

Центральноукраїнський національний технічний університет

Агротехнічний факультет

Кафедра сільськогосподарського машинобудування

“Допущено до захисту”
Зав. кафедрою СГМ
к.т.н., професор
_____ Олексій ВАСИЛЬКОВСЬКИЙ
“ ____ ” _____ 2025 р.

ДИПЛОМНА РОБОТА
за другим (магістерським) рівнем вищої освіти
на тему:

«Механізація вирощування редису з обґрунтуванням конструкції і параметрів
робочих органів овочевої сівалки»

Виконав здобувач вищої освіти ІІ курсу,
групи АІ-24М-1
ОПП «Агроінженерія»
спеціальності 208 «Агроінженерія»
_____ Стоян Вадим Станіславович
« ____ » _____ 2025 р.

Керівник роботи
доцент, канд. техн. наук
_____ Дмитро АРТЕМЕНКО
« ____ » _____ 2025 р.

Рецензент
професор, докт. техн. наук
_____ Ігор ШЕПЕЛЕНКО
« ____ » _____ 2025 р.

м. Кропивницький

Анотація

В роботі представлено результати аналізу конструкцій робочих органів овочевих сівалок та обґрунтовано напрями їх вдосконалення з метою підвищення ефективності посівного процесу. Запропоновано нову конструкцію наральника сошника комбінованої форми, яка забезпечує формування стабільної борозни, точне укладання насіння на задану глибину, зменшення його розсіювання та покращення контакту з ґрунтом. Це сприяє дружним сходам і підвищенню врожайності овочевих культур. Комбінований насіннєвий сошник інтегровано в секцію сівалки JPH 4 без значного ускладнення конструкції. Обґрунтовано раціональні геометричні параметри наральника сошника для умов посіву у відкритий ґрунт. Впровадження модернізованого сошника забезпечить економічний ефект за рахунок зменшення витрат та підвищення надійності агрегату. Отримані результати підтверджують доцільність застосування вдосконаленого сошника у конструкціях сучасних овочевих сівалок.

овочева сівалка, сошник, точність висіву, тяговий опір

Abstract

The paper presents the results of an analysis of the design of working bodies of vegetable seeders and substantiates the directions for their improvement in order to increase the efficiency of the sowing process. A new design of a coulter share with a combined-shaped shoe is proposed, which ensures the formation of a stable furrow, precise seed placement at the required depth, reduced seed scattering, and improved soil contact. This contributes to uniform germination and increased yields of vegetable crops. The combined seed coulter is integrated into the JPH-4 seeder section without significant design complications. Rational geometric parameters of the coulter share for open-field sowing conditions are justified. The implementation of the modernized coulter provides an economic effect by reducing costs and increasing the reliability of the unit. The obtained results confirm the feasibility of using the improved coulter in the design of modern vegetable seeders.

sheep seeder, coulter, hanging precision, traction support

Зміст

1. Вступ.....	5
2. Стан досліджуваного питання та вибір напрямку досліджень	6
3. Наукова частина.....	27
4. Практична реалізація результатів досліджень.....	45
5. Охорона праці.....	53
Висновки.....	55
Список використаної літератури.....	56
Додатки	

1. Вступ

Одним із ключових напрямків підвищення ефективності овочівництва є оптимізація технологій сівби, яка безпосередньо впливає на врожайність і якість кінцевої продукції. Від точності висіву, правильного розташування та глибини загорання насіння у ґрунт значною мірою залежить рівномірність появи сходів, інтенсивність росту рослин, їх подальший розвиток і, зрештою, обсяг та якість врожаю. Саме тому робочі органи секцій овочевих сівалок визначають основні параметри посіву: глибину залягання насіння, відстань між окремими насінинами, щільність контакту насінини з ґрунтом, що створює початкові умови для успішного проростання і росту рослин.

Недосконалість конструкції робочих органів овочевої сівалки може призводити до нерівномірного висіву, порушення оптимальної глибини посіву, механічного пошкодження насіння, а це негативно впливає на схожість, знижує продуктивність та економічну вигідність виробництва. У зв'язку з цим удосконалення робочих органів секцій овочевих сівалок стає особливо актуальною, оскільки саме вони мають забезпечувати високоточне виконання агротехнічних вимог під час сівби.

Метою дослідження є аналіз сучасних конструкцій робочих органів овочевих сівалок, виявлення їх недоліків, розробка вдосконаленого варіанта конструкції та обґрунтування оптимальних параметрів, які дозволять суттєво покращити рівномірність посіву, підвищити якість схожості і, як наслідок, збільшити врожайність овочевих культур. Основний акцент при вдосконаленні сівалки робиться на покращенні процесу розміщення насіння на задану глибину. Для цього в конструкцію секції пропонується ввести сошник із наральником удосконаленої конструкції, що сприятиме покращенню розміщення насіння в борозні та технологічних характеристик самого сошника.

2. Стан досліджуваного питання та вибір напряму досліджень

2.1 Основні умови для вирощування редису червоного

Кліматичні умови. Редис є холодостійкою культурою, здатною до проростання навіть за температур 2 - 4 °С. Проте, при таких низьких показниках процес схожості може тривати до 16 днів, тоді як за температури 15 °С і вище насіння сходять уже за 3 - 5 днів. Молоді ростки витримують весняні заморозки до -3 - 4 °С, а зрілі рослини навіть до -5 - 6 °С. Найсприятливіші умови для формування коренеплодів 10 - 12 °С, а для їх подальшого росту 15 - 20 °С. Підвищені температури, особливо в поєднанні з сухою погодою, спричиняють гіркоту, здерев'яніння коренеплодів і передчасний перехід рослин у генеративну фазу. Через це в Україні літнє вирощування редису не практикується. Для отримання насіння посіви проводять у серпні, коли температура повітря знижується. Навпаки, при температурах понад 20 °С створюються ідеальні умови для насінництва: рослини швидко стеблюються, цвітуть і дають якісне насіння [1 - 3].

Освітлення. Редис належить до рослин, чутливих до тривалості світлового дня. При недостатньому освітленні, що часто відбувається під час зимового вирощування в теплицях і парниках, спостерігається витягування пагонів і вилягання рослин. За достатнього освітлення листя набуває насиченого зеленого кольору, а рослини розвиваються активно. Оптимальна тривалість світлового дня для формування коренеплодів 11 - 14 годин. Зі збільшенням тривалості дня прискорюється перехід у генеративну фазу, що супроводжується утворенням стебел, квіток і насіння. У відкритому ґрунті восени, коли тривалість світлового дня скорочується до 12 годин, можна отримати великі, щільні коренеплоди без витягування рослин [1 - 3].

Вологість. Для успішного розвитку редису необхідний рівень вологості ґрунту 70 - 80 %. Недостатнє зволоження призводить до уповільнення росту, гіркоти, здерев'яніння коренеплодів і передчасного цвітіння. Найвищі вимоги до вологості виникають навесні, під час формування асиміляційного апарату

та самих коренеплодів. Нерівномірний або недостатній полив в цей період сприяє утворенню тріщин, що погіршує товарну якість врожаю [1 - 3].

Поживні речовини. Найкраще редис росте на слабокислих або нейтральних ґрунтах, багатих органікою, добре розпушених і зволжених. Піщані ґрунти для цієї культури малоприсадибні. На кожні 10 тон урожаю редис виносить із ґрунту близько 54,4 кг калію, 50,0 кг азоту та 13,9 кг фосфору. Для забезпечення високих урожаїв необхідне систематичне внесення як органічних, так і мінеральних добрив. Під попередні культури доцільно вносити перегній (30 - 40 т/га) або гній (40 - 60 т/га). Мінеральні добрива слід застосовувати з урахуванням результатів ґрунтового аналізу, у формі, доступній для засвоєння рослинами [1 - 3].

Особливості вирощування в умовах відкритого ґрунту. Посів проводять у 3 - 4 прийоми: перший - на початку польових робіт, наступні з інтервалом 8 - 10 днів. Для осіннього вирощування на насіння посів виконують у серпні. Сівба здійснюється стрічковим способом по 5 - 10 рядків у стрічці, з міжстрічковими проміжками 60 - 70 см і відстанню між рядками 15 см. Норма висіву 12 - 20 кг/га, глибина загортання насіння 2,0 - 2,5 см. Перед і після сівби здійснюють коткування. При перших сходах рослини обробляють інсектицидами для захисту від хрестоцвітої блішки. Догляд включає розпушування міжрядь і боротьбу з бур'янами. Збирання урожаю проводять поетапно, 3 - 4 рази з інтервалом 4 - 5 днів, починаючи з моменту, коли діаметр коренеплодів досягає 1,5 см. Загальна тривалість збору до 2 тижнів. Важливо не затримувати збирання, оскільки коренеплоди швидко втрачають якість. Товарну продукцію збирають у пучки, фасують і реалізують або використовують за призначенням. Середня врожайність редису становить 18 - 22 т/га [1 - 3].

Сівозміна. Редис не рекомендується вирощувати після капусти, оскільки обидві культури належать до родини хрестоцвітих. Це спричиняє перехід спільних шкідників і хвороб з попередньої культури на наступну. Хоча редис має значно скорочений вегетаційний період порівняно з капустою, що

обмежує час для застосування захисних заходів, найбільшою загрозою є атака хрестоцвітої блішки, яка пошкоджує листя, утворюючи численні отвори і ставлячи під загрозу врожай. Для запобігання такій атаці ефективним є вирощування редису під агроволокном [1 - 3].

Основний та передпосівний обробіток ґрунту.

Технологія обробки ґрунту під редис включає три етапи: основний обробіток, передпосівну підготовку та догляд у міжряддях. Вибір методів залежить від попередника, типу ґрунту, кліматичних умов, рівня забур'яненості, сорту рослин і необхідності внесення добрив. Оранка спрямована на формування рівної, розпушеної поверхні ґрунту. До її складових належать: дискування для подрібнення рослинних решток після збирання врожаю, зяблева оранка, планування, внесення органічних і мінеральних добрив, а також глибока культивация. Якщо після планування з'являються бур'яни, проводять 1 - 2 культивация на глибину 8 - 10 см для їх знищення. Зяблева оранка є обов'язковим етапом при підготовці ґрунту під овочеві культури і виконується, як правило, восени, одразу після збирання попередньої культури. Вона сприяє накопиченню вологи, активізації мікробіологічних процесів, збагаченню ґрунту поживними речовинами, а також контролю шкідників і бур'янів. Під час оранки зазвичай вносять фосфорно-калійні мінеральні добрива. У регіонах із коротким вегетаційним періодом осінню оранку проводять якомога раніше для максимального ефекту. Після ранніх культур спочатку виконують лушення, а потім, за наявності сходів бур'янів, зяблеву оранку. Останню проводять плугами з боронами на глибину 24 - 30 см. Планування поля виконують раз на 2 - 3 роки, рухаючись як у напрямку оранки, так і поперек неї. Мінеральні добрива вносять під час зяблевої оранки для забезпечення рослин необхідними поживними елементами [4 - 7].

Передпосівна підготовка ґрунту включає ранньовесняне боронування та розпушування культиватором із одночасним боронуванням. Для цього використовують важкі або середні борони на глибину 3 - 4 см і культиватори

на 6 - 8 см. Овочеві культури мають високі вимоги до поживних речовин, тому мінеральні добрива вносять щороку під кожен культуру, а органічні через одне поле в сівозміні. Повну норму гною чи компосту вносять під час оранки, а 60 - 75 % мінеральних добрив на цьому ж етапі. Решту мінеральних добрив застосовують під час передпосівної підготовки, сівби або підгодівлі. Для посіву овочевих культур найчастіше застосовують ширококосмуговий, рядковий, стрічковий, гніздовий і пунктирний способи [4 - 7].

Обробка насіння є важливим заходом для захисту від інфекцій і грибкових уражень, присутніх у ґрунті. Це сприяє отриманню здорових, рівномірних сходів і високого врожаю. З економічної та екологічної точок зору, протруювання є ефективним: використання фунгіцидів у цьому випадку значно менше, ніж при обприскуванні, що зменшує навантаження на навколишнє середовище. Оброблене насіння стає стійкішим до хвороб, які неможливо лікувати після появи сходів. Такий підхід забезпечує однорідність посівів і сприяє нормальному розвитку молодих рослин .

Сівба. Головна мета під час сівби - створити оптимальні умови для отримання максимальної продуктивності певного сорту або гібрида в конкретних умовах господарства. Це передбачає врахування якості насіння, його обробки, стану насінневого ложа, точної норми висіву, відповідного строку сівби, глибини загортання, рівномірності розподілу насіння в рядках, а також використання відповідної техніки. Сівбу здійснюють овочевими сівалками, які формують 4, 6 або 8 рядків, на глибину до 2,5 см, використовуючи наральникові або полозкові сошники. Оптимальна температура для схожості насіння редису 18 - 20 °С. Заморозки до 2 - 3 °С не завдають серйозної шкоди сходам, проте тривале похолодання може призвести до припинення росту коренеплодів і початку стрілкування. Під час сівби слід дотримуватися глибини загортання 1,5 - 2,5 см та норми висіву 25 - 35 кг/га. Посіви мають бути рівномірними, з дотриманням відстані між рядками і окремими насінинами. За необхідності проводять проріджування, залишаючи рослини на відстані 5 см одна від одної. Густина посіву впливає на

використання вологи та поживних речовин, а також на рівень забур'яненості. Надто рідкі посіви призводять до недовикористання ресурсів і зниження врожайності, тоді як надмірна густина спричиняє конкуренцію між рослинами, що також негативно позначається на врожаю [2 - 5].

Агровимоги до вирощування редису червоного [2 - 8]

Редис червоний є холодостійкою культурою, яка добре росте на відкритих, добре прогрітих сонцем ділянках. Умови вирощування в Кіровоградській області характеризуються помірним кліматом із недостатньою вологістю, що вимагає відповідної підготовки ґрунту та внесення органічних добрив. Ґрунти повинні бути пухкими, добре водопроникними, нейтральними або слабокислими (рН 6,0 - 7,0). Перед посівом рекомендується вносити перегній (6 - 8 кг/м²) і, за потреби, доломітове борошно на кислих ділянках.

