

Дніпровський державний аграрно-економічний університет
Інженерно-технологічний факультет
Кафедра тракторів і сільськогосподарських машин

Пояснювальна записка
до дипломної роботи
освітнього ступеня "Магістр" на тему:

**Обґрунтування параметрів і конструкції робочого органу для прямої
сівби насіння трав по дернині**

Виконав: студент 2 курсу, групи МГАІ-4-24
за спеціальністю 208 «Агроінженерія»

_____ Фургало Сергій Вікторович

Керівник: _____Теслюк Геннадій Володимирович

Рецензент: _____ Степанов Станіслав Іванович

Дніпро, 2025

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ
АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**
Інженерно-технологічний факультет

Кафедра тракторів і сільськогосподарських машин
Освітній ступінь: «Магістр»
Спеціальність: 208 «Агроінженерія»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

ТСГМ

(назва кафедри)

ДОЦЕНТ

(вчене звання)

Теслюк Г. В.

(підпис)

(прізвище, ініціали)

« » 20 р.

**З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Фургалo Сергій Вікторович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Обґрунтування параметрів і конструкції робочого органу для прямої сівби насіння трав по дернині

керівник роботи Теслюк Геннадій Володимирович, канд. техн. наук, доцент

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від

«24» 10 2025 року № 3182

2. Строк подання студентом роботи до 01.12.2025

3. Вихідні дані до проекту. Провести оцінку сучасного стану рослинницької галузі та розглянуто наявні конструкції машин, що застосовуються для виконання посівних операцій. Розгляд конструктивних особливостей, огляд наукових джерел і новітніх досліджень з обраного напрямку.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Сучасний стан проблеми для підсіву трав по дернині. 2. Теоретичні дослідження та обґрунтування робочого органу сівалки. 3. Експериментальні дослідження процесу сівби. 4. Охорона праці. 5. Економічна ефективність. Висновки. Література. Додатки

5. Перелік демонстраційного матеріалу

1. Тема. Мета і задачі досліджень (А4). 2. Аналіз конструкцій технічних засобів сівби. 3. Результати експериментальних досліджень запропонованого сошника. 5. Економічні показники (1 аркуш, А4). 6. Висновки (1 аркуша, А4)

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	Теслюк Г. В., завідувач кафедри		
2	Теслюк Г. В., завідувач кафедри		
3	Теслюк Г. В., завідувач кафедри		
4	Теслюк Г. В., завідувач кафедри		
5	Теслюк Г. В., завідувач кафедри		
Нормоконтроль	Золотовська О.В., доцент		

7. Дата видачі завдання: _____.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Стан питання і задачі досліджень	до 15. 09.2025	виконав
2	Теоретичні дослідження	до 25. 09.2025	виконав
3	Експериментальний	до 28. 10.2025	виконав
4	Охорона праці	до 10. 11.2025	виконав
5	Економічний	до 21. 11.2025	виконав
6	Демонстраційна частина	до 02. 12.2025	виконав

Студент

_____ (підпис)

Фургало С.В.

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Теслюк Г. В.

_____ (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Фургало С.В. Обґрунтування параметрів і конструкції робочого органу для прямої сівби насіння трав по дернині / Випускна кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня «магістр» за спеціальністю 208 «Агроінженерія» – ДДАЕУ, Дніпро, 2025.

У роботі підвищено ефективність використання природних кормових угідь шляхом застосування технології прямої сівби трав. Розроблено конструкцію робочого органу, який забезпечує дотримання агротехнічних вимог під час висіву насіння.

Створено методику проведення теоретичних та експериментальних досліджень процесу взаємодії робочого органу з ґрунтом. Обґрунтовано основні параметри робочого органу та встановлено аналітичну залежність між його геометричними, кінематичними й технологічними характеристиками та фізико-механічними властивостями ґрунту. Також визначено методику проведення експериментальних досліджень і розраховано економічний ефект від використання технології поверхневого покращення пасовищ шляхом прямої сівби.

Ключові слова: фрезерний робочий орган, сівалка, сошник для прямої сівби, математичне моделювання, насіння трав, лугові угіддя.

ЗМІСТ

ВСТУП	8
РОЗДІЛ 1 СУЧАСНИЙ СТАН ТА ПРОБЛЕМИ СІВБИ ПО ДЕРНИНІ	10
1.1 Огляд конструкцій для підсіву трав	10
1.2. Аналіз існуючих технологій поліпшення сіножатей і пасовищ	20
1.3. Обґрунтування доцільності прямого підсіву трав в дернину	25
1.4. Постановка питання, мета і задачі досліджень	34
Висновки по розділу	36
РОЗДІЛ 2 ТЕОРЕТИЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ РОБОЧОГО ОРГАНУ ДЛЯ ПРЯМОЇ СІВБИ В ДЕРНИНУ	37
2.1. Обґрунтування параметрів робочого органу	37
2.2 Теорія взаємодії робочого органу на ґрунт та дерниною	40
Висновки по розділу	49
РОЗДІЛ 3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОЧОГО ОРГАНА	51
3.1 Перевірка достовірності аналітичного обґрунтування	51
3.2 Дослідження характеру подрізаної скиби	51
Висновки по розділу	54
РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ	55
4.1 Опис і оцінювання потенційно небезпечних та шкідливих чинників, що можуть проявлятися під час роботи сівалки	55
4.2 Організаційно-технічні заходи безпеки	56
4.3 Вимоги до умов праці та засобів захисту	58
Висновки по розділу	58
РОЗДІЛ 5 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ РОБОТИ	60

Висновки по розділу	61
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	63
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	65
ДОДАТКИ	69

ВСТУП

Основним джерелом повноцінних, екологічно безпечних і відносно дешевих кормів для тваринництва в Україні залишаються природні кормові угіддя, які займають близько 13% від загальної площі сільськогосподарських земель [1]. Проте аналіз сучасного стану луків і пасовищ свідчить, що більшість із них перебувають у незадовільному стані внаслідок тривалого інтенсивного використання без належного догляду, недостатнього удобрення та відсутності систематичного оновлення травостою. Середня продуктивність таких угідь становить не більше 13 центнерів кормових одиниць з гектара, що істотно поступається показникам країн Європи з розвиненим тваринництвом (Нідерланди, Фінляндія, Німеччина, Швеція), де сіножаті та пасовища займають 45–60% сільськогосподарських земель і забезпечують урожайність до 80 ц/га кормових одиниць.

Утримання дійних корів на пасовищах, навіть без використання концентрованих кормів, дозволяє отримувати щоденні надої на рівні 16–20 літрів молока на голову. Молодняк великої рогатої худоби при цьому може мати середньодобові прирости маси до 800–900 г. Крім того, пасовищне утримання тварин у літній період позитивно впливає на їх фізіологічний стан, сприяє зміцненню імунітету й зниженню захворюваності, що є важливою складовою екологічно орієнтованого тваринництва.

Щоб забезпечити стабільний розвиток тваринництва в Україні, необхідно розширювати площі культурних пасовищ. Досягти цього можна шляхом залуження частини ріллі та оновлення вже існуючих пасовищ, формуючи на їх базі продуктивні травостої з урожайністю близько 60–70 ц/га. У майбутньому доцільно збільшити частку луків і пасовищ до 30–40% від загальної площі сільськогосподарських угідь [2].

Проте використання традиційних методів перезалуження вимагає значних фінансових, енергетичних і трудових витрат, а також довгого часу, необхідного для введення оновлених пасовищ у користування. Усе це знижує ефективність таких технологій і стримує їх широке застосування.

Отже, важливим завданням нині є розробка та впровадження малозатратних і енергоощадних технологій, які відповідають природно-кліматичним умовам певного регіону та особливостям місцевих кормових угідь. Проведений аналіз показує, що значний потенціал має технологія прямого прискороного пере залуження та поверхневого удосконалення пасовищ. Її основна ідея полягає у формуванні вузької смуги порушеної дернини та одночасному висіванні трав без виконання суцільного обробітку ґрунту. Для реалізації цієї технології необхідно створити спеціальну сівалку, здатну за один прохід здійснювати смугове розпушування дернини, висів насіння та його прикочування. Використання таких машин дозволить істотно скоротити енергозатрати, зберегти ґрунтову структуру, мінімізувати ерозійні процеси та забезпечити швидке відновлення продуктивності пасовищ.

Отже, головною перешкодою на шляху впровадження технологій прямого підсіву або прискороного пере залуження є відсутність спеціалізованих технічних засобів, здатних ефективно виконувати агротехнічні вимоги при мінімальних енерговитратах. Саме тому актуальним є розроблення нових робочих органів і машин, які забезпечать якісну підготовку смуги дернини та рівномірне висівання насіння трав у природний травостій.

Об'єкт досліджень: Процес формування посівної смуги в дернині для висіву насіння трав та технічні засоби, що забезпечують його виконання.

Предмет дослідження: Вплив конструктивно-технологічних параметрів розробленого робочого органу на показники якості підготовки дернини для висіву насіння трав.

1. СУЧАСНИЙ СТАН ТА ПРОБЛЕМИ СІВБИ ПО ДЕРНИНІ

1.1 Огляд конструкцій для підсіву трав

Розвиток тваринництва, збільшення виробництва молока і м'яса неможливе без розвитку луківництва, зокрема без підвищення продуктивності природних та сіяних сіножатей і культурних пасовищ.

Академік В. Ф. Сайко, аналізуючи сучасний стан землеробства в Україні [3], наголошує, що розширення площ ріллі тривалий час залишалося основним, хоча й шкідливим для майбутнього, способом підвищення обсягів виробництва рослинницької продукції. Лише протягом останніх десятиліть у сільськогосподарській обробіток було залучено близько 1,5 млн гектарів земель, з яких майже 1 млн гектарів становили колишні сіножаті та пасовища. Такий екстенсивний підхід до землекористування спричинив зниження врожайності, занепад тваринництва, деградацію ґрунтів і посилення негативного впливу на навколишнє середовище [4, 5].

Рівень розораності сільськогосподарських угідь в Україні є надзвичайно високим і становить близько 82% [6,7], а в окремих областях, таких як Вінницька, Тернопільська та Кіровоградська, перевищує 90%. Подібного рівня антропогенного навантаження на землю не спостерігається ні в одній із розвинених країн світу, де значна частка сільськогосподарських площ зберігається під луками, пасовищами або лісами для підтримання екологічної рівноваги.

Надмірна розораність земель в Україні призвела до інтенсивного розвитку ерозійних процесів, деградації ґрунтового покриву, зниження родючості та погіршення водного балансу територій. Щорічно значні площі втрачають продуктивність через вітрову та водну ерозію, а відновлення таких земель потребує великих матеріальних і трудових ресурсів.

Для виправлення ситуації необхідно вжити комплексних і рішучих заходів, спрямованих на екологічно збалансоване використання земельного фонду. Основою таких змін має стати системний підхід до ведення сільськогосподарського виробництва, який поєднує організаційні, технічні, економічні, енергетичні та екологічні аспекти на основі сучасних досягнень науки і техніки.

Як підкреслює академік В. Ф. Сайко, одним із першочергових кроків має стати скорочення площ ріллі щонайменше на 10 млн гектарів із подальшим переведенням цих земель у категорію природних кормових угідь. Такий підхід дозволить не лише стабілізувати екологічний стан агроландшафтів, а й забезпечити розвиток кормової бази для тваринництва. За результатами наукових досліджень [3], в Україні необхідно збільшити площу луків і пасовищ приблизно у 2,7 рази [4], що сприятиме підвищенню стійкості агросистем і відновленню природного потенціалу ґрунтів.

Донедавна в Україні природні кормові угіддя займали більше 7 млн га, або 13% усіх сільськогосподарських угідь [4]. На кожних 100 га орних земель луки в зо ні Лісостепу займали 14 га, в Степу 19 га, в Поліссі 50 га, в гірських і передгірських районах Карпат 81 га. В цілому по Україні середня врожайність пасовищ надто низька і складає 12...13 ц кормових одиниць з гектара, що становить 10-12% від усіх кормів, які використовуються в тваринництві.

Науковці В. Ф. Петриченко та П. С. Макаренко [4, 5] зазначають, що через відсутність державної підтримки програм з проведення культуротехнічних робіт та заходів із покращення природних кормових угідь, а також унаслідок складного фінансового стану більшості аграрних підприємств, значні площі луків поступово деградують. Вони заростають чагарниками, високорослими бур'янами, утворюють купини та зазнають впливу водної й вітрової ерозії. У результаті площі сіножатей і пасовищ у

сільськогосподарських підприємствах скоротилися до 2,97 млн гектарів.

Основні причини низької продуктивності пасовищ в Україні наступні:

– відсутність ефективних технологій системного догляду за довготривалими культурними пасовищами стосовно ґрунтово-кліматичних умов;

– відсутність спеціальних високопродуктивних засобів механізації для реалізації системного догляду за пасовищами.

Лукопасовищні корми в структурі кормового балансу країн Західної Європи складають: в Англії – 58,5%, Данії – 23,5%, Ірландії – 81,3%, Німеччині – 36,6%, США – 38%. Луки та пасовища Німеччини займають – 40,9%, в Англії – 65% від загальної площі с. г. угідь [1, 4, 5]. Продуктивність таких угідь досить висока і в середньому складає 60...80 центнерів кормових одиниць з гектара, тоді як в Україні цей показник складає не більше 13 к. о.

Як відомо корми з трав, особливо свіжа трава, є найбільш біологічно цінним кормом для тварин. Вони є дешевими, що в кінцевому результаті визначає ціну тваринницької продукції.

Таким чином, для ефективного розвитку галузі тваринництва потрібно забезпечити достатню кількість пасовищних кормів. Це можливо шляхом залуження частини орних земель і відновлення існуючих пасовищ, більшість із яких представлена старими травостоями віком понад 10–15 років [1, 4, 5].

Одним з основних факторів, які негативно впливають на довговічність і продуктивність травостоїв, є дерноутворювальний процес, основні закономірності якого розкриті В. Р. Вільямсом [6]. Він вважав, що при відмиранні лучної рослинності на початку зими під впливом стійких морозів йде процес підсиленого накопичення не розкладених рослинних решток, що призводить до погіршення водно-повітряного і поживного режимів ґрунту. Внаслідок цього процесу значна кількість поживних речовин знаходиться у важкодоступних для рослин органічних сполуках, падає мінералізація цих

речовин. В результаті змінюється склад рослинного покриття: в ньому переважають маловрожайні трави низької кормової якості [5-7].

Продуктивність старосіяних травостоїв, в складі яких переважають дикорослі види трав, знижуються на 20-50% [4-7]. Створивши на цих площах культурні луки можна отримувати урожай до 60...80 центнерів кормових одиниць з гектара.

В європейських країнах з високорозвиненим лукопасовищним господарством (Нідерланди, Бельгія, Великобританія, Німеччина) значно розширилися роботи по пере залуженню старосіяних травостоїв, що дозволяє збільшити їх продуктивність в 1,5...4,0 рази. В Ірландії кожного року закладається біля 120 тис. га пасовищ [8]. В Великобританії на сінокосах і пасовищах старі травостої (більше 20 років) складають біля 50% досліджених площ. Тому перспективним напрямком визнано короткострокове їх використання і більш частіше пере залуження [1].

Для підвищення продуктивності наявних травостоїв в Україні необхідно системно та комплексно здійснювати роботи з догляду за луками. До таких робіт відносяться: розкидання екскрементів тварин, розрівнювання кротовин, боротьба з бур'янами, підкошування не стравлених решток, внесення рідких і твердих мінеральних і органічних добрив, вапнування, гіпсування, аераційний обробіток дернини, підсів трав [3, 5, 9].

Попри значну ефективність поверхневого поліпшення природних кормових угідь необхідно застосовувати і докорінний спосіб покращення.

Аналіз стану лучного кормовиробництва і наявні наукові розробки в цій галузі дають підставу констатувати, що інтенсифікація луківництва повинна відбуватися різними шляхами з використанням досягнень науки і передового досвіду [10].

Так за обмежених можливостей господарств для придбання добрив відновлення вироджених травостоїв може проводитись шляхом прискореного

залуження, яке при достатньому зволоженні підвищує продуктивність поліпшуваних лук на 1...1,5 тис. кормових одиниць з гектара за рахунок мінералізації старої дернини [9].

Структурна компоновка секції сівалки наведена на рисунку 1.1, де відображено характер переміщення ґрунтової маси та пожнивних решток під час роботи. На схемі також подано принцип формування посівної борозни дводисковим сошником. Зокрема, показано, як змінюється процес розкриття борозни залежно від величини розходження дисків: при більшому куті розкриття формується ширша борозна, а при меншому — відповідно вузла. Вплив цього конструктивного параметра продемонстровано білими стрілками на рисунку 1.1, що дозволяє наочно простежити напрям і характер руху ґрунту в зоні контакту робочих органів із поверхнею поля.

