

УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНЖЕНЕРНО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
КАФЕДРА АГРОІНЖЕНЕРІЇ

Допускається до захисту

Завідувач кафедри

Дідур В.В.

“ ” 2026 р.

Кваліфікаційна робота (дипломний проєкт)
перший (бакалаврський)
(освітній рівень)

на тему **«Проектування дискового сошника сівалки для роботи за
технологією нульового обробітку ґрунту»**

Виконав: студент 3 курсу, групи 31к-3-ім

Спеціальність Н7

«Агроінженерія»

В'ячеслав ПОЛЮГА

(прізвище та ініціали)

Керівник Юрій КОВАЛЬЧУК

(прізвище та ініціали)

Рецензент _____

(прізвище та ініціали)

Умань – 2026

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ СТАНУ ПИТАННЯ РОЗВИТКУ ТА МЕХАНІЗАЦІЇ ВИРОЩУВАННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР ЗА СИСТЕМОЮ УТРИМАННЯ ҐРУНТУ NO-TILL	6
1.1. Система землеробства No-till	6
1.2. Система машин при вирощуванні культур за технологією No-till.....	7
1.3. Види сошників	12
1.4. Висновки і завдання досліджень	17
РОЗДІЛ 2 ВИЗНАЧЕННЯ КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ ДВОДИСКОВОГО СОШНИКА ДЛЯ ПРЯМОЇ СІВБИ	18
2.1. Визначення діаметра диска	18
2.2. Визначення точки сходження дисків та ширини борозни	28
2.3. Висновки	25
РОЗДІЛ 3 ОХОРОНА ПРАЦІ	26
РОЗДІЛ 4 ОБҐРУНТУВАННЯ ДОСЯГНУТИХ РЕЗУЛЬТАТІВ.....	29
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	31
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	32

ВСТУП

Умови сучасного агровиробництва вимагають не лише збільшення врожайності, а й збереження довгострокової родючості ґрунтів, зниження витрат і мінімізації негативного впливу на довкілля. Однією з ключових технологій, що відповідає цим викликам, є система утримання ґрунту No-Till (нульовий обробіток). No-Till передбачає відмову від традиційного орання й глибокого розпушування ґрунту, зосереджуючись на мінімальних або відсутніх механічних діях, збереженні рослинних решток на поверхні та використанні диференційованих підходів до сівби, живлення і захисту рослин.

Актуальність теми обумовлена кількома факторами: деградацією ґрунтів внаслідок ерозії та втрати органічної речовини, зростанням вартості енергоносіїв і технологічних операцій, а також посиленням кліматичних ризиків (посухи, екстремальні опади). No-Till демонструє потенціал для збереження вологи, накопичення органічної маси, відновлення біоти ґрунту й зниження викидів парникових газів, що робить її привабливою як для великих агропідприємств, так і для дрібних фермерських господарств.

Мета роботи — дослідити теоретичні засади, практичні підходи й економіко-екологічні наслідки впровадження системи No-Till для вирощування основних сільськогосподарських культур у конкретних ґрунто-кліматичних умовах. Завдання дослідження включають: аналіз наукових джерел і досвіду господарств, оцінку впливу No-Till на властивості ґрунту і врожайність, визначення оптимальних агротехнічних прийомів (підготовка ґрунту, сівба, живлення, захист), а також економічну оцінку і рекомендації щодо впровадження.

У роботі розглядаються переваги No-Till (збереження структури ґрунту, зниження ерозії, скорочення енерговитрат і проходів техніки, підвищення вологозабезпечення), а також складнощі і ризики (накопичення залишків стерні, початкове збільшення бур'янів і шкідників, потреба в адаптованій техніці і зміні агрономічних підходів). Особлива увага приділяється інтеграції No-Till із

системами покривних культур, точного живлення та цифрового моніторингу для досягнення стабільної продуктивності та сталості виробництва.

Практична значимість дослідження полягає у формуванні адаптованих рекомендацій для агровиробників щодо планування переходу на No-Till, вибору техніки й асортименту культур, а також оцінки економічної доцільності та екологічних вигод. Робота має на меті стати корисним посібником для менеджерів господарств, агрономів і політиків, що визначають стратегії сталого розвитку сільського господарства.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ СТАНУ ПИТАННЯ РОЗВИТКУ ТА МЕХАНІЗАЦІЇ ВИРОЩУВАННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР ЗА СИСТЕМОЮ УТРИМАННЯ ҐРУНТУ NO-TILL

1.1. Система землеробства No-till.

Культури різних народів з давніх часів використовували нульовий обробіток ґрунту та мінімальний обробіток землі. Це було тому, що обробка ґрунту на будь-яку глибину вимагала більше енергії та потужності, ніж це було зазвичай можливо за допомогою ручної праці. Стародавні єгиптяни та інки в Андах Південної Америки використовували палицю, щоб зробити отвір у землі та вручну покласти насіння в непідготовлений ґрунт. Північноамериканські індіанці клали насіння кукурудзи в ямку. Однак із розвитком використання тварин як рушійної сили та знарядь для обробки ґрунту обробка ґрунту швидко стала синонімом землеробства.

Дійсно, обробка ґрунту значною мірою сприяла збільшенню виробництва їжі, створюючи насіннєве ложе для легшого посіву та контролюючи конкуренцію бур'янів. У багатьох частинах Північної та Південної Америки європейські поселенці, які мігрували до нового світу, не турбувалися про довгострокову стійкість своїх ферм.

«Нова земля» дуже цінувалася через більшу врожайність, і якщо ферми були «зношені» посівами, то так і було. В інших місцях було багато землі. Коли землю розчищали та обробляли, обробка ґрунту прискорювала окислення органічної речовини, що постачало азот для живлення культур. Обробіток ґрунту також прискорив втрату ґрунту та структурну деградацію через швидший розклад органічної речовини з високими температурами та більший потенціал ерозії з більшою кількістю та більш інтенсивними опадами. Коли землеробство стало невідгідним на еродованих і виснажених поживними речовинами полях, їх

покидали або відводили під пасова чи ліси, і землероби рушали у пошуках необроблених і більш продуктивних земель.

Основною метою управління рослинництвом є виявлення факторів, які обмежують продуктивність рослинництва, та їх коригування в рамках обмежень, накладених економічними міркуваннями. До цих факторів належать створення врожаю в належний час і відповідна популяція, забезпечення вологи та поживних речовин, необхідних для розвитку врожаю, а також боротьба з бур'янами, комахами та хворобами-шкідниками.

Обробіток ґрунту або його відсутність може мати великий вплив на ці фактори та, у свою чергу, на продуктивність сільськогосподарських культур. У міру розвитку сільського господарства фактори управління, необхідні для виробництва сільськогосподарських культур, застосовувалися як компоненти системи, зазвичай розробленої шляхом проб і помилок, і стосувались окремих місць і конкретних культур. Тут є як переваги, так і недоліки, пов'язані з обробітком ґрунту. Сільськогосподарські культури можна вирощувати як з великим, так і з дуже незначним обробітком ґрунту. Обізнані виробники можуть вибрати системи обробітку ґрунту, які вирішують проблеми, не створюючи інших неприйнятних.

1.2 Система машин при вирощуванні культур за технологією No-till.

Питання вибору та конструкції сівалки в системі No-Till сьогодні набагато актуальніші, ніж у традиційних технологіях із глибоким відваловим обробітком. Суттєва відмінність полягає не тільки в інструментах, а в наборі функцій, які сівалка повинна надійно виконувати в умовах збережених рослинних решток на поверхні поля.

