

УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ САДІВНИЦТВА
ІНЖЕНЕРНО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
КАФЕДРА АГРОІНЖЕНЕРІЇ

Допускається до захисту
Завідувач кафедри
_____ Андрій ВОЙТІК
“ ____ ” _____ 2024 р.

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
до дипломної роботи
_____ магістр
(освітній рівень)

на тему «ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ДИСКОВИХ АКТИВНИХ
РОБОЧИХ ОРГАНІВ МАШИНИ ДЛЯ ВІДОКРЕМЛЕННЯ ВІДСАДКІВ
КЛОНОВИХ ПІДЩЕП»

Виконав: студент 2 курсу, групи 21 м-ім
Спеціальність 208 Агроінженерія
_____ Михайло ВЛАСЮК
(прізвище та ініціали)

Керівник _____ Андрій ВОЙТІК
(прізвище та ініціали)

Рецензент _____ Олександр ТРУС
(прізвище та ініціали)

УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ САДІВНИЦТВА
ІНЖЕНЕРНО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
КАФЕДРА АГРОІНЖЕНЕРІЇ

Освітній рівень магістр
 Спеціальність 208 Агроінженерія
 (шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
 Завідувач кафедри
Андрій ВОЙТІК
 “ ” 2024 р.

ЗАВДАННЯ НА МАГІСТЕРСЬКУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Власюку Михайлу Анатолійовичу
 (прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Дослідження параметрів дискових активних робочих органів машини для відокремлення відсадків клонових підщеп»

керівник роботи Войтік А.В., к.т.н., доцент
 (прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від
 “ 04 ” листопада 20 24 р. № 01-06/298

2. Строк подання студентом роботи 27.11.2024 р.

3. Вихідні дані до роботи: фізико-механічні властивості деревини плодкових культур; існуючі технологічні процеси та технічні засоби для відокремлення відсадків від маточних рослин.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):
аналіз існуючих способів та засобів для відокремлення відсадків клонових підщеп, огляд попередніх досліджень з даного питання; визначення впливу властивостей деревини на якість виконання операції; обґрунтування технологічної схеми розроблюваної машини; обґрунтування оптимальних параметрів робочих органів досліджуваної машини; дослідження процесу роботи запропонованої машини; розробка заходів з охорони праці при роботі з начіпними машинами; визначення ефективності застосування розробленої машини.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):
підготувати ілюстративний матеріал у вигляді презентації (до 15 слайдів) як додаток до доповіді за темою магістерської роботи.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	Прокопенко Е.В., доцент		

7. Дата видачі завдання 14 вересня 2023 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської роботи	Строк виконання етапів роботи	При- мітка
1.	Підбір та вивчення літературних джерел, підготовка вступу	02.10.2023 р.	
2.	Розділ 1. Стан питання та задачі досліджень	02.11.2023 р.	
3.	Розділ 2. Теоретичні визначення параметрів дводискового робочого органу	02.12.2023 р.	
4.	Розділ 3. Експериментальні дослідження	29.01.2024 р.	
5.	Розділ 4. Охорона праці	15.03.2024 р.	
6.	Розділ 5. Техніко-економічна ефективність машини	30.06.2024 р.	
7.	Виконання графічної частини роботи	17.10.2024 р.	
8.	Представлення роботи керівнику на перевірку	20.11.2024 р.	

Студент

(підпис)

Михайло ВЛАСЮК

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Андрій ВОЙТІК

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Власюк М.А. Дослідження параметрів дискових активних робочих органів машини для відокремлення відсадків клонових підщеп (Магістерська робота. Умань, Уманський національний університет садівництва, 2024. – 50 с.).

Об'єкт дослідження – технологічний процес та технічні засоби для відокремлення відсадків маточних рослин.

Предмет дослідження – закономірності впливу параметрів пристрою з дисковими ріжучими робочими органами на процес відокремлення відсадків.