Редис вимогливий до вологості тому оптимальна вологість ґрунту становить 70 - 80% НВ. У посушливі періоди потрібно організовувати додатковий полив, особливо перед утворенням коренеплодів. Кращими попередниками є картопля, огірки, кабачки, а після вирощування хрестоцвітих (ріпки, капусти) засівати редис не варто.

В Кіровоградській області перший посів проводять навесні, одразу після відлиги, коли ґрунт прогрівається на глибині 5 - 7 см. Температура повітря для сівби повинна бути не нижчою за 5 - 10°C. Редис висівають у 3 - 4 строки з інтервалом 8 - 10 днів, щоб постійно мати свіжу продукцію. Для осіннього врожаю насіння висівають у серпні, щоб уникнути високих температур і передчасної стрілкування.

Оптимальна глибина посіву 1,2 - 2,1 см, пошкодження сходів можуть призвести до затримки у рості. Занадто глибокий посів уповільнює схожість, а поверхневий, призводить до пересихання насіння. При оптимальних умовах рекомендується для забезпечення стабільних сходів глибина посіву 1,5 - 2 см.

2.2 Технологічна карта вирощування редису в Кіровоградській області для умов відкритого ґрунту [2 - 8]:

1. Восени під редис основний обробіток ґрунту проводять починаючи з лущення рослинних решток попередника на глибину 6 - 8 см дисковими лущильниками. Виконуємо агрегатом з трактора New Holland TD5.110 та ЛДГ-15А. Після лущення здійснюють зяблеву оранку через 10 - 15 днів для знищення бур'янів та покращення структури ґрунту. При наявності достатнього гумусного шару, глибина може сягати 25 - 30 см. Для цих робіт застосовують агрегат з трактора New Holland TD5.110, плуга ПЛН 4-35 та борін БЗТС-3.

2. Якщо після оранки восени з'являються бур'яни то проводять 1 - 2 боронування або культивуацію з боронуванням, що покращує повітряно-водний режим ґрунту. Застосовують агрегат на базі трактора ЮМЗ-6, культиватора С-18 та зубових борін БЗТС-18.

3. Для збереження вологи, навесні, поле обробляють важкими боронами. Далі проводять передпосівну культивуацію на глибину 10 - 12 см із прикочуванням, що забезпечує вирівняність і ущільненість насінневого ложа. Виконуємо агрегатом у складі тракторора New Holland TD5.110 + культиватор КПУ-4. На твердих ґрунтах проводять 2 культивуації, на легких - достатньо однієї комбінованим агрегатом.

4. Сівбу редису червоного розпочинають коли ґрунт прогріється, адже кожен день затримки може знижувати врожайність на ≈ 10 %. Глибина загортання насіння 1,5 - 2,0 см, при нормі висіву 25 - 35 кг/га, спосіб сівби: стрічковий - 4 рядки в стрічці, між стрічками 60 см, між рядками 15 см. Виконуємо агрегатом у складі трактора Foton FT 504С + сівалка JPH-4.

5. Після появи 3 - 4 пар листків проводять боронування для руйнування кірки та часткового знищення бур'янів. Агрегат - New Holland TL 5050 + пружинна борона "Klepper" БПФ-9. На широкорядних посівах застосовують 1 - 2 міжрядні обробки шляхом розпушування та прополювання бур'янів. Агрегатом у складі трактора New Holland TL 5050 + культиватор КНРФ-4,2. За

сильного забур'янення використовують гербіцид Гезагард 50% з.п. у дозі 3,0–4,0 кг/га до появи сходів, із застосуванням обприскувача. Агрегат: New Holland TL 5050 + обприскувач “Богдан-2500”.

6. Захист від шкідників. Основний шкідник хрестоцвіта блішка, що активно пошкоджує молоді рослини. Найефективніший метод боротьби це після сівби негайно накривати рядки вологопроникним та повітропроникним укриттям волоконцем. Знімають укриття коли листя грубішає і стає менш привабливим для шкідника.

7. Збирання врожаю проводять підкопуванням рядків з наступним ручним збором, збирають разом із бадиллям, бадилля відрізають на 1 -2 см. Коренеплоди розкладають в один шар на 2 - 3 години для підсихання. Фасують у перфоровані поліетиленові пакети або сітчасті мішки та зберігають у прохолодному темному приміщенні, бажано підвалі з постійною температурою.

2.3. Стан питання про машину, що модернізується

Сівалка JPH 4 для овочевих культур, виготовлена у Франції [1], втілює принцип «все в одному», кожна секція робочих елементів функціонує як окрема повноцінна сівалка (рис. 2.1). Кількість секцій визначає ширину захвату та варіант агрегування. Конфігурація моделі JPH 4 являє собою 4-рядну сівалку точного висіву з апаратами (модулями) типу JPH. Такі висівні пристрої зазвичай пов'язують із брендами Jang із Південної Кореї чи Terradonis із Франції, що фокусуються на подібних технологіях. Кожен модуль із висівним блоком JPH кріпиться до рами (бруса), а в варіанті «JPH 4» встановлюють чотири такі блоки.



Рис. 2.1 Секція сівалки JPН 4

Призначена сівалка для високоточного пунктирного або гніздового висіву широкого діапазону насіння овочевих культур, зокрема редису, моркви, цибулі, буряка, кукурудзи, сої, огірків, перцю, томатів, бобових та інших у заздалегідь підготовлений ґрунт. Вона виконана у вигляді навісного модуля, який можна агрегувати з мінітрактором, мототрактором або мотоблоком залежно від маси і конструкції рами. При потребі сівалку допускається використовувати як причіпний агрегат на власній колісній базі. Встановлені висівні апарати типу JPН приводяться в дію від опорно-привідного колеса або від загального приводу коліс сівалки. Точність закладання насіння досягається застосуванням змінних висівних котушок з осередками різного розміру й кількості, підібраними під конкретну культуру. Кожний висівний блок оснащено пружинним навантаженням, що дозволяє йому повторювати контури поверхні ґрунту під час руху. Модульна конструкція рами дає змогу змінювати кількість висівних блоків і регулювати ширину міжрядь, підлаштовуючи сівалку під різні технологічні схеми.

Технічні характеристики сівалки JPH 4 [1]:

кількість рядів: 4, 6, 8;

тип висівного апарату - JPH (механічний, точного висіву);

тип сошника - анкерний або дисковий;

агрегаткування - міні-трактор, мототрактор (потужність залежить від ваги, зазвичай від 12 - 15 к.с. і вище, для важчих моделей 24 - 50 к.с.);

ширина міжрядь може змінюватися залежно від конструкції рами. Мінімальна відстань між секціями JPH становить приблизно 16 - 18 см, тоді як максимальне значення визначається параметрами рами і може досягати 70 - 75 см або навіть більше;

глибину загортання насіння також можна регулювати, зазвичай вона знаходиться в межах 1 - 8 см (частіше 1 - 6 см або 6 - 8 см залежно від потреб культури та умов ґрунту);

крок висіву в рядку встановлюється шляхом зміни передавальних чисел в редукторі приводу або вибором висівної котушки (ролика) з різною кількістю комірок. Завдяки цьому можливий широкий діапазон налаштувань, від приблизно 2,5 см до понад 30 см, що залежить від типу ролика та конфігурації приводу;

ємність бункера 3 л для насіння на кожен висівний блок;

робоча швидкість - до 5 - 8 км/год;

вага - залежить від конструкції рами та комплектації (наприклад, від 70 до 150 кг для аналогічних моделей 4-рядних сівалок і вище для 6 та 8-рядних).

Конструктивно сівалка JPH 4 складається з таких основних вузлів (рис. 2.2): системи підвіски, яка включає кріплення 2 та навантаження секції 3; висівного апарату 6, що приводиться в рух переднім приводним колесом 1 через коробку зміни передач 4, в яку, залежно від культури, можна встановлювати змінні зірочки, блок 9 яких розташований на рамі секції.

Система розміщення та загортання насіння складається з килевидного сошника 7, який має тупий кут входження в ґрунт і трубчастого ложеутворювача, за яким розташований загортач 8. Загортач виконаний у

вигляді планера з криволінійною поверхнею і одночасно виконує функцію планувальника. Пластиковий задній прикочуючий коток 10 має циліндричну форму і забезпечує не лише загортання насіння, а і вирівнювання та ущільнення ґрунту над ним. Для видалення налиплого ґрунту з поверхні котка 10 використовується зчищувач 11.

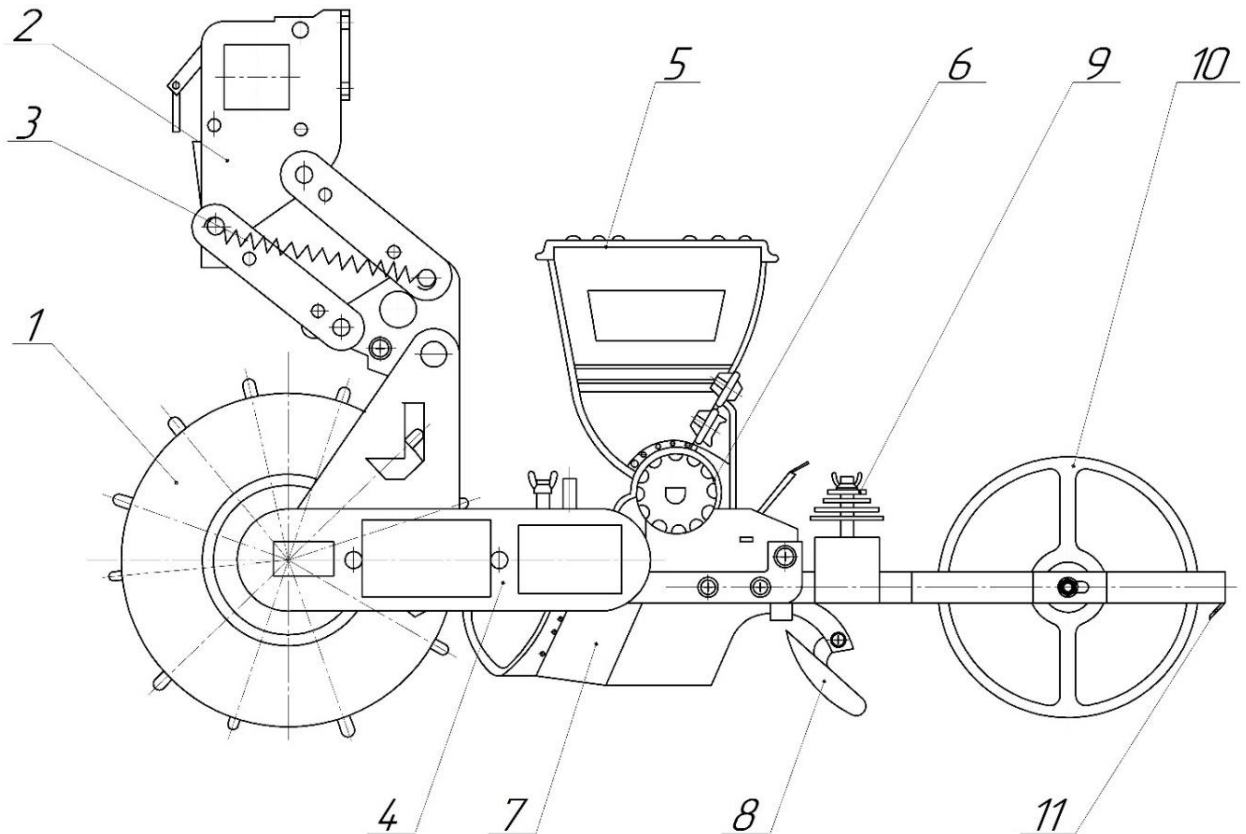


Рис. 2.2 Конструкційна схема сівалки ЈРН 4:

1 – опорно приводний коток; 2 – механізм кріплення; 3 – пружина навантаження; 4 – механізм зміни передач; 5 – насінневий бункер; 6 –апарат висівний; 7 – анкерний сошник; 8 – механізм загортання; 9 – блок зірочок; 10 – прикочуючий коток; 11 – очисник зайвого ґрунту

Система висіву та загортання насіння включає анкерний сошник килевидної форми 7, який занурюється в ґрунт під невеликим (тупим) кутом. За ним розміщується трубчастий ложеутворювач, після якого встановлений загортач 8. Останній має форму скребка з вигнутою поверхнею та одночасно виконує роль планувальника ґрунту. Циліндричний пластиковий задній прикочуючий коток 10 не лише сприяє загортання насіння, але і ущільнює та

розрівнює шар ґрунту над ним. Для видалення налиплого ґрунту з поверхні котка 10 використовується очисник 11.

Принцип роботи сівалки такий - привод висівного апарату здійснюється від опорно-привідного колеса, яке через ланцюгову передачу з'єднане з механізмом зміни передач. Під час обертання катушки насіння з бункера потрапляє до її комірок, де поступово переміщується від зони забору до місця скиду. Для точного дотримання норми висіву використовується зчищувач надлишкового насіння, що видаляє зайві насінини та запобігає їх потраплянню в борозну. У момент, коли комірка досягає нижнього положення, насіння під дією сили тяжіння випадає у борозну, сформовану сошником. Після проходу сошника і закінчення його щік, стінки борозни частково осипаються, що сприяє попередньому закриттю насіннєвого ложа. Далі загортач остаточно засипає борозну та вирівнює верхній шар ґрунту. Завершальний етап виконує задній прикочуючий коток, який ущільнює ґрунт над насінням і створює умови для оптимального контакту з вологою, що приводить до стрімкого його проростання.