Відмова від оранки — не отказ від функцій обробітку. Завдання (створення посівного ложа, контакт насінини з ґрунтом, розміщення насіння й добрив, захист від решток) залишаються; їх потрібно вирішувати іншими засобами, часто в інший

час. Досвід США та Австралії дав декілька практичних висновків, які варто адаптувати до умов України (чорноземи, дерново-підзолисті ґрунти, осередки засолення, різна забезпеченість технікою).

Основні принципи якісної сівби в No-Till з урахуванням сучасних досягнень

1. Управління рослинними рештками

- Не слід класти насіння прямо під щільний шар решток. Перед сошником сівалки обладнують рядочистильними дисками, роторними чистильниками або спеціальними «row cleaners», які відводять поверхневі рештки з лінії висіву, але не видаляють їх з поля. Це типова практика в США; в Австралії — поширені ротаційні або пружинні скребки для каменистих ґрунтів.
- В Україні рекомендується комбінувати ротаційні подрібнювачі після збирання та регульовані рядочистачі під час сівби, щоб зберегти мульчу, але забезпечити чистоту борозни.

2. Створення твердого посівного ложа й контроль покриття борозни

- Якість ложа визначається роботою opener'ів (двохдискові, V-openers, паралельні сошники) і подальшим закриттям борозни. Сучасні конструкції забезпечують вузьку, стабільну посівну борозну з мінімальним розпушуванням бокових шарів.
- Після встановлення насінини важливе укриття тонким розпушеним шаром ґрунту і одночасна консолідація: прес-вальці/прикочувальні котки із регульованим притискним зусиллям (електронне управління downforce) забезпечують потрібний контакт насінини з ґрунтом без надмірного ущільнення. Система автоматичного контролю притиску на коток — стандарт в США і Австралії, корисна й в Україні для зміни умов поля в реальному часі.

3. Контакт насінини з ґрунтом і регулювання притиску

- Для No-Till критичний контакт насінини й ґрунту: сучасні сівалки мають індивідуальні прикочувальні котки та систему регулювання притискного

зусилля по кожній секції. Це дозволяє уникнути як недостатнього контакту (сухі умови), так і надмірного ущільнення (мокрый ґрунт).

- В Україні слід навчати операторів підбирати притискні зусилля залежно від вологості й типу ґрунту: у вологих умовах знизити тиск, у сухих — збільшити.
4. Точність глибини висіву і копіювання мікрорельєфу
- Точний контроль глибини забезпечують паралелограмні підвіски сошників, прецизійні регулювання і автоматичні системи компенсації нерівностей (floating coulters). У США та Австралії широко використовують GPS-автопілот і електронний контроль висіву.
 - В Україні важливо застосовувати сошники з можливістю індивідуального копіювання рельєфу на кожній секції, особливо на полях з ямами і вибоїнами.
5. Розміщення насіння й добрив (стрічкове/роздільне внесення)
- Сучасний універсальний підхід — рознесене або вертикально/горизонтально розділене внесення. Ключові рішення: окремі сошники для добрив або комбінований складний сошник, що кладеться з точним розділенням шарів.
 - Досвід показує: у No-Till стрічкове (banded) внесення стартових добрив під насіння підвищує ефективність у перші фази. У посушливих умовах вертикальне розміщення добрив поряд з насіниною (але не в контакті) дає перевагу. У вологих умовах горизонтальне рознесення виявляється ефективнішим.
 - В Україні доцільно використовувати стрічкове внесення N-добрив (starter N) та комплекси з мікроелементами; застосовувати роздільні сошники там, де доступні.
6. Проблема азоту при No-Till і сучасні рішення
- У No-Till мінералізація органіки й вивільнення N часто відбуваються повільніше: культура може відчувати дефіцит азоту на початкових фазах. У США і Австралії широко застосовують: стартове внесення азоту у стрічку, використання нітрифікаційних та уреазних інгібіторів, стабілізованих форм

добрив (наприклад, карбамід з інгібітором), а також поділ норм N на ранні і базові підживлення.

- В Україні рекомендується: локальне внесення стартового N при сівбі, застосування інгібіторів у ризикових умовах вимивання, листові підживлення для швидкої корекції дефіциту.
7. Конструктивні рішення сівалок (номенклатура сучасних підходів)
- Пневматичні вузли доставки насіння (air seeding) з рознесенням бункерів для насіння і добрив — дозволяють точне дозування, мінімальне засмічення й гнучкість розміщення. Це стандарт у великих господарствах США.
 - Дискові opener'и (double-disk, notched disk) з притискними котками і рядочистильними дисками — універсальний вибір для українських полів з рештками.
 - Strip-till комбінує локальний розпушувач смуги під насінину з No-Till мульчею міжрядь — ефективний компроміс у посушливих регіонах України для кращого прогріву й доступу до вологи. Австралійський досвід показав гарну адаптацію strip-till на кам'янистих і важких ґрунтах.
 - Controlled Traffic Farming (CTF) і автопілот: зменшення зони ущільнення, точність повторних проходів — широко застосовуються в США; в Україні CTF перспективний для великих полів із модернізованим парком.
8. Мінімізація пошкоджень та управління ущільненням
- Використання легкозчіпної сівалки з оптимальним розподілом ваги, системи подвійної рами чи окремого візка для бункерів дозволяє зменшити тиск на ґрунт секціями.
 - Автоматичне регулювання downforce і колес-замикання (traction control) запобігають локальному ущільненню. Українським господарствам слід звертати увагу на тиск ґрунту шинами та кількість проходів техніки.
9. Сівалка як частина інтегрованої системи: покривні культури, подрібнювачі, сівозміна
- В США й Австралії No-Till поєднують з широким використанням покривних культур (для контролю ерозії, біомаси, азотфіксації), подрібнювачами стерні

і мінімальною кількістю проходів. Для України важливо впроваджувати покривні культури, що сумісні з місцевим кліматом (жито, фацелія, гірчиця, редька) і піднімають органіку в чорноземах.

- Стабільна сівозміна з бобовими — ключ для зниження хворобного тиску та забезпечення азоту.

10. Практичні рекомендації для адаптації в Україні

- Вибирати сівалки з дисковими орепер'ами, регульованими рядочистачами і індивідуальними прес-вальцями; при можливості — пневматичну систему подачі насіння.
- Для посушливих регіонів впроваджувати strip-till; у регіонах з великим об'ємом решток — потужні рядочистачі та потужні подрібнювачі стерні перед сівбою.
- Використовувати стрічкове внесення стартових добрив; застосовувати нітрифікаційні інгібітори в ризикових зонах.
- Налаштовувати притискні котки залежно від вологості ґрунту; уникати робіт у надмірно вологому стані, щоб не спричинити ущільнення.
- Інвестувати в навчання операторів щодо калібрування сівалки, налаштування downforce і контролю глибини.
- Розглядати СТФ та автопілот при масштабних виробництвах; починати з простих технологічних змін (рядочистачі, пневматика, стрічкове внесення) для поетапного переходу.

Висновок Сучасні досягнення No-Till у США й Австралії показали, що успіх залежить не тільки від самої відмови від оранки, а від правильної інтеграції сівалки в загальну систему: управління рештками, точне розміщення насіння й добрив, контроль contact seed-to-soil, автоматичне регулювання притиску, strip-till в зоні ризику посухи, застосування інгібіторів азоту та цифрових систем. Адаптація цих рішень до українських умов — з урахуванням видів ґрунтів, клімату та технічних можливостей господарств — дозволить отримати стійкіші врожаї та зберегти ґрунтовий ресурс.

