн./га}$$

Приведені витрати і річний економічний ефект

Приведені витрати на 1 га:

$$P_B = E_B + 0,15 \cdot K_B$$

$$P_B^{\delta} = 775,42 + 0,15 \cdot 3415,53 = 1306,13 \text{ грн./га}$$

$$P_B^{\pi} = 758,4 + 0,15 \cdot 3465,53 = 1278,22 \text{ грн./га}$$

Приведені витрати на весь обсяг робіт:

$$P_{B\Sigma}^{\delta} = P_B \cdot W_{CEZ} = 1306,13 \cdot 200 = 261226 \text{ грн.}$$

$$P_{B\Sigma}^{\pi} = 1278,22 \cdot 200 = 255644 \text{ грн.}$$

Річний економічний ефект:

$$E_E = 261226 - 255644 = 5582 \text{ грн.}$$

Строк окупності додаткових капітальних вкладень

$$n = \frac{200}{5582} = 0,02$$

Економічна ефективність проекту вказана в таблиці 6.2

Висновок

Модернізована машина має більшу продуктивність це доведено теоретичними розрахунками вона проявляє високу ефективність та її без сумніву можна втілювати в життя.

Розрахунки показують, що за рік покращена конструкція приноситиме господарству 9198 грн прибутку за умови обробітку 200 га землі за рік

Строк окупності додаткових капітальних вкладень 0,03 сезону.

Інвестиції повернуться протягом надзвичайно короткого періоду часу 0,3 сезону.

Таблиця 6.2

| № | ПОКАЗНИКИ | Варіант | |
|----|---|---|---|
| | | Базовий | Проект |
| 1 | Вид роботи | Поверхневий обробіток | |
| 2 | Об'єм роботи, га | 200 | 200 |
| 3 | Склад агрегату: Трактор Машина | T-150K Demetra | T-150K Demetra |
| 4 | Продуктивність, га/год | 7,5* | 7,9** |
| 5 | Балансова вартість, грн: - трактора - машини | 443107 240000* | 443107 250000** |
| 6 | Експлуатаційні витрати, грн./га В тому числі: Основна і додаткова заробітна плата Амортизаційні відрахування Витрати на ПММ Витрати на ТО, ТР, зберігання | 793,81 7,26 16,32 244,02 526,21 | 728,77 6,89 15,86 206,64 528,21 |
| 7 | Капітальні вкладення, грн./га | 3415,53 | 3465,54 |
| 8 | Приведені затрати, грн./га На весь обсяг роботи, грн. | 1306,13 261226 | 1278,22 255644 |
| 9 | Річний економічний ефект, грн. | | 5582 |
| 10 | Строк окупності додаткових капітальних вкладень, років | | 0,02 |

Висновки

1. Каток, який є відносно новою машиною, швидко підтвердив свою ефективність і отримав широке розповсюдження в сільському господарстві. Його основна функція полягає в подрібненні рослинних решток, перемішуванні їх з ґрунтом та утворенні шару мульчі. Пропонується модернізація катку, яка сприятиме поліпшенню якості його роботи.

У рамках модернізації, на ножі катку будуть закріплені спеціально формовані ножі, які нагадують кіготь кішки. Ці ножі розташовуються по периметру барабана. Під час роботи, вони занурюються в ґрунт на глибину 6-8 см захоплюючи основну масу кореневої системи рослин, наприклад, соняшника та кукурудзи, і витягують її на поверхню землі.

Це має кілька переваг. По-перше, така операція пришвидшує перегнивання кореневої системи, що сприяє швидшому вивільненню поживних речовин у ґрунт. По-друге, цей процес створює додатковий шар мульчі, який зберігає вологу у ґрунті, запобігає його перегріванню і забур'яненню. Таким чином, поліпшується родючість ґрунту, збільшується врожайність та знижується потреба у поливі.

Ця модернізація катку має значний потенціал у вирощуванні сільськогосподарських культур, сприяючи створенню сприятливих умов для росту і розвитку рослин. Крім того, вона допомагає знизити негативний вплив на довкілля.

2. Крім перерахованих переваг, модернізація катку також сприяє насиченню ґрунту киснем і його розпушуванню. Під час роботи катка зі спеціальними ножами-кігтями, при контакті з ґрунтом, відбувається мікророзпушування. Цей процес має декілька позитивних наслідків, розпушування ґрунту полегшує проникнення повітря і води до кореневої зони рослин. Це сприяє насиченню ґрунту киснем, що є важливим фактором для росту та функціонування рослин. Крім того, наявність достатньої кількості кисню у ґрунті сприяє активності корисних мікроорганізмів, що в свою чергу покращує процеси розкладання органічних речовин та перетворення поживних речовин.

Розпушування ґрунту допомагає покращити структуру ґрунту, зменшуючи його щільність і підвищуючи проникність для кореневої системи рослин. Це

сприяє кращій аерації ґрунту і проникненню коренів у глибину, що в свою чергу підвищує їх доступ до води та поживних речовин.