Основні показники виконання технологічних операцій сівалками точного висіву типу ЈРН 4 відповідно до агровимог якісного посіву насіння овочевих культур [1,9]:

відхилення фактичної норми від заданої знаходиться в межах $\pm 5 - 10\%$ (залежить від умов посіву);

рівномірність розміщення насіння в рядку не повинна перевищувати 0,5 - 1,5 від номінального інтервалу;

відсоток пропусків (інтервал $> 1,5$ номінального);

відсоток двійників/зближених насінин (інтервал $< 0,5$ номінального);

коефіцієнт варіації інтервалів між насінинами - максимальна кількість насінин має бути висіяна з близьким інтервалом до заданого, з мінімальною кількістю двійників та пропусків;

відхилення фактичної глибини загортання від заданої знаходиться в межах $\pm 10 - 15\%$ (частіше $\pm 0,5 - 1$ см);

важливо забезпечити стабільну глибину загорання насіння по всій довжині рядка. Оцінювання проводять за коефіцієнтом варіації або за відсотком насінин, яке знаходяться в межах допустимого інтервалу. Нормативним показником вважається не менше 80 - 85% насіння, загорнутого на глибину, що відрізняється від заданої не більше ніж на ± 1 см;

для забезпечення якісного міжрядного обробітку фактична ширина міжрядь повинна відхилятися від заданої не більше ніж на $\pm 1 - 2$ см. Перевищення цього діапазону погіршує умови подальшого догляду за рослинами;

пошкодження насінин під час висіву не повинно перевищувати 1 - 2%, для культур, таких як редис червоний, цей параметр є критично важливим, оскільки пошкоджене насіння значно втрачає схожість;

насіння має бути повністю загорнутим і перебувати у контакті з вологим шаром ґрунту. У зоні загорання не допускається наявність великих грудок, порожнин або незагорнутого насіння. Ґрунт над рядком повинен бути дрібногрудкуватим і злегка ущільненим, це забезпечує доступ капілярної вологи, але без утворення ґрунтової кірки;

відхилення від прямолінійності повинні бути мінімальними, оскільки це впливає на якість подальшого механізованого догляду. Допустиме відхилення визначається шириною міжрядь і способом міжрядного обробітку.

2.2 Порівняльний аналіз овочевих сівалок для посіву редису червоного

Порівняльний аналіз характеристик овочевих сівалок, представлених в Україні, з механічними сівалками типу JPH 4 виробництва Франції, які оснащені котушковим висівним апаратом, фірми Jang або Terradonis), включає оцінку технології, точності висіву та експлуатаційних характеристик.



Рис. 2.3 Овочева сівалка JPH4

Основні особливості сівалки JPH 4 [1,9]:

тип механізму висіву - механічний, висівний апарат - катушковий, висівна катушка підбирається під форму насіння і розмір, що забезпечує високу точність висіву для каліброваного або дражованого насіння;

точність висіву - висока, особливо для висіву дрібнонасіньових культур, але залежить від підбору катушки насінню, при роботі з неоднорідними насінинами можливі пропуски та двійники;

модульна конструкція дозволяє змінювати кількість рядів та ширину міжряддя, що робить її гнучкою для різних культур і умов поля;

система кріплення з паралелограмним пружинним підвісом забезпечує хороший контакт з ґрунтом, навіть на нерівному рельєфі;

Якщо порівнювати з найпоширенішими сівалками українського виробництва то, наприклад, сівалки типу «Арсенал» та інші вітчизняні моделі [10 - 12]: в основному використовують штифтові або комірчасто-зубчасті катушки, що забезпечують досить стабільну норму посіву, але мають більшу порційність подавання насіння, що особливо відчувається при малій нормі висіву. Вітчизняні механічні овочеві сівалки дають можливість якісно працювати з різними культурами, але їх точність часто нижча за JPH, особливо

при висіві дрібнонасінневих культур, через конструктивні особливості катушок. Такі сівалки, як правило, зручні у регулюванні, але не завжди можуть запропонувати таку гнучкість зміни рядів і ширини міжряддя, як конструкція ЈРН. Вітчизняні механічні сівалки також мають тенденцію до незначного пошкодження насіння, хоча цей показник контролюється окремими додатковими елементами висівного апарату. Сівалка ЈРН покращує рівномірність розподілу насіння, що сприяє зменшенню необхідності проріджування рослин, на відміну від багатьох українських аналогів.

Сівалка овочева СМП-5 «Кентавр» (рис. 2.4) призначена для високоточного рядкового висіву насіння овочевих культур на підготовлених та попередньо оброблених ділянках.



Рис. 2.4 Сівалка СМП-5 «Кентавр»

Конструкція агрегату передбачає використання наральникових (клиноподібних) сошників, які мають можливість регулювання як у вертикальній, так і в горизонтальній площині. Це дозволяє створювати оптимальні умови для розміщення насіння у ґрунті та забезпечує більш рівномірний посів. Додатковою перевагою є наявність антикорозійного

покриття сошників, що підвищує їх зносостійкість і сприяє тривалому стабільному функціонуванню сівалки в різних польових умовах. Сівалка також має прикотуючий коток, який ущільнює ґрунт і розбиває грудки, це створює сприятливі умови для проростання насіння. Механізми дозування приводяться в дію від прикотуючого котка через ланцюгову передачу, що дозволяє регулювати швидкість висіву [10].

Недоліком конструкції СМП-5 є відсутність в конструкції сошників елементів для формування ущільненого насінневого ложа, що обмежує можливість підтягування капілярної вологи до насінини та погіршує умови її проростання. Крім того, використання суцільного гладкого металевого котка може сприяти утворенню поверхневої ґрунтової кірки, яка ускладнює появу сходів та знижує їх рівномірність.

Овочева сівалка ДТЗ СТП 6 (рис. 2.5), призначена для рядкового висіву насіння овочевих культур на заздалегідь оброблених та підготовлених ґрунтах. Залежно від модифікації, вона здатна одночасно виконувати висів 6, 8, 10 або 12 рядків, що забезпечує гнучкість використання в різних умовах.



Рис. 2.5 Овочева сівалка СТП 6

Сівалка сумісна з тракторами потужністю від 12 к.с. та оснащена стандартним триточковим навісним кріпленням, що спрощує її агрегування та експлуатацію. За правильно організованої роботи, продуктивність сівалки досягає 0,4 га на год., що значно зменшує витрати на посівний матеріал [11].

Сівалки серії СТП 6 мають регульовані клиноподібні сошники, які можна налаштовувати як в вертикальній, так і по горизонтальній площині, що дає можливість змінювати ширину міжрядкового інтервалу та глибину загортання насіння. Сошники виготовлені з металу та покриті антикорозійним шаром для тривалої експлуатації в різних умовах. Сівалка також має регульований гряділь, який розміщений в попереду, для вирівнювання ґрунту перед посівом і прикочуючий коток, для покращення структури ґрунту та підвищення однорідності посіву і збільшення динаміку проростання рослин. Але, використання одночасно двох котків суцільної дії може призводити до переущільнення поверхні рядка, що негативно впливає на швидкість проростання насіння, особливо в умовах достатньої вологості ґрунту.

Чотирирядна овочева сівалка СТВ 4 (рис. 2.6), призначена для високоточого висіву овочевих культур із можливістю встановлення глибини загортання насіння в межах 1 - 6 см.



Рис. 2.6 Овочева сівалка СТВ 4

Конструкція агрегату включає механічний висівний апарат, два циліндричних прикочуючих котки та анкерний сошник, котки розміщені як попереду, так і позаду для забезпечення якісного ущільнення ґрунту. Привід механізмів висівних апаратів здійснюється від опорно-приводних коліс, оснащених пластинчастими зачепами, що забезпечує стабільність подачі насіння та синхронізацію роботи висівної системи з рухом сівалки [12].

Компанія Agricola (рис. 2.7), спеціалізується виключно на виробництві овочевих сівалок, переважно пневматичного (вакуумного) типу, які відрізняються високим рівнем точності та широким модельним рядом для різних потреб овочівництва [13].



Рис. 2.7 Пневматична овочева сівалка Agricola PKN

Ці сівалки забезпечують експертну точність для всього діапазону овочевих культур, включаючи специфічне або дуже дрібне насіння, і з однієї секції дозволяють висівати в 2 - 3 строчки. За гнучкістю та точністю налаштувань вони перевершують механічні сівалки типу JPH 4. Сівалки Agricola мають максимальну універсальність для висіву овочевих культур,

пропонуючи різні рами, секції, сошники для посіву на рівній поверхні, грядках, у касети (для розсади), або під агроволокно. Технологічні особливості включають нові рішення, спрямовані на овочівництво, наприклад, спеціальні сошники або системи для дводрядного висіву. Ці сівалки призначені для овочевих господарств будь-якого розміру, які потребують спеціалізованих рішень. Обслуговування таких сівалок має середній або високий рівень складності, а ціновий рівень - високий або дуже високий (якщо сівалка комплектується додатковими опціями).

Італійський виробник посівної техніки Sfoggia пропонує пневматичну сівалку точного висіву Calibra Evo (рис. 2.8), яка призначена для посіву овочевих культур.



Рис. 2.8 Сівалка для висіву овочевих культур Calibra Evo

Вона відзначається високою точністю, порівнянною з іншими європейськими виробниками пневматичних сівалок, особливо для недражованого насіння. Має високу універсальність, можливість комплектації

різними сошниками (включаючи дводискові), висівними дисками, системою внесення добрив. Сучасні компоненти, надійна конструкція, можливе обладнання електронними системами контролю. Призначені для великих та середніх господарств. Складність обслуговування - висока/середня (за наявності опцій), ціновий рівень – високий [14].

Світовим лідером у виробництві пневматичних сівалок точного висіву є компанія Monosem (Франція), яка має багаторічний досвід у розробці машин для висіву просапних та овочевих культур. Особливе місце в асортименті займає серія Monosem MS (рис. 2.9), що адаптована саме для овочівництва. Сівалки цього типу використовують вакуумний принцип відбору насіння, що забезпечує високу стабільність процесу та точне дозування під час висіву.



Рис. 2.9 Пневматична сівалка Monosem MS

Сівалки Monosem MS вважаються еталонними у галузі точного пневматичного висіву. Вони характеризуються низьким рівнем пропусків і двійників, ефективно працюють з насінням різної форми та розміру, що є критично важливим для овочевих культур. Завдяки вдосконаленій конструкції висівних апаратів та системі регулювання робочих параметрів, такі сівалки забезпечують рівномірне розміщення насіння на заданій глибині та

оптимальні умови для його проростання. Це дозволяє сформувати дружні сходи, зменшити витрати посівного матеріалу та підвищити врожайність, що підтверджує високу ефективність їх використання у сучасному точному землеробстві.

Сівалки Monosem MS значно перевершують висівні системи типу JPH за точністю дозування, стабільністю роботи та рівномірністю розподілу насіння в рядку. Вони вирізняються високою універсальністю, широким спектром налаштувань і великим вибором висівних дисків, сошників, дозаторів мікрогранул та систем внесення добрив, що дає змогу адаптувати їх під конкретну культуру, тип ґрунту та агротехнологію. Висівні секції мають підсилену конструкцію, працюють стабільно навіть у складних ґрунтових умовах і забезпечують високу точність загортання та мінімальну варіацію глибини посіву, що позитивно впливає на динаміку появи та рівномірність сходів. Сучасні модифікації оснащуються електроприводами Monoshox NG Plus M, системами ISOBUS та моніторингом параметрів посіву в режимі реального часу, що перетворює їх на високотехнологічні комплекси для професійного точного землеробства. Разом з тим, складність обслуговування та надзвичайно високий ціновий рівень обмежують їх використання дрібними та середніми господарствами [15].

Таким чином, після порівняльного аналізу сівалок провідних виробників представлених в Україні, можна сказати, що сівалка типу JPH є надійним рішенням для точного висіву, особливо для середніх і малих господарств та при обмеженому бюджеті. Її переваги - надійність, простота та легкість налаштування під каліброване насіння. Але точність висіву сильно залежить від правильного підбору котушки та якості насіння.

Європейські виробники, такі як Agricola Italiana, Monosem, Sfoglia, переважно застосовують пневматичні системи точного висіву для овочевих культур. Такі сівалки забезпечують значно вищу точність, стабільність та універсальність налаштувань, що є особливо важливим при роботі з насінням різної фракції, форми та якості. Вони дозволяють працювати на більших

швидкостях, забезпечують мінімальну кількість пропусків і двійників, а також часто оснащені електронними системами моніторингу, автоматизації та контролю якості висіву, що відповідає вимогам сучасного точного землеробства. Однак висока точність досягається ціною більш складної конструкції, високої вартості та необхідності підготовленого персоналу. Такі сівалки також потребують високоякісного передпосівного обробітку ґрунту, наявності сервісу та належного технічного обслуговування, що не завжди доступно малим та середнім господарствам.

Вибір між механічною JPH 4 та пневматичними сівалками залежить від масштабу виробництва, фізико-механічних властивостей ґрунту, вимог до точності висіву, вартості насіння та рівня механізації господарства. Для посіву дорогих гібридів овочів інвестиції у високоточні пневматичні сівалки часто є економічно виправданими, оскільки дозволяють зменшити перевитрати насіння та отримати більш дружні сходи.

Проте при конструктивному вдосконаленні робочих органів JPH 4 та правильному налагодженні технологічного процесу вона може частково конкурувати з більш дорогими сівалками. Тому підвищення якості процесу загортання, формування насінневого ложа та забезпечення контакту насіння з вологим ґрунтом є ключовим питанням підвищення її ефективності. Саме це обґрунтовує необхідність модернізації системи розміщення та загортання насіння, що і є метою даного дослідження.

3. Наукова частина

Актуальність теми. Сучасне виробництво овочів потребує максимальної точності при виконанні всіх технологічних операцій, особливо під час посіву, адже саме цей етап визначає майбутню врожайність і якість продукції. В сучасних умовах, коли зростають вимоги до ефективності агровиробництва та раціонального використання ресурсів, особливо важливо вдосконалювати технічні засоби, які забезпечують рівномірний і точний висів насіння овочевих культур. Робочі органи овочевих сівалок відіграють головну роль у забезпеченні технологічних параметрів посіву, таких як формування насінневого ложа, точність інтервалу між насінинами, стабільність глибини загортання та ступінь ущільнення ґрунту над насінням. Недосконалість виконання цих процесів призводить до порушення агротехнічних вимог, зниження польової схожості, нерівномірності сходів та зростання відсотка двійників і пропусків, що негативно позначається на кінцевій врожайності. Крім того, невідповідність параметрів робочих органів для укладання і загортання насіння фізико-механічним властивостям ґрунту може спричинити зайві витрати енергії, збільшує зношування вузлів сівалки та створює ризик перевитрати насіння. Тому питання вдосконалення робочих органів для укладання насіння є актуальним і має практичне значення для підвищення досконалості овочевих сівалок.