1.3 Види сошників.

Якщо говорити просто — успіх No-Till починається зі сошника. Досвід провідних господарств США й Австралії показав: можна відмовитися від плуга, але не можна недооцінити роль сівалки. Саме її сошникова група вирішує, чи зійде насінина вчасно, чи отримає потрібний контакт із ґрунтом, чи збережеться мульча й чи не постраждає коренева система від ущільнення. І якщо раніше вибір сошника здався технічним питанням — сьогодні це стратегічне рішення для зростання й збереження ґрунту.

Дводискові сошники — універсал, але не панацея. Вони добре працюють на підготовленому полі, але у No-Till потребують додаткових пристроїв: рядочистачів, прикочувальних котків і систем індивідуального притиску. Саме американські та австралійські модернізації — рифлені диски, паралелограми підвіски, електронне регулювання downforce — роблять їх придатними для наших чорноземів. Якщо ви купуєте дводиск — вимагайте опції для роботи в мульчі

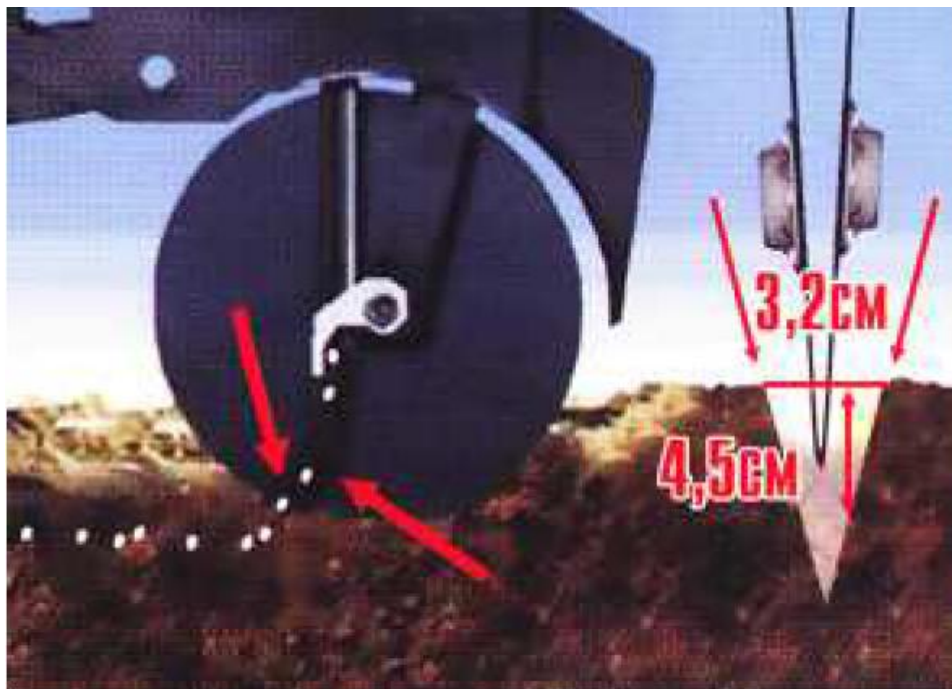


Рисунок 1.1 Сошникова група з дводисковим сошником.

Однодискові сошники — варіант для «важких» полів. Вони краще ріжуть соломі, проходять каміння й формують вузьку борозну. На полях із великою кількістю пожнивних решток або з кам'янистими ділянками однодиск — часто єдиний розумний вибір. Але без опорного колеса його точність слабша; тому комбінація з прикочувальним колесом — обов'язкова.



Рисунок 1.2. Загальний вигляд однодискового сошника сівалки.

Долотоподібні та strip-till-рішення — відповідь на посуху. Коли потрібно локально підготувати смугу ґрунту, забезпечити прогрів і доступ до вологи — долото чи strip-till дають найкращий компроміс: мульча міжрядь залишається, смуга під насінину підготовлена. Австралійський досвід особливо показовий: там strip-till дозволяє вирощувати в екстремально посушливих умовах.

Анкерні сошники — для «чистих» полів. Вони стабільні у глибині загортання, але чутливі до решток і стану ґрунту. Після ріпаку чи буряку, де соломи небагато, анкер дає рівну глибину; у мульчі — потребує модернізації (гострий наральник, крила) або зовсім інший тип сошника.



Рисунок 1.3. Анкерний сошник.

Рішення щодо внесення добрив — не техніка, а агротехнологія. No-Till змінює правила: стрічкове (banded) внесення стартових добрив під насінину часто забезпечує кращий старт, ніж поверхнєве розкидання. В посушливих умовах вертикальне розміщення добрив поруч із насіниною — перевага; у вологих — горизонтальне рознесення дає результат. Тому сівалка має вміти розділяти насіння й добрива — або окремими сошниками, або складними комбінованими вузлами.

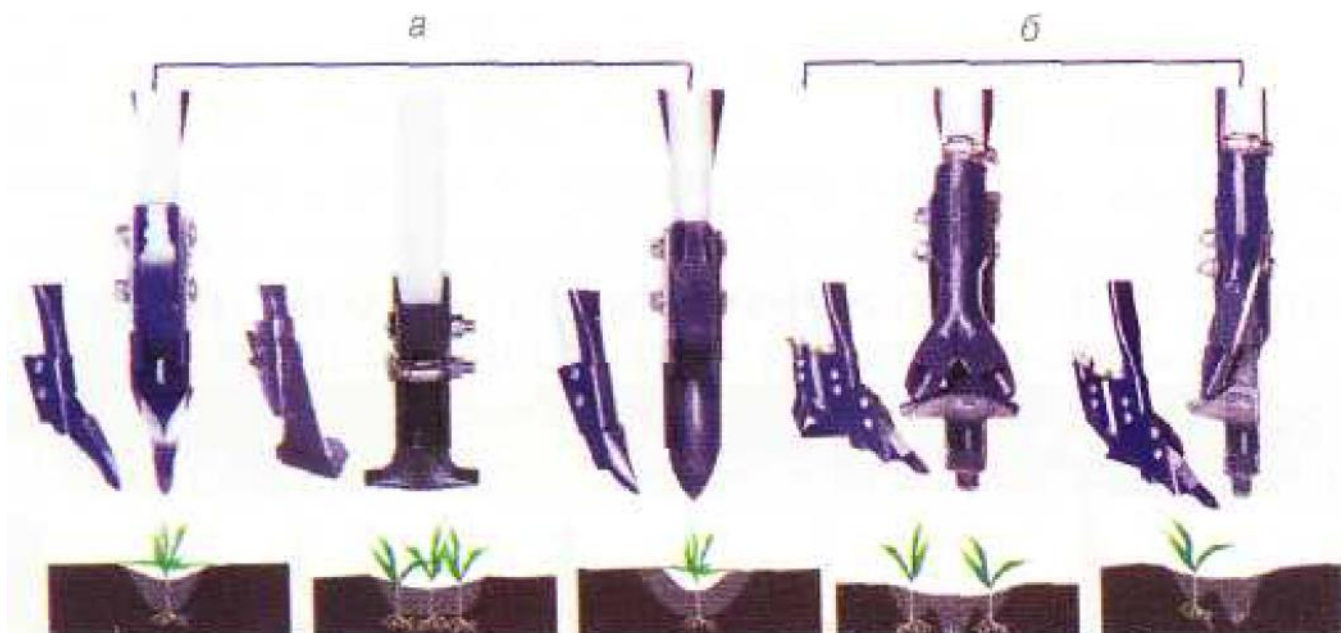


Рисунок 1.4. Загальний вигляд сошників анкерного типу сівалок Махім для поєднання сівби насіння і добрив (а) та окремої сівби насіння і добрив (б).