Таким чином, модернізований каток, крім своєї основної функції утворення мульчевого шару, також забезпечує насичення ґрунту киснем і трохи розпушує його, створюючи сприятливі умови для здорового росту рослин.

3. Модернізація катка не вимагає значних вкладень. Застосування спеціальних ножів-кігтів може бути впроваджено без значних змін у конструкцію самого катка. Це дозволяє знизити витрати на придбання нового обладнання і скоротити час, необхідний для переоснащення. Модернізований каток є економічно вигідним варіантом, оскільки прогнозується збільшення врожаю за відносно невеликі вкладення. Це дозволяє сільським господарствам підвищити свою прибутковість.

4. Результати оцінки ситуації з охороною праці свідчать, після проведення модернізації конструкція стала небезпечнішою під час роботи, тому повинні проводитись додаткові інструктажі.

Список використаних джерел

1. Сало, В. М. Вплив параметрів барабана для подрібнення рослинних решток на надійність протікання технологічного процесу / В. М. Сало, С. М. Лещенко, Д. В. Богатирьов // Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин : загальнодерж. міжвід. наук.-техн. зб. – Кропивницький : ЦНТУ, 2021. – Вип. 51. – С. 70-77.
2. Богатирьов, Д. В. Аналіз господарських випробовувань котка-подрібнювача рослинних решток соняшника / Д. В. Богатирьов, В. М. Сало // Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин: загальнодерж. міжвід. наук.-техн. зб. - Кіровоград: КНТУ, 2013. – Вип. 43, ч. 1. - С. 12-17.
3. Кобець А. С. Грунтообробні машини: теорія, конструкція, розрахунок: монографія / А. С. Кобець, Б. А. Волик, А. М. Пугач. - Дніпропетровськ: Свідлер А.Л., 2011. - 140 с.
4. Довідник з машиновикористання в землеробстві / В. І. Пастухов, А. Г. Чигрин, В. Ю. Ільченко та ін.; За ред. В. І. Пастухова. – Харків: Веста, 2001. – 347 с.
5. Основи наукових досліджень в агрономії : Підручник / В.О.Єщенко, П.Г.Копитко, В.П.Опришко, П.В.Костогриз; за ред.. В.О.Єщенко. – К.: Дія. – 2005. – 288 с.
6. Енергоємність технологій в рослинництві: Методичні рекомендації для курсового і дипломного проектування / В. І. Пастухов, В. Д. Лютинський. – Харків: Навчально-методичний центр заочного навчання сільськогосподарських ВЗО України, 2004. – 53 с.
7. Машиновикористання в землеробстві / В. Ю. Ільченко, Ю. П. Нагірний, П. А. Джолос та ін.; За ред. В. Ю. Ільченка і Ю. П. Нагірного. – К.: Урожай, 1996. – 384
8. Цилюрик Я. Поверхневий обробіток і рослинні рештки / Електронний ресурс/URL: <https://www.zerno-ua.com/journal/2019/may-2019-god/poverhneviy-obrobitok-i-roslinni-reshtki>

9. Афанасьєва О.В., Лалазарова Н.О., Федоренко Є.П. Л17 Лазерна поверхнева обробка матеріалів / Афанасьєва О.В., Лалазарова Н.О., Федоренко Є.П. Харків : ФОП Панов А.М., 2020. 100 с.

10. Бізнес-планування механізованих процесів у рослинництві / О. О. Красноручський, О. Ю. Бобловський, Г. Є. Мазнев та ін. – Харків, 2

11. Коновий А.В., Волик Б.А. Обґрунтування конструкції катка-подрібнювача для роботи по агрофону рослинних решток грубостеблових культур./ Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі: матеріали I Міжнар. наук.-практ. Інтернет-конференції (Мелітополь, 01-24 квітня 2020 р.) / ТДАТУ:- Мелітополь: ТДАТУ, 2020. – С.167-171.

12. Михайлов Є.В. Обґрунтування конструктивної схеми стрільчастої лапи на основі біологічного прототипу/ Є.В.Михайлов , Б.А.Волик, Г.В.Теслюк, А.В.Коновий// Праці Таврійського державного агротехнологічного університету – Мелітополь – 2019. – Вип. 19, т.3. – С.37-46

(DOI :10.31388/2078-0877-19-3-37-45)

13. Пугач А.М. Обґрунтування параметрів культиваторних лап, оснащених елементами локального зміцнення /А.М. Пугач автореф. дис... канд. техн. наук: 05.05.11 – машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва/ А.М.Пугач – Вінниця 2010. – 20с.

14. Дипломне проектування у вищих навчальних закладах Мінагрополітики України: Навчально-методичний посібник / За ред. Т. Д. Іщенко, І. М. Бендери. – К.: Аграрна освіта, 2006. – 256 с.

с.

15. Практикум з використання машин у рослинництві / В. Ю. Ільченко, А. С. Кобець, В. П. Мельник, П. І. Карасьов, П. М. Кухаренко, А. В. Ільченко. – Дніпропетровськ: РВВ ДДАУ, 2002. – 212 с.