Мета роботи – підвищення ефективності процесу відокремлення відсадків маточних рослин клонових підщеп шляхом вдосконалення конструкції робочих органів та оптимізації параметрів їх роботи.

В роботі написано вступ, дана характеристика та приведено аналіз існуючих засобів механізації для відокремлення відсадків системи маточних рослин. Проведено огляд попередніх досліджень з даного питання.

Визначено конструктивні та кінематичні параметри одно- та дводискового ріжучого робочого органу. Проведено дослідження по визначенню якісних показників роботи пристрою з активними дисковими робочими органами.

Запропоновані заходи з покращення умов охорони праці та довкілля. Визначено показники ефективності від впровадження запропонованого пристрою у виробництво.

Зроблено висновки і пропозиції, складено список використаної літератури, оформлено додатки.

Ключові слова: ґрунт, коренева система, пилка, ріжучий диск, відсадки, активний робочий орган.

ЗМІСТ

ВСТУП	5
1. АНАЛІЗ ПОПЕРЕДНІХ ДОСЛІДЖЕНЬ	6
1.1. Розвиток конструкцій машин для відокремлення відсадків	6
1.2. Агротехнічні вимоги до процесу відділення відсадків клонових підщеп, перспективні технологічні процеси й технічні засоби для їхнього виконання	10
2. ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ	16
2.1. Аналіз деформації рослин при зрізі	16
2.2. Теоретичне дослідження операції відокремлення відсадків однодисковим робочим органом	22
2.3. Аналіз роботи й обґрунтування параметрів дводискового робочого органа	27
3. МЕТОДИКА І РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ	33
3.1. Методика досліджень відокремлення відсадків одно- і дводисковими робочими органами	33
3.2. Результати експериментальних досліджень	37
4. ОХОРОНА ПРАЦІ	42
5. ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ ПРИСТРОЮ ДЛЯ ВІДОКРЕМЛЕННЯ ВІДСАДКІВ КЛОНОВИХ ПІДЩЕП.....	45
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	47
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	49

ВСТУП

У зв'язку із значною цінністю поживних речовин в плодах і ягодах та необхідності споживання їх людьми в нормах, що відповідають науково обґрунтованому раціону харчування, ставиться задача збільшити виробництво плодів і ягід та покращити їхню якість. Але сучасний рівень їх виробництва не дозволяє забезпечити потреби населення. Це насамперед пов'язано з низьким рівнем механізації в садівництві та повільною розробкою нових інтенсивних технологій виробництва плодово-ягідної продукції.

Інтенсифікація садівництва і значне зменшення площі живлення плодових і ягідних рослин, в зв'язку із загущеною схемою посадки, обумовили зростання попиту на посадковий матеріал плодових і ягідних культур. Однак дрібні господарства, що займаються вирощуванням посадкового матеріалу, маючи слабку матеріально-технічну базу, не змогли швидко пристосуватися і задовольнити потреби в саджанцях. Необхідно відзначити, що сучасне виробництво посадкового матеріалу є складна, трудомістка, багатогранна і найменш механізована підгалузь садівництва. Так, для вирощування однієї тисячі саджанців плодових культур, в залежності від типу підщеп, віку та сорту саджанців, загальні затрати праці можуть сягати від 140 до 350 люд-год.

Ресурсозбереження, і зокрема зменшення трудомісткості продукції, є одним із пріоритетних факторів підвищення ефективності садівництва. Інтенсифікація садівництва значно збільшує потребу в посадковому матеріалі у зв'язку з більшою щільністю посадки дерев і скороченням строку промислової експлуатації садів. Необхідність збільшення виробництва саджанців також пов'язана з ростом кількості індивідуальних садівничих ділянок.

РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ПОПЕРЕДНІХ ДОСЛІДЖЕНЬ

1.1. Розвиток конструкцій машин для відокремлення відсадків

Відповідно до традиційної технології відсадки з маточних рослин заготовлювали вручну за допомогою секатора. Така технологія полягає в наступному. Попередньо рослини розкривають, тобто забирають валки ґрунту й розгрібають ґрунт між рослинами. Для розкривання використовується комбінований пневмомеханічний метод, що сполучить дві-три технологічні операції: часткове розкривання маточних рослин за допомогою відгортачів, відкриття рослин повітряним струменем і остаточну ручну розкриття.

Наступна операція відділення відсадків може виконуватися із застосуванням ручних пневмосекаторів пневмоагрегату.

На великих площах та у випадку, коли не вистачає часу для попередньої технології значно більш ефективно відокремлювати відсадки з маточних рослин машиною з робочим органом ножового або пильного типу. Розроблені й використовувані для механізованого відділення відсадків робочі органи можна розділити на два типи. Перший – однодисковий робочий орган – обертовий диск для безпідпільного зрізу відсадків. Другий – дводисковий робочий орган, що виконує зріз із підпором.

Однодисковий робочий орган одержав найбільше поширення завдяки своїй простоті й надійності. У Німеччині був розроблений спеціальний плуг з дисковою пилкою, що працює із трактором RS 09 [1]. За один робочий прохід виконується відгортання ґрунтового валка й відпилювання відсадків. Недоліком є низька зносостійкість пильового робочого органу, викликана інтенсивною роботою в абразивному середовищі (ґрунті).

Однієї з перших робіт у колишньому СРСР, спрямованої на механізацію відділення відсадків, з'явилася розробка Молдавського НДІ плодівництва – пристосування ПОО-1 до виноградникового плуга ПРВН-2,5А [1]. Воно

містить дисковий ніж, закріплений на валу приводного конічного редуктора, змонтованого на підрамнику. Ніж складається з опуклого диска й дванадцяти самозагострювальних змінних ріжучих елементів. Зубчаста ріжуча кромка елемента утворюється його заточенням знизу й радіальними канавками зверху. Завдяки специфіці форми зубів, що утворюються, яка полягає в тому, що кожний з них має лезо у вигляді кругового сектора, такий робочий орган володіє одночасно властивостями ножа й пилки.

Технічна характеристика пристосування: робочий захват – 1 ряд; діаметр диска 0,54...0,56 м; частота обертання ножа 1100...1200 хв⁻¹; поступальна швидкість агрегату до 1 км/год; обслуговуючий персонал: тракторист – 1, збирачі, сортувальники – 15...20 робітників; продуктивність – 0,12 га/год; агрегується із трактором класу 1,4, обладнаним ходозменшувачем.

Технологічний процес виконується при проході агрегату уздовж осі ряду так, що обертовий ніж, що йде на певній глибині ґрунтового валка зрізує відсадки. Збирачі-сортувальники збирають їх, розділяють поштучно, зв'язують у пучки й вантажать у транспортні засоби. Якість роботи визначається, головним чином, деформацією маточних рослин і рівнем зрізу відсаджів. Останній залежить у першу чергу від мікрорельєфу міжрядь маточника. У рекомендаціях з використання пристосування відзначається необхідність культивації ґрунту в міжряддях плантації, ретельного вирівнювання розмивин і вибоїн.

Широкого використання пристосування ПОО-1 не одержало у зв'язку зі значними механічними ушкодженнями маточних рослин дисковим ножом при відокремленні відсаджів [2]. Вони відбуваються в наслідок значної деформації рослин, а також через недосконалість механізму копіювання. Аналогічний по конструкції ніж, з радіальними канавками, відзначений патентом ГДР [3]. Даних про його виробниче використання в літературі не виявлено.

Другий тип робочих органів у вигляді двох дисків, розміщених з перекриттям, застосовується як за рубежем, наприклад, у розсадниках

Франції [4], так і в деяких господарствах України, у Криму, як раціоналізаторська розробка, виконана механізаторами господарств. Пристрій такого типу, націплюється на трактор класу 1,4 або 2, містить раму із приводним редуктором, що має два вихідних вертикальних вали з дисковими ножами із взаємним їхнім перекриттям, що утворюють пару. Технічна характеристика зразка такого пристрою, розробленого на Кримській дослідній станції садівництва: діаметр дискових ножів – 0,5 м, міжцентрова відстань – 0,46 м, частота обертання – 280 хв^{-1} , робоча швидкість 3...4 км/год.