Пневматична подача — крок до точності. Великі американські господарства давно перейшли на air-seeding: точне дозування, гнучкість розміщення бункерів, мінімальне забруднення. Для українських агропідприємств це логічний напрямок модернізації, хоча затратний. Починати можна поступово: модульні пневмосекції, інтеграція із системами контролю висіву.



Рисунок 1.5 Загальний вигляд долотоподібних сошників сівалки.

Контроль притиску й копіювання рельєфу — не розкіш, а необхідність. Електронний downforce, індивідуальні прикочувальні колеса й паралелограми підвіски гарантують стабільну глибину навіть на нерівному полі. Без цього — ризик нерівномірних сходів, заглиблення чи навпаки — поверхневого висіву.

Що реально зробити вже завтра?

- Додайте до сівалки рядочистачі та прикочувальні котки.
- Впровадьте стрічкове внесення стартових добрив, особливо азоту.
- На посушливих ділянках розгляньте strip-till.
- Навчіть операторів регулювати downforce під умови поля.

- Інвестуйте в міцні, зносостійкі елементи сошників і запасні модулі для швидкої заміни в полі.

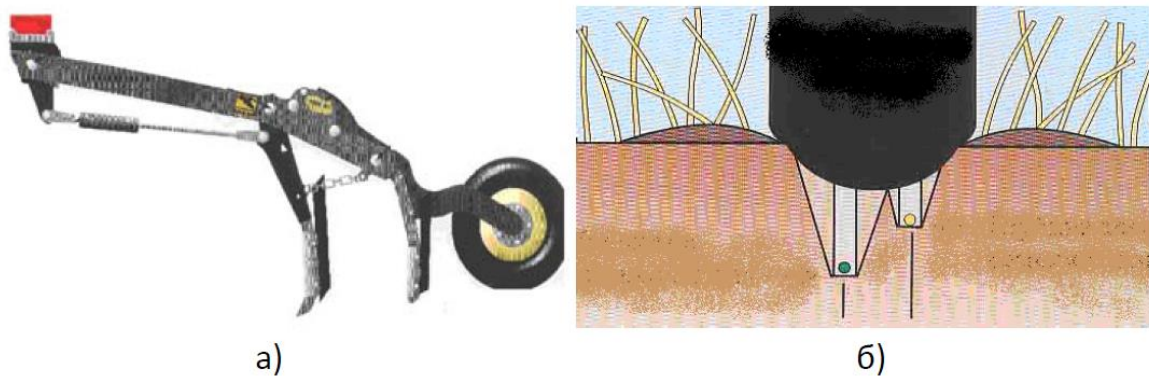


Рисунок 1.6. Загальний вигляд сошника Seed Hawk (а) та схема розміщення ним насіння та добрив (б).

No-Till — це не лише відмова від плуга, це нова логіка посіву. І ця логіка починається з сошника. Комбінація правильного типу сошника, пристроїв для роботи в мульчі, систем точного внесення добрив і контролю притиску — ось рецепт успіху, який вже працює в США й Австралії і який потрібно адаптувати під наші ґрунти та клімат. Кінець ери «одна сівалка для всього» — час обирати інструмент під поле, а не під звичку.

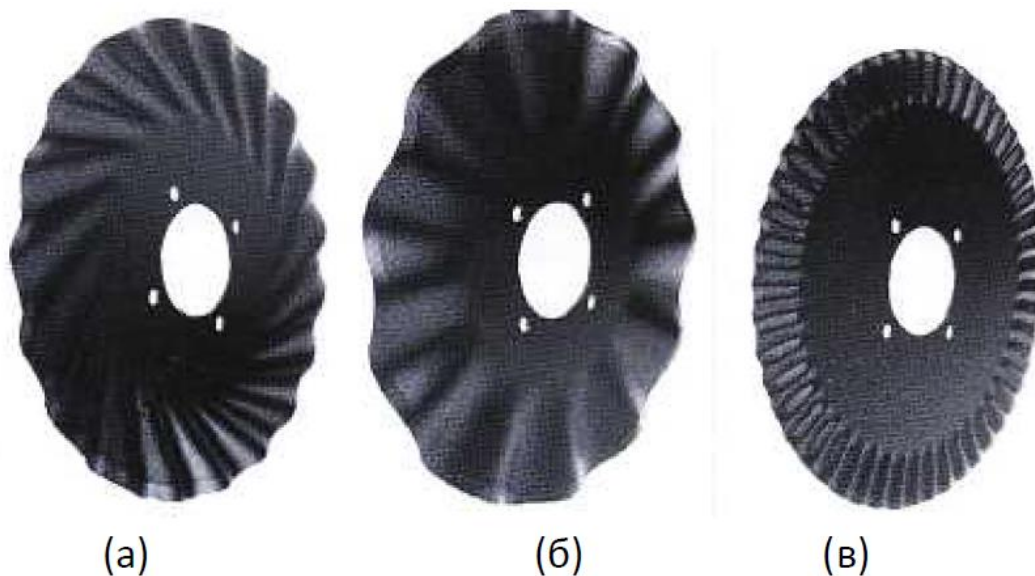


Рисунок 1.7. Загальний вигляд різних видів різальних дисків: (а) турбодиска; (б) хвилястого різального диска; (в) рифленого різального диска.

1.4. Висновки і завдання досліджень.

Аналіз літературних джерел показав, що дослідження спрямовані на розвиток вирощування сільськогосподарських культур за системою No-till є актуальними. Одним з основних конструктивних елементів, який відповідає за якісне впровадження цієї системи є сошник сівалки. Огляд існуючих сошників показав, що дводискові сошники є універсальними, а одними з найбільш ефективних є гофровані однодискові сошники. Тому метою даної роботи є вдосконалення дводискового сошника сівалки для прямої сівби.

Відповідно до поставленої мети необхідно вирішити такі **завдання**:

1. Дослідити особливості системи No-till для вирощування сільськогосподарських культур.
2. Дослідити конструктивні особливості існуючих сошників.
3. Розробити дводисковий гофрований сошник для сівалки No-till.
4. Розглянути стан охорони праці при виконанні операції сівби.
5. Провести аналіз економічних показників застосування базового та удосконаленого сошника.

РОЗДІЛ 2

ВИЗНАЧЕННЯ КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ ДВОДИСКОВОГО СОШНИКА ДЛЯ ПРЯМОЇ СІВБИ

2.1. Визначення діаметра диска.

Як показано на рис. 2.1, цілісна структура гофрованого дводискового сошника є ідентичною структурі традиційного дводискового сошника, але структурні параметри відрізнялися через різні типи дисків. Дослідимо взаємодію між гофрованим диском та стеблиною ріпаку [7].