Мета і задачі дослідження. Метою досліджень є підвищення ефективності роботи секції овочевої сівалки шляхом удосконалення насінневого сошника та обґрунтування його конструктивно-технологічних параметрів.

Для досягнення мети поставлено такі **задачі:**

провести аналіз технології посіву редису червоного та конструкцій секцій овочевих сівалок, визначити недоліки та обґрунтувати напрями їх усунення;

дослідити процес роботи насінневого сошника удосконаленої конструкції овочевої сівалки, обґрунтувати його конструктивні особливості та визначити їх вплив на технологічний процес укладання насіння.

Об'єкт дослідження: технологічний процес роботи насінневого сошника овочевої сівалки та його робочих елементів.

Предмет дослідження: конструктивно-технологічні параметри насінневого сошника овочевої сівалки та технологічні властивості ґрунту, які впливають на їх роботу.

Наукова новизна отриманих результатів полягає в наступному:

визначено закономірності впливу робочих поверхонь насінневого сошника овочевої сівалки на процес укладання насіння, а також обґрунтовані раціональні значення цих параметрів;

досліджено вплив геометричних параметрів наральника сошника овочевої сівалки на зміну його технологічних характеристик під час укладання насіння та встановлено, як конструктивні особливості наральника впливають на якість виконання технологічного процесу;

аналітично визначені раціональні параметри елементів наральника сошника овочевої сівалки, які дають можливість покращити якість розміщення насіння на дні борозни та підвищити ефективність виконання процесу посіву насіння редису червоного.

3.1 Аналіз конструкцій сошників які використовуються на овочевих сівалках

На рівномірність посіву овочевих культур істотно впливає конструкція сошника, яка забезпечує точне розміщення насіння в ґрунті по довжині і глибині рядка, а також подальші умови росту рослин. Сошники відіграють ключову роль, оскільки саме вони формують борозну заданої глибини та ширини, в яку потрапляє насіння [16-19]. Існує кілька основних конструктивних типів сошників, що застосовуються на овочевих сівалках: наральникові, однодискові, дводискові [20,21].

Наральниковий сошник - це клиновий, нерухомий робочий орган, який розгортає ґрунт і формує борозну та її дно. Виготовляється в основному із чавуну або сталі (рис. 3.1).

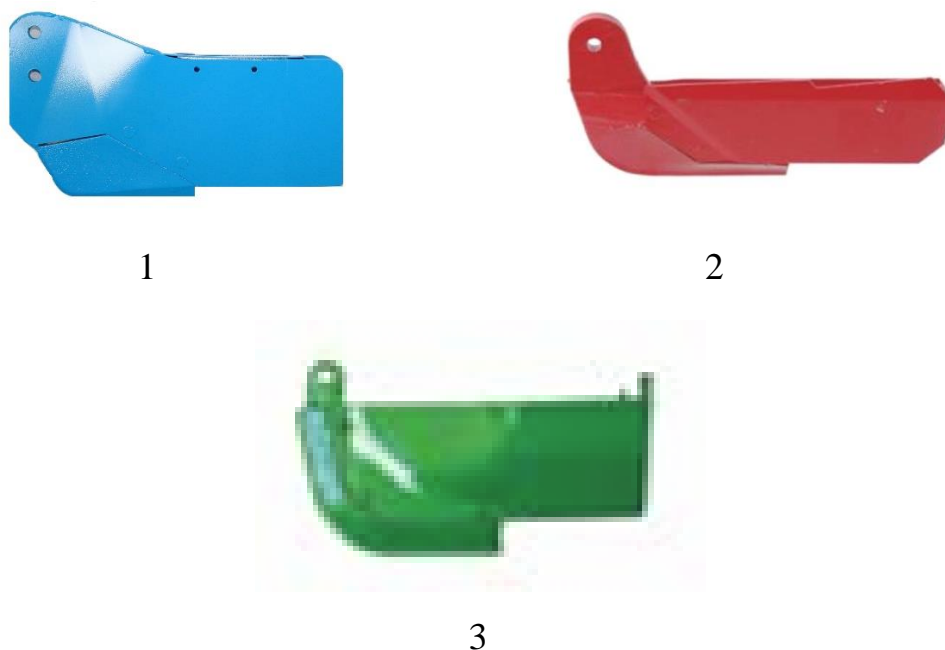


Рис. 3.1 Наральникові сошники овочевих сівалок:

1 - Monosem; 2 - Kverneland; 3 - Calibra

Переваги: проста і надійна конструкція, низька собівартість, добре ущільнює дно борозни, ефективна робота на легких, чистих і добре підготовлених ґрунтах.

Недоліки: забивання рослинними рештками, налипання ґрунту на вологих або важких ґрунтах, нестабільність глибини загортання при зміні щільності ґрунту. Найчастіше застосовується на простих механічних і пневматичних сівалках, зокрема і JPH 4.

Однодисковий сошник (рис. 3.2) представляє собою один сферичний або плоский диск, розташований під кутом в вертикальній площині і має ущільнюючу п'яту яка безпосередньо формує насінневе ложе. Такий сошник, порівняно з наральниковим, краще розрізає рослинні рештки та менше нагортає ґрунт.

Недоліками є схильність до зміщення ґрунту вбік, що формує несиметричну борозну; використовується рідше на сучасних овочевих сівалках точного висіву.



Рис. 3.2 Конструкція однодискового сошника овочевої сівалки

Дводисковий сошник овочевої сівалки (рис. 3.3) складається з двох плоских дисків, які встановлюються під кутом один до одного і сходяться в нижній точці, утворюючи V-подібну борозну.



Рис. 3.3 Конструкція дводискового сошника овочевої сівалки

Переваги: дуже добре розрізає рослинні рештки, забезпечує стабільну глибину загортання, може працювати на ущільнених ґрунтах, мінімально порушує структуру ґрунту за межами борозни, формує чітку борозну (за рахунок наявності бічних коліс контролю глибини).

Недоліки: потребує точного налаштування, складна і дорога конструкція.

Ущільнювачі борозни призначені для попереднього ущільнення її дна перед падінням насіння, а також для його прикочування після укладання (борозні котки). Це покращує контакт насіння з вологими шарами ґрунту, сприяє рівномірному розміщенню по глибині та дружним сходам [16,17].

З конструктивної точки зору, функцію ущільнення можуть виконувати як окремі елементи (котки, пруткові ущільнювачі), так і інтегровані деталі самого сошника. Зокрема, у наральникових сошників нижня частина - п'ята, безпосередньо формує насінневе ложе та ущільнює дно борозни, поєднуючи функції нарізання та ущільнення в одному робочому органі.

Для можливості обґрунтування і розробки нової конструкції сошника овочевої сівалки необхідно розглянути конструкцію серійного сошника сівалки JPH 4.

Сошник який встановлюється на серійних секція сівалки JPH 4 (рис. 3.4) складається з двох щік 1, полоза 2 у вигляді прутка та елементів кріплення 3. Його основне призначення полягає у виконанні поетапного процесу формування борозни, кожна стадія якого має важливе значення для досягнення високої якості посіву. Даний конструктивний елемент сівалки здійснює механічне розкриття ґрунту - він розрізає його шари, відводячи верхню частину убік на задану глибину, утворюючи відкриту борозну. Після цього борозна повинна залишатися незакритою певний проміжок часу, що необхідно для точного укладання насіння на її дно.

Після формування борозни здійснюється ущільнення ґрунту по її дну з метою створення якісного насінневого ложа, яке забезпечує оптимальні умови для початку проростання насіння. Завершальним етапом процесу є закриття насіння шаром ґрунту, що сприяє збереженню вологи та формуванню сприятливого мікроклімату в зоні проростання.

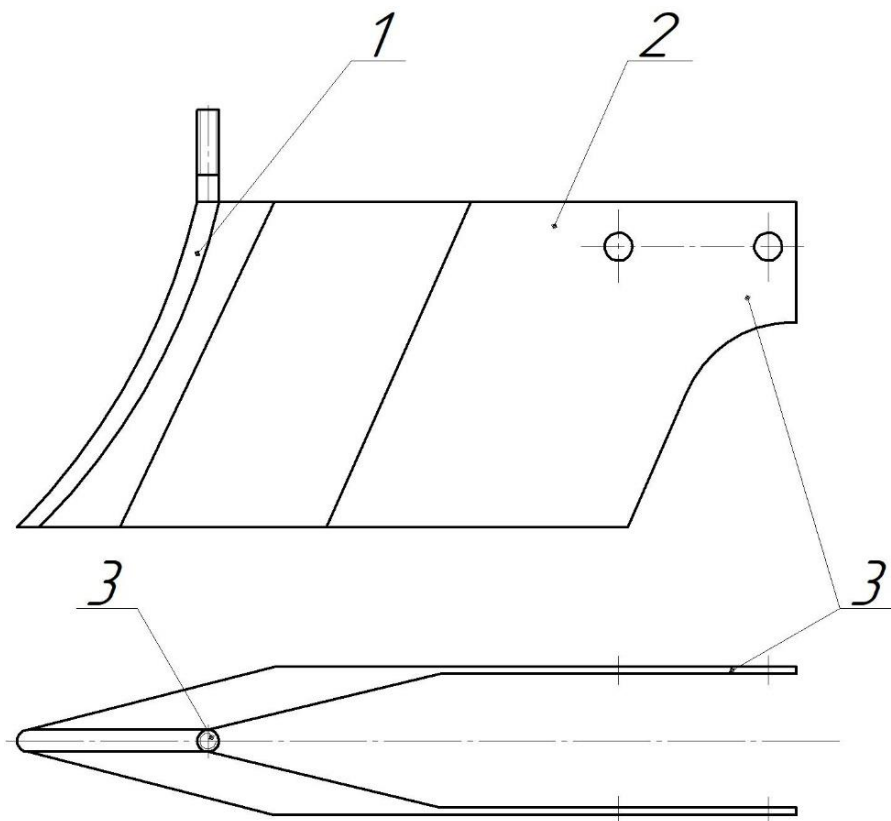


Рис. 3.4 Оригінальний сошник сівалки ЈРН 4:

1 – щоки; 2 – полоз; 3 – кронштейн

Вирішальне значення для якісного виконання цих технологічних операцій має геометрія та конструктивні особливості сошника [22]: передня його частина відповідає за розрізання ґрунту, а задня за ущільнення дна борозни. Водночас одним із недоліків даної конструкції є використання полоза з циліндричним профілем, який недостатньо ефективно формує насінневе ложе належної якості. Така форма призводить до підвищення тягового опору посівного агрегату та не забезпечує достатнього ущільнення стінок та дна борозни. У підсумку сошник переважно формує лише поверхневу канавку, що може негативно позначатися на рівномірності глибини загортання насіння.

Для забезпечення обґрунтування розробленої конструкції сошника овочевої сівалки з наральником зі зниженим тяговим опором та покращеними технологічними показниками, було визначено перелік основних технологічних операцій, які повинен виконувати робочий орган (рис. 3.5).



Рис. 3.5 Технологічні операції утворення борозни які впливають на тяговий опір сошника

Для усунення виявлених недоліків серійної конструкції сошника та реалізації наральником наведених характеристик технологічного процесу, було розроблено модернізовану його конструкцію із комбінованою робочою поверхнею наральника (рис. 3.6). Сошник, має комбінований наральник і складається із двох робочих частин верхня, призначена для утворення борозни і має в вертикальній площині гострий кут входження в ґрунт, нижня призначена для формування насінневого ложа і має в вертикальній площині тупий кут входження в ґрунт, причому, з метою розділення виникаючого навантаження на наральник під час занурення в ґрунт, висота верхньої частини в два рази більша ніж нижньої, а сам носок наральника виконаний радіальним, в горизонтальній площині вся робоча поверхня наральника має гострий кут входження в ґрунт який менший за кут тертя ґрунту по сталі.

Запропонований сошник (рис. 3.6) складається із носка 1, п'яти 2, щік 3, елементів кріплення 4.

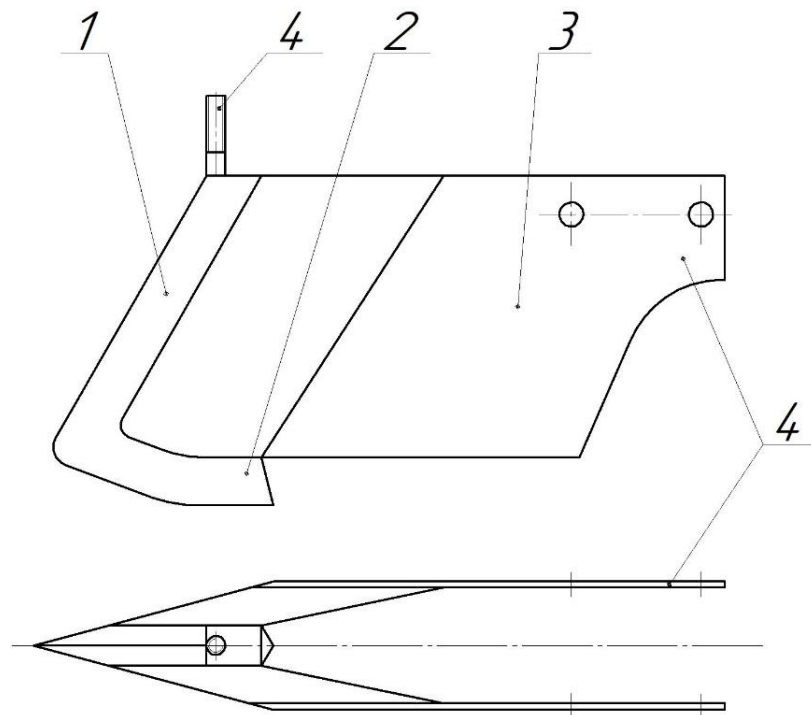


Рис. 3.6 Удосконалений сошник сівалки JPH 4:

1 – наральник; 2 – п'ята; 3 – щоки; 4 – елементи кріплення

Удосконалений сошник працює наступним чином: рухаючись на глибині посіву верхня частина наральника своїм носком 1, який на кінці має заокруглення, компенсує виникаючі навантаження та поділяє їх між поверхнями наральника, розрізає ґрунт і розсуває в боки, а частину піднімає на поверхню рядка. Носок 1, не тільки полегшує рух сошника в ґрунті, а і усуває перешкоди тримаючи задану глибину ходу. За рахунок кута атаки верхньої частини наральника в вертикальній площині і гострого кута входження в ґрунт в горизонтальній площині відбувається відкидання верхніх шарів ґрунту в боки від борозни. Одночасно з цим в нижній частині наральника клинова п'ята 2 яка має тупий кут входження в ґрунт утворює ущільнене насінневе ложе для рівномірного розміщення насіння по глибині і довжині рядка. Щоки сошника 3 утримують ґрунт поки насіння не потрапить на дно борозни, а потім закривають його шаром волого ґрунту. Конструкція наральника сошника за рахунок комбінації робочих поверхонь сприяє зменшенню тягового опору сошника і зменшенню налипанню ґрунту на них та сприяє їх самоочищенню.