У процесі роботи ряд маточних рослин проходить між ножами й відсадки зрізуються. Заглиблення ножів у ґрунтовий валок відбувається за рахунок їхньої установки під кутом до горизонту. Копіювання робочими органами мікрорельєфу досягається при плаваючому положенні гідроциліндра навіски трактора за рахунок опори пристрою на поверхні дискових ножів; опорні колеса у використувуваних зразків машин відсутні. Пристрій виконує підпірне різання, що зменшує поздовжню деформацію рослин при відділенні й дозволяє працювати на більш високих швидкостях, чим однодисковий. Зріз рослин відбувається в ґрунтовому валку при коловій швидкості різання 6...7 м/с, що істотно менше в порівнянні зі швидкістю для однодискового ножа (32...37 м/с) і дозволяє знизити енергоємність процесу, а також зношування ножів. При цьому ґрунт лише частково відкидається в сторони, і маточні рослини залишаються після зрізу прикритими шаром ґрунту товщиною 0,10...0,15 м. Тому не потрібно наступна операція по підгортанню рослин.

Недоліками такої технологічної схеми є наявність істотного поперечного зусилля, що діє на рослину перед зрізом з боку одного з ножів. Пояснюється це тим, що зріз рослини відбувається тільки при попаданні її між ріжучими кромками ножів, у зону різання. У реальності ряд рослин не має ідеальної рівності уздовж своєї осі. До того ж агрегат у ході поступального руху відхиляється від осі ряду. Тому відбувається коректування взаємного розміщення ножів і кожної чергової рослини для її

наступного зрізу. Воно відбувається, головним чином, за рахунок деформації рослини. Крім того, можливе переміщення самих ножів у поперечному напрямку, що відбувається за рахунок реакції, що діє на один з ножів з боку рослини. Цей зсув можливий, оскільки важелі навіски такого пристрою на трактор не зафіксовані відповідними розтяжками. Однак виникаюча перед зрізом деформація рослин викликає їхнє ушкодження. Цим пояснюється значна зрідженість маточних насаджень після використання такого типу засобів механізації на відокремленні відсадків.

Отже, при наявності певних переваг технологічна схема дводискового пристрою недосконала через відсутність наукового обґрунтування її конструктивних і режимних параметрів.

У плодовоовочевому інституті в м. Мічурінську Тамбовської області (Росія) розроблений дисковий робочий орган з пальчастими протирізами, що вільно обертаються співвісно з диском і розташовані вище й нижче площини зрізу [5]. Через недостатню технологічну надійність він не одержав широкого поширення.

Також існує група машин (МОО-1 та ін.), робочий орган яких виконаний у вигляді плоских ножів з проти різами [6]. Ножі можуть мати як серповидну, так і пряму форму. Протирізи також мають різне виконання, але як правило вільно обертаються на валу під дією сил тертя. Машини цього типу є відносно новими (почали розроблятись в Росії з 1995 р.), але широкого розповсюдження у виробництві не отримали. Основними перевагами є неповне розкриття маточних рослин робочими органами та відсутність виривання кореневих голівок, а такі недоліки, як пошкодження відсадків клонових підщеп дією ножів і протирізів та зрізання кореневих голівок залишились.

Основні розробки в колишньому СРСР по механізованому відокремленню відсадків, з використанням однодискового робочого органа, як ми вже відзначали, виконані в Молдавському НДІ плідівництва (розробники Дянков А.В., Худолій А.В., Лукашевич П.А., Браду Н.В.) [7]. Ці

роботи носили, головним чином, конструкторський характер. Наукові обґрунтування параметрів робочих органів і технологічних схем пристроїв у літературі відсутні.