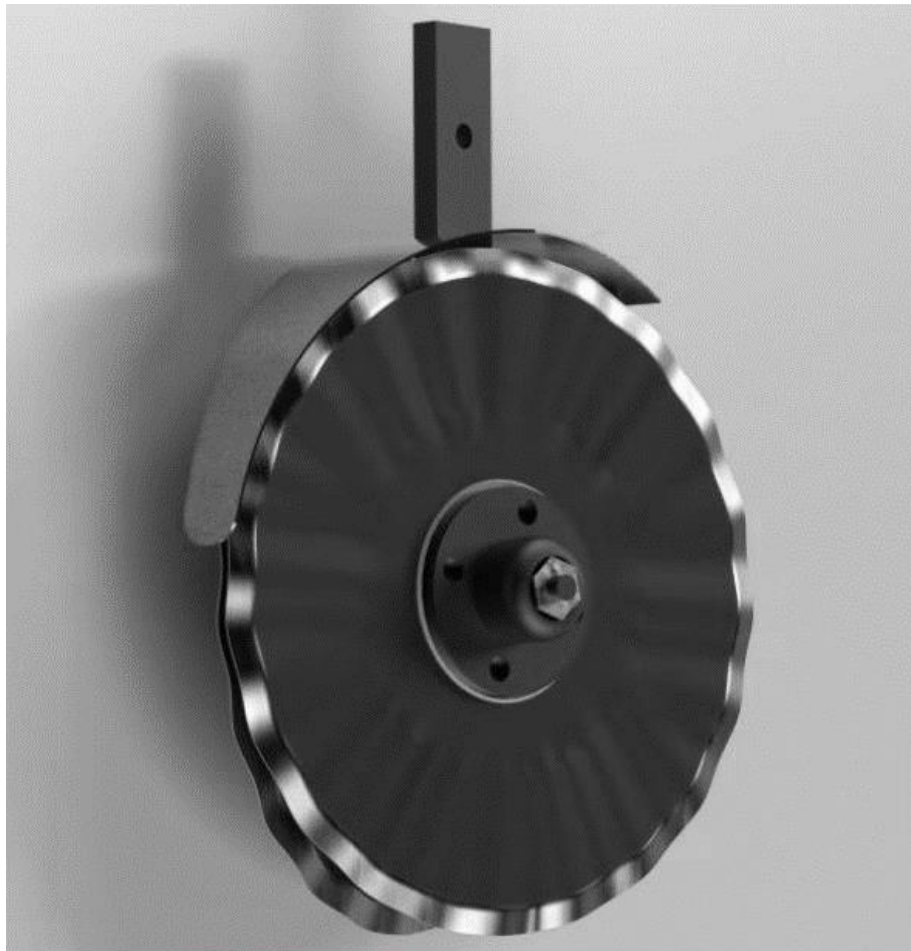


Рисунок 2.1. Гофрований дводисковий сошник.

Проведемо силовий аналіз взаємодії дисків зі стеблиною ріпаку в момент їх контакту (рис. 2.2).

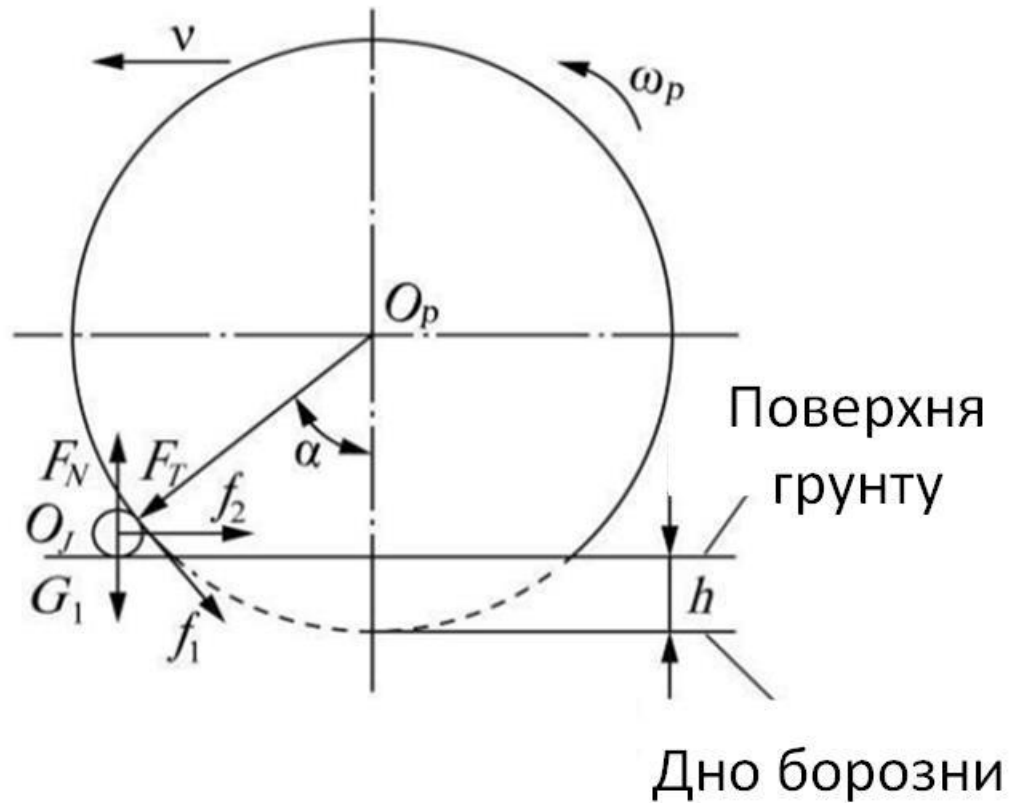


Рисунок 2.2. Силевий аналіз взаємодії дисків та стебла ріпаку:

O_p – центр диска; O_J — центр стебла ріпаку; v – поступальна швидкість руху сошника, м/с; ω_p – кутова швидкість диска, рад/с; α – кут контакту ($^\circ$); F_T – сила дії диска на стеблину ріпаку, Н; F_N – нормальна сила опори ґрунту на стебло ріпаку, Н; G_1 – вага стеблини ріпаку, Н; f_1 – сила тертя диска по стеблині ріпаку, Н; f_2 – сила тертя стеблини ріпаку по землі, Н.

З аналізу статичної рівноваги стеблини ріпаку випливає [2]:

$$\begin{cases} f_1 \sin \alpha + F_t \cos \alpha + G_1 = F_N \\ f_1 \cos \alpha + f_2 = F_T \sin \alpha \end{cases} \quad (2.1)$$

Геометричне співвідношення між розмірами стеблини і розміром диску можна виразити наступним чином:

$$\cos \alpha = 1 - \frac{2h + d}{D} \quad (2.2)$$

де D - діаметр диска, мм;

d – діаметр стеблини ріпаку, мм.

Умовою перерізання стеблини дисковим сошником є:

$$f_1 \cos \alpha + f_2 \geq F_T \sin \alpha \quad (2.3)$$

Введемо кут тертя φ_1 між стеблиною ріпаку та диском і кут тертя φ_2 між стеблиною ріпаку та поверхнею ґрунту, тоді з рівнянь (1.1), (1.2) і (1.3) отримаємо:

$$\cos^{-1}\left(1 - \frac{2h + d}{D}\right) \leq \varphi_1 + \varphi_2 \quad (2.4)$$

Середній діаметр стебел ріпаку становить $d = 8$ мм. Заглиблення сошника в ґрунт не повинне бути занадто великим; інакше він не зможе перерізати стебла які лежать на поверхні, тому приймаємо глибину руху сошника $h = 80$ мм. Кут тертя металу по стеблу варіює від 16° до 21° [2]; виберемо максимальне значення $\varphi_1 = 21^\circ$. Враховуючи той факт, що пристрій в основному використовується для нульового посіву та обробки борозен у посушливих районах, де поверхнева вологість ґрунту (близько 13%) низька, середній кут тертя φ_2 між стеблом ріпаку та поверхнею ґрунту був визначений у 19° . Підставивши ці значення у формулу (2.4) можна отримати з діаметра диска $D \geq 230$ мм.