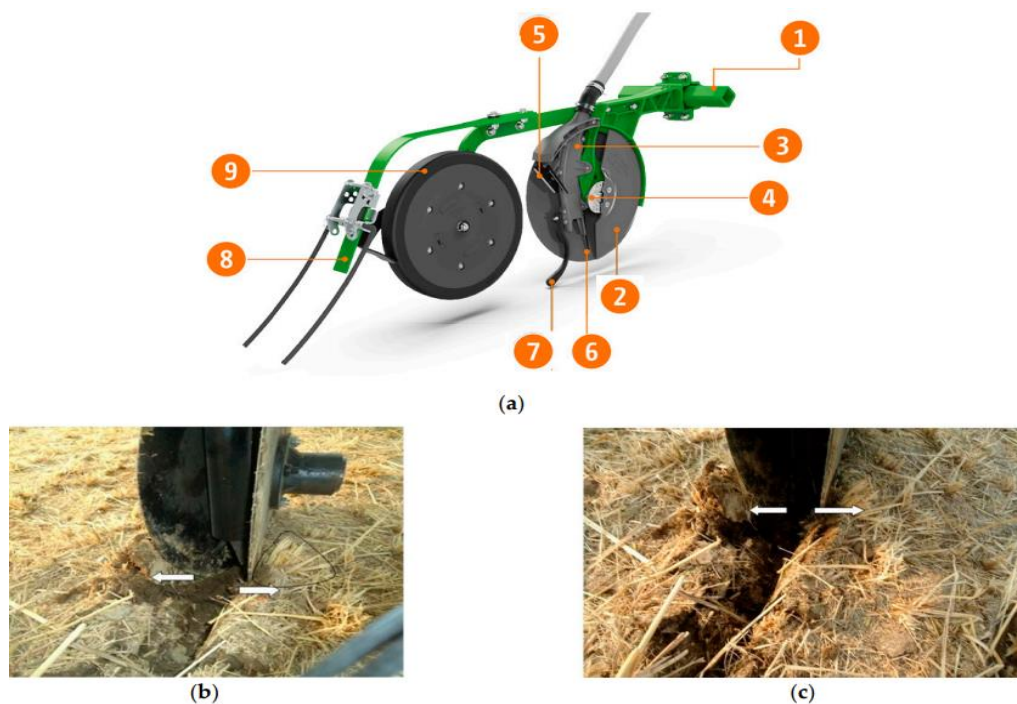


Рис.1.1. Схематичне зображення висівної секції з дводисковим сошником подано на рисунку: у частині (а) показано загальний вигляд секції, а в частинах (b) і (c) – конфігурацію розходження дисків. На схемі позначено такі елементи: 1 – рама сівалки; 2 – дводисковий сошник; 3 і 6 – знімні напрямні канали для подавання насіння; 4 – герметизовані підшипники; 5 –

скребок для очищення насінневого потоку; 7 – насіннеприймальний елемент; 8 – борона, що працює позаду сошника; 9 – колесо для ущільнення ґрунту після заробки насіння.

У процесі руху сівалки дводисковий сошник взаємодіє з поверхневим шаром ґрунту таким чином, що його диски розсікають структуру ґрунту та подрібнюють або відводять убік пожнивні рештки. У результаті формується рівномірна посівна борозна, яка залежно від конструкції та кута розкриття дисків може мати V-подібну або більш вузьку конфігурацію. Через насіннепровід посівний матеріал спрямовується безпосередньо на дно борозни, забезпечуючи точне положення зернини у ґрунті. Після внесення насіння прикочувальне колесо проходить над борозною, закриваючи її і створюючи необхідне ущільнення ґрунту навколо насіння. Це сприяє кращому контакту насінини з вологим ґрунтом, підвищує рівномірність проростання та забезпечує більш дружні сходи.

Анкерний сошник WS чудово підходить для традиційного висіву або роботи за умов невеликої кількості пожнивних решток, наприклад після ріпаку чи цукрових буряків. Носок сошника, виготовлений із загартованого чавуну, вирізняється надзвичайно тривалим терміном служби. Для господарств, що працюють на абразивних ґрунтах, передбачена можливість швидкої заміни носка сошника — достатньо лише послабити один болт.



Рис.1.2. Анкерний сошник WS AMAZONE

1- стійка сошника, 2 – носок сошника з загартованого чугуна.

Трирядне розташування та велика відстань між рядами запобігають забиванню в зоні сошників. Спеціальна воронка в сошнику забезпечує подачу посівного матеріалу безпосередньо до самого кінчика носка сошника. Стійка сошника перешкоджає його забиванню під час заглиблення машини. Залежно від моделі машини міжряддя становить від 12,0 см до 16,6 см.

Односторонні сошники з вертикально встановленим диском (рис. 1.3) працюють за принципом, подібним до дискової борони. Завдяки використанню лише одного диска, який створює мінімальну опорну площу, робочий орган легше проникає в ґрунт і впевненіше утримує задану глибину. Така конструкція ефективно розрізає рослинні рештки та формує чітку борозну, придатну для точного укладання насіння.

Під час руху агрегату диск повертається під кутом приблизно 3–7° до траєкторії руху. Це забезпечує не лише розсікання пожнивних залишків, а й їх

часткове відведення разом з верхнім ґрунтовим шаром убік. У результаті зона висіву очищується, борозна набуває стабільної форми, а насіння розташовується рівномірно та на однаковій глибині.



Рис.1.3. Однодискові сошники з вертикально встановленим диском

Для підвищення ефективності розрізання поверхневого шару ґрунту окремі виробники сівалок застосовують диски з зубчастою або опуклою формою. Опуклі диски мають низку переваг: вони потребують менше простору для роботи, менше відкидають ґрунтову масу вбік і дають можливість здійснювати висів у рядки з меншою шириною міжрядь.

Сучасні тенденції у розвитку однодискових сошників спрямовані на збільшення діаметра дисків. Завдяки цьому вони стають більш стійкими до зношування, працюють плавніше та дають можливість виконувати сівбу на підвищених швидкостях — до 20 км/год.

Через асиметричний принцип роботи однодисковий сошник постійно зазнає бокового навантаження. З часом це може спричинити деформації або зношування елементів навіски, хоча самі диски майже не потребують

обслуговування й служать досить довго. У результаті ряди можуть зміщуватися одне до одного, що викликає небажаний ефект подвійного висіву.

До основних переваг однодискових сошників належать висока ефективність роботи по мульчованому фоні, мінімальні вимоги до технічного догляду та відносно проста конструкція. Водночас їхніми недоліками є знижена довговічність навісних елементів і нестабільність глибини укладання насіння.

Секції, оснащені такими сошниками, можуть успішно застосовуватися для різних способів висіву зернових та трав'яних культур. За умови забезпечення достатнього притискного зусилля вони також підходять для технології прямої сівби.

Анкерний сошник TURBO SHANK (рис. 1.4.) із шириною смуги висіву 15 мм розроблений для використання в сівалках прямого посіву, а також у системах обробітку mini-till та no-till. У його конструкції передбачено розрізний диск, який ефективно прорізає пожнивні рештки та кореневу систему рослин у верхньому шарі ґрунту. На тій самій маточині, що й диск, розміщені спеціальні реборди, які виконують відразу кілька завдань: забезпечують копіювання мікронерівностей поля, притискають пожнивні залишки та частково ущільнюють поверхню ґрунту. Завдяки цьому анкер формує рівну й акуратну борозну з мінімальним розпушенням ґрунтового шару.

Нарізна частина анкера виконана з високоякісного міцного сплаву, що відзначається підвищеною зносостійкістю. За анкером розташовується пластиковий ущільнювач для насіння та добрив, який щільно прижимає зерно до дна борозни, забезпечуючи надійний контакт із вологим ґрунтом.



Рис. 1.4. Анкерний сошник TURBO SHANK

Завершує конструкцію закривне колесо, що працює за принципом Chicken-Tracker.

Переваги закривного колеса Chicken-Tracker:

- формує грядки та розпушує ґрунт;
- сприяє змішуванню ґрунту з органічними рештками при застосуванні технології no-till;
- забезпечує рівномірне внесення насіння;
- гарантує однорідну глибину висіву;
- запобігає надмірному ущільненню посадкового ложа;
- відзначається надійністю конструкції;
- тиск розподіляється на три точки протектора, що запобігає налипанню ґрунту та насіння на колесо та зміцнює ґрунт навколо насіння;
- спеціально розроблено для роботи на складних ґрунтах, включаючи вологі, тверді та багаті органічними залишками.

Отже, розвиток луківництва в Україні в сучасних умовах повинен базуватися на застосуванні доступних і маловитратних технологій з врахуванням регіону, типу природних кормових угідь [3-5, 9].

1.2. Аналіз існуючих технологій поліпшення сіножатей і пасовищ

Значним резервом збільшення виробництва повноцінних і дешевих кормів є підвищення продуктивності природних кормових угідь. Для цього необхідно застосовувати нові технології і засоби механізації для їх впровадження. Відновлення старосіяних вироджених сіножатей і пасовищ можна проводити як шляхом корінного так і поверхневого поліпшення [1, 2, 4, 5].

В наукових працях П. М. Василенка, Л. В. Погорілого, Д. Д. Прокопенка, Г. С. Кияка, І. І. Бахтіна, Я. С. Петлаха, І. В. Трінченка, Я. С. Гукова, В. М. Сиротюка, І. І. Ріпки, Н. Куксіна викладено основи по підготовці ґрунту при перезалуженні пасовищ і сіножатей, а також проведений аналіз технологій поліпшення пасовищ і викладено їх переваги і недоліки [1, 4, 5].

Поверхнєве поліпшення на луках з природним травостоєм, в якому є до 25...35 і більше відсотків цінних в кормовому відношенні трав [4, 9] дає більш високий економічний ефект. На луках з виродженим травостоєм більш ефективним засобом підвищення продуктивності є корінне поліпшення, яке включає знищення старої дернини та висів травосуміші пасовищних трав.

Такий спосіб перезалуження може проводитись, як після попереднього вирощування однолітніх кормових культур, так і безпосередньо після знищення дернини.

Аналізуючи роботи Я. С. Петлаха, І. В. Трінченка, М. Ф. Щербакова, можна зробити висновок що в зв'язку із значною ерозією ґрунту при створенні сіяних лук перевагу необхідно надавати прискореному залуженню [11].

Прискорене залуження малопродуктивних угідь є дуже важливим заходом, який дозволяє в короткі строки різко покращити кормову базу в господарстві. Суть його в тому, що багаторічні трави висіваються безпосередньо по скибі однорічних культур без попереднього обробітку на

протязі двох-трьох років. Цей спосіб перезалуження, як метод перетворення малопродуктивних угідь в культурні луки, необхідно широко використовувати, особливо коли господарство відчуває гостру потребу пасовищних, або трав'яних кормах для зимового утримання худоби. При перезалуженні з'являється можливість скорочення трудових і матеріальних затрат, здешевлення технології на відміну від технології докорінного поліпшення. Тому прискорене перезалуження – один з вагомих резервів швидкого збільшення виробництва кормів на луках [12].

Що стосується технології недоліками докорінного поліпшення є:

– сумарні питомі енерговитрати в 2...3 рази вищі ніж у прискореному перезалуженні;

– необхідність у застосовуванні гербіцидів;

– неможливість застосування таких технологій на луках, ґрунти яких підда

ються вітровій або водній ерозіям та перезволожених луках [2, 5, 10, 13];

– строк окупності витрат на поліпшення складає до 2-3 роки;

– трудомісткість у 3-5 раз вища ніж при прискореному перезалуженні пасовищ [1, 4, 7, 14];

– неможливість використання луки під пасовище безпосередньо після поліпшення [15].

Якщо класифікувати технології перезалуження за інтенсивністю дії робочих органів на дернину то всі технології можна поділити на 4 групи:

– технології з обертанням скиби;

– технології без обертання скиби;

– технології з мінімальним обробітком;

– технології прямого підсіву трав.

До першої групи відносяться всі технології в яких підготовка дернини під сівбу здійснюється оборотними плугами, а в другій групі технології

застосовують знаряддя з активними робочими органами, для суцільного знищення дернини.

До групи технологій з мінімальним обробітком, як зазначив Ярошенко В., відносяться всі технологічні прийоми, при яких проводиться повне, або часткове знищення існуючого травостою та суцільний або частковий обробіток ґрунту (дернини) на глибину 80 мм [16]. Ці технології використовуються як при докорінному так і при поверхневому способі (Рис. 1.2). Такі технології в даний час широко застосовуються в Австралії, Великобританії, Німеччині, США, Канаді, Франції, Швейцарії, Голландії та інших країнах [4, 5, 11, 17].

В системі заходів по підвищенню продуктивності кормових угідь важливе місце займають роботи по догляду за поверхнею пасовищ.

Під час застосування технології поверхневого поліпшення луків природний травостій не знищують повністю, а, навпаки, сприяють його оновленню та покращенню за допомогою комплексу агротехнічних заходів. Такий підхід дозволяє зберегти екологічну рівновагу природних кормових угідь, водночас істотно підвищуючи їх продуктивність.

Практичний досвід і результати багаторічних досліджень свідчать, що навіть без суцільного переорювання ґрунту на великих площах природних луків можливо отримувати високі врожаї якісного сіна та зеленого корму. Це досягається завдяки впровадженню комплексу заходів поверхневого поліпшення, спрямованих на активізацію росту існуючих трав, відновлення їх складу та створення сприятливих умов для розвитку цінних кормових видів.

Зазвичай такі роботи проводять на сіножатях і пасовищах, де у травостої ще збереглися корисні види злакових і бобових трав, навіть якщо вони перебувають у пригніченому або ослабленому стані. У результаті застосування системи поверхневого поліпшення урожайність низькопродуктивних угідь може зрости у 3–5 разів порівняно з початковими

показниками, а корм стає більш поживним і збалансованим.

До складу комплексу таких заходів входять: розкидання та рівномірне розподілення органічних добрив для підживлення ґрунту, розрівнювання кротовин, поліпшення гідрологічного режиму, регулювання водного, повітряного та поживного балансів ґрунту, боротьба з бур'янами, підкошування залишків не стравленої рослинності, а також підсівання цінних видів трав [14, 18, 19].

Крім того, сучасний підхід до поверхневого поліпшення передбачає використання спеціалізованої техніки для аерації дернини, внесення органічних і мінеральних добрив, а також прямої сівби трав без руйнування ґрунтового покриву. Такі технології не лише зменшують витрати часу й ресурсів, а й сприяють довготривалому відновленню родючості луків, підвищенню біорізноманіття та забезпеченню стабільної кормової бази для розвитку тваринництва.

Одним з ефективних способів поверхневого покращення природних кормових угідь є підсів насіння трав в існуючий травостій.

Існують наступні способи підсіву трав:

- суцільний підсів насіння трав в необроблену дернину;
- суцільний підсів в дернину оброблену гербіцидами;
- суцільний підсів в розпушену дернину;
- підсів в попередньо оброблену смужку дернини.

При застосуванні технології докорінного поліпшення, передбачається висі вання насіння трав з міжряддям 100...150 мм і нормі висіву 25...35 кг/га. При поверхневому поліпшенні ширина міжрядь становить 200...400 мм, а норма висіву складає 0,25...0,50 повної норми [4, 5].

К. І. Сайчук і А. А. Зотов, стверджують що суцільний підсів трав в необроблену дернину переважно дає негативний результат, тому що сходи не витримують конкуренції існуючого травостою і гинуть [20].

Однією з основних передумов від яких залежить результативність технологій цієї групи, є зменшення конкурентної дії існуючого травостою. Як правило висіяні трави дають дружні сходи та добре укорінюються, якщо сівба здійснюється в зрідженій травостій. Зрідження травостою проводиться, як механічним способом, так і за допомогою гербіцидів. Механічне зрідження може проводитися шляхом фрезерування, дискування, боронування та іншими способами [21].

Підсів трав в дернину попередньо оброблену гербіцидами, хоча і дає позитивний результат, але не знайшов широкого практичного застосування.

В працях Н. Ф. Щербакова, Н. Куксіна, А. А. Зотова, Н. Крилової доведено, що ефективним способом суцільного підсіву є сівба в дернину, попередньо розпу шену 3...4 кратним дискуванням або двохкратним фрезеруванням [5, 9, 15] з наступним боронуванням і коткуванням. При такому способі підсіву урожайність збільшується на 30...150% [14]. Проте ця технологія, як було сказано раніше, має ряд суттєвих недоліків.