Ефективність роботи модернізованого сошника забезпечується рядом конструктивних особливостей:

наявність носка наральника з малим кутом входження в ґрунт та радіальним переходом на кінці, дає змогу зменшити тяговий опір і забезпечити стабільність руху у вертикальній площині. У нижній частині наральника розташована п'ята з більшим кутом входження в ґрунт, що сприяє формуванню якісного насінневого ложа та рівномірному розміщенню насіння по довжині і глибині борозни;

завдяки особливій формі носка та гострому куту розхилу його робочої поверхні в горизонтальній площині, сошник стабільно підтримує необхідну глибину руху в рядку, відводить сухі верхні шари ґрунту вбік від борозни, а при зустрічі з ущільненими зонами або перешкодами руйнує їх. Крім того, при підвищеній вологості ґрунту така форма забезпечує самоочищення робочої поверхні сошника.

Таким чином, удосконалений сошник поєднує у своїй конструкції надійність і адаптивність до складних польових умов та технологічну ефективність, що є важливим аспектом забезпечення якісного посіву редису у відкритий ґрунт.

Головною технологічною характеристикою сошників є забезпечення їх мінімального тягового опору. В зв'язку з цим існує необхідність теоретичного визначення тягового опору нової конструкції сошника та визначення параметрів які впливають на його величину. З цією метою нами була складена розрахункова схема конструктивних параметрів які можуть впливати на процес утворення і формування борозни (рис. 3.7).

Згідно (рис. 3.7) на тяговий опір можуть впливати наступні геометричні параметри сошника:

B - ширина сошника, м;

b_1 - ширина ложеутворювача, м;

b_2 - ширина наральника, м;

- H - глибина руху сошника (глибина посіву), м;
 h_1 - висота п'яти наральника сошника, м;
 h_2 - висота носка яка приймає участь в утворенні борозни, м;
 L - довжина сошника, що виконує борозноутворення, м;
 l_1 - довжина п'яти для формування стінок борозни, м;
 l_2 - довжина п'яти для формування насінневого ложа, м;
 l_3 - довжина частини сошника яка формує борозну, м;
 R - радіус переходу носка в п'яту, м;
 α - кут атаки носка наральника, град;
 β - кут входу п'яти в ґрунт, град;
 γ - кут розхилу поверхні наральника в горизонтальній площині, град.

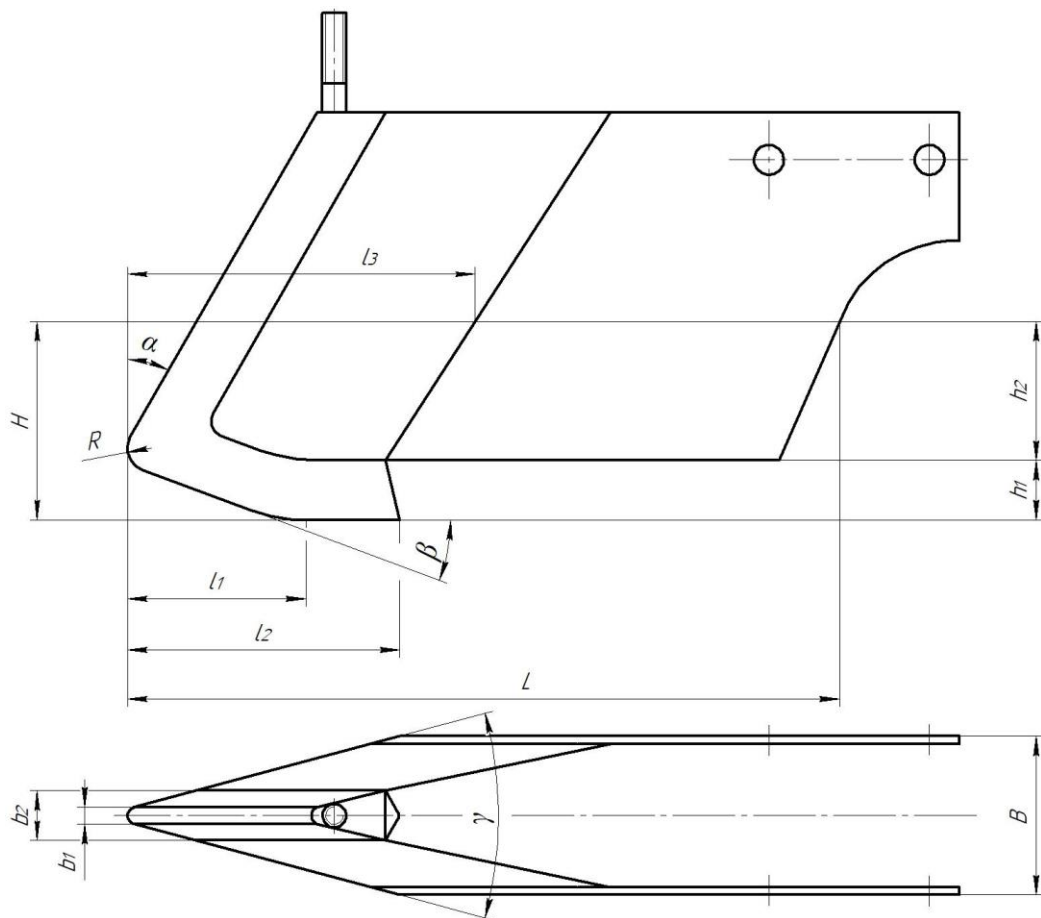


Рис. 3.7 Конструктивні параметри сошника які впливають на його тяговий опір

Також на процес впливають фізико-механічні властивості ґрунту та матеріалу наральника:

k - питомий опір ґрунту різанню, Н/м²;

$k_{уц}$ - питомий опір ґрунту ущільненню, Н/м²;

P_6 - середній боковий тиск ґрунту, Н/м²;

f - коефіцієнт тертя ґрунту по сталі;

φ - кут тертя ґрунту по сталі, град;

$K_\phi(\alpha, \beta, \gamma)$ - безрозмірний коефіцієнт форми наральника, що враховує вплив кутів різання.

Провівши аналіз конструкції модернізованого сошника можна з'ясувати, що знаходження тягового опору такої конструкції полягає в сумуванні сил опору, що діють на його окремі робочі поверхні: носок наральника (верхня розрізаюча частина), п'яту (нижня ущільнююча частина) та щоки (бокові поверхні) (рис. 3.8).

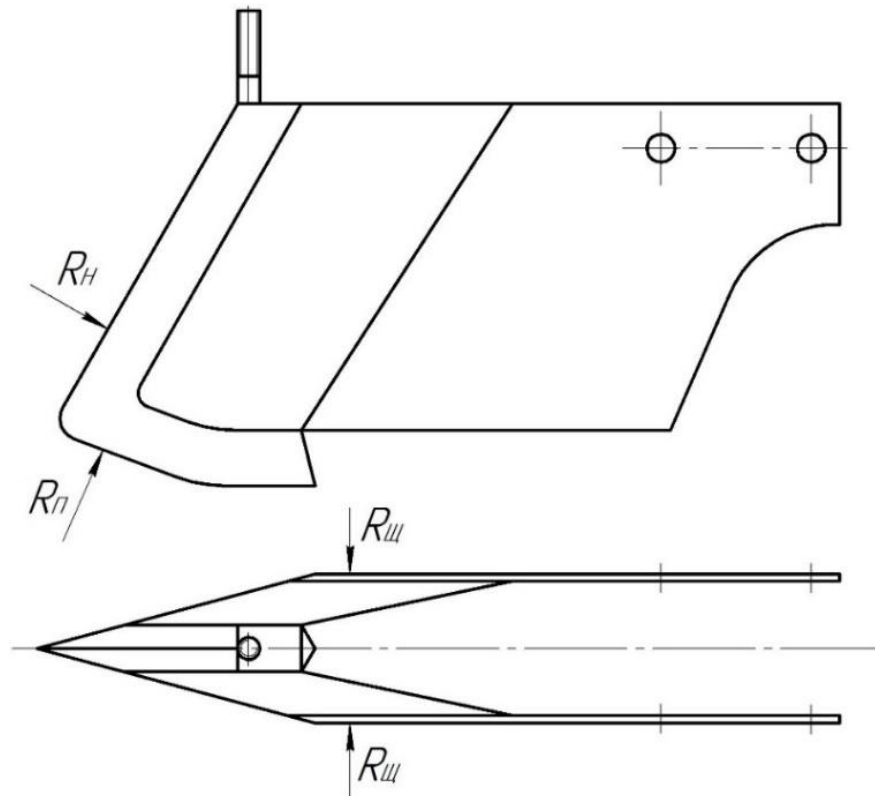


Рис. 3.8 Схема опорів для визначення загального тягового опору сошника

Загальна формула тягового опору сошника буде мати вигляд:

$$R = R_H + R_{\Pi} + R_{\text{Щ}}, \quad (3.1)$$

де R_H - опір носка наральника, Н;

R_{Π} - опір п'яти сошника, Н;

$R_{\text{Щ}}$ - опір тертя щік сошника об ґрунт, Н.

Розглянемо кожен складову окремо. Опір носка наральника (верхня клинова частина), ця частина сошника розрізає ґрунт і розсовує його в боки та частково вгору. Опір складається з опору деформації (різання) ґрунту та опору тертя ґрунту по поверхні клину. Опір носка наральника можна виразити за класичною формулою В.П. Горячкіна [20,21], яку необхідно узгодити з геометрією сошника:

$$R_H = (k \cdot S_H) + (f \cdot N_H), \quad (3.2)$$

де k - питомий опір ґрунту;

S_H - площа поперечного перерізу ґрунту, що перерізається носком наральника:

$$S_H = b_2 \cdot h_2. \quad (3.3)$$

f - коефіцієнт тертя ґрунту по сталі, $f = \text{tg}(\varphi)$;

N_H - сумарна нормальна сила тиску ґрунту на робочу поверхню наральника.

Для клиноподібної поверхні носка наральника нормальна сила N_H значно перевищує силу лобового тиску. Її можна виразити через питомий опір та коефіцієнти форми, що залежать від кутів α (у вертикальній площині) та γ (у горизонтальній). Більш розширена залежність для визначення опору носка наральника сошника буде мати вигляд:

$$R_H = k \cdot b_2 \cdot h_2 \cdot K_{\varphi}(\alpha, \gamma) + f \cdot P_{\text{сер}} \cdot A_{\text{ТН}}, \quad (3.4)$$

де $K_{\phi}(\alpha, \gamma)$ - коефіцієнт, що враховує форму наральника (залежить від кутів α і γ);

$P_{сер}$ - середній тиск ґрунту на робочу поверхню;

$A_{ГН}$ - площа поверхні тертя наральника.

Середній тиск ґрунту на робочу поверхню $P_{сер}$ - це узагальнена величина, яка використовується в інженерних розрахунках для спрощення. В реальності тиск розподіляється по поверхні сошника нерівномірно, він мінімальний біля поверхні ґрунту і максимальний на найбільшій глибині занурення робочої поверхні наральника сошника. Теоретично, для сипучих середовищ, яким є ґрунт під час посіву, тиск на певній глибині можна визначити за аналогією з гідростатичним тиском [23]. Тиск ґрунту (P) на глибині (h_2) розраховується за формулою:

$$P = \rho \cdot g \cdot h_2 \cdot K_{\phi}, \quad (3.5)$$

де ρ - щільність ґрунту, г/см³;

g - прискорення вільного падіння, м/с²;

h_2 - глибина роботи носка наральника, м;

K_{ϕ} - коефіцієнт бокового тиску ґрунту, є ключовим параметром, який показує, яка частина вертикального тиску перетворюється в горизонтальний. Для спокійного ґрунту він становить приблизно (0,4 - 0,6), але при динамічному впливі (русі сошника) він може зростати.

Оскільки тиск змінюється лінійно від 0 (на поверхні) до максимального значення на глибині, то середній тиск для розрахунків приймається рівним половині максимального:

$$P_{сер} = \frac{\rho \cdot g \cdot h_2 \cdot K_{\phi}}{2}. \quad (3.6)$$

На практиці тиск ґрунту значно залежить від швидкості руху сошника (V). Тому до статичної складової додають динамічну. Формула набуває вигляду:

$$P_{сер} \approx \frac{\rho \cdot g \cdot h_2 \cdot K_6}{2} + k_e \cdot \rho \cdot V^2, \quad (3.7)$$

де V - швидкість руху сошника, м/с;

k_e - емпіричний коефіцієнт, що враховує інерційні сили та залежить від форми робочого органу і властивостей ґрунту (визначається експериментально).

В нашому випадку, для врахування цього коефіцієнту в даній математичній моделі необхідно розробити теоретично обґрунтовану залежність для його наближеного визначення, базуючись на фізиці процесу. Теоретично, динамічний опір виникає через те, що сошник змушений надавати кінетичну енергію масі ґрунту, яку він зміщує. Цей процес можна змодельовати, використовуючи принцип зміни імпульсу [24].

Динамічна сила (F_D), що діє на наральник сошника, дорівнює швидкості зміни імпульсу ґрунту, який він відкидає:

$$F_D = \frac{d(mV)}{dt} = \dot{m} \cdot \Delta V, \quad (3.8)$$

де \dot{m} - масова витрата ґрунту (маса ґрунту, що зміщується за секунду), кг/с;

ΔV - зміна швидкості ґрунту в напрямку руху сошника.