Аналіз миттєвої швидкості диска, що перерізає стеблину ріпаку під час утворення борозни, показано на рисунку 2.3. Припустимо, що рух диска відбувається як кочення без проковзування, як миттєвим центром кола різання в точці А, та r_{AB} як миттєвим радіусом різання [7].



Рисунок 2.3. Аналіз миттєвої швидкості диска, що розрізає стебло:

A — миттєвий центр кола різання; B — миттєва точка контакту між диском і стеблом; C — точка проєкції точки B на O_pA ; α — кут контакту ($^\circ$); ω_{AB} — миттєва кутова швидкість різання, рад/с, з точкою A як центром кола; v_B — миттєва лінійна швидкість різання, м/с, з центром кола в точці A .

Аналіз співвідношення миттєвих швидкостей між дисками, що розрізають стебло, дає наступне:

$$\begin{cases} v_B = \omega_{AB} r_{AB} \\ v = \omega_p \frac{D}{2} \end{cases} \quad (2.5)$$

де r_{AB} — миттєвий радіус різання, мм.

Геометричне співвідношення має наступний вигляд:

$$r_{AB}^2 = r_{OpA}^2 + r_{OpB}^2 - 2r_{OpA}r_{OpB} \cos \alpha \quad (2.6)$$

Миттєва кутова швидкість різання в точці B і кутова швидкість диска рівні за величиною, тобто:

$$\omega_{AB} = \omega_p \quad (2.7)$$

З рівнянь (2.2), (2.5), (2.6) і (2.7) знаходимо:

$$v_B = 2\omega_p \sqrt{2(2h + d)} \cdot \sqrt{D} \quad (2.8)$$

Підставивши глибину руху $h = 80$ мм і діаметр стебла $d = 8$ мм у рівняння (2.8) отримаємо:

$$v_B = 2\sqrt{390} \cdot \omega_p \sqrt{D} \quad (2.9)$$

Як видно з рівняння (2.9), за умови, що кутова швидкість диска, ω_p , миттєва швидкість лінії різання, v_B , можливість перерізання стеблини буде залежати від діаметра диска, D , тобто чим більший діаметр диска, тим кращий ріжучий ефект диска на стеблах. Як видно з рівняння (2.2), коли глибина борозни та діаметр стебла набувають певних значень, чим більший діаметр диска D , тим менший кут контакту α . Збільшення діаметра диска D сприяє перерізанню стебел ріпаку; однак, якщо діаметр диска занадто великий, це обмежить конструкцію всієї машини та висоту рами, оскільки основною функцією гофрованого дводискового сошника в процесі борозни є відведення скошених стебел у сторони через ефект гофри, тому діаметр диска зазвичай приймається 200–300 мм [4].

Гофровані диски перерізають стебла та стерню в посівній стрічці і не потребують високої ріжучої здатності. У поєднанні з наведеним вище аналізом діаметр гофрованого диска було прийнято за середнє значення $D = 250$ мм.

2.2. Визначення точки сходження дисків та ширини борозни.

У дводисковому сошнику краї дисків перетинаються в точці нижче передньої частини, яка називається точкою сходу подвійних дисків, m_0 . Позиція точки сходу позначимо β_0 , а також диски утворюють кут φ_0 , рис. 2.4. Вибір точки агрегації визначається радіусом дисків та агрономічними вимогами в глибина посіву.

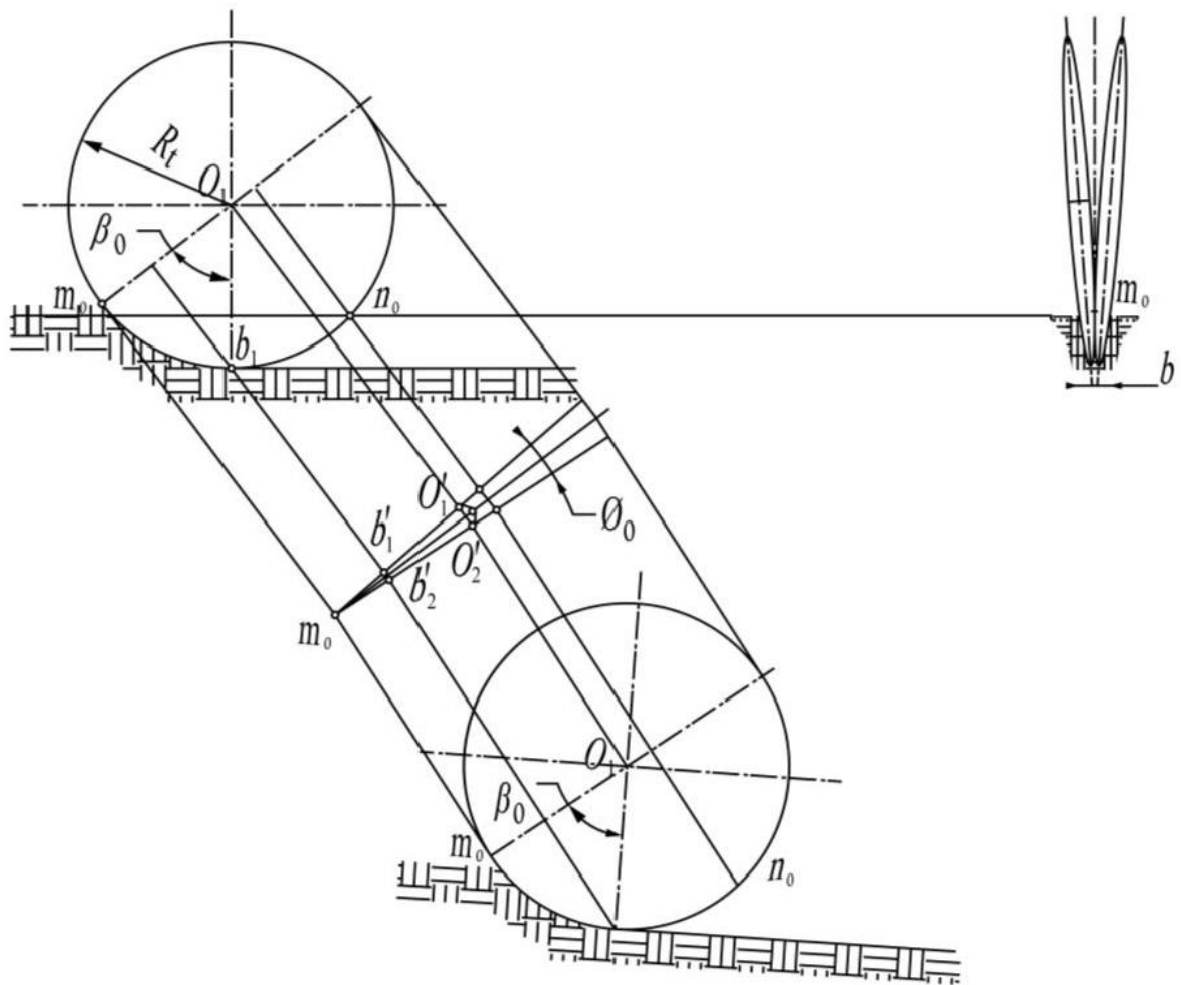


Рисунок 2.4. Положення та кут точки сходження дисків сошника.