З аналізу однодискових пристроїв для відокремлення відсадків можна вважати, що вони представляють ротаційні ріжучі апарати для безпідпирного різання, що базуються на основі теорії різання, закладеної в роботах В.П. Горячкіна, В.А. Желіговського, И.Ф. Василенка, Л.П. Крамаренка, Е.С. Босого, Н.Е. Рєзніка й інших. Опір різанню при цьому виникає переважно за рахунок пружності стебла. Академік І.Ф. Василенко при визначенні зусилля на зріз виходив з того, що поки деформації не виходять за межі пружності, опір рослин згину в момент зрізу може служити мірою опору зрізу [8]. Він показав, що швидкість різання залежить від фізико-механічних властивостей рослин, висоти й зусилля зрізу. Професор Є.С.Босий, розглядаючи деформацію, що виникає при зрізі рослини, визначив зусилля, діючі в осьовому напрямку [9].

Академіком Сабліковим М.В. досить повно представлена робота механізму, що копіює висоту зрізу дисковим ножом голівки кореня цукрового буряка [10]. Датчиком цього пристрою служить полозок, що паралелограмним механізмом кінематично пов'язаний з ножом.

Істотна специфіка, що відрізняє маточні рослини клонових підщеп плодових культур від рослин злакових і коренеплодів, вимагає виконання досліджень у цьому напрямку.

1.2. Агротехнічні вимоги до процесу відділення відсадків клонових підщеп, перспективні технологічні процеси й технічні засоби для їхнього виконання

У маточнику клонових підщеп до періоду осіннього відокремлення відсадки сформовані рядами з міжряддями від 0,9 до 2 м у вигляді кущів,

складених з окремих пагонів – відсадків, які зростаються в єдиний стрижневий центральний корінь на деякій глибині в ґрунті. Ряди кущів, прямолінійні з їхнім відхиленням від осі ряду не більше 0,05 м. Ширина кущів у основи не перевищує 0,3 м. Кущі підгортаються ґрунтовим валком шириною підстави 0,6...0,7 м і висотою до 0,25...0,30 м [11].

Якісні показники технологічного процесу зводяться до наступного. Машина повинна забезпечити зрізання не менш 95% відсадків з одночасним розкриттям маточних рослин при весняному строку виконання зрізу. При осінньому виконанні зрізу розкриття не доцільно для виключення вимерзання маточних рослин.

Зріз відсадків повинен проводитися в ґрунтовому валку нижче зони їх розгалуження, на рівні розташування кореневої голівки, або на 0,01...0,02 м вище або нижче цього рівня.

На зрізаних відсадках допускаються окремі розщеплення деревини й кори довжиною не більше 0,015 м від місця зрізу в кількості не більше 5%. Механічні ушкодження надземної частини відсадків на відстані 0,3 м від місця зрізу не допускаються. Після зрізу відсадків залишаються пеньки висотою до 0,02...0,03 м [12]. Коренева система маточних рослин використовується для поновлення відсадків шляхом їхнього відростання в період чергової вегетації й не повинна ушкоджуватися. Ушкодження відбувається за рахунок часткового або повного виривання коріння під час зрізу відсадків. Ця остання вимога найбільш складна для виконання стосовно до молодих рослин у віці до 7 років і не забезпечується відомими пристроями.

Після осіннього відокремлення відсадків коренева система маточних рослин повинні бути покриті шаром ґрунту товщиною не менш 0,10...0,12 м для виключення їхнього вимерзання, а навесні цей шар ґрунту повинен бути вилучений для відростання нових відсадків. Таке відокремлення відсадків без розкриття кореневої системи, як показує виробничий досвід, виконує дводисковий робочий орган. Однодисковий робочий орган одночасно зі зрізом відсадків розкриває повністю маточні рослини, оголюючи місце зрізу

й у більшій мері відповідає весняному періоду виконання цієї технологічної операції, оскільки значною мірою вирішує завдання розкриття маточних рослин для поновлення росту відсадків. Цей робочий орган може відокремлювати відсадки й у передзимовий період з наступним підгортанням [13].