Масову витрату можна виразити як:

$$\dot{m} = \rho \cdot A \cdot V, \quad (3.9)$$

де A - площа поперечного перерізу носка наральника;

V - швидкість сошника.

Зміна швидкості ΔV залежить від того, як геометрія сошника відводить ґрунт. Ґрунт прискорюється від 0 до певної швидкості, напрямком якої задається

кутами α і γ . Чим крутіші кути, тим більша складова швидкості ґрунту буде спрямована проти руху сошника, і тим більшим буде опір. Таким чином, можна припустити, що ΔV пропорційна швидкості сошника V та функції від його кутів:

$$\Delta V = V \cdot f(\alpha, \gamma). \quad (3.10)$$

Підставивши залежність (10) у формулу для динамічного тиску ($P_D = \frac{F_D}{A}$), отримаємо:

$$P_D = \frac{(\rho \cdot A \cdot V) \cdot (V \cdot f(\alpha, \gamma))}{A} = f(\alpha, \gamma) \cdot \rho \cdot V^2. \quad (3.11)$$

Порівнюючи отримане з залежністю (7) можна бачити, що:

$$k_e = f(\alpha, \gamma). \quad (3.12)$$

Тобто, коефіцієнт k_e теоретично є функцією від робочих кутів сошника.

Для клиноподібних тіл, що рухаються в ґрунті, функцію $f(\alpha, \gamma)$ можна апроксимувати через тригонометричні залежності, які описують відхилення потоку частинок. Наближена теоретична залежність для коефіцієнта k_e має такий вигляд:

$$k_e = k_2 \cdot \sin\left(\frac{\gamma}{2}\right) \cdot \sin(\alpha), \quad (3.13)$$

де $\sin\left(\frac{\gamma}{2}\right)$ - враховує інерційний опір, що виникає при горизонтальному розсуванні ґрунту. Використовується половина кута $\left(\frac{\gamma}{2}\right)$, оскільки це кут відхилення для однієї сторони клину;

$\sin(\alpha)$ - враховує інерційний опір, що виникає при вертикальному підйомі та зсуві шару ґрунту;

k_2 - коефіцієнт властивостей ґрунту, це безрозмірна величина, яка враховує внутрішні сили в ґрунті, що перешкоджають його швидкій деформації та прискоренню. Він залежить від: кута внутрішнього тертя ґрунту, чим він більший, тим сильніше частинки взаємодіють одна з одною; зчеплення (когезії), що характерно для глинистих ґрунтів; структури ґрунту. Значення k_2 зазвичай лежить в діапазоні від 1,5 до 4 для більшості сільськогосподарських ґрунтів. Для легких піщаних ґрунтів він менший, для важких глинистих - більший.

Таким чином, динамічну складову середнього тиску можна розрахувати за формулою:

$$P_D = \left(k_2 \cdot \sin\left(\frac{\gamma}{2}\right) \cdot \sin(\alpha) \right) \cdot \rho \cdot V^2 . \quad (3.14)$$

Отримана залежність теоретично підтверджує, що конструкція удосконаленого сошника має раціональні робочі поверхні: малі кути α і γ (гострий кут входження) призводять до малих значень $\sin(\alpha)$ і $\sin\left(\frac{\gamma}{2}\right)$, що в свою чергу, суттєво зменшує коефіцієнт k_2 , а отже, і динамічну складову тягового опору, яка стає максимальною на високих швидкостях. Для точних розрахунків k_2 та сам коефіцієнт k_e все ж необхідно визначати експериментально, але наведена формула дозволяє теоретично оцінити вплив геометрії сошника на його тяговий опір.

З (рис. 3.7) видно, що:

$$A_{TH} \approx \frac{l_3 \cdot B}{\sin\left(\frac{\gamma}{2}\right)} . \quad (3.15)$$

Наявність радіального носка R згладжує пікові навантаження при входженні в ґрунт, що зменшує динамічну складову опору, але в математичній

моделі, що розглядається його вплив враховується опосередковано через коефіцієнт k .

Опір п'яти (нижня частина наральника, що ущільнює дно борозни і формує її стінки). Ця частина наральника має тупий кут входження в ґрунт β і її основна функція - формування та ущільнення насінневого ложа. Опір тут виникає переважно через деформацію (ущільнення) ґрунту. Сила опору п'яти є горизонтальною складовою нормальної сили реакції ґрунту, що діє на ущільнюючу поверхню:

$$R_{\Pi} = N_{\Pi} \cdot (\sin \beta + f \cdot \cos \beta). \quad (3.16)$$

Нормальну силу N_{Π} можна виразити через питомий опір ґрунту ущільненню k_{yuc} та площу контакту п'яти A_{Π} :

$$N_{\Pi} = k_{yuc} \cdot A_{\Pi}, \quad (3.17)$$

$$A_{\Pi} = (l_2 - l_1) \cdot b_2. \quad (3.18)$$

Таким чином, формула тягового опору п'яти прийме вигляд:

$$R_{\Pi} = k_{yuc} \cdot (l_2 - l_1) \cdot b_2 \cdot (\sin \beta + f \cdot \cos \beta). \quad (3.19)$$

Визначаємо опір щік (бокових поверхонь) сошника. Щоки утримують стінки борозни від обсипання, а їх опір є виключно силою тертя бокових поверхонь об ґрунт [20,25] тоді:

$$R_{\text{Щ}} = 2 \cdot f \cdot N_{\delta}, \quad (3.20)$$

де N_{δ} - нормальна сила бокового тиску ґрунту на одну щоку.

$$N_{\delta} = P_{\delta} \cdot A_{\text{Щ}}, \quad (3.21)$$

де P_{δ} - середній боковий тиск ґрунту на щоку;

$A_{\text{Щ}}$ - площа однієї щоки.

$$A_{\text{Щ}} \approx (L - l_1) \cdot h_2. \quad (3.22)$$

Із врахуванням вище наведеного залежність тягового опору щік:

$$R_{III} = 2 \cdot f \cdot P_6 \cdot (L-l_1) \cdot h_2. \quad (3.23)$$

Підставляючи всі складові в рівняння (3.1), отримуємо загальну залежність для розрахунку тягового опору модернізованого сошника:

$$R = \left(k \cdot b_2 \cdot h_2 \cdot K_\phi(\alpha, \gamma) + f \cdot \frac{\rho \cdot g \cdot h_2 \cdot K_6}{2} + \right. \\ \left. + k_z \cdot \sin\left(\frac{\gamma}{2}\right) \cdot \sin(\alpha) \cdot \rho \cdot V^2 \cdot \frac{l_3 \cdot B}{\sin\left(\frac{\gamma}{2}\right)} \right) + \quad (3.24)$$

$$+ (k_{yuz} \cdot (l_2 - l_1) \cdot b_2 \cdot (\sin \beta + f \cdot \cos \beta)) + (2 \cdot f \cdot P_6 \cdot (L-l_1) \cdot h_2)$$

Аналізуючи отриману залежність (3.24) можна провести якісний аналіз конструкції удосконаленого сошника:

гострі кути α і γ зменшують значення коефіцієнта K_ϕ , що на пряму знижує першу, найбільшу складову тягового опору R_H ;

умова $\gamma < \varphi$ (кут розхилу менший за кут тертя) є ключовою, вона забезпечує ковзання ґрунту по поверхні без утворення валку налиплого ґрунту перед сошником, що стабілізує коефіцієнт тертя f на мінімальному рівні та сприяє самоочищенню поверхні наральника сошника;

кут β спеціально призначений для ущільнення, хоча він і створює значний опір (R_{II}), це є корисною роботою для формування якісного насінневого ложа, а не паразитним опором;

розділення функцій між верхньою (різання) та нижньою (ущільнення) частинами дозволяє оптимізувати геометрію кожної з них для виконання своєї задачі з мінімально можливим опором.

4. Практична реалізація результатів досліджень

Отримана залежність (3.24) є дещо спрощеною математичною моделлю процесу борозноутворення але може дати практичні рекомендації для реалізації їх в конструкції наральника сошника. Так, якщо побудувати графік (рис. 4.1) залежності тягового опору R модернізованого сошника від кутів α і β то можна сказати наступне:

при малих кутах α і β тяговий опір мінімальний, а сошник плавно входить у ґрунт та ефективно його розрізає і ущільнює;

зі збільшенням обох кутів опір різко зростає, особливо при великих β (кут входження п'яти), бо ґрунт починає чинити значний опір ущільненню;

раціональні кути для мінімізації тягового опору знаходяться в межах - $\alpha \approx 20 - 30^\circ$ і $\beta = 15 - 25^\circ$.

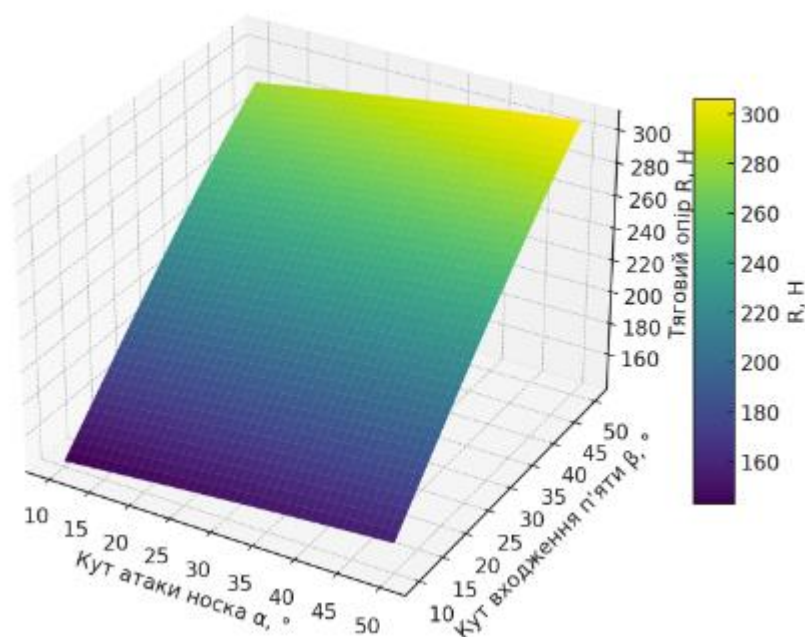


Рис. 4.1 Залежність тягового опору R від кутів α і β

Ще одним параметром конструкції який може значно впливати на тяговий опір є радіус заокруглення носка наральника. За конструктивними ознаками він повинен розподіляти навантаження яке виникає в передній частини наральника під час роботи. Для того щоб дослідити його вплив і

залежність від кутів робочих поверхонь наральника побудуємо графіки його впливу на тяговий опір сошника (рис.4.2 і рис. 4.3).

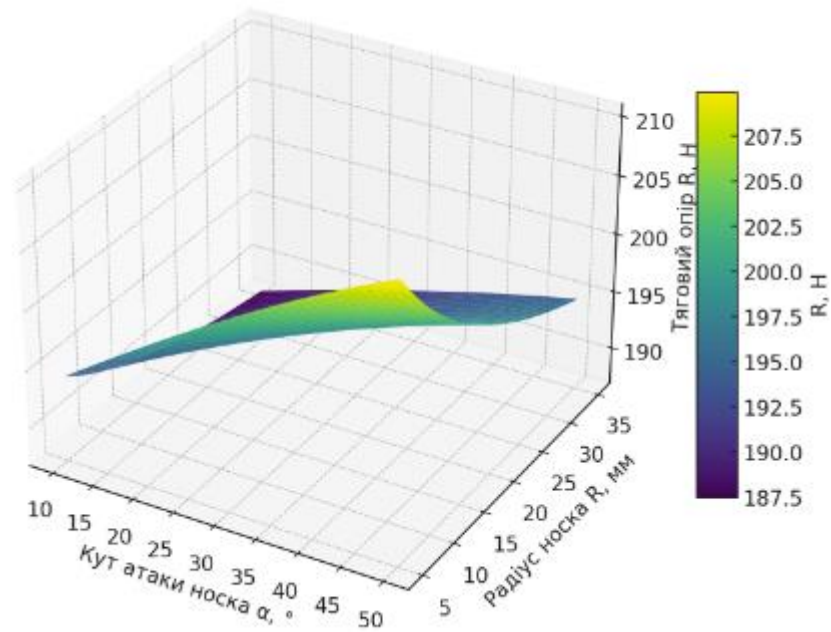


Рис. 4.2 Залежність тягового опору R від радіуса носка та кута атаки α

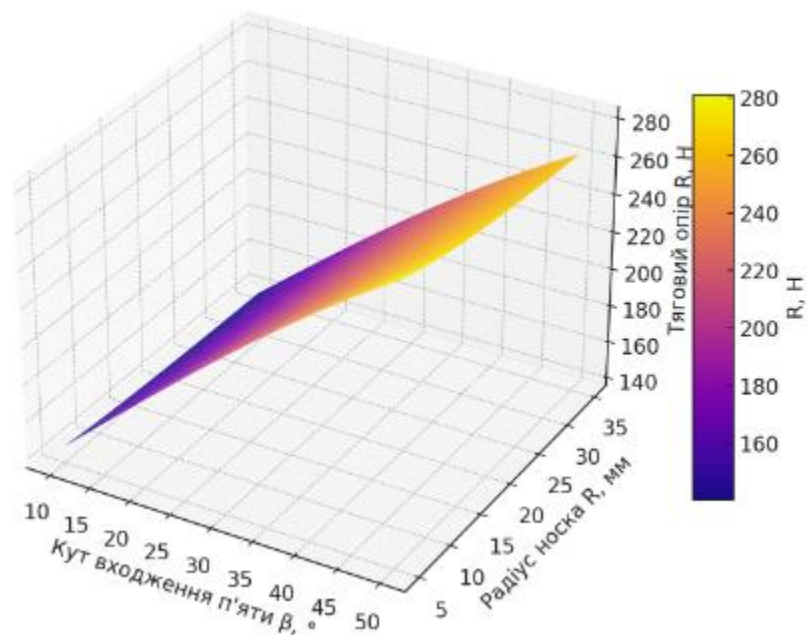


Рис. 4.3 Залежність тягового опору R від радіуса носка та кута входження п'яти β

Як видно із (рис.4.2):

при малому радіусі носка (5 - 10 мм) опір зростає швидко із збільшенням кута атаки α ;

збільшення радіуса носка (до 30 - 35 мм) зменшує тяговий опір, особливо при більших значеннях α , тобто заокруглення помітно пом'якшує вхід носка в ґрунт;

для $\alpha \approx 30 - 40^\circ$ оптимальний радіус носка буде складати 25 - 30 мм.