Радіус дисків і кут розташування дисків дводискового сошника є важливими факторами, що впливають на глибину борозни, і формула для розрахунку ширини борозни буде такою:

$$K = R_t(1 - \cos \beta) \sin \frac{\varphi}{2} \quad (2.10)$$

де R_t – діаметр диска, мм;

φ – кут між двома дисками, °;

β – кут між точкою входження диску в ґрунт і вертикальним напрямком.

Як видно з наведеного вище рівняння, коли радіус диска та кут сходження дисків збільшуються, ширина борозни збільшується, а також опуклість у посівній борозні, що серйозно впливає на якість сівби. Тому положення точки сходження дисків та кут розміщення дисків слід вибирати відповідно до розміру насінин.

Відповідно до літературних джерел, чим більший радіус дисків дводискового сошника тим більшою буде опуклість насінневої борозни, дно насінневої борозни погано вирівнюється що також впливає на якість сівби; якщо радіус диска занадто малий, дводисковий сошник схильний до нерівномірного обертання та забивання під час роботи, що збільшує робочий опір і призводить до зниження якості роботи. Отже, радіус рифленого дводискового сошника повинен відповідати наступній умові:

$$\begin{cases} R_t > h \\ \frac{R_t - h}{R_t} = \cos \beta_0 \end{cases} \quad (2.11)$$

де h – глибина борозни, мм.

Відповідно до агротехнічних вимог сівба може відбуватись на глибину від 5 до 80 мм. Враховуючи місце установки сошника і висівного сошника, а також глибину борозни можна визначити радіус диска дводискового сошника $R_t = 125$ мм.

Як видно з рисунку (2.4), ширина борозни в нижній частині b пов'язана з радіусом диска R_t і кутом φ_0 сходження дисків. Для забезпечення прохідності гофрованого дводискового сошника та працездатності пристрою ширину отвору гофрованого дводискового сошника слід робити якомога меншою [7]. Відповідно до конструкції сівалки, щоб забезпечити вільне падіння насіння у відкриту борозну, ширина борозни має відповідати наступному виразу:

$$\begin{cases} b < W_{\max} \\ 2R_t \sin \frac{\varphi_0}{2} > 19 \end{cases} \quad (2.12)$$

де $W_{\max}$ – максимальне значення ширини стрічки посіву.

Приймаємо $W_{\max} = 5,80$ мм. З рівнянь (2.10)-(2.12), можна отримати, що кут сходу дисків повинен бути $\varphi_0 > 8,32^\circ$; Таким чином, приймаємо цей кут $\varphi_0 = 9^\circ$.

2.3 Висновки.

Відповідно до агротехнічних вимог було визначено оптимальні конструктивні параметри дводискового гофрованого сошника для сівби за технологією No-till. Діаметр диска повинен становити 250 мм, кут сходження дисків 9° .

РОЗДІЛ 3

ОХОРОНА ПРАЦІ

No-Till змінює не лише агротехніку — він ставить нові вимоги до безпеки людей. Сучасна сівалка в системі нульового обробітку — складний механізм із великою кількістю рухомих частин, пневматики, електроніки й вузлів для внесення добрив. Тому питання охорони праці тут — не формальність, а життєва необхідність: порушення правил на полі часто коштує здоров'я або життя.

Травматизм у галузі: факти, що лякають Переважна частина тяжких нещасних випадків в агропромисловості трапляється під час роботи самохідної техніки. Часті причини — неуважність, нехтування базовими правилами, робота в небезпечних місцях та перевезення людей у непризначених для цього кузовах. No-Till додає нові ризики: робота з пневмосистемами, високим тиском, агрегатами, що рухаються в тісному контакті з оператором, а також маніпуляції із секціями сошників і рядочистачів у полі з мульчею.

Підготовка техніки — запорука безпеки Перед посівною техніку треба перевірити ґрунтовно: гальма, руль, освітлення, гідравліку, пневмосистеми, кріплення сошникових груп, захисні кожухи карданів, систему внесення добрив, електроніку та засоби пожежогасіння. Перевірка — обов'язок служби експлуатації і фахівців з охорони праці. Несправні агрегати до роботи не допускати, самовільні конструктивні зміни — заборонені. Особливо: ні в якому разі не запускати двигун ручним способом, не експлуатувати машини з відкритими огороженнями привідних валів.

Вимоги до кабіни та органів управління Кабіна має гарантувати оператору огляд і швидкий вихід у надзвичайній ситуації. Аварійні виходи, світлова сигналізація, справні прилади керування, глушники іскр та надійні гальма — обов'язкові. Органи керування повинні забезпечувати точні маневри із сівалкою й причіпним агрегатом, а запуск і регулювання приладів — з робочого місця.

Безпека причіпних і сошникових груп Робочі органи сівалки — уразливі зони. Вони мають мати захисні кожухи, фіксатори для транспортування, зручні точки змащування і підпірки для робіт під піднятими вузлами. Карданні вали — завжди в огороженні; гідравлічні з'єднання — зі швидкороз'ємними муфтами з захистом. Кришки бункерів щільно фіксуються; пневмосистеми — захищені від сторонніх втручань.

Підготовка поля і маршрутів руху Посівні роботи починаються з огляду поля вдень: прибрати купи, більші камені, вирівняти ями, позначити небезпечні ділянки помітними знаками. Маршрути руху техніки, поворотні смуги та під'їзди мають бути погоджені й доведені до всіх учасників робіт. При одночасній роботі кількох машин дистанція не менше 30 м; під час розворотів — робочі органи підняті, швидкість не більше 4 км/год.

Підготовка персоналу і дисципліна Працювати мають лише навчені та допущені особи. Інструктажі, пожежні та медичні тренування — обов'язкові. Один оператор — один агрегат. Узгодженість дій між трактористом і сіячами має бути чіткою: лише старший сіяч подає сигнали; рух — за командою. Заборонено перевозити людей у кузовах чи на причепах.

Обслуговування в полі та роботи під час експлуатації Калібрування висіву, перевірка row-cleaner'ів, прикочувальних котків і систем downforce мають здійснюватися на стоянці з вимкненим двигуном. Для чистки сошників і прочищення забитих вузлів — вимикати агрегат, фіксувати підняті елементи і застосовувати інструменти. Не лізти руками у механізми під час роботи. Пневмо- і гідросистеми ремонтують після скидання тиску та фіксації рухомих частин.

Паливо та пожежна безпека Заправка — лише при зупиненому і охолодженому двигуні, без куріння, із заземленням при перекачуванні. Техніка очищується від нальотів соломи і масла — вогнебезпечні місця. Вогнегасник у кабіні — обов'язково; персонал має знати порядок дій при загорянні.

Робота з електронікою та пневматикою Електронні блоки і кабелі потребують сухого захищеного монтажу; не ремонтувати електрику під час опадів.

Пневмосистеми сівалки — обслуговуються за регламентом; при аварійному обриві — негайне відключення і евакуація поряд.

Перша допомога та аварійні плани Кожна бригада має аптечку, засоби зв'язку і план евакуації. Інциденти документуються і розслідуються з метою запобігання повторень. Навчання з першої допомоги — регулярне.