Нами були розглянуті обидві технологічні схеми машин для відокремлення відсадків: з однодисковим робочим органом для безпідпирного відокремлення відсадків та з дводисковим робочим органом, що виконує різання з підпором.

Для відокремлення відсадків клонових підщеп однодисковим робочим органом обґрунтована схема пристрою, що відрізняється тим [14], що обертовий дисковий ніж 1 виконаний рухливим в осьовому напрямку, кінематично пов'язаний із двома полозковими копірами 2 поперечним двоплечевим важелем 3 і тягою 4 [15] (Рис. 2.1). Ніж має ріжучу кромку, утворену однобічним нижнім заточенням і радіальними канавками, розміщеними по периферії верхньої поверхні диска. Він встановлений під кутом до горизонту й входить в ґрунтовий валок, виконуючи розкриття й відрізаючи відсадки від кореневої системи маточних рослин.

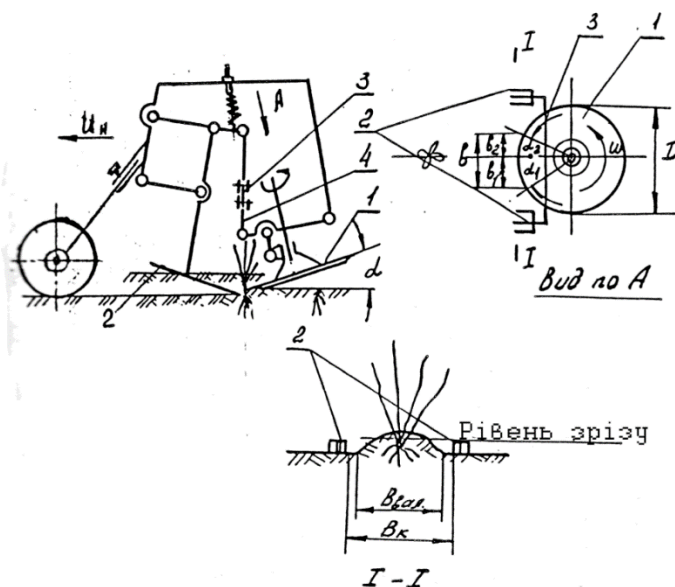


Рисунок 2. 1 – Схема пристрою для безпідпирного відокремлення відсадків з однодисковим робочим органом

Зменшення негативного ефекту викорчовування досягнуто "плаваючою фіксацією" дискового ножа, при якій він під час зрізу рослини може переміщатися уздовж осі обертання. Копіри, розміщені в суміжних міжряддях, наїжджаючи на нерівності мікрорельєфу поверхні ґрунту, через важіль 3 і тягу 4 піднімають або опускають ніж, забезпечуючи однаковий рівень зрізу щодо поверхні.

Основними параметрами машини є: 1) геометричні параметри дискового ножа – діаметр, товщина, кут заточення ріжучої крайки, кількість зубів, утворених радіальними канавками; 2) кут установки дискового ножа до горизонту; 3) колова швидкість різання ножа; 4) поступальна швидкість руху машини (швидкість подачі).

Для відокремлення відсадків підпірним різанням обґрунтована схема пристрою [16], яка відрізняється тим, що два зустрічно обертових дискових ножі 1, розташованих із взаємним перекриттям, змонтовані на консольних кінцях вертикальних валів 2, які разом із приводним редуктором закріплені на рухливому в поперечному напрямку брусі 3, зв'язаному поздовжніми шарнірними важелями з рамою 5 (рис. 2.2). При контакті одного з ножів з рослиною, якщо вона відразу не потрапило в зону сходження ріжучих кромek, відбувається поперечний зсув ножів під дією реакції N взаємодії одного з ножів з рослиною. Рослина попадає в між кромками ножів і зрізується.