В. М. Сиротюк, Л. І. Любчик, І. І. Ріпка, В. К. Малієв, В. Н. Рібаков, В. А. Філоненко, М. С. Хоменко, В. О. Зирянов, В. А. Насонов доводять [22], що смуговий підсів в порівнянні з вище перерахованими способами має ряд переваг:

- низька енерго-, трудо- і матеріалоємність процесу;
- можливість підсіву трав на пасовищі, яке використовується;
- можливість застосування на луках, що розташовані на схилах, та з високою вологістю.

Такий спосіб підсіву знаходить широке застосування як в нашій країні так і за кордоном [20]. Суть його полягає в тому, що насіння трав висівається в попередньо підготовлені смуги, які розміщені з певним інтервалом. Обробка дернини смугами зменшує конкуренцію аборигенної рослинності і цим самим створює сприятливі умови для сходів і росту підсіяних трав. За даними С. Л.

Мухамедова ширина оброблюваної смуги залежить від ґрунтово-кліматичних умов, типу і стану лук, ботанічного складу існуючого травостою і виду підсіяних трав. Вона коливається від 12,5 до 200 мм [4].

Отже, проаналізувавши існуючі технології що використовуються для поліпшення лук можна зробити наступні висновки:

– застосування традиційних технологій перезалуження, в яких передбачається повне знищення існуючого травостою є економічно не вигідним [17]. Цей спосіб потребує на 40% більше енергетичних затрат і у три рази більше затрат праці.

Також ця технологія унеможлиблює використання лук під пасовище безпосередньо після поліпшення;

– найбільш перспективними є технологія прискореного перезалуження і поверхневого поліпшення, яка при незначних капіталовкладеннях дозволяє підвищити продуктивність пасовищ у 3-5 раз і отримати дешеві і якісні корми.

1.3. Обґрунтування доцільності прямого підсіву трав в дернину

Теоретичне обґрунтування прийому прямого підсіву трав було розроблено ще в 40...50 роках ХХ століття визначними радянськими геоботаніками-луківниками Л.Г. Раменським і Т. А. Работновим [7]. В зв'язку з відсутністю спеціальних сівалок для підсіву трав в дернину луки, цей прийом у вітчизняному луківництві виконувався раніше технічними засобами загального призначення (зернові сівалки з дисковими сошниками, підсів методом розкидання і т. д.).

Одним із пріоритетних напрямів сучасного луківництва є створення технологій, що потребують мінімальної кількості технологічних операцій або дають змогу поєднувати кілька з них під час одного проходу машинно-

тракторного агрегату. Такий підхід забезпечує суттєве скорочення витрат пального, зменшення зносу техніки, підвищення продуктивності праці та загальну економію ресурсів [3–5].

Серед сучасних енергоощадних технологій особливу увагу привертає пряма сівба трав, яка активно використовується в Австралії, Болгарії, Великій Британії, США та низці інших країн [5, 23]. Сутність цієї технології полягає у висіві насіння без попереднього механічного обробітку дернини — сівалка формує вузькі смуги, у яких створюються сприятливі умови для проростання насіння, при цьому природна дернина зберігається.

У багатьох країнах світу, зокрема у Франції, Німеччині, Австралії та Україні, ведуться активні роботи з удосконалення конструкцій комбінованих агрегатів для прискореного залуження і поверхневого поліпшення пасовищ [23]. В Україні, наприклад, заводом «Червона Зірка» випущено низку машин для прямої сівби, таких як АПЛ-1,5, АЛС-2,5, стерньові сівалки СЗПП-4, СЗС-2,1 і СЗС-6. За кордоном відомими є універсальні агрегати типу Seedavator (Австралія), а також сівалки провідних фірм Nassia, Amazone, Vaderstad, Horsch.

Усі ці машини поєднують кілька операцій у межах одного проходу — вони розробляють дернину, проводять прикочування, вносять добрива та висівають травосуміш. Як робочі органи для розпушування дернини переважно використовуються фрези, що забезпечують якісну підготовку вузьких смуг ґрунту без повного руйнування травостою. У вітчизняних моделях сівалок типу СЗС-2,1 і СЗС-6 застосовуються стрілчасті лапи з потужними трубчастими сошниками та батареї клиноподібних котків, розташованих за сошниками, що дозволяє формувати оптимальне посівне ложе і забезпечує надійне загортання насіння.

Завдяки таким технічним рішенням технологія прямої сівби трав стає перспективним напрямом розвитку лукувництва, оскільки поєднує

енергоефективність, екологічну безпеку й високу агротехнічну якість обробітку. Вона сприяє швидкому відновленню продуктивності пасовищ і луків без радикального втручання в ґрунтовий покрив, що є надзвичайно важливим для збереження родючості земель і стабільності природних екосистем.

Сівалки для прямої сівби, залежно від того, як вони впливають на ґрунт, поділяють на два основні типи: з пасивними та з активними робочими органами. До пасивних відносять машини, що використовують дискові або наральникові сошники. Активними вважаються агрегати, у яких встановлені фрезерні елементи, що інтенсивно розпушують дернину та формують борозни для висіву. Серед пасивних робочих органів найпоширенішою є конструкція тридискового сошника, до складу якої входять передній дисковий ніж (1) та два диски сошника (2). Поверхня дискового ножа може бути гладкою або гофрованою, що визначає якість розрізання дернини й рослинних решток. Подекуди замість дискового ножа встановлюють чизельний робочий елемент, який ефективніше працює на твердих або пересушених ґрунтах. [1, 4, 5, 10, 13, 22].

Для забезпечення стабільного притискання дискового ножа та сошника до поверхні ґрунту вони обладнуються окремими пружинними механізмами (3 і 4), що дозволяє підтримувати необхідну глибину різання навіть за нерівного рельєфу. Принцип роботи тридискового сошника полягає в тому, що передній диск розрізає дернину та рештки рослин, після чого дводисковий сошник утворює борозну потрібної ширини. У сформовану канавку подається насіння, яке потім загортається завдяки природному обсіпанню ґрунту, що забезпечує рівномірну глибину його загорання та добрий контакт із ґрунтовим середовищем.

Для стабільної роботи сошникової системи необхідна заглиблювальна сила не менше 2 кН на кожен сошник. Через це сівалки з пасивними робочими

органами зазвичай мають значну масу, що підвищує тяговий опір, але забезпечує якісне прорізання дернини. З метою досягнення необхідного тиску на сошникову групу такі машини часто оснащуються контейнерами для баласту, що дозволяє регулювати навантаження залежно від типу ґрунту та умов сівби [23].

Отже, конструкції з пасивними робочими органами характеризуються простотою, надійністю й низькою енергоємністю, проте вимагають збільшення маси агрегату для забезпечення потрібного заглиблення. Натомість активні системи, до яких належать фрезерні сівалки, дають змогу краще підготувати смугу ґрунту під насіння, але потребують більших енергетичних витрат.

Гофровані диски характеризуються активнішою взаємодією з ґрунтовим шаром, забезпечують краще самоочищення під час роботи та придатні для використання на полях із великою кількістю рослинних решток. Завдяки такій конструкції вони ефективніше розрізають дернину та сприяють стабільному формуванню борозен навіть у складних умовах. Тридискові сошники цього типу застосовуються в сучасних моделях сівалок, таких як *SD-300* (Франція), *Massey Ferguson MF 130*, *Bettinson DD2* (Англія), *20 Sex BL-150* (Чехія) та інших зарубіжних машинах.

Попри свої переваги, тридискові сошники мають низку недоліків, які обмежують ефективність їх застосування: – утворення надто вузької борозни (до 18 мм), що не забезпечує оптимальних умов для проростання насіння, оскільки для нормального розвитку рослин ширина посівної канавки має становити щонайменше 30–40 мм; – недостатнє загортання насіння та слабкий контакт із ґрунтом через потрапляння у борозну стерні та рослинних решток, які захоплюються дисками. Це знижує схожість насіння й негативно впливає на врожайність.

Альтернативою тридисковим є однодискові сошники, які можуть бути оснащені сферичним або плоским диском. Наприклад, у сівалці *Taskers* (Англія) використовується сферичний диск діаметром 457 мм, встановлений на повідку під певним кутом до напрямку руху. Така компоновка дає змогу зменшити тягове зусилля та покращити якість різання скиби.

До диска щільно прилягає підпружинений полозок, який утримує рослинні рештки в момент їх перерізання, запобігаючи їхньому намотуванню. До повідка приєднана п'ята з стовбою, у яку через зазор подаються насіння та добрива через відповідні насінне- і тукопроводи. Позаду встановлені пружинні загортачі, що сприяють рівномірному закриттю борозни після висіву. Для забезпечення стабільності роботи сферичного диска повідок додатково обладнано притисочною пружиною, яка компенсує нерівномірність навантаження.

Проте така конструкція має й свої недоліки. Однодисковий сферичний сошник під час роботи часто виносить частину ґрунту на поверхню пасовища, а також затягує у борозну рослинні залишки, що погіршує контакт насіння з ґрунтом. Крім того, при входженні диска під кутом у ґрунт виникають бокові сили, які можуть відхиляти рядок від прямолінійності, тому конструкція повідків повинна мати підвищену жорсткість і міцність.

Одним із вдалих прикладів удосконаленої конструкції є однодисковий сошник сівалки фірми *Moore* (Північна Ірландія). Його робочий орган складається з повідка, на якому в шаховому порядку встановлені два плоских диски під невеликим кутом до напрямку руху. До кожного диска прилягає клиноподібний сошник із підведеним насіннепроводом, а за ними розташовані спарені котки, які ущільнюють ґрунт після висіву. Для незалежного регулювання навантаження передбачені натискні пружини як на сошники, так і на котки. Така система дає змогу одночасно формувати два рівномірні рядки з міжряддям 125 мм [1, 5, 10, 20, 23].

Таким чином, розвиток конструкцій сошників спрямований на покращення умов висіву в ґрунт із залишками рослинності, забезпечення рівномірного розподілу насіння та підвищення польової схожості без необхідності глибокої обробки ґрунту.

Робочі органи такого типу мають низку обмежень, головним із яких є недостатнє загортання насіння, особливо на поверхнях із великою кількістю рослинних решток. У таких умовах загортачі працюють неефективно, оскільки залишки стерні перешкоджають рівномірному розподілу та прикриттю насіння вологою землею. Крім того, для забезпечення необхідного заглиблення сошників у ґрунт потрібне значне тягове зусилля, що призводить до збільшення маси сівалки, підвищення металомісткості конструкції, а отже - до зростання тягового опору й підвищеної витрати пального під час роботи.

Анкерні сошники для технології прямої сівби застосовують, зокрема, у сівалках Vamlett CD (Велика Британія) та СЗС-2,1 (Україна). Їхня будова включає вузьку, нахилену вперед лапу (2) з твердосплавним наконечником (1) із карбїду вольфраму, що підвищує стійкість до зношування. За лапою розміщені тукопровід і насіннепровід, а повідок (5) сошника оснащений пружиною (6), яка забезпечує примусове заглиблення робочого органа в ґрунт. Водночас подібне виконання має суттєві недоліки: воно не забезпечує якісного різання рослинних решток і не гарантує повного покриття насіння вологою землею, що може призводити до нерівномірних сходів і зниження врожайності.

До другої групи відносяться сівалки з активними робочими органами, які отримують привід від вала відбору потужності трактора (ВВП). Активні робочі органи дозволяють одночасно розпушувати ґрунт, розрізати дернину й висівати насіння за один прохід. Типовим прикладом є сівалка “Power-Till-1550” компанії *John Deere (США)*, призначена для висіву зернових культур,

злакових та бобових трав із міжряддям 200 мм без попереднього обробітку ґрунту - безпосередньо по стерні або дернині.

Конструкція цієї сівалки включає активний зубчастий диск, який приводиться в обертання через ланцюгову передачу від вала відбору потужності трактора. За диском шарнірно закріплено сошник із натискною пружиною, а позаду нього встановлено коток для ущільнення посівного шару. Повідок сошника також навантажується пружиною, що стабілізує роботу агрегату на нерівній поверхні.

Під час руху з увімкненим приводом обертання передається на зубчастий диск, який розрізає вузьку щілину в дернині, готуючи мікрозону для висіву. Насіння надходить через насіннепровід до сошника, потрапляє на дно розпушеної смуги і відразу загортається котками, що забезпечує хороший контакт із ґрунтом і збереження вологи.

Таким чином, сівалки з активними робочими органами мають перевагу над пасивними — вони поєднують операції розпушування, висіву та ущільнення в одному технологічному циклі. Це дозволяє зменшити кількість проходів по полю, знизити витрати пального і забезпечити вищу рівномірність сходів, особливо при роботі на пасовищах і луках, де поверхневий шар містить велику кількість органічних решток [23].

Прорізана щілина шириною 12,5 мм при міжрядді 200 мм робочим органом сівалки "Power-Till- 1550" займає всього одну шістнадцяту частину поверхні поля, а решта залишається недоторканою. Це захищає ґрунт від ерозії і не порушує процесу природного відновлення родючості, який проходить в ньому. До недоліків робочого органу необхідно віднести утворення обробленої смуги з рваними і нерівними дном і стінками, в яких залишається рослинні залишки, що перешкоджають доброму контакту насіння з ґрунтом і порушують його капілярну систему [1, 16, 21].

На базі фрези з горизонтальною віссю обертання деякі фірми створили сівалки для прямої сівби, як наприклад "Rotakaster E-80" (Англія), яка може використовуватися в трьох варіантах сівби: розкидному, рядковому та смуговому. На горизонтальному валу 1 фрезерного барабану закріплені Г-подібні ножі, які закриті кожухом. Над фрезою встановлений бункер.

За допомогою підсіву в існуючий травостій завдяки великій продуктивності процесу, порівнюючи з іншими способами, є можливість кожен рік значно збільшувати площі поліпшених лук.

Застосування поліпшення пасовищ при допомозі сівалок прямої сівби можливе, як для природних, так і для культурних кормових угідь.

Отже, пряма сівба або підсів трав в існуючий травостій має наступні переваги: дозволяє в 2,5...3,0 рази знизити затрати праці на 30-40% зменшити витрати пального; забезпечує можливість поліпшення лук з наявністю значної кількості купин; забезпечує можливість поліпшення лук, розміщених на ґрунтах з малим гумусовим шаром; забезпечує в багатьох випадках, можливість використовувати поліпшені луки під пасовища в рік проведення робіт; дозволяє на відносно довгий період забезпечити високу продуктивність поліпшених лук. Перевагою прямої сівби трав є також зменшення затрат на мінеральні добрива, ціни на які зростають в усіх країнах з кожним роком. Витрата насіння зменшується на 22-50%, ніж при корінному поліпшенні сінокосів і пасовищ [16].

Численні дослідження, проведені на різних типах ґрунтів, свідчать про те, що при застосуванні прямої сівби особливого значення необхідно надавати операціям, які пов'язані з попередньою підготовкою луки до поліпшення. Це такі операції, як низьке випасання, або скошування травостою, доведення кислотності ґрунту до нейтральної, боротьба з бур'янами та підвищення родючості ґрунту за рахунок поверхневого внесення добрив. Однією з основних передумов, від яких залежить результативність технологій з прямою

сівбою трав в дернину є зменшення конкурентної дії існуючого травостою. На пасовищах з більш родючим ґрунтом в травостой яких є не менше 25% цінних видів трав доцільно проводити покращення методом прямої сівби [24].

Досвід багатьох країн [3] свідчить, що пряме перезалуження деградованих сіножатей і пасовищ є одним із найефективніших способів відновлення їх продуктивності та отримання дешевих, екологічно чистих і поживних кормів. Такий підхід дозволяє не лише скоротити витрати на підготовку ґрунту, а й мінімізувати порушення дернини, що є важливим для збереження структури ґрунту й попередження ерозійних процесів.

Аналіз вітчизняного та зарубіжного досвіду показує, що підсів трав без руйнування дернини є більш раціональним і ефективним методом, ніж традиційні способи покращення луків, які потребують значного механічного обробітку. Такий спосіб забезпечує швидше відновлення травостою, підвищує щільність дернини, покращує якість і врожайність кормових трав, а також зменшує енергетичні витрати господарств.

Для реалізації цього методу необхідно використовувати спеціалізовані сівалки, здатні за один прохід агрегату виконувати комплекс операцій — смуговий обробіток дернини, висів насіння трав і його прикочування. Це дозволяє поєднати технологічну ефективність із мінімальним впливом на природний ґрунтово-рослинний покрив.