Із (рис. 4.3) можна побачити, що:

із зростанням кута входження в ґрунт п'яти β опір збільшується, але збільшення радіуса заокруглення носка наральника компенсує цей ріст;

при радіусі заокруглення носка ≥ 30 мм опір стабілізується навіть при великих β ;

таким чином, заокруглений носок знижує динамічні пікові навантаження, що відповідає теоретичному аналізу.

Для обґрунтування остаточних конструктивних параметрів удосконаленого наральника сошника побудуємо залежності зміни тягового опору від кутів α і β та радіуса заокруглення носка (рис. 4.4 – 4.7).

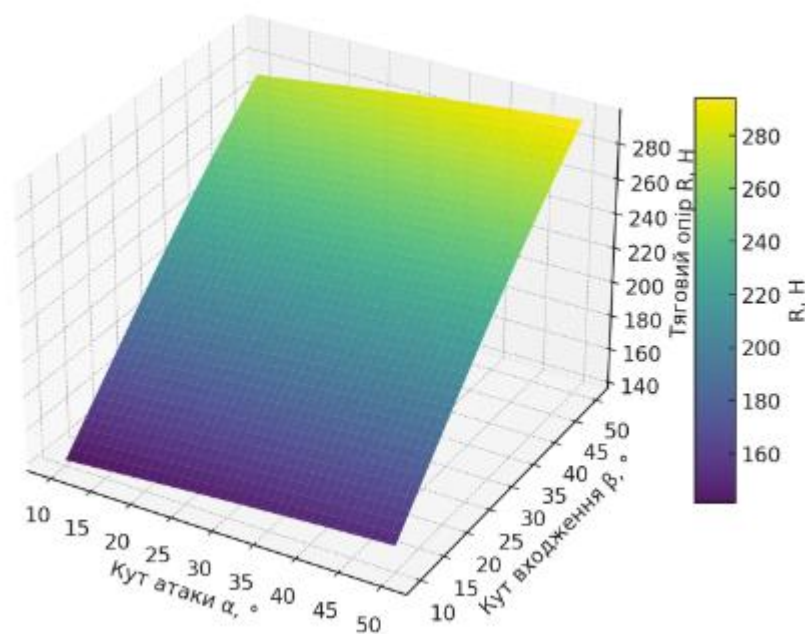


Рис. 4.4 Залежність тягового опору R від радіуса заокруглення носка 5 мм

Якщо проаналізувати отриману залежність при радіусі заокруглення 5 мм то можна побачити що:

при малому радіусі заокруглення носок наральника більш гострий тому локальний тиск у передній частині значно вищий;

найбільший вплив на опір здійснює кут β про, що говорить крутий підйом по його осі;

максимальне значення тягового опору сягає 290 Н;

поверхня графіка крута, що говорить про високу чутливість до зміни кутів;

при радіусі заокруглення 5 мм характер взаємодії наральника з ґрунтом має ударний характер, що може призвести до великого тягового опору і зношування.

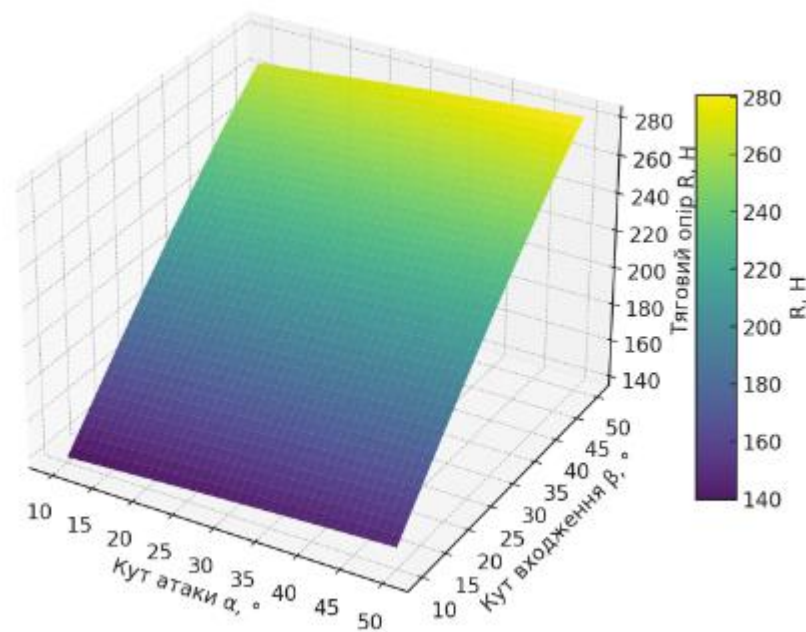


Рис. 4.5 Залежність тягового опору R від радіуса заокруглення носка 15 мм

З (рис. 4.5) видно, що із збільшенням радіуса заокруглення до 15 мм починається згладжування поверхні контакту, формується менший локальний тиск, а ґрунт відтискається плавніше.

Отримані результати показують, що:

опір помітно нижчий, ніж при радіусі заокруглення 5 мм (зменшується до меж 270 - 275 Н);

поверхня графіка стає пологішою;

вплив кута входу п'яти β зменшується;

збільшення радіуса заокруглення до 15 мм вже дозволяє ефективно зменшити тяговий опір на 15 - 20 Н.

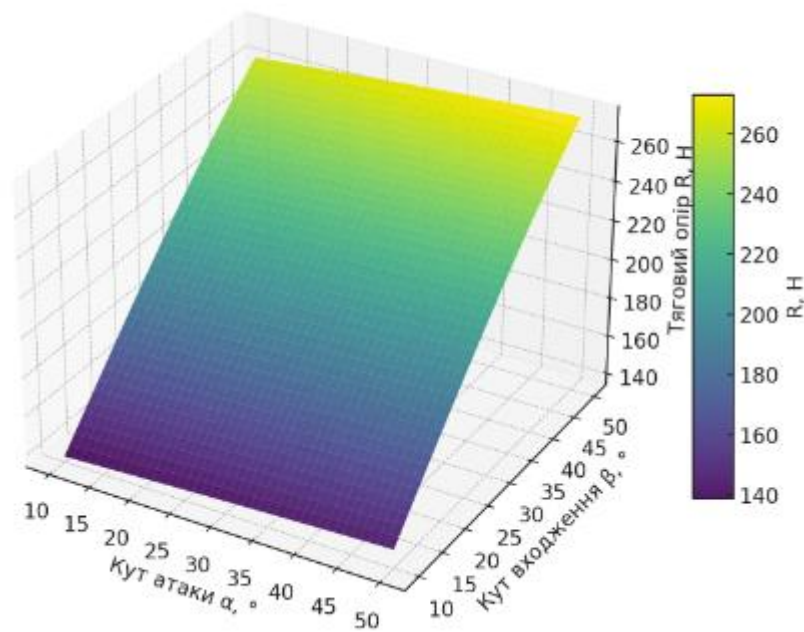


Рис. 4.6 Залежність тягового опору R від радіуса заокруглення носка 25 мм

При подальшому збільшенні радіуса заокруглення носка до 25 мм вдається отримати подальше зменшення концентрації напружень за рахунок зменшення зони деформації ґрунту перед носком.

З отриманого графіку (рис. 4.6) видно:

максимальний тяговий опір падає 265 Н;

поверхня графіка стає майже лінійною;

зміни кутів α і β менше впливають на загальний тяговий опір наральника;

при такому виконанні носок наральника буде працювати плавно, формуючи стійку борозну без зайвого ущільнення ґрунту.

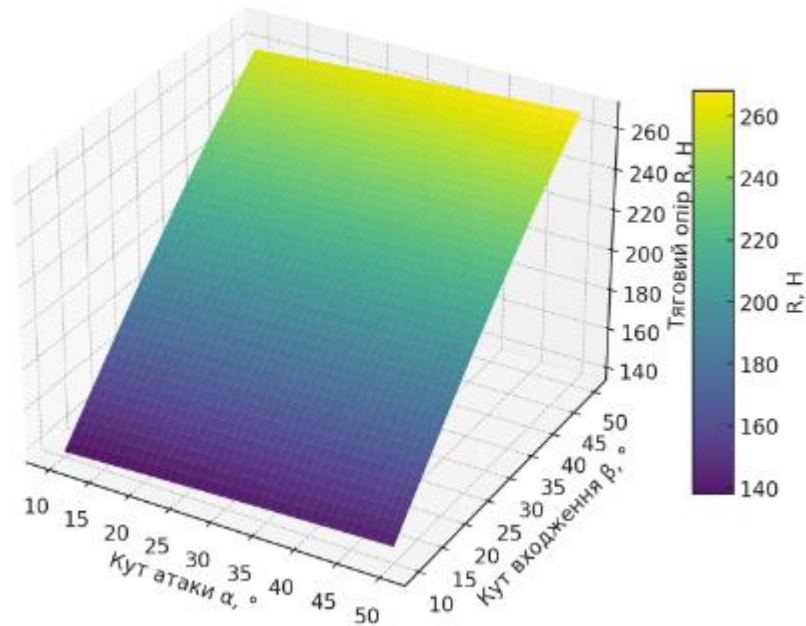


Рис. 4.7 Залежність тягового опору R від радіуса заокруглення носка 35 мм

Якщо збільшити радіус заокруглення до 35 мм то це дає найбільш сприятливу взаємодію з ґрунтовим середовищем, навантаження максимально розосереджене.

З графіку (рис.4.7) можна бачити:

максимальний тяговий опір не перевищує 260 Н, що на 30 Н менше у порівнянні з гострим носком;

мінімальний вплив α і β на тяговий опір, що напряду буде впливати на стабільність роботи в реальних умовах;

при такому радіусі заокруглення носка наральника сошника можна отримати найкращі технологічні характеристики його роботи.

Таким чином проаналізувавши детально вплив радіуса заокруглення носка наральника сошника можна сказати, що раціональними значеннями для використання в реальних умовах будуть значення від 25 до 35 мм.

Також за допомогою отриманої математичної моделі можна провести аналіз впливу ширини робочої частини сошника на зміну тягового опору (рис. 4.8). Оскільки сівалка для якої розроблявся сошник є овочевою і конструкцією

сівалки забезпечується встановлення сошників шириною від 30 до 60 мм то такий аналіз дасть можливість обґрунтовано обирати ширину сошника.

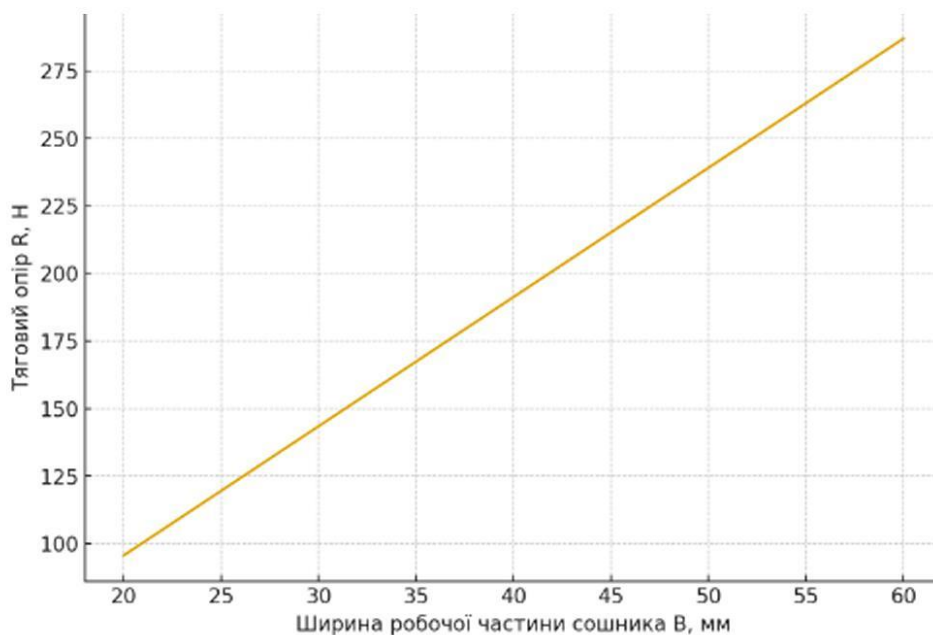


Рис. 4.8 Графік зміни тягового опору R від зміни ширини сошника

Із отриманого графіку (рис. 4.8) видно, що:

тяговий опір сошника зростає майже лінійно зі збільшенням ширини;

зміна ширини сошника в 3 рази дає зміну тягового опору R в бік збільшення приблизно на 190 Н;

найбільший вплив ширини сошника здійснюється на площу різання та тертя по нижній поверхні;

збільшення ширини сошника на кожні 10 мм додає приблизно 47 Н до величини тягового опору.

Таким чином, можна сказати, що ширина сошника це один із найвпливовіших параметрів на тяговий опір. Як видно із отриманого графіка раціональна ширина наральника буде знаходитись в межах 35 – 45 мм.

В математичній моделі також врахована глибина загортання для всього діапазону овочевих культур і в усіх попередніх розрахунках вона приймалась максимальною з метою забезпечення посіву всього різноманіття культур з

якими працює сівалка. Використовуючи вище наведені раціональні параметри впливових на тяговий опір величин нами була отримана наступна залежність(рис. 4.9).