Особливі ризики No-Till і як їх мінімізувати

- Забруднення насіння та ризик заклинювання сошників у мульчі — підтримувати row-cleaner в робочому стані; зупинка для очищення лише при зупиненому двигуні.
- Високий тиск пневмосистем — контролювати манометри й засоби розрядки тиску; не працювати біля пошкоджених рукавів.
- Модульні та важкі секції — фіксувати гідроциліндрами й страховочними упорами перед підйомом або заходами під ними.
- Робота на схилах і нерівностях — розробити маршрути, уникати ризикових зон, дотримуватись вимог щодо ширини поворотних смуг.

Що має зробити господарство сьогодні

- Впровадити щоденну передрейсову перевірку No-Till сівалок; вести журнал ТО.
- Забезпечити на полі аптечки, вогнегасники й зв'язок для бригад.
- Навчити операторів безпечному калібруванню сошникових груп, налаштуванню downforce і очищенню рядочистачів.
- Заборонити перевезення людей у кузовах і на причепах; забезпечити належні умови для бригад (харчування, обігрів, меддопомога).
- Розробити план дій при аваріях і проводити регулярні тренування.

Підсумок No-Till — це шанс зберегти ґрунт і знизити витрати. Але жодна технологія не варта людського життя. Сучасна сівалка вимагає сучасної дисципліни: техніка має бути справною, люди — навченими, правила — чіткими, а культура безпеки — невід'ємною частиною агротехнології. Тільки так інновації принесуть прибуток, а не трагічні втрати.

РОЗДІЛ 4

ОБҐРУНТУВАННЯ ДОСЯГНУТИХ РЕЗУЛЬТАТІВ

Основний економічний ефект при використанні вдосконаленого сошника на сівалках по-till є зменшення втрат насіння при сівбі та покращена рівномірність висіву, що в подальшому сприяє збільшенню врожайності. Також даний сошник дозволяє виконувати операцію сівби на вищих швидкостях поступального руху агрегату, підвищуючи таким чином його продуктивність.

Експлуатаційні показники, які характеризують ефективність застосування розробленого пристрою, визначали відповідно до стандартної методики [9].

Вихідні дані для розрахунків наведені в табл. 4.1.

Таблиця 4.1 - Вихідні дані для розрахунку економічної ефективності сівалки з вдосконаленим сошником

Показник	Базовий варіант	Удосконалений варіант
Склад агрегату	John Deere 6R 110 + John Deere 7000	John Deere 6R 110 + John Deere 7000
Номінальна потужність двигуна енергозасобу, кВт	89	89
Вартість трактора, грн.	3000000	3000000
Річне завантаження трактора, год.	1600	1600
Вартість сівалки, грн.	662447	700000
Річне завантаження сівалки, год.	170	170
Сумарні відрахування (амортизація, ТО та поточний та капітальний ремонт), %	21,5	21,5
Кількість обслуговуючого персоналу	1	1
Робоча швидкість агрегату, км/год	8	16
Коефіцієнт використання часу зміни	0,8	0,8
Продуктивність, га/год	3,6	7,2
Заробітна плата, грн./год.	100,00	100,00
Витрата палива, кг/га	10,0	8,0
Ціна палива, грн.	55,00	55,00

Складові витрати коштів подано в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 - Розрахунок показників економічної ефективності впровадження вдосконаленого сошника.

Показник	Варіанти		Відхилення
	Базовий варіант	Удосконалений варіант	
Затрати праці, люд.-год/га	0,28	0,13	- 0,15
Заробітна плата, грн./га.	27,78	13,89	- 13,89
Вартість палива, грн./га	550,00	440,00	- 110
Відрахування на реновацію та капітальний ремонт, грн./га;	240,49	124,85	- 115,64
Відрахування на поточний ремонт та ТО, грн./га.	104,21	54,10	- 50,11
Сумарні прямі експлуатаційні витрати, грн./га	922,48	632,84	- 289,64
Річний економічний ефект, грн	214680,00		
Термін окупності капіталовкладень, років	1		

Застосування удосконаленого агрегата John Deere 6R 110 + John Deere 7000 забезпечує економію коштів в порівнянні з базовим варіантом 289,64 грн./га.

Річний економічний ефект від застосування удосконаленої сівалки в порівнянні з існуючим варіантом – 214680,00 грн/рік при обсязі роботи 400 га.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Аналіз літературних джерел показав, що дослідження спрямовані на розвиток вирощування сільськогосподарських культур за системою No-till є актуальними. Одним з основних конструктивних елементів, який відповідає за якісне впровадження цієї системи є сошник сівалки. Огляд існуючих сошників показав, що дводискові сошники є універсальними, а одними з найбільш ефективних є гофровані одnodискові сошники.

2. Відповідно до агротехнічних вимог було визначено оптимальні конструктивні параметри дводискового гофрованого сошника для сівби за технологією No-till. Діаметр диска повинен становити 250 мм, кут сходження дисків 9° .

3. Розглянуто заходи охорони праці при виконанні робіт в при підготовці та виконанні технологічної операції сівби удосконаленим агрегатом.

4. Застосування удосконаленого агрегата John Deere 6R 110 + John Deere 7000 забезпечує економію коштів в порівнянні з базовим варіантом 289,64 грн./га. Річний економічний ефект від застосування удосконаленої сівалки в порівнянні з існуючим варіантом – 214680,00 грн/рік при обсязі роботи 400 га.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Косолап М.П., Кротінов О.П. Система землеробства No-Till .- Київ, 2011. – 372 с.
2. Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку: підручник / [Д.Г. Войтюк, В.М. Барановський, В.М. Булгаков та ін.]; за ред. Д.Г. Войтюка. – К.: Вища освіта, 2005. – 464 с.
3. Сільськогосподарські та меліоративні машини: Підручник / Д.Г. Войтюк, В.О. Дубровін, Т.Д. Іщенко та ін.; За ред. Д.Г. Войтюка. – К.: Вища освіта, 2004. – 544 с.
4. Новітні енергетичні засоби та сільськогосподарські машини: підруч./О.С. Пушка, А.В. Войтік, В.В. Кравченко, Т.О. Кутковецька. - Умань : Видавець "Сочінський М.М.", 2018. - 244 с.
5. Головчук А.Ф. Машиновикористання та екологія довкілля: підручник / А.Ф. Головчук, А.С. Лімонт; за ред. А.Ф. Головчука. –К.: Грамота, 2007. — 360 с.
6. Головчук А.Ф. Машини сільськогосподарські / А.Ф. Головчук, В.І Марченко, В.Ф. Орлов. - К.: Грамота, 2005. – 575 с.
7. YE, Rui, et al. Optimization and Design of Disc-Type Furrow Opener of No-Till Seeder for Green Manure Crops in South Xinjiang Orchards. Agriculture, 2023, 13.8: 1474.
8. Охорона праці при вирощуванні сільськогосподарських культур: Навчальний посібник / М.М.Саkun, В.Ф. Нагорнюк; Одеський державний Аграрний університет/. Кафедра безпеки життєдіяльності.- Одеса «Видавництво», 2009.- 184 с.
9. Мельник І.І. Проектування технологічних процесів у рослинництві: Навчальний посібник / І.І. Мельник, В.Д. Гречкосій, С.М. Бондар; За ред. І.І. Мельника. – Ніжин: ТОВ “Видавництво Аспект-Поліграф”, 2005. – 192 с.