Таким чином, пряма сівба насіння трав у дернину є перспективним напрямом інтенсифікації луківництва та одним із найрезультативніших методів підвищення врожайності деградованих кормових угідь [12]. Застосування такої технології сприяє раціональному використанню земельних ресурсів, зменшенню витрат на паливо та обробіток, а також забезпечує стале відновлення кормової бази для тваринництва.

1.4. Постановка питання, мета і задачі досліджень

В результаті аналізу існуючих технологій поліпшення природних кормових угідь та засобів механізації завдяки яким можна їх застосовувати встановлено, що доцільно застосовувати пряму сівбу насіння трав [17, 23] в дернину. Такий спосіб лук поліпшення дозволяє знизити:

- енергетичні затрати до 91,4%;
- експлуатаційні затрати до 79,7%;
- капіталовкладення до 79,3%;
- затрати праці до 76,7%.

Попри перспективність технологій прямої сівби з мінімальним обробітком ґрунту, вони мають ряд недоліків, які не дозволяють у повній мірі дотриматися агротехнічних вимог щодо якісного поліпшення пасовищ [5, 17, 23]. Основна проблема полягає в тому, що існуючі технічні засоби не завжди забезпечують належне розпушення дернини та формування оптимальних умов для проростання насіння трав.

Концепція прямого прискореного перезалуження пасовищ базується на висіві насіння у спеціально оброблену смугу ґрунту в межах дернини. При цьому смуга має відповідати всім агротехнічним параметрам, необхідним для нормального росту й розвитку кормових трав — мати достатню глибину, структуру і вологість, а також забезпечувати належний контакт насіння з ґрунтом.

Однак наявні вітчизняні та зарубіжні сівалки, призначені для прямої сівби у дернину, не завжди гарантують стабільну якість підготовки смуги. Це зумовлює нерівномірне проростання насіння, низьку схожість і, як наслідок, зниження ефективності прямої сівби. Відтак, досягнення високої якості обробітку дернини можливе лише за умови використання удосконалених

робочих органів, здатних забезпечити стабільну роботу в різних ґрунтово-кліматичних умовах.

Метою даної роботи Підвищення ефективності використання природних кормових угідь досягається шляхом упровадження технології прямої сівби трав. Головним напрямом реалізації цієї мети є розробка нового, енергоефективного типу робочого органу, здатного забезпечити високоякісну підготовку дернини до висіву насіння з урахуванням усіх агротехнічних вимог, одночасно скорочуючи витрати енергії та матеріальних ресурсів.

Таким чином, розробка ефективного, малоенергоємного робочого органу для прямої сівби трав є ключовим кроком у підвищенні врожайності та відновленні продуктивності природних пасовищ, що має важливе значення для розвитку вітчизняного тваринництва та сталого землекористування.

На основі аналізу існуючих технологій поліпшення природних кормових угідь та засобів механізації для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні основні задачі:

- опрацювати підходи для експериментального та теоретичного вивчення взаємодії робочого органа з дерниною;
- визначити та обґрунтувати оптимальний тип робочого органу для обробітку смуги дернини під посів трав'яних культур;
- розробити конструкцію робочого органу, який забезпечить підготовку смуги дернини під сівбу відповідно до агротехнічних вимог;
- експериментально підтвердити теоретичні залежності;
- обґрунтувати параметри і методику експериментальних досліджень з метою підтвердження достовірності отриманих аналітичних залежностей та відповідності оптимізованих параметрів робочого органу, щодо агротехнічних вимог;
- визначити економічну вигоду від упровадження технології поверхневого покращення луків шляхом прямої сівби.

Висновок розділу

Для ефективного розвитку тваринництва в Україні важливо підвищувати урожайність природних кормових угідь за рахунок впровадження сучасних технологій. Це дозволить у короткий термін і з мінімальними витратами енергії та праці створювати високопродуктивні пасовища. Одним із перспективних рішень є технологія прямої смугової сівби трав у наявній травостій. Застосування методу прямого перезалуження на деградованих луках потребує використання спеціальних механізованих засобів, які здатні за один прохід виконати смугове розпушування дернини, висів насіння та його прикочування, забезпечуючи при цьому дотримання агротехнічних вимог до якості обробітку. Основним завданням при реалізації цієї технології є створення енергоощадного робочого органу, що гарантуватиме необхідні агротехнічні показники.

2. ТЕОРЕТИЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ РОБОЧОГО ОРГАНУ ДЛЯ ПРЯМОЇ СІВБИ В ДЕРНИНУ

2.1. Обґрунтування параметрів робочого органу

Технологічний процес підрізання дернини стрілкоподібною лапою з опорною поверхнею полягає в тому, що дисковий ніж розташований спереду лапи попередньо розрізає дернину у вертикальній площині. Далі дернина підрізається з низу стрілкою і надходить на конічний відвал, який піднімає і згинає розрізані частини скиби, розводячи їх в сторони, в результаті чого утворюється широка щілина для проходження стовби робочого органу, розташованої в зоні максимального розкриття щілини. В результаті підйому скиби леза стрілки підрізають вже натягнуті нижні шари ґрунту не відчуваючи при цьому вертикального навантаження, яке бере на себе конічний відвал. Таким чином, згинання замінено згином скиби, на що необхідно значно менше енергії. Слід зазначити також, що при згинанні скиби його нижній шар зазнає розтягу і це спричиняє кришіння ґрунту і винесення його в щілину, куди в подальшому проводиться висів насіння. Проте, цей робочий орган має і ряд недоліків [5]:

- в результаті значної концентрації напружень з передку клина на луках з слабким і нещільним дерновим покриттям відбувається зрив і зсув дернини, а також сильне спрацювання носка стрілкоподібної лапи;
- великий тяговий опір [13, 17];
- щілина, яка утворена таким робочим органом може бути замонолічена тільки при дуже великому тиску прикочувального котка на ґрунт;
- обволікання стовби робочого органу рослинними рештками, особливо коріннями пирію.

При застосуванні тарілчастого робочого органу використовувався дисковий ніж для розрізання дернини у вертикальній площині. Самий робочий орган складається з стовби і тарілки з опуклою поверхнею зверху у вигляді гіперболоїда обертання. Стовба кріпиться жорстко, а тарілка вільно обертається на хвостовику нижньої частини стовби. Технологія утворення смуги розпушеного ґрунту в дернині полягає в наступному. Ніж розрізає дернину у вертикальній площині перед робочим органом. Кільцевий ніж робочого органу підрізає скибу знизу, опорна поверхня трохи піднімає краї скиби і частково руйнує його нижню частину, стовба розпушує нижні краї скиби і виносить розпушений ґрунт у вертикальний розріз утворюючи смугу розпушеного ґрунту без вивертання дернини. В смугу ґрунту висівається насіння, а під скибу при потребі добрива після чого ущільнюється котком.

Тарілкоподібний робочий орган має ряд переваг перед стрілкоподібним, це:

- мала енергоємність;
- спрацювання робочого органу здійснюється рівномірно по периферії [2].

Проте, недоліком робочого органу з гладким лезом, є те що він підрізаючи дернину обволікається рослинними рештками в зоні різання без ковзання (спереду) і обертається лише епізодично, коли випадкова різниця опору ґрунту зліва і справа достатня для прокручування. Аналізуючи результати досліджень можна зробити висновок, що тарілчастий робочий орган забезпечує технологічні та агротехнічні вимоги до підготовки смуги дернини під сівбу. В цього робочого органу забивання корінням і рослинними рештками спостерігалось в основному на лезі в зоні різання без ковзання. Самоочищення тарілчастого робочого органу проходить випадково, внаслідок несиметричного обволікання леза виникає обертальний момент і тарілка

повертається в ту чи іншу сторону, скидаючи рослинні рештки з передньої частини леза. Проте цей процес має випадковий характер [2, 21].

Обволікання робочого органу призводить до збільшення тягового опору. Тому з метою усунення цих недоліків було розроблено принципово новий реактивний робочий орган з кільцевим ножом, що має по периферії фрезоподібні асиметричні зуби, загострені зверху, але не по всьому контуру зуба [19].

Як показали дослідження [13] у такого робочого органу спостерігалось найменше обволікання рослинними рештками. Це пояснюється тим, що даний робочий орган постійно обертається і не перерізані рослинні рештки систематично скидаються при повороті на 15...200. Отже, фрезоподібний (реактивний) робочий орган є найбільш ефективний з позиції агротехнічних та технологічних вимог. Схема взаємодії робочого органу з ґрунтом наступна. Зубчастий ніж підрізає і частково зминає знизу шар дернини, попередньо розрізаного вертикально дисковим ножом, встановленим перед робочим органом. Підрізані частини скиби опорною поверхнею відгинаються в горизонтальній і вертикальній площинах і між ними утворюється щілина, в якій пересувається стовба робочого органу. Завдяки асиметричності зубів ножа тарілка робочого органу постійно обертається, що сприяє самоочищенню ножа від не перерізаних рослинних решток та коріння а це в свою чергу зменшує тяговий опір та пошкодження дернини. Ще однією особливістю такого робочого органу є те, що внаслідок встановлення його під деяким кутом до горизонтальної поверхні кінці зубів більш активно розпушують нижню площину скиби, що поліпшує його аерацію і зменшує вплив аборигенної рослинності на підсіяний травостій [8, 23].

2.2 Теорія взаємодії робочого органу на ґрунті та дерниною

З метою оптимізації параметрів робочого органу розглянемо взаємодію фрезоподібного реактивного робочого органу [19] з дерниною.

До геометричних параметрів робочого органу відносяться (рис. 2.1 і 2.2): R – зовнішній радіус кільцевого ножа, мм; d – товщина ножа, мм; a – відстань від зовнішнього контуру ножа до опорної поверхні, мм; b – висота тарілки, мм; λ – кут загострення ножа, град; α – кут нахилу ножа, град; l – висота зуба ножа, мм; β – кут вирізу зуба, град. Основними параметрами також є кількість зубів ножа – m , поступальна швидкість – V , м/сек і глибина обробітку – h .

Обґрунтування параметрів робочого органу полягає у визначенні таких значень, за яких досягаються мінімальні енерговитрати за умови забезпечення технологічного процесу [4, 5, 7, 9]. Для цього необхідно встановити функціональний зв'язок між силами, що діють на робочий орган, його параметрами та фізико-механічними характеристиками задернілого ґрунту.

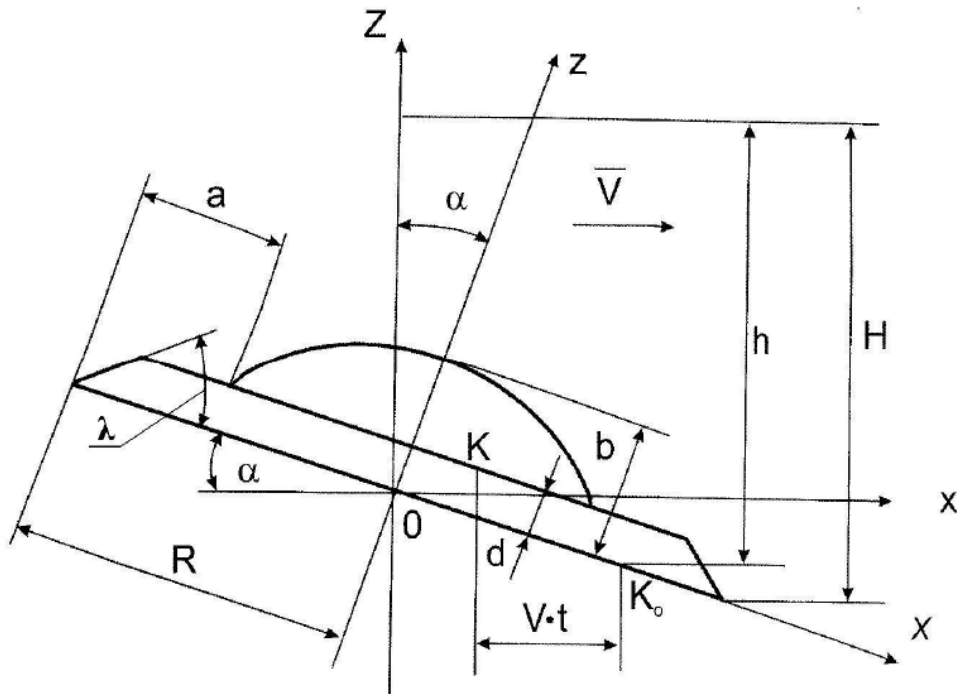


Рис. 2.1 Геометричні параметри тарілки робочого органу (вигляд збоку) [22].

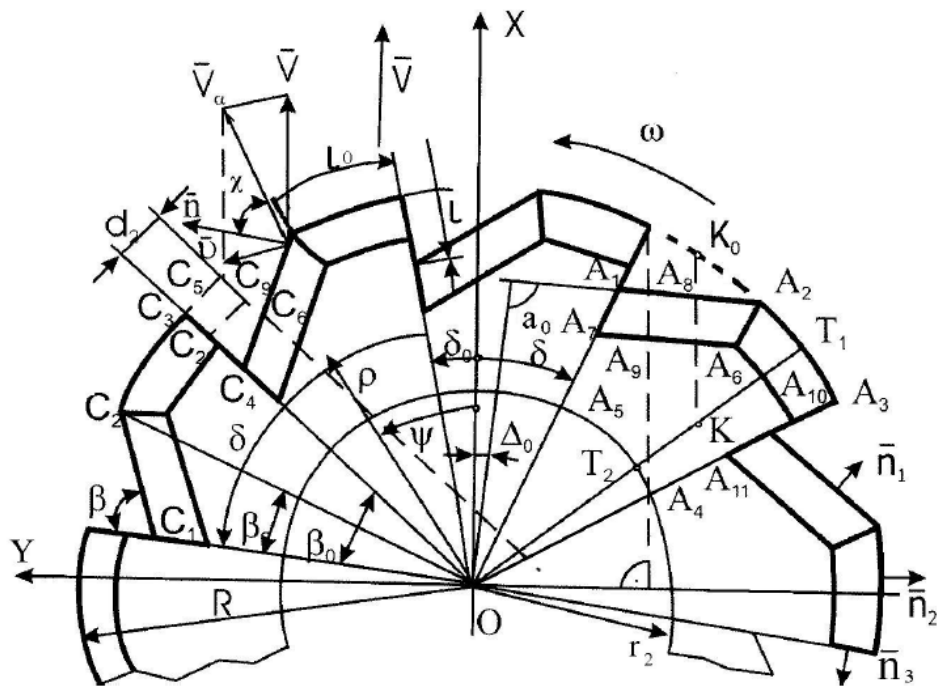


Рис. 2.2 Передня частина зубчастого ножа тарілки (вигляд в плані) [23].

Схема взаємодії робочого органу з дерниною є такою. Зубчастий ніж підрізає і частково зминає знизу скибу дернини, попередньо розрізаний вертикально ножом, встановленим перед робочим органом. Підрізані частини скиби опорною поверхнею відгинаються вбік та вгору, і між ними утворюється щілина, в якій пересувається стовба робочого органу. Завдяки асиметричності зубів ножа тарілка робочого органу постійно обертається, що сприяє самоочищенню ножа від неперерізаних рослинних решток та коріння [1, 3, 5, 23].

Сили прикладені до робочого органу розділимо на три групи:

- сили, що діють на опорній поверхні (опір згину, вага, сила інерції скиби та сила тертя);
- сили, що діють на зовнішньому контурі ножа (опір різання, опір зминання ґрунту та сила тертя на верхній поверхні ножа);
- сила, що діє на стовбу робочого органу (опір зминанню ґрунту).

Отже, відповідно до цього, на робочий орган діють такі сили: опір P на зовнішньому контурі зубчастого ножа (різання ґрунту загостреними і змінання ґрунту незагостреними кромками зубів); опір змінання ґрунту N і сила тертя F на верхній поверхні ножа; опір згину Q , сила інерції J і вага G скиби дернини, а також сила тертя $O F$ на опорній поверхні; опір змінання ґрунту $R_{зм}$ стовбою робочого органу.

Сумарний опір R_C і обертаючий момент M відносно осі тарілки робочого органу запишуться як:

$$\bar{R}_C = \bar{R}_O + \bar{R}_H + \bar{R}_{зм}, \quad (1)$$

$$M = M_O + M_N + M_F + M_P. \quad (2)$$

Сили опору, прикладені до стовби (R) і опорної поверхні ($Q, J, G, O F$), та відповідні моменти визначаються за методиками [13, 19, 22]. У випадку, якщо ширина щілини недостатня, то частина скиби зминається і розрушений ґрунт обсипається.