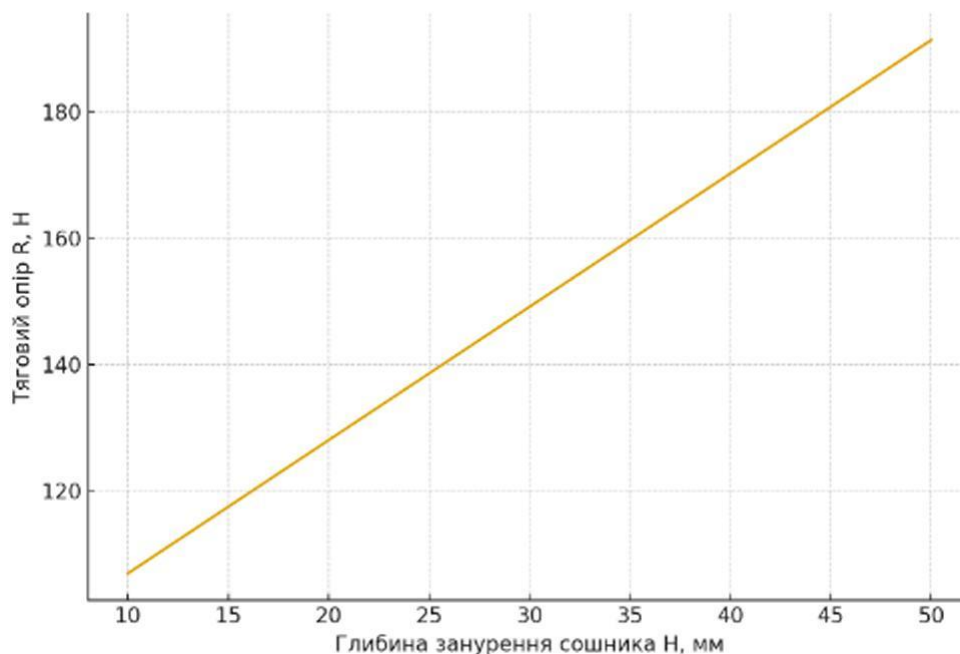


Рис. 4.9 Графік зміни тягового опору R від зміни глибини посіву

Як показує отримана залежність (рис. 4.9), із збільшенням глибини ходу сошника від 10 до 50 мм тяговий опір зростає приблизно на 2,1 Н на кожен міліметр заглиблення. Це пов'язано зі збільшенням площі взаємодії робочих елементів сошника з ґрунтом та ростом нормального тиску в зоні різання і тертя. Також, можна бачити, що при глибині посіву редису червоного, яка складає 2 см опір розробленого сошника буде складати 125 Н, що значно менше ніж у звичайних сошників овочевих сівалок із тупим кутом входження в ґрунт, значення яких може сягати до 200Н [21].

Проведений аналіз математичної моделі показав, що вона має практичну цінність і придатна для оптимізації розробленого сошника овочевої сівалки.

5. Охорона праці

Заходи безпеки при роботі з овочевими сівалками

Робота з овочевими сівалками (механічними, пневматичними, сівалками точного висіву) пов'язана з ризиками травмування рухомими механізмами, впливом отрутохімікатів (протравлене насіння) та небезпекою при агрегуванні з трактором.

1. Загальні вимоги [26 - 33]:

до роботи допускаються особи не молодше 18 років, які пройшли медичний огляд, навчання з охорони праці, інструктаж на робочому місці та мають посвідчення тракториста-машиніста відповідної категорії;

персонал повинен бути забезпечений спецодягом (комбінезон), спецвзуттям, рукавицями. При роботі з протравленим насінням обов'язкове використання респіраторів та захисних окулярів;

перед початком роботи механізатор та допоміжний персонал (якщо передбачений конструкцією) повинні вивчити інструкцію з експлуатації конкретної моделі сівалки.

2. Безпека при підготовці та агрегуванні [26 - 33]:

агрегування сівалки з трактором повинно проводитися на рівному майданчику;

під час під'їзду трактора до сівалки перебування людей між ними суворо заборонено;

перед з'єднанням гідравлічних шлангів необхідно скинути тиск у системі. Перевірити цілісність ізоляції електропроводки (для сівалок з електронним контролем висіву);

карданний вал, що передає обертання від ВВП трактора до вентилятора сівалки (у пневматичних моделях), повинен мати захисний кожух. Робота з незахищеним валом заборонена.

3. Вимоги безпеки під час роботи в полі [26 - 33]:

вмикання ВВП та початок руху дозволяється лише після подачі звукового сигналу та переконання у відсутності людей біля агрегату;

заборонено дії під час руху: сідати або ставати на раму сівалки, підніжки чи драбини; вручну розрівнювати насіння в бункерах; очищувати сошники чи висівні апарати;

перед розворотом необхідно перевести сівалку в транспортне положення (підняти сошники та маркери). Розворот із заглибленими робочими органами заборонений, оскільки це може призвести до поламки техніки та травмування;

завантаження протравленого насіння проводити в респіраторх і рукавицях, стаючи з навітряного боку;

категорично заборонено вживати їжу, палити або пити воду під час роботи з протравленим насінням;

після завершення завантаження необхідно ретельно вимити руки та обличчя з милом.

4. Технічне обслуговування та ремонт [26 - 33]:

будь-які роботи з очищення, регулювання, змащування чи ремонту сівалки проводяться тільки при зупиненому двигуні трактора та вимкненому ВВП;

якщо роботи проводяться під піднятою сівалкою, необхідно використовувати спеціальні підставки (козли) або блокувальні пристрої на гідроциліндрах. Ніколи не покладатися лише на гідравліку трактора;

після проведення ремонту всі зняті захисні щитки ланцюгових, шестеренчастих та пасових передач повинні бути встановлені на місце.

5. Транспортування [26 - 33]:

під час переїздів дорогами загального користування маркери та слідорозпущувачі повинні бути механічно зафіксовані у транспортному положенні;

сівалка повинна бути обладнана світловідбивачами, а при закритті задніх ліхтарів трактора дублюючою світловою сигналізацією;

дотримуватися транспортної швидкості, вказаної заводом-виробником (зазвичай не більше 15 - 20 км/год), особливо на нерівних дорогах, щоб уникнути перекидання;

у разі виникнення аварійної ситуації (пожежа, перекидання, травмування) негайно зупинити агрегат, надати домедичну допомогу потерпілому та повідомити керівника робіт.

Висновки

1. Під час виконання роботи було проаналізовано існуючі конструкції робочих органів овочевих сівалок, виявлені основні недоліки сошників які використовуються на сучасних овочевих сівалках та визначено напрями їх вдосконалення для підвищення ефективності процесу посіву.

2. На підставі проведеного аналізу була розроблена нова конструкція наральника сошника комбінованої форми, яка забезпечує стабільне та рівномірне формування борозни, зменшує тяговий опір сошника, підвищує якість укладання насіння на задану глибину, зменшує розсіювання насіння після його потрапляння в борозну, а також покращує контакт насіння з ґрунтом, що сприяє дружним сходам і зростанню врожайності овочевих культур.

3. Розроблений насінневий сошник було інтегровано в конструкцію секції робочих органів овочевої сівалки JPH 4, що дозволило підвищити її технологічні характеристики без значного збільшення ваги агрегату або ускладнення конструкції.

4. Побудована математична модель (зал. 3.24) для визначення раціональних значень конструктивних елементів розробленого сошника овочевої сівалки. Проведений її теоретичний аналіз, який дозволив встановити межі значень основних елементів конструкції які здійснюють вплив на технологічні характеристики під час роботи сошника.

5. Отримані результати підтверджують доцільність та перспективність використання модернізованого сошника овочевої сівалки у сучасному овочівництві для забезпечення високоякісного посіву.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Terradonis ICS. Керівництво з експлуатації сівалки JPH. URL: <https://www.terradonis.com/ouverturepdf.php?file=usermanual-jph-.pdf>
2. Барабаш О.Ю. Овочівництво. - К.: Вища школа, 1994, 374 с.
3. Барабаш О.Ю., Тараненко Л.К., Сич З.Д. Біологічні основи овочівництва: навчальний посібник. Київ: Арістей. 2005. 348 с.
4. Гіль Л.С., Пашковський А.І., Суліма Л.Т. Сучасні технології овочівництва закритого і відкритого ґрунту. Ч. 2. Відкритий ґрунт. Навчальний посібник. - Вінниця: Нова Книга, 2008 - 312 с.
5. Сучасні технології вирощування овочевих культур: навч. Посібник для студентів напряму «Агрономія» агробіологічних спеціальностей вищих навчальних закладів освіти III-IV рівнів акредитації./ В.Б. Кутовенко, І.Г. Міхаліна, В.Т. Гонтар. – Київ, 2013. – 300 с.
6. Довідковий матеріал з овочівництва /З.Д. Сич, О.Я. Жук, І.М. Бобось та ін. - К.: 2012. – 204 с
7. Сільськогосподарські машини в овочівництві. /За ред.. канд. с.-г. н. А.І. Яшука. – Харків, ІОБ УААН, 2006. – 138с.
8. Лихочвор В.В., Петриченко В.Ф. Рослинництво. Сучасні інтенсивні технології вирощування основних польових культур. Львів: НВФ «Українські технології», 2006. 730 с.
9. Сівалка для овочевих культур JPH 4. URL: <https://www.terradonis.com/jph-semoir-maraicher-petites-graines.html>
10. Сівалка овочева Кентавр СМП-5. URL: <https://kentavr.ua/nav-oborudovaniye/sejalki/sejalka-ovoshchnaya-smp-5>
11. Сівалка овочева тракторна ДТЗ СТП-6. URL: <https://santeho.com.ua/ua/sejalka-ovoschnaya-traktornaya-dtz-stp-6>
12. Чотирирядна сівалка точного висіву СТВ-4 для овочевих і зернових культур. URL: https://gardenshop.ua/ukr/sejalka_dvuhrijadnaja_ctb4.html

13. Овочева сівалка Agricola PKN. URL: <https://uvc.com.ua/vyrobnyk/agricola-italiana/>
14. Пневматична сівалка точного висіву Calibra Evo. URL: <https://sfoggia.com/en/semina-di-precisione-3/calibra-evo/>
15. MONOSEM. The precision Planter specialist. Monosem MS. Ribouleau MONOSEM – FRANCE, 2020. 24p. URL: <https://www.monosem.com/Range/Planter-range>
16. Артеменко Д.Ю. Дослідження і розробка удосконаленої конструкції сошника просапної сівалки / Д.Ю. Артеменко, О.С. Магопець, П.М. Соломашенко // Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин: загальнодерж. міжвід. наук.-техн. зб. - Кіровоград: КНТУ, 2010. - Вип. 40, ч.1. - С. 136-142. URL: <http://dspace.kntu.kr.ua/jspui/bitstream/123456789/1795/1/26.pdf>
17. Дмитро Артеменко. Дослідження конструкційних параметрів елементів сошника для посіву просапних культур. Науково-технічні дослідження у галузі механічної інженерії та транспорту: колективна монографія / заг. ред. А.А. Кашканова. – Академія технічних наук України. – Івано-Франківськ: Видавець Кушнір Г.М. – 2023. – С. 72-110. URL: https://ukrtsa.org.ua/wp-content/uploads/2023/05/mech_transport.pdf
18. Brunotte, J. Architektur moderne Pflanzen / J. Brunotte, K. Sommer, B. Gattermann // AMAZONEN-WERKE H. Dreyer GmbH & Co. KG. Hasbergen, 2005 – 92 s.
19. Войтюк Д.Г. Сільськогосподарські машини. Основи теорії і розрахунку: Підручник / Д.Г. Войтюк, В.М. Барановський, В.М. Булгаков та ін.; за ред. Д.Г. Войтюка. – К.: Вища освіта, 2005. – С. 141 – 142. URL: <https://studfiles.net/preview/5063474/page:25/>
20. Заїка П.М. Теорія сільськогосподарських машин. Том 1, частина 2. Машини для сівби та садіння. – Харків: Око, 2002. – 452 с.

21. Сисолін П.В. та інш. Сільськогосподарські машини: теоретичні основи, конструкція, проектування, Кн. 1: Машини для рільництва / П.В. Сисолін, В.М. Сало, В.М. Кропівний – К.: Урожай, 2001. – 384 с.
22. Artemenko, D., S. Leshchenko, V. Onopa, V. Majara, and V. Deikun. 2022. Analysis of the combined coulter point of the precision seed drill. *Agricultural Engineering International: CIGR Journal*, 24(4): 57-71. URL: <https://cigrjournal.org/index.php/Ejournal/article/view/7435/3947>
23. Завойко Б.М., Лещій Н.П. Технічна механіка рідин і газів: основні теоретичні положення та задачі. Львів, "Новий світ", 2004. – 160 с.
24. Константинов Ю.М., Гіжа О.О. Технічна механіка рідини і газу: Підручник. – К.: Вища школа, 2002. – 277 с.
25. Бузенков Г.М. Машини для посіву сільськогосподарських культур / Г.М. Бузенков, С.А. Ма. М.: Машинобудування, 1976. – 364с.
26. Гандзюк М.П. Основи охорони праці: Підручник для студентів вищих навчальних закладів / М.П. Гандзюк, Є.П. Желібо, М.О. Халімовський. За редакцією М.П. Гандзюка. – К.: Каравела, 2003. – 408с.
27. ДСТУ 7239:2011. Засоби індивідуального захисту. URL: http://opcb.kpi.ua/wp-content/uploads/2011/09/dstu_7239_2011.pdf
28. ДСТУ 2867-94. Державний стандарт України. Шум. Методи оцінювання виробничого шумового навантаження. URL: https://ksv.do.am/GOST/DSTY_ALL/DSTY3/dsty_2867-94.pdf
29. СП 4282-87. Санітарні правила по устрою тракторів та сільськогосподарських машин. URL: https://dnaop.com/html/57502/doc-%D0%A1%D0%9F_4282-87
30. ДСТУ 2189-93. Система стандартів безпеки праці. Машини сільськогосподарські навісні та причіпні. Загальні вимоги безпеки. Київ, 1994. – 25 с.
31. ГОСТ 25942-90. Трактори і сільськогосподарські машини. Пристрої швидковіддуючі. Вимоги до конструкції. URL: http://www.leonorm.lviv.ua/p/DG/CND2015_2.HTM

32. Жидецький В.Ц. Основи охорони праці. Підручник / В.Ц. Жидецький – Львів: Афіша, 2002.– 320 с.

33. Єрмаков О.Ю. Організація сільськогосподарського виробництва. Навч. метод. посібник– 2 –ге вид., доп. і перер. - К.: НАУ, 2007. – 266 с.