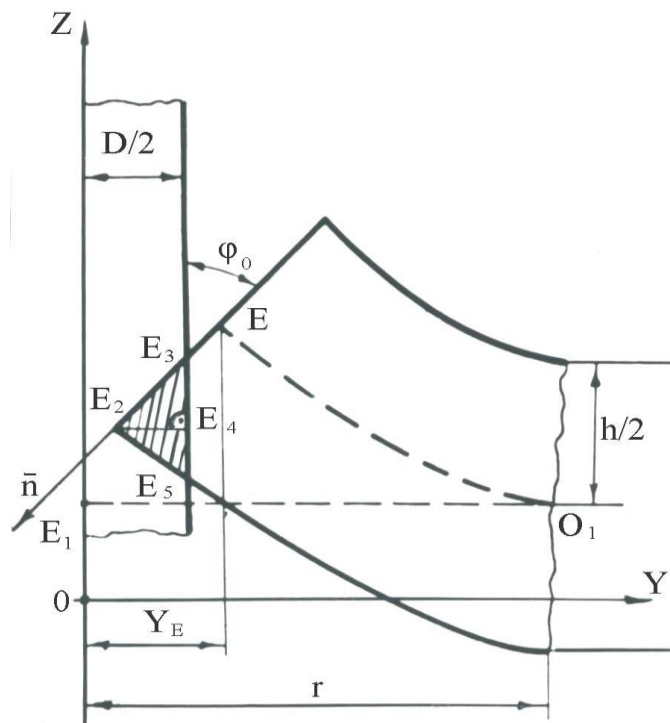


Рис. 2.3 – Схема змінання скиби стовбою робочого органу

Розглянемо згин половини розрізаної скиби, як згин пластини згідно з методикою [7], (Рис. 2.4).

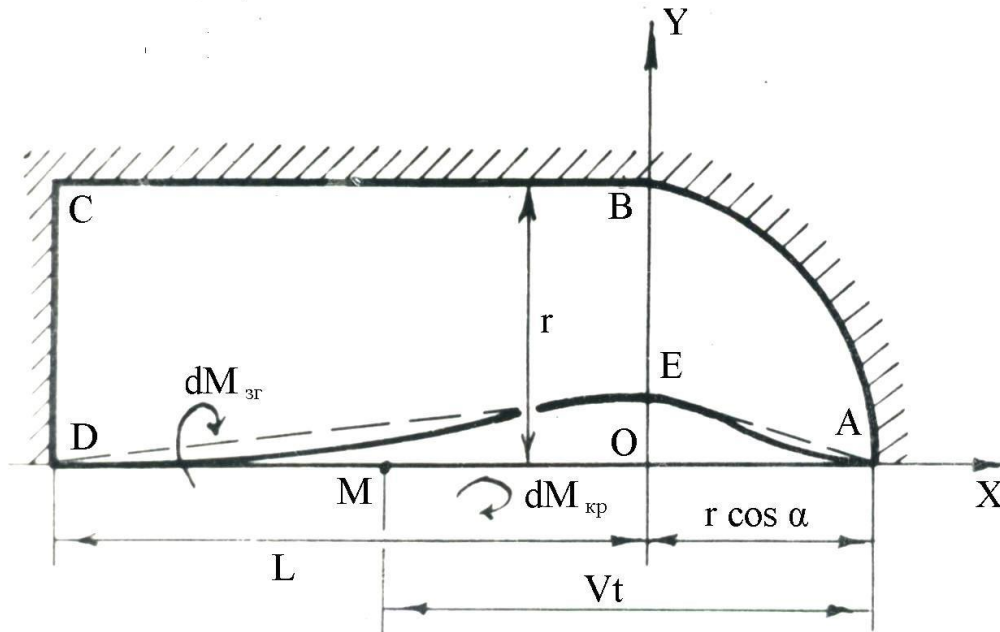


Рис. 2.4 – Згин половини розрізаної скиби [17]

Визначивши рівняння прогину середньої поверхні Y , знайдемо навантаження, яке може забезпечити заданий згин скиби. Припустимо, що пластина згинається розподіленим моментом згину зг dM (на одиницю довжини) і розподіленим крутним моментом кр dM , прикладених до вільного краю скиби (Рис. 2. 4), при чому момент згину діє в площинах перпендикулярних OX , а крутний – осі OY . Тоді згідно (5) можемо записати [4, 5, 7, 16]:

$$dM_{зг} = \frac{Eh^3}{12(1-\mu^2)} \left[\frac{\delta^2 u(x_1, y)}{\delta y^2} + \mu \frac{\delta^2 u(x_1, y)}{\delta x^2} \right] \text{ при } y = 0, \quad (3)$$

$$dM_{кр} = \frac{Eh^3}{12(1-\mu^2)} \cdot \frac{\delta^2 u(x_1, y)}{\delta x \cdot \delta y} \text{ при } y = 0, \quad (4)$$

Оскільки деревина є пружно-в'язким середовищем і деформації при згині скиби є досить значні, то на основі рівнянь напружено-деформованого стану задернілого ґрунту отримаємо.

Сумарні моменти на контурі DOA визначалися інтегруванням по x виразів (3) і (4) при $x \geq 0$ і $x \leq 0$.

Отримані вирази визначають моменти, які потрібно прикласти, щоб зігнути скибу. Проте такі ж по величині моменти діють на опорну поверхню з боку скиби, внаслідок чого в точці дотику скиби і опорної поверхні діє сконцентрована сила, яка знаходиться з наступних міркувань (Рис. 2. 5).

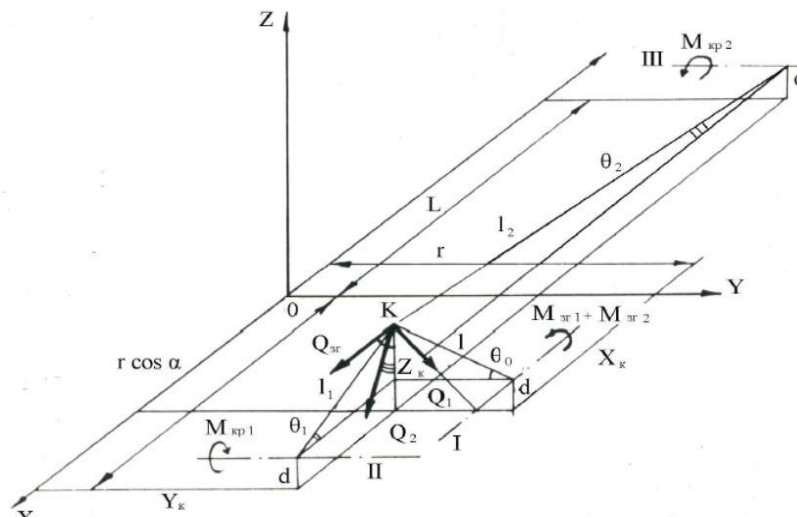


Рис. 2. 5 Схема сил та моментів при взаємодії опорної поверхні тарілки з деревиною

Моменти ($M_{зг1} + M_{зг2}$), $M_{кр1}$ і $M_{кр2}$ намагаються повернути скибу відповідно навколо осей I, II, III вертикальних перерізів і скиби при $y=r$, $x = r \cos \alpha$ і $x=-1$ (в цих перерізах скиба закріплена), створюючи в точці дотику К сили $Q_{зг}$, Q_1 і Q_2 .

$$2ar + a(Y_E - r)\sqrt{1 + a^2(Y_E - r)^2} + \ln[a(Y_E - r) + \sqrt{1 + a^2(Y_E - r)^2}] = 0, \quad (5)$$

Знайдемо залежності для розрахунку сил та моментів на зовнішньому контурі і верхній поверхні ножа.

Задамо такі системи координат (рис. 2.1 і 2.2). Основна система $OXYZ$: початок O співпадає з центром нижньої площини ножа, вісь X – з напрямком швидкості V , вісь Z спрямована вгору, вісь Y лежить у нижній площині ножа. Система $Oxyz$ утворена поворотом системи $OXYZ$ на кут α навколо осі Y таким чином, що вісь z перпендикулярна до площини ножа, а вісь x лежить у цій площині. Полярна система $Or\psi$ лежить у нижній площині ножа, і кут ψ відраховується проти годинникової стрілки від осі x . Зв'язок між системами задається співвідношеннями [5, 23]:

Розглянемо (рис. 2.2) зовнішній контур довільного зуба $A_1A_2A_3A_{11}$, положення якого задається полярним кутом δ . Цей контур складається із загострених лез A_1A_2 і A_2A_3 , які ріжуть ґрунт, та незагостреної кромки A_3A_{11} , що зминає ґрунт.

В основу визначення опору різанню на лезах покладена розроблена математична модель, яка описує міцнісні характеристики задернілого ґрунту [7]. Якщо кут χ між швидкістю точок леза а V та нормаллю до леза не перевищує кута тертя φ ґрунту по лезу, то має місце різання без ковзання, а за умови $\chi > \varphi$ – різання з ковзанням, коли в точках леза крім нормальних сил різання прикладені також дотичні сили тертя. Отже, опір різанню на лезі P_p становить [20]

$$\bar{P}_p = \int_{(s)} d\bar{P}_p = \int_{(s)} (\bar{n} + u \cdot \operatorname{tg} \varphi \cdot \bar{V}_r / \bar{V}_a) \cdot q \cdot ds, \quad (6)$$

Глибина довільної точки нижньої площини ножа KO визначається з рис. 2.1, 2.1. Дотичну і нормальну складові швидкості точок леза а V знайдемо з врахуванням того, що а V є векторною сумою поступальної V і обертової v швидкостей [17], тобто для проєкцій і величин швидкостей в системі $Oxyz$ (рис. 2.1, 2.2) отримуємо:

$$V_{ax} = V \cdot \cos \alpha - \omega \cdot \rho \cdot \sin \psi, \quad V_{ay} = \omega \cdot \rho \cdot \cos \psi, \quad V_{az} = V \cdot \sin \alpha, \quad (7)$$

$$\begin{aligned}
V_a &= \sqrt{V_{ax}^2 + V_{ay}^2 + V_{az}^2}, & V_n &= \bar{V}_a \cdot \bar{n} = V_{ax} \cdot n_x + V_{ay} \cdot n_y + V_{az} \cdot n_z, \\
V_{\tau x} &= V_{ax} - V_n \cdot n_x, & V_{\tau y} &= V_{ay} - V_n \cdot n_y, & V_{\tau z} &= V_{az} - V_n \cdot n_z, \\
V_{\tau} &= \sqrt{V_{\tau x}^2 + V_{\tau y}^2 + V_{\tau z}^2}, & \chi &= \arccos (V_n / V_a),
\end{aligned}
\tag{8}$$

де ω – кутова швидкість обертання, сек^{-1} ; n_x, n_y, n_z – напрямні косинуси нормалі n .

Підставляючи однойменні проекції векторів n і V_{τ} в підінтегральний вираз (6), можемо визначити відповідні проекції сили P_P . На основі цього запишемо також вираз для моменту сил опору різанню відносно центра обертання ножа O в площині ножа [5, 12, 21]:

$$\begin{aligned}
M_{PP} &= \int dM_{PP} = \int (x \cdot dP_{Py} - y \cdot dP_{Px}) = \\
&= \int [n_x \cdot \sin \psi - n_y \cdot \cos \psi + u \cdot \text{tg} \varphi \cdot (V_{\tau x} \cdot \sin \psi - V_{\tau y} \cdot \cos \psi) / V_{\tau}] \cdot q \cdot \rho \cdot ds.
\end{aligned}
\tag{9}$$

Обчислення сили і моменту згідно з (6) і (9) потребує переходу від кривої лінійних інтегралів по контуру леза до означених інтегралів по координатах.

Ділянка леза A_1A_2 (рис. 2.2) є відрізком прямої з рівнянням

$$\rho = a_0 / \cos(\psi - \Delta_0), \dots \tag{10}$$

Виходячи з вигляду рівняння, доцільно виконувати інтегрування по координаті ψ . З виразу (10) визначаємо елемент довжини і напрямні косинуси нормалі:

де k_e – коефіцієнт форми епюри дотичних напружень; V_{n1} – величина нормальної до поверхні клина складової швидкості точок клина, яка знаходиться з виразу (7)

для $n = n_1$; n_1 – одинична зовнішня нормаль до грані клина (рис. 2.6).

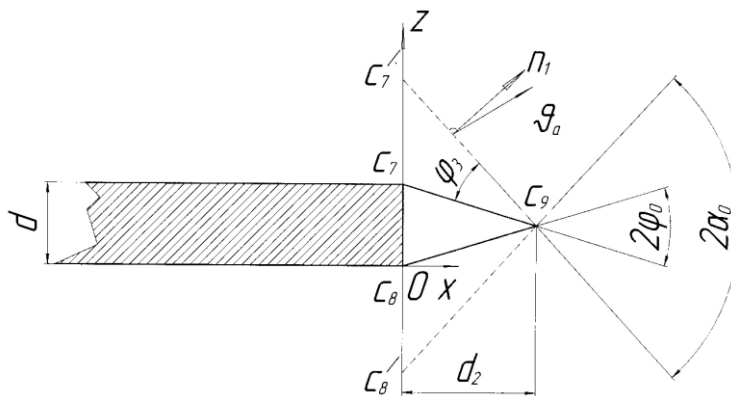


Рис. 2.6 Поперечний переріз незагостреної кромки зуба.

Розглянемо сили, що діють на верхню поверхню зубчастого ножа. Під час роботи вона частково зминає знизу скибу дернини, внаслідок чого на цій поверхні діють нормальна сила N і дотична сила тертя F , для яких в загальному вигляді можемо записати:

$$\bar{N} = \int_{\Omega} d\bar{N} = \int_{\Omega} \bar{n}' \cdot \sigma \cdot d\Omega, \quad \bar{F} = \int_{\Omega} d\bar{F} = -\text{tg}\varphi_1 \cdot \int_{\Omega} \frac{\bar{V}_r}{V_r} \cdot \sigma \cdot d\Omega, \quad (11)$$

$$M_N = \int_{\Omega} dM_N = \int_{\Omega} (x \cdot n'_y - y \cdot n'_x) \cdot \sigma \cdot d\Omega, \quad (12)$$

$$M_F = \int_{\Omega} dM_F = -\text{tg}\varphi_1 \cdot \int_{\Omega} \frac{y \cdot V_{rx} - x \cdot V_{ry}}{V_r} \cdot \sigma \cdot d\Omega, \quad (13)$$

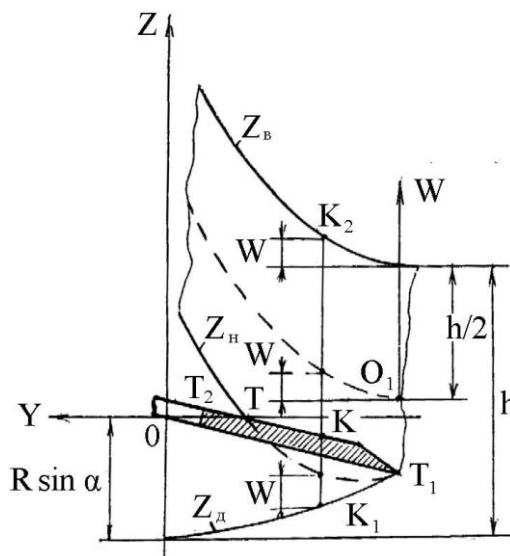


Рис. 2.7 Вертикальний переріз ножа і скиби дернини

Для обчислення сил і моментів за виразами (11)-(13) слід перейти від поверхневих інтегралів по верхній поверхні ножа до подвійних інтегралів по її проекції на координатну площину Oxy та інтегрувати в полярних координатах [5, 9, 10].

Поверхня окремого зуба ножа $A_1A_2A_3A_4A_5A_1A_6A_9$ (рис. 2.2) розбивається на три частини, в яких рівняння поверхні різні. Поверхня $A_1A_2A_6A_7A_1A_3$ (загострена пряма кромка зуба – площина, що проходить через пряму A_1A_2 і нахилена до площини Oxy під кутом λ в бік початку координат) задається рівнянням

$$z = [a_0 - \rho \cdot \cos(\psi - \Delta_0)] \cdot \operatorname{tg} \lambda, \quad (14)$$

Межі інтегрування визначимо з рис. 3.6 і рівняння (14), вважаючи, як і вище, що зминання ґрунту відбувається лише на тій частині поверхні, яка не „затінена” спереду іншим зубом. Аналізуючи можливі положення зуба, отримуємо:

Отже, отримані всі залежності, які дозволяють визначити сумарний опір C R і обертаючий момент M з виразів (1) і (2) при заданій кутовій швидкості обертання робочого органу ω і заданого положення зубчастого ножа (кута $\delta\theta$). Під час роботи кут $\delta\theta$ безперервно змінюється, а кутова швидкість ω встановлюється такою, що в кожному положенні обертаючий момент дорівнює нулю. Цей процес повторюється періодично після повороту робочого органу на один зуб. Тому схема розрахунку сумарного опору робочого органу полягає в наступному. Для кожного значення кута $\delta\theta$ (з ряду рівновіддалених значень в межах від 0 до $\beta\theta$) із трансцендентного рівняння $M=0$ знаходимо кутову швидкість ω з рівняння. В результаті отримуємо ряд значень R C і ω протягом одного періоду, з яких знаходимо мінімальні, максимальні та середні значення.

З метою обґрунтування геометричних та кінематичних параметрів робочого органу за одержаними аналітичними залежностями побудовано графічні залежності. Криві будувались в залежності від одного з параметрів робочого органу і зафіксованих значень решти параметрів, які становили: $2R=150$ мм; $\beta = 75^0$; $t=15$ мм; $V=1,5$ м/с; $H=80$ мм; $b=300$ мм; $m=9$; $a=35$ мм; $d=6$ мм; $\lambda = 30^0$; $\alpha = 6^0$. Інтеграли обчислювались за алгоритмом *DI* [1], а трансцендентні рівняння – відомим способом поділу відрізка навпіл. Рішення здійснювалося за допомогою ЕОМ.

При розрахунках приймалися параметри ґрунту на якому проводилися експериментальні дослідження: в'язкість ґрунту $1,2$ г/см³; відносна вологість 75% ; задернілість $6,3\%$; $E_0=5,74$ МПа; $B_1=90,6$ с⁻¹; $\gamma_2=102,3$ с⁻¹; $E_n=0,92$ МПа; $B_2=85$ с⁻¹; $\gamma_3=71,3$ с⁻¹; $\sigma_n=0,054$ МПа; $C_0=8,5$ кПа; $\eta=16$ кПа с/м; $\varphi_0=20,60$; $E_1=0,5$ МПа.

Висновки по розділу

1. Проаналізувавши результати досліджень різних типів робочих органів виявлено, що найбільш придатним для підготовки смуги розпушеного ґрунту для прямої сівби насіння трав є тарілчастий фрезоподібний реактивний робочий орган.

Він має такі переваги:

– низький тяговий опір, що досягається завдяки конструкції тарілки, яка постійно обертається і цим самим самоочищається від рослинних решток і коріння;

– покращує аерацію підрізаної скиби і зменшує вплив аборигенної рослинності внаслідок постановки під деяким кутом до горизонтальної площини зубчастої тарілки, що спричиняє більш активне розпушення піддернового шару кінцями зубів;

- рівномірне спрацювання тарілки робочого органу по периферії;
- найменше спричиняє нетехнологічні пошкодження дернини порівнюючи з іншими досліджуваними типами робочих органів.

2. Дослідивши особливості фізико-механічних властивостей задернілого ґрунту встановлено, що дерновий шар є пружно-в'язкий матеріал, який складається з арматури, тобто коренів і наповнювача – мінеральної маси (ґрунту).

Запропоновано наступну класифікацію фізико-механічних властивостей задернілих ґрунтів:

- властивості що характеризують склад, будову і стан ґрунтів;
- механічні властивості ґрунтів;
- деформаційні, міцнісні та реологічні властивості ґрунтів.

3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОЧОГО ОРГАНА

3.1 Перевірка достовірності аналітичного обґрунтування

В основу розв'язання задачі взаємодії робочого органу з задернілим ґрунтом покладені основні положення механіки суцільних середовищ [2, 5, 7, 10, 24].

Це дозволяє сформулювати рівняння, які показують взаємозв'язок між силами опору окремих елементів робочого органу, його геометричними, кінематичними та технологічними характеристиками, а також фізико-механічними властивостями задернілого ґрунту. Ці залежності ґрунтуються на математичній моделі задернілого ґрунту, яка описує напружено-деформований стан середовища з урахуванням найважливіших факторів. На основі отриманих рівнянь будуються графіки, за допомогою яких обґрунтовуються оптимальні параметри робочого органу [10, 17].

Під час досліджень визначалися складові опору горизонтальна R_x , та вертикальна R_z , частоту обертання пасивного робочого органу, в залежності від кількості зубів m , довжини зубів l висоти опорної поверхні b , глибини обробітку H , кута встановлення α , кута вирізу β , технологічної швидкості V .

3.2 Дослідження характеру підрізаної скиби

Запропонована технологія обробітку дернини під смугову сівбу передбачає різні завдання по дернини в вертикальній та підрізання в горизонтальній площинах (Рис. 3.1).

За цією технологією нижня частина підрізаної скиби 1 піднімається опорною поверхнею 4, що призводить до її вигинання та часткового розпушення нижнього шару. Після цього розпушений ґрунт за допомогою

стовби робочого органу 3 та опорної поверхні переміщується у вертикальний розріз, формуючи смугу розпушеного ґрунту 2 завширшки 25...35 мм, у яку висівається насіння. Коли скиба сходить з робочої поверхні лапи, вона під дією власної ваги опускається на моноліт 5, поверх якого залишається частина розпушеного ґрунту 6. У результаті цього на межі між скибою та монолітом утворюються порожнини, що покращують умови для розвитку рослин.

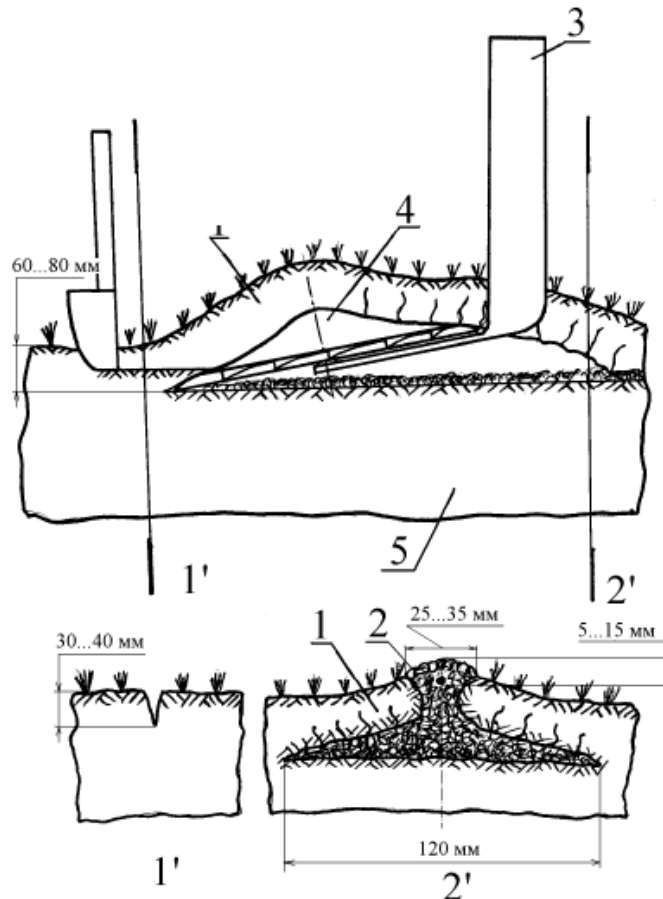


Рис. 3.1 Схема взаємодії робочого органу з дерниною

Технологічна схема роботи робочих органів секції показана на рис. 3.2.

При такій технології щільність ґрунту в розпушеній смугі є надто мала. Крім того, піднята скиба укладається на поверхню вільно і тому погано контактує з монолітом. В зв'язку з цим виникла необхідність вивчити вплив профілю поперечного перерізу ущільнюючого котка, питомого навантаження

на нього і швидкості на щільність насінневого ложа та ступінь контакту подрізаної скиби з монолітом.

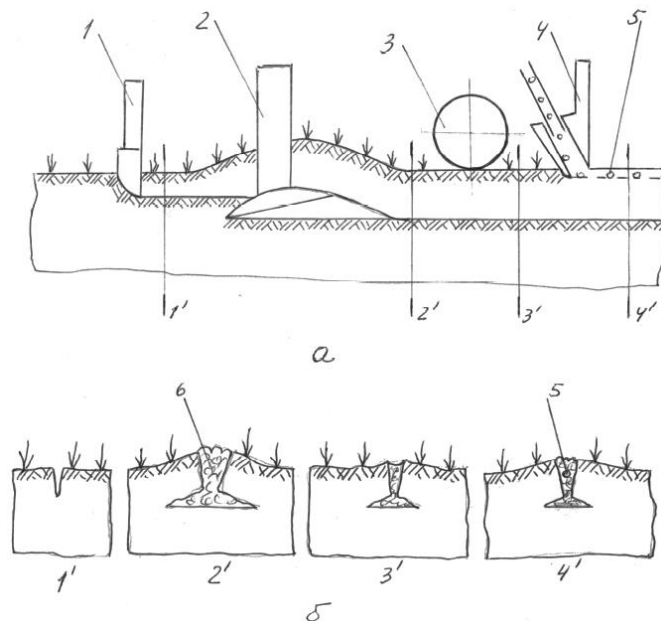


Рис. 3.2 Технологічна схема роботи робочих органів секції а) технологічна схема роботи секції 1 – вертикальний ніж; 2 – розпушувальна лапа; 3 – коток; 4 – сошник; 5 – насіння та добрива; 6 – розпушений ґрунт б) поперечні перерізи після проходження: 11 – ножа; 21 – лапи; 31– котка; 41 – сошника

При русі агрегату ніж 1 робить в дернині вертикальний розріз, по сліду якого йде стовба розпушувальної лапи. Лапа 2 подрізає дернину з двох боків від вертикального розрізу і своєю опуклою поверхнею трохи підносить подрізані скиби, розпушуючи їх нижні поверхні. Після проходження лапи в дернині залишається щілина заповнена розпушеним ґрунтом, по цій щілині йде прикочувальний коток 3, який ущільнює верхній шар ґрунту створюючи ущільнене ложе для насіння. За котком йде анкерний сошник 4, який подає насіння трав та добрива 5 в створене котком ложе.

Висновки по розділу

Проаналізувавши результати випробувань розробленого експериментального зразка для прямої сівби травосумішки по дернині і порівнявши їх з вихідними вимогами встановлено, що агрегат забезпечує експлуатаційно технологічні, енергетичні та якісні показники виконання технологічного процесу і надійності.

4. ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Опис і оцінювання потенційно небезпечних та шкідливих чинників, що можуть проявлятися під час роботи сівалки

У процесі експлуатації сівалки працівники піддаються впливу різних небезпечних і шкідливих виробничих факторів, які можуть з'являтися як під час підготовки машини до роботи, так і під час її роботи в полі. Тому дотримання правил охорони праці є обов'язковою умовою безпечної роботи та запорукою збереження здоров'я персоналу.

Характеристика небезпечних і шкідливих факторів

Небезпечні виробничі фактори:

1. Рухомі частини робочих органів.
Робочі органи, приводи, ланцюгові та карданні передачі можуть становити небезпеку при обслуговуванні або під час усунення несправностей. Потрапляння одягу чи частин тіла в зону обертання може призвести до тяжких травм.
2. Оберткові елементи механізмів.
Вали, зірочки, шківни, привідні ремені та інші деталі створюють ризик захоплення. Тому всі рухомі частини мають бути закриті захисними кожухами.
3. Гострі кромки та ріжучі елементи.
Насінневі апарати, сошники, диски та лапи мають гострі поверхні, які можуть спричинити порізи при неправильному поводженні.
4. Механічне перевантаження та перекидання агрегату.
Під час роботи на схилах або нерівних ділянках існує небезпека втрати стійкості машини, особливо при розворотах або неправильному зчепленні з трактором.

5. Підвищений рівень шуму та вібрації. Тривале перебування оператора в умовах шуму понад допустимі норми (більше 80 дБ) може викликати порушення слуху, втоми та зниження працездатності.
6. Запиленість повітря. Під час завантаження насіння та добрив утворюється пил, що може подразнювати органи дихання та очі.
7. Електричні ризики. У разі застосування електроприводів або електронних систем контролю можливе ураження електричним струмом при пошкодженні ізоляції або неправильному підключенні.

Шкідливі фактори:

1. Хімічний вплив. При роботі з насінням, обробленим протруйниками, а також з мінеральними добривами можливе подразнення шкіри та слизових оболонок, алергічні реакції або отруєння.
2. Вплив метеорологічних умов. Тривале перебування під сонцем, вітер, висока температура або холод можуть призвести до перегрівання, зневоднення чи переохолодження працівників.
3. Підвищене фізичне навантаження. Робота із завантаженням насіння, регулюванням механізмів, очищенням бункерів створює навантаження на опорно-руховий апарат.
4. Вібраційне та шумове навантаження. Постійна дія вібрацій через сидіння трактора або керування агрегатом призводить до зниження працездатності та може викликати професійні захворювання.

4.2. Організаційно-технічні заходи безпеки

Для запобігання впливу небезпечних факторів під час експлуатації сівалки необхідно дотримуватись таких вимог:

- працювати дозволяється лише особам, які пройшли навчання, ознайомлення з інструкціями з охорони праці та мають відповідну професійну кваліфікацію;
- до початку роботи оператор має обов'язково оглянути сівалку, переконавшись у цілісності робочих органів, наявності захисних кожухів та працездатності гальм, гідросистеми, освітлення і сигналізації;
- заборонено проводити регулювання, змащування або очищення сівалки під час руху або роботи приводів. Усі операції виконуються лише після повної зупинки агрегату та відключення вала відбору потужності.
- забороняється перебування сторонніх осіб у зоні руху агрегату або поблизу насінневих апаратів під час роботи.
- завантаження насіння або добрив потрібно проводити механізованим способом або за допомогою спеціальних драбин і площадок, щоб уникнути падіння.
- у разі використання насіння, обробленого хімічними препаратами, працівник повинен користуватися засобами індивідуального захисту: рукавицями, респіратором, захисними окулярами, халатом або комбінезоном.
- після закінчення роботи необхідно ретельно очистити сівалку від залишків насіння та пилу, не використовуючи при цьому відкритий вогонь або стиснене повітря без засобів захисту.
- при роботі на схилах потрібно суворо дотримуватись допустимих кутів нахилу та правил руху, щоб уникнути перекидання агрегату.
- усі електричні прилади мають бути справними, а проводка - ізольованою та захищеною від механічних пошкоджень.

4.3. Вимоги до умов праці та засобів захисту

Для забезпечення безпечних умов праці оператор повинен бути забезпечений:

- спецодягом (комбінезоном або курткою з бавовняної тканини),
- захисним взуттям,
- рукавицями,
- окулярами або щитком для захисту очей,
- респіратором або маскою для захисту органів дихання,
- навушниками або берушами для зменшення впливу шуму.

Кабіна трактора має бути обладнана системою вентиляції та обігріву, сидіння — амортизаційним пристроєм, який знижує рівень вібрацій.

Під час роботи необхідно запобігати займанням насіння, пилу та мастильних матеріалів. Забороняється паління та використання відкритого вогню поблизу сівалки. У складі агрегату повинні бути вогнегасники встановленого типу, а також аптечка для надання першої допомоги.

Висновки по розділу

1. Дотримання вимог охорони праці при експлуатації сівалки є важливим складником ефективної та безпечної організації виробничого процесу в сільському господарстві. Комплекс заходів безпеки, що охоплює як технічні, так і організаційні аспекти, спрямований на попередження травматизму, професійних захворювань і нещасних випадків під час виконання польових робіт.

2. Не менш важливу роль відіграє дисципліна праці та дотримання технологічних регламентів. Оператор сівалки повинен чітко дотримуватися інструкцій, правил експлуатації машини та послідовності виконання операцій.

Регулярні інструктажі з охорони праці, навчання персоналу правильним прийомам роботи й надання першої допомоги забезпечують готовність працівників до дій у надзвичайних ситуаціях.

3. Застосування засобів індивідуального захисту (рукавиць, спецодягу, окулярів, респіратора, навушників) дає можливість знизити вплив шкідливих факторів, таких як пил, шум, вібрація, хімічні випаровування. Додатково важливим є дотримання санітарно-гігієнічних вимог: регулярне провітрювання кабіни трактора, підтримання чистоти робочих зон і наявність питної води.

4. Окрему увагу необхідно приділяти пожежній безпеці. Використання паливно-мастильних матеріалів, пилових середовищ і нагрітих деталей підвищує ризик займання, тому наявність вогнегасника, заборона паління поблизу техніки та своєчасне очищення агрегату від залишків насіння є обов'язковими вимогами.

5. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ РОБОТИ

У межах проєкту було вдосконалено конструкцію сівалки, призначеної для висіву трав'яних культур по дернині, що дало змогу підвищити ефективність її роботи. Розроблений нами сошник забезпечує більш якісне формування посівної борозни, завдяки чому агрегат може рухатися з більшою робочою швидкістю. Це, у свою чергу, підвищує його продуктивність, яка, за проведеними оцінками, зростає з 0,7 до 1,1 га/год.

Техніко-економічні показники були розраховані шляхом порівняння модернізованої конструкції із серійною сівалкою СТВ-6. Вихідні параметри для виконання розрахунків наведено в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1.

Інформація для розрахунку техніко-економічних показників

№	Показник	Розмірність	Технологічна машина	
			Серійна	Модернізована
1	Щорічний обсяг виконуваних робіт	га	26	26
2	Продуктивність	га/год	0,7	1,1
3	Споживання ПММ	кг/га	2,9	2,8
4	Ціна: - Енергетичного засобу - Машини	грн	96800 13600	96800 14300
5	Штат обслуговуючого персоналу		1	1

Результати виконаних техніко-економічних розрахунків наведено в таблиці 5.2, де показано ключові показники ефективності роботи як базової, так і модернізованої машини. Повний хід обчислень, проміжні містяться в додатку 1 дипломної роботи, що дозволяє простежити логіку розрахунків та підтвердити достовірність отриманих результатів.

Таблиця 5.2.

Техніко-економічні розрахунки роботи

№	ПОКАЗНИКИ	ВАРІАНТ	
		Базовий	Проект
1	Вид роботи	Посів трав'яних культур	
2	Об'єм роботи, га	26	26
3	Склад агрегату: трактор машина	МТЗ-80 ККГ-1,4	МТЗ-80 КБ-6М
4	Продуктивність, га/ год	0,7	1,1
5	Кількість обслуговуючого персоналу -трактористів- машиністів -допоміжних працівників	1 - -	1 - -
6	Витрати праці, люд.· год/ га	9,52	8,03
7	Тарифний розряд роботи	V	V
8	Тарифна ставка, грн/год	62,5	62,5
9	Норма витрати пального, кг/ га	2,9	2,8
10	Комплексна ціна ПММ, грн/ кг	51,5	51,5
11	Експлуатаційні витрати, всього грн/га у тому числі: Витрати на ПММ Витрати на ТО, ТР, зберігання, -трактора -машини	1021,27 149,35 714,89 100,44	1000,72 144,2 714,72 105,58
12	Капітальні вкладення, грн/ га	4246,18	4273,08
13	Приведені затрати, грн/га	27189,95	26659,88
14	Річний економічний ефект, грн	-	13781,82
15	Термін окупності, років		0,1

Висновок по розділу

Аналіз даних, представлених у таблиці, показує, що модернізована сівалка СТВ-6М забезпечує суттєве підвищення продуктивності агрегату - з

0,7 до 1,1 га/год при збереженні складу агрегату та чисельності обслуговуючого персоналу. Витрати пального дещо зменшилися (з 2,9 до 2,8 кг/га), що сприяє економії паливно-мастильних матеріалів. За рахунок підвищеної продуктивності та збереження витрат модернізований варіант забезпечує значний річний економічний ефект - 13 781,82 грн і надзвичайно короткий термін окупності - 0,1 року.

Таким чином, впровадження проектного варіанту робочого органу для прямої сівби по дернині є доцільним з економічної точки зору, оскільки підвищує ефективність роботи агрегату та забезпечує швидку окупність вкладених коштів.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Для відновлення деградованих луків методом прямого перезалуження доцільно застосовувати такі типи сівалок, які під час одного проходу забезпечують смуговий обробіток дернини, висів насіння та його ущільнення. Такі машини мають відповідати певним вимогам: не допускати виривання дернини, що дозволяє використовувати луки вже в рік перезалуження; забезпечувати горизонтальне підрізання дернини по обидва боки від щілини, що знижує конкуренцію з існуючим травостоєм; а також якісно загортати насіння.

2. У ході роботи було проаналізовано різні типи робочих органів - стрілочасті лапи з опорною поверхнею, а також тарілчасті робочі органи з гладкими та фрезоподібними лезами. В результаті визначено, що найбільш ефективним для виконання смуги по дернини для сівки трав є фрезерний робочий сошник. Він найкраще поєднує агротехнічні та енергетичні характеристики, тому обраний як основний елемент для подальшої оптимізації його геометричних, кінематичних і технологічних параметрів.

3. У результаті отримано математичні рівняння, які описують функціональний зв'язок між силами опору, геометричними, кінематичними й технологічними параметрами елементів робочого органу. Графіки, побудовані на основі цих залежностей, дозволили визначити оптимальні параметри конструкції робочого органу.

4. Встановлено оптимальні геометричні параметри фрезерного тарілчастого робочого органу: діаметр тарілки – 120 мм; зуби – 9–11 шт., довжина 15–20 мм; висота опорної поверхні – 25–30 мм; кут установки до горизонту – 80°; кут загострення верхньої частини зубів – 20–25°

5. Експериментальні дослідження дозволили визначити оптимальні технологічні параметри роботи та розташування фрезерних робочих органів

на сівалці при прямому перезалуженні пасовищ. Технологічна швидкість роботи встановлена на рівні 3–4 км/год, ширина міжрядь – 200–250 мм. Робочі органи розміщуються дворядно, з відстанню між суміжними елементами по напрямку руху 300–350 мм. Встановлено, що при таких параметрах забезпечується висока якість обробітку дернини, ефективність технологічного процесу та раціональне використання енергії сівалки

6. Експериментальні дослідження показали, що плоский коток не відповідає агротехнічним вимогам. Він контактує лише з краями піднятої дернини, через що ширина канавки виходить недостатньою, а необхідне навантаження для досягнення оптимальної щільності ґрунту в канавці майже вдвічі перевищує потребу у порівнянні з U-подібним котком [22]. Найбільш ефективним виявився U-подібний коток, при використанні якого підрізана скиба щільно прилягає до моноліту, і порожнин у зоні підрізання не спостерігається. Такий коток забезпечує формування насінневого ложа з необхідною щільністю ґрунту у зоні висіву, що гарантує якісний посів та рівномірне проростання насіння.

7. Дослідження показали, що впровадження розробленої сівалки з новими робочими органами у запропонованому технологічному процесі, порівняно з традиційною технологією прискореного перезалуження пасовищ, дозволяє значно знизити витрати. Зокрема, питомі капіталовкладення скорочуються на 74,2%, експлуатаційні витрати – на 76%, енерговитрати – на 77,5%, а питомі затрати праці зменшуються на 34,7%. При цьому продуктивність праці зростає на 53,22%. Загальний економічний ефект від застосування нової технології становить 13 781,82 грн/га.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Іваненко С.М., Гончаренко В.П. Розробка та впровадження ресурсозберігаючих технологій у кормовиробництві. – Харків: Технологія, 2015. – 178 с.
2. Бондаренко В.Ф., Пилипенко О.А. Технології оптимізації використання природних кормових угідь. – Вінниця: Нова Книга, 2010. – 204 с.
3. Сайко В. Ф. Землеробство в сучасних умовах. Вісник аграрної науки. 2002. № 2. С. 5-10.
4. Ткаченко С.В., Ковальчук М.П. Енергоефективні технології обробітку пасовищ і природних кормових угідь. – Київ: Урожай, 2012. – 156 с.
5. Гончаренко В.П. Машини і технології для обробітку ґрунту та підсіву трав. – Київ: Урожай, 2018. – 256 с.
6. Петренко О.В. Енергозберігаючі методи поліпшення природних і штучних кормових угідь. – Журнал «Аграрна наука», 2018, №2, с. 45-52.
7. Прокопенко Д. Д., Сажко Л. І., Пйонтик Ю. Л. Теорія взаємодії фрезоподібного реактивного робочого органа із задернілим ґрунтом. Вісник ЛДАУ: Агроінженерні дослідження. Львів: Львів. держ. агроуніверситет. 2005. – №9. – С. 176-188.
8. Маляренко Є.О. Обґрунтування параметрів ріжучого елемента сошника для прямої сівби. УНУС. Умань. 2021. 76 с.
9. Пйонтик Ю. Л. Дослідження технологічних процесів догляду за поверхнею пасовищ. – Міжвідомчий тематичний науковий збірник. УААН ННЦ "ІМЕСГ".2003. Випуск 87. С. 180-182.
10. Сиротюк В. М., Любчик Л. У., Ріпка І. І. Порівнювальна економічна оцінка двох технологій поверхневого поліпшення лук та пасовищ. – Наук. ПР Львівського СГП.1973. т. 47. с. 3-8.

11. Линник М. К., Прокопенко Д. Д. Розвиток механізованих технологій для поліпшення природних кормових угідь. Вісник аграрної науки. 2005. №12. С.39-41.
12. Гуков Я. С. Обробіток ґрунту. Технологія і техніка. Механіко-технологічне обґрунтування енергозберігаючих засобів для механізації обробітку ґрунту в умовах України. – Видання друге, доповнене. К. ДІА. 2007. 276 с.
13. Розробити технологію та універсальний агрегат для підсіву трав на пасовищах, аераційного обробітку дернини, суцільної сівби травосумішки та насінників трав. Звіт ЗФ ННЦ „ІМЕСГ”. Підгірне. 1997. 75 с.
14. Пйонтик Ю. Л. Обґрунтування параметрів фрезерного робочого органу з вертикальною віссю обертання. Міжвідомчий тематичний науковий збірник. УААН ННЦ "ІМЕСГ". 2005. Випуск 89. С. 234-241.
15. Керівний нормативний документ з стандартизації КНД-3-6-93. К. 1992. 41 с.
16. Погорілий Л. В., Лінник М. К., Дубровін В. О. Перспективні конструкції ґрунтообробних машин: Тенденції розвитку та еволюція технології. Сільськогосподарська техніка України. 1998. №2. С. 6-12.
17. Розробка екологічно чистого енергоресурсозберігаючого протиерозійного технологічного процесу та засобів механізації перезалуження кормових угідь, розміщених на схилах. Звіт Західного філіалу ННЦ „ІМЕСГ”. Підгірне. 1991. 75 с.
18. Декл. пат. на винахід № 67106А(UA) А01В45/00. Пристрій для розтягування куп гною та кротовин/ Прокопенко Д. Д. , Ясніков Г. К., Корзун В. І., Сажко Л. І., Пйонтик Ю. Л. Опубл. 15.06.2004. Бюл. №6.
19. Декл. пат. на винахід № 69621 А (UA) А01В49/06. Пристрій для прямої сівби трав та піддернинного внесення добрив на луках. Прокопенко Д.Д., Сажко Л.І., Пйонтик Ю.Л. та ін. Опубл. 15.09.2004, Бюл. №9.

20. Сайчук К. І. Поліпшення природних кормових угідь Житомирщини. Київ. Урожай. 1975. 71 с.
21. Розробка малоенергоємних технологічних процесів та засобів механізації для виробництва кормів, утримання худоби, обробітку ґрунту і захисту рослин в умовах Західного регіону України. Звіт Західного філіалу ННЦ „ІМЕСГ”. Підгірне. 2003 р. 100 с.
22. Прокопенко Д. Д., Ріпка І. І., Сиротюк В. М. Релаксація напружень в задернілих ґрунтах. Механізація виробничих процесів в с. г. виробництві. Наукові праці ЛСХІ. Т. 60. Львів. 1975.
23. Прокопенко Д.Д., Пйонтик Л.Д., Корзун В.І. та ін. Робочий орган для щілювання природних кормових угідь Механізація та електрифікація сільського господарства. К.: Аграрна наука. 1997. Вип. 82. С. 32-40.
24. Тройнич М. П. Вплив різноманітних факторів на процес стиску задернілих ґрунтів штампами. ЛСГІ. 1973. С. 11-13.
25. Закон України «Про охорону праці» прийнятий 14.10.1992 р.
26. Цопа В. Принципи, структура та процес керування ризиками. / Журнал «Охорона праці». 2019. № 1. С. 26–29
27. Полодюк, О. В., Марич, В. М. Проблематика охорони праці в Україні. Охорона праці: освіта і практика. Проблеми та перспективи розвитку охорони праці: Зб. наук. праць III Всеукраїнської науково–практичної конференції викладачів та фахівців–практиків та XIII Всеукраїнської науково-практичної конференції курсантів, студентів, аспірантів та ад’юнктів. – Львів: ЛДУ БЖД, 2023. С. 121-122.
28. Педан І.В. Обґрунтування параметрів зубчастого диска-очисника сошника для прямої сівби. УНУС. Умань, 2020: 70с.
30. Гулий Д. О. Удосконалення процесу механізації сівби з розробкою сошника сівалки УПС-8. Дніпровський державний аграрно-економічний

ун-т. Дніпро, 2023. – 64 с. URI:
<https://dspace.dsau.dp.ua/handle/123456789/7998>

31. Прокопенко Е.В., Лісовий І.О., Лісова Т.С. Моделювання виробничих небезпек та зменшення їх шкідливого впливу при проведенні механізованих робіт. Збірник наукових праць Уманського НУС. – Умань, 2015. – Вип. 87. – Ч. 1: Агронімія. – С. 79–86.
32. Економічна оцінка спеціалізованої сільськогосподарської техніки. Методичні рекомендації для дипломного проектування студентів спеціальності 3113 „Механізація сільськогосподарського виробництва”. Львів: Львівський державний сільськогосподарський інститут. 1994. 27 с.

ДОДАТКИ

У відповідності з виданим на дипломний проект завданням продуктивність агрегатів складатиме:

Базовий	Проект
$W_{\text{СЕЗ}} = 26 \text{ га}$	$W_{\text{СЕЗ}} = 26 \text{ га}$

Кількість нормо-годин у обсязі робіт:

Базовий	Проект
$K_{\text{НГ}} = \frac{W_{\text{СЕЗ}}}{W_{\text{ГОД}}} = \frac{26}{0,7} = 37,14 \text{ год}$	$K_{\text{НГ}} = \frac{W_{\text{СЕЗ}}}{W_{\text{ГОД}}} = \frac{26}{1,1} = 23,64 \text{ год}$

Кількість обслуговуючого персоналу $n = 1$ тракторист-машиніст. Витрати праці:

Базовий	Проект
$V_{\text{П}} = K_{\text{НГ}} \cdot n = 37,14 \cdot 1 = 37,14 \text{ год}$	$V_{\text{П}} = K_{\text{НГ}} \cdot n = 23,64 \cdot 1 = 23,64 \text{ год}$

Тарифний розряд роботи - п'ятий з тарифною ставкою 62,50 грн/год.

Норма витрати палива у відповідності з виконаними у главі 4 розрахунками становить:

Базовий	Проект
$V_{\text{ПММ}} = 2,9 \text{ кг/га}$	$V_{\text{ПММ}} = 2,8 \text{ кг/га}$

Комплексна ціна паливо-мастильних матеріалів – $C_{\text{ПММ}} = 51,50 \text{ грн/кг}$.

Балансова вартість агрегатів:

Базовий		Проект	
Трактор KENTAVR 160 BN		Трактор KENTAVR 160 BN	
СТВ-6	13600,0 грн	СТВ-6М	14300,0 грн
Всього	110400 грн	Всього	111100 грн

Норма амортизації для трактора – 15%.

Нормативне завантаження на рік –

- трактора - 1000год;
- машини - 480год

Норма витрат на ТР, ТО і зберігання:

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

Експлуатаційні витрати на 1га:

Основна і додаткова заробітна плата з нарахуваннями:

$$\Pi = \frac{C_T}{W_{год}} \cdot K_1 \cdot K_2,$$

де C_T - тарифна ставка, 76,93 грн/год;

K_1 – коефіцієнт, що враховує додаткову оплату (20%);

K_2 – коефіцієнт, що враховує нарахування на соціальні міроприємства.

Базовий	Проект
$\Pi = \frac{76,93}{0,7} \cdot 1,1 \cdot 2 \cdot 1,382 = 182,26 \text{ грн/га}$	$\Pi = \frac{76,93}{1,1} \cdot 1,1 \cdot 2 \cdot 1,382 = 115,98 \text{ грн/га}$

Амортизаційні відрахування.

Норма амортизації для трактора – 15%, посівальної машини – 15%.

Нормативне завантаження на рік:

- трактора - 1550год;
- машини - 480год

Базовий	Проект
Трактор: $A_{ТР} = \frac{96800 \cdot 15}{100 \cdot 1550 \cdot 1,42} = 13,38 \text{ грн/га}$	$A_{ТР} = \frac{96800 \cdot 15}{100 \cdot 1550 \cdot 1,1} = 8,52 \text{ грн/га}$

машина: $A_M = \frac{13600 \cdot 15}{100 \cdot 480 \cdot 0,7} = 6,07 \text{ грн/га}$	$A_M = \frac{14350 \cdot 15}{100 \cdot 480 \cdot 1,1} = 4,03 \text{ грн/га}$
--	--

Всього: $A_{\Sigma} = 13,38 + 6,07 = 19,45 \text{ грн/га}$

$A_{\Sigma} = 8,52 + 4,06 = 12,58 \text{ грн/га}$

Базовий

Проект

$$V_{ПММ} = Ц_{ПММ} \cdot V_{ПММ} = 51,5 \cdot 2,9 = 149,35 \text{ грн/га}$$

$$V_{ПММ} = 51,5 \cdot 2,8 = 144,2 \text{ грн/га}$$

Витрати на ТО, ТР і зберігання:

$$B = \frac{B_b \cdot (\alpha_{ТО} + \alpha_z + \alpha_{ТР})}{100 \cdot K_{нр} \cdot W_{год}}$$

де B_b – балансова вартість, грн;

Базовий

Проект

Трактор: $V_{ТР} = \frac{968000 \cdot (11+8+0,2)}{100 \cdot 37,14 \cdot 0,7} = 714,89 \text{ грн/га}$

$$V_{ТР} = \frac{968000 \cdot (11+8+0,2)}{100 \cdot 23,64 \cdot 1,1} = 714,72 \text{ грн/га}$$

Машини: $V_{М} = \frac{13600 \cdot (11+8+0,2)}{100 \cdot 37,14 \cdot 0,47} = 100,44 \text{ грн/га}$

$$V_{М} = \frac{14300 \cdot (11+8+0,2)}{100 \cdot 37,14 \cdot 1,1} = 105,58 \text{ грн/га}$$

Всього по агрегату:

$$V_{ТР} = V_{ТР} + V_{М} = 714,89 + 100,44 = 815,33 \text{ грн/га}$$

$$V_{М} = 714,72 + 105,58 = 820,3 \text{ грн/га}$$

Всього експлуатаційних витрат на 1 га:

Базовий

Проект

$$E_B = 37,14 + 14,45 + 149,35 + 815,33 = 1021,27 \text{ грн/га}$$

$$E_B = 23,64 + 12,58 + 144,2 + 820,3 = 1000,72 \text{ грн/га}$$

Експлуатаційні витрати на весь обсяг роботи:

Базовий

Проект

$$E_{\Sigma} = E_B \cdot W_{СЕЗ} = 1021,27 \cdot 26 = 26553,02 \text{ грн}$$

$$E_{\Sigma} = 1000,72 \cdot 26 = 26018,72 \text{ грн}$$

ОБГРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ І КОНСТРУКЦІЇ РОБОЧОГО ОРГАНУ ДЛЯ ПРЯМОЇ СІВБИ НАСІННЯ ТРАВ ПО ДЕРНИНІ

Виконав: магістрант групи МгАІ-4-24
Фургало Сергій Вікторович

Керівник: канд. техн. наук, доц.
Теслюк Геннадій Володимирович

Дніпро, 2025

2

Мета роботи

- ▶ **Метою** даної магістерської роботи є розробка нового, енергоефективного типу робочого органу, здатного забезпечити високоякісну підготовку дернини до висіву насіння з урахуванням усіх агротехнічних вимог, одночасно скорочуючи витрати енергії та матеріальних ресурсів.
- ▶ **Предмет досліджень** - модернізований сошник у комбінації з використанням дискового ножа для розрізання дернини у вертикальній площині

СОШНИК TURBO SHANK ДЛЯ ВИСІВУ ТРАВ'ЯНИХ КУЛЬТУР

4



Анкерний сошник TURBO SHANK

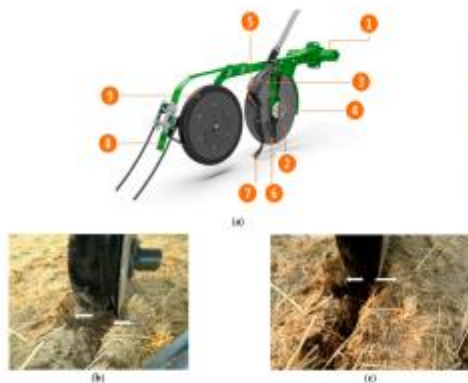
Особливістю конструкції є закривне колесо, що працює за принципом Chicken-Tracker.

Переваги закривного колеса Chicken-Tracker:

- формує грядки та розпушує ґрунт;
- сприяє змішуванню ґрунту з органічними рештками при застосуванні технології no-till;
- забезпечує рівномірне внесення насіння;
- гарантує однорідну глибину висіву;
- запобігає надмірному ущільненню посадкового ложа;
- відзначається надійністю конструкції;
- тиск розподіляється на три точки протектора, що запобігає налипанню ґрунту та насіння на колесо та зміщує ґрунт навколо насіння;
- спеціально розроблено для роботи на складних ґрунтах, включаючи вологі, тверді та багаті органічними залишками.

ОГЛЯД КОНСТРУКЦІЙ СОШНИКІВ ДЛЯ ВИСІВУ ТРАВ'ЯНИХ КУЛЬТУР

3



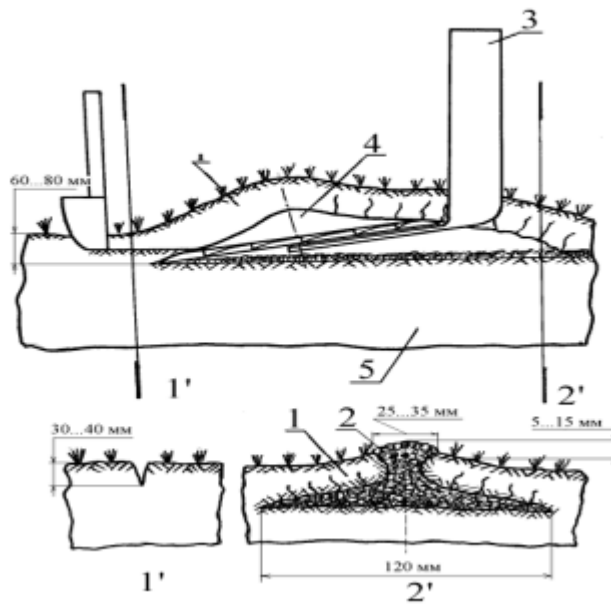
Схематичне зображення висівної секції з дводисковим сошником



Одностисковий сошник з вертикально встановленим диском

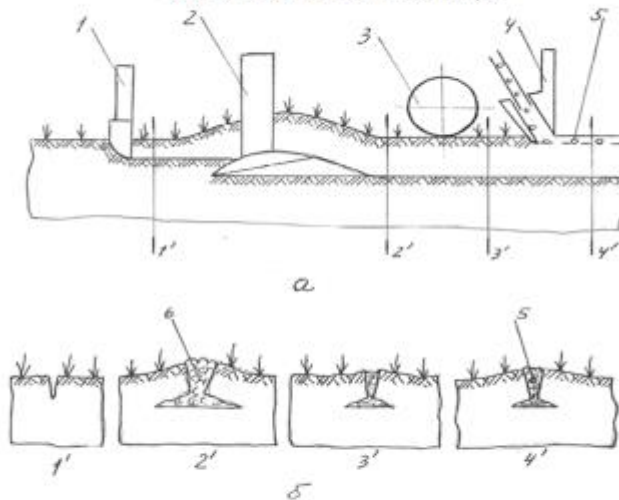
ЗАПРОПОНОВАНА ТЕХНОЛОГІЯ ОБРОБІТКУ ДЕРНИНИ ПІД
СМУТОВУ СІВБУ

5



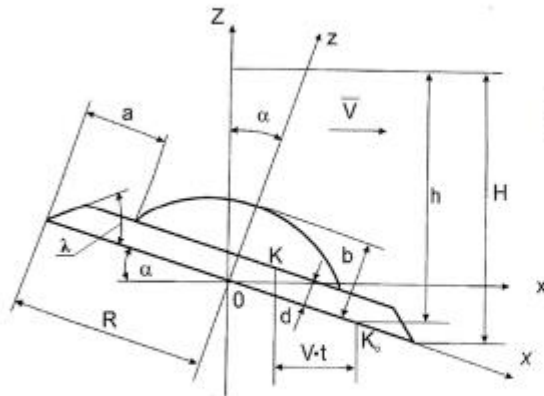
ТЕХНОЛОГІЧНА СХЕМА РОБОТИ ЗАПРОПОНОВАНИХ
РОБОЧИХ ОРГАНІВ СЕКЦІЇ

6



- а) технологічна схема роботи секції 1 – вертикальний ніж; 2 – розпушувальна лапа;
3 – коток; 4 – сошник; 5 – насіння та добрива; 6 – розпушений ґрунт
б) поперечні перерізи після проходу

ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ВЗАЄМОДІ РОБОЧОГО ОРГАНУ НА ГРУНТ ТА ДЕРНИНУ 7
ТА ДЕРНИНУ



Геометричні параметри запропонованого робочого органу

Сумарний опір R_c і обертаючий момент M відносно осі тарілки робочого органу запишуться як:

$$\bar{R}_c = \bar{R}_O + \bar{R}_H + \bar{R}_{\mu},$$

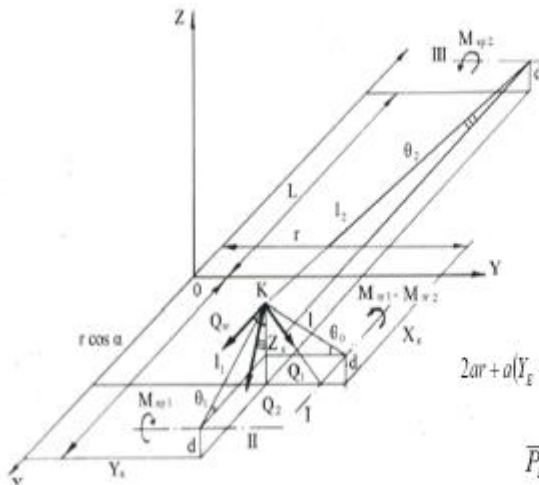
$$M = M_O + M_H + M_F + M_P.$$

Визначивши рівняння прогину середньої поверхні Y , знайдемо навантаження, яке може забезпечити заданий згин склиби.

$$dM_x = \frac{Eh^3}{12(1-\mu^2)} \left[\frac{\delta^2 u(x,y)}{\delta y^2} + \mu \frac{\delta^2 u(x,y)}{\delta x^2} \right] \text{ при } y=0,$$

$$dM_y = \frac{Eh^3}{12(1-\mu^2)} \cdot \frac{\delta^2 u(x,y)}{\delta x \cdot \delta y} \text{ при } y=0,$$

СХЕМА СІЛ ТА МОМЕНТІВ ПРИ ВЗАЄМОДІ ОПОРНОЇ ПОВЕРХНІ ТАРІЛКИ З ДЕРНИНОЮ 8



Моменти $(M_{x1} + M_{y2})$, M_{x1} і M_{x2} намагаються повернути склибу відповідно навколо осей I, II, III вертикальних перерізів і склиби при $y=r$, $x=r \cos \alpha$ і $x=1$ (в цих перерізах склиба закріплена), створюючи в точці лотку K сили Q_{x1} , Q_{y1} і Q_{x2} .

$$2ar + a(Y_E - r) \left[1 + a^2(Y_E - r) + \ln \left[a(Y_E - r) + \sqrt{1 + a^2(Y_E - r)^2} \right] \right] = 0,$$

$$\bar{P}_p = \int_{(z)} d\bar{P}_p = \int_{(z)} (\bar{n} + u \cdot \text{tg} \varphi \cdot \bar{V}_t / \bar{V}_a) \cdot q \cdot ds,$$

ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ РОБОТИ

9

№	ПОКАЗНИКИ	ВАРІАНТ	
		Базовий	Проект
1	Вид роботи	Посів трав'яних культур	
2	Об'єм роботи, га	26	26
3	Склад агрегату: трактор машина	МТЗ-80 ККГ-1,4	МТЗ-80 КБ-6М
4	Продуктивність, га/ год	0,7	1,1
5	Кількість обслуговуючого персоналу -трактористів-машиністів -допоміжних працівників	1 - -	1 - -
6	Витрати праці, люд. год/ га	9,52	8,03
7	Тарифний розряд роботи	V	V
8	Тарифна ставка, грн/год	62,5	62,5
9	Норма витрати пального, кг/ га	2,9	2,8
10	Комплексна ціна ПММ, грн/ кг	51,5	51,5
11	Експлуатаційні витрати, всього грн/га у тому числі: Витрати на ПММ Витрати на ТО, ТР, зберігання, -трактора -машини	1021,27 149,35 714,89 100,44	1000,72 144,2 714,72 105,58
12	Капітальні вкладення, грн/ га	4246,18	4273,08
13	Приведені затрати, грн/га	27189,95	26659,88
14	Річний економічний ефект, грн	-	13781,82
15	Термін окупності, років		0,1

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

10

- Для відновлення деградованих луків методом прямого перезалуження доцільно застосовувати такі типи сівалок, які під час одного проходу забезпечують смуговий обробіток дернини, висів насіння та його ущільнення. Такі машини мають відновити певним чином: не допускати заривання дернини, що дозволяє використовувати луки вже в рік перезалуження; забезпечувати горизонтальне підрізання дернини по обидва боки від щільності, що знижує конкуренцію з існуючим травостоєм; а також якісно загорнути насіння.
- У ході роботи було проаналізовано різні типи робочих органів - стрічасті леза з опорною поверхнею, а також тарічасті робочі органи з гладкими та фрезеподібними лезами. В результаті визначено, що найбільш ефективним для виконання смуги по дернині для сівки трав є фрезерний робочий сошник. Він найкраще поєднує агротехнічні та енергетичні характеристики, тому обраний як основний елемент для подальшої оптимізації його геометричних, кінематичних і технологічних параметрів.
- У результаті отримано математичні рівняння, які описують функціональний зв'язок між системами опору, геометричними, кінематичними й технологічними параметрами елемента робочого органу. Графіки, побудовані на основі цих залежностей, дозволили визначити оптимальні параметри конструкції робочого органу.
- Встановлено оптимальні геометричні параметри фрезерного тарічастого робочого органу: діаметр тарілки – 120 мм; зуби – 9–11 шт., довжина 15–20 мм; висота опорної поверхні – 25–30 мм; кут установки до горизонту – 80°; кут загострення верхньої частини зуба – 20–25°.
- Експериментальні дослідження дозволили визначити оптимальні технологічні параметри роботи та розташування фрезерних робочих органів на сівалці при прямому перезалуженні пасовищ. Технологічна швидкість роботи встановлена на рівні 3–4 км/год, ширина міжряддя – 200–250 мм. Робочі органи розміщуються дворядно, з відстанню між суміжними елементами по напрямку руху 300–350 мм. Встановлено, що при таких параметрах забезпечується висока якість обробки дернини, ефективність технологічного процесу та раціональне використання енергії сівалки.
- Експериментальні дослідження показали, що плоский коток не відповідає агротехнічним вимогам. Він контактує лише з краями піднятої дернини, через що ширина канавки виходить недостатньою, а необхідне навантаження для досягнення оптимальної щільності ґрунту в канавці майже вдвічі перевищує потребу у порівнянні з U-подібним котком [22]. Найбільш ефективним виявився U-подібний коток, при використанні якого підрізна сідка шільно притискає до мотоволту, і порожнини у лозі підрізання не спостерігаються. Такий коток забезпечує формування насінняного ложа з необхідною щільністю ґрунту у лозі висіву, що гарантує якісний посів та рівномірне проростання насіння.
- Дослідження показали, що впровадження розробленої сівалки з новими робочими органами у запропонованому технологічному процесі, порівняно з традиційною технологією прискореного перезалуження пасовищ, дозволяє значно знизити витрати. Зокрема, питомі капітальовкладення скорочуються на 74,2%, експлуатаційні витрати – на 76%, енерговитрати – на 77,5%, а питомі затрати праці зменшуються на 34,7%. При цьому продуктивність праці зростає на 53,22%. Загальний економічний ефект від застосування нової технології становить 13 781,82 грн/га.