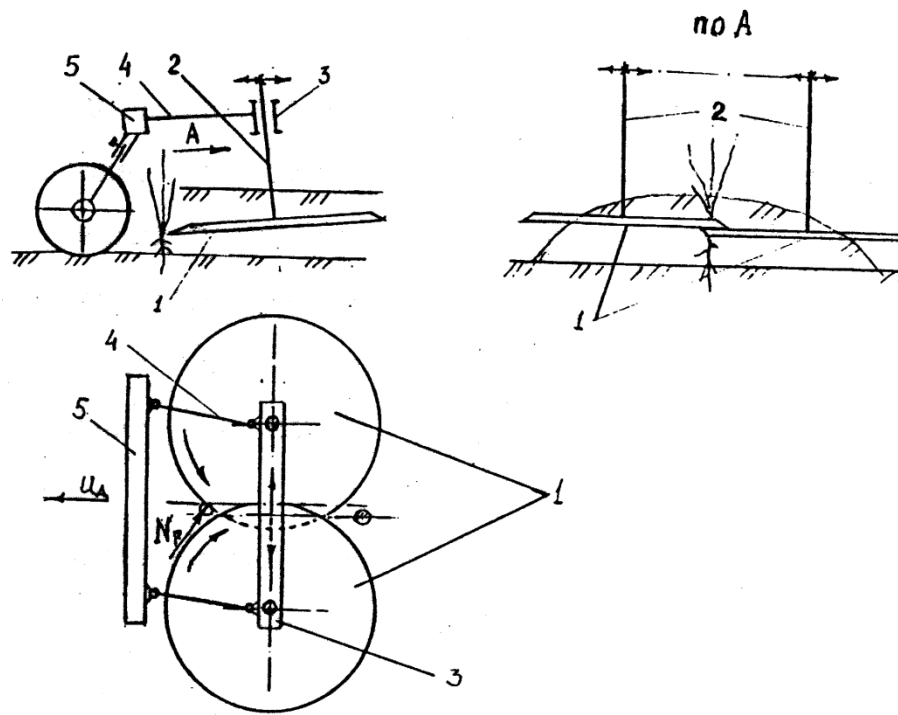


Рисунок 2.2 – Схема пристрою для відокремлення відсадків підпірним зрізом дводисковим робочим органом

Основними параметрами дводискового відокремлювача відсадків є: 1) геометричні параметри дискових ножів; 2) маса рухливої в поперечному напрямку частини ріжучого пристрою; 3) відстань від верхньої площини верхнього ножа до нижнього обріза рухомого поперечного бруса; 4) швидкість руху машини; 5) частота обертання ножів (колова швидкість різання).

Відсутність ефективної механізованої технології для відокремлення відсадків є однією з основних причин, що стримують широке використання клонових підщеп для вирощування посадкового матеріалу. Опублікованих досліджень по обґрунтуванню схем і оптимальних параметрів таких машин у доступній нам літературі не має.

Тому основним завданням даної роботи є дослідження й обґрунтування оптимальних параметрів машин для відокремлення відсадків одно- і дводисковими робочими органами.

Для вирішення цього завдання програмою досліджень передбачалося зробити: 1) теоретичний аналіз процесу відокремлення відсадків, обґрунтування технологічних схем і основних параметрів робочих органів машин; 2) експериментальні дослідження з метою перевірки теоретичних передумов, а також для визначення ряду параметрів робочих органів і фізико-механічних властивостей рослин клонових підщеп; 3) визначення якісних показників механізованого відокремлення відсадків.

РОЗДІЛ 2. ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1. Аналіз деформації рослин при зрізі.

Відокремлення відсадків пов'язане з деформацією рослин, що зрізуються. Розглянемо цю деформацію.

Структура кореневої системи рослини в ґрунті визначає характер її фіксації й відповідно можливість її протистояння деформації при зрізі. Рослина має стрижневий корінь, що йде вертикально вниз центральний, переходить на глибині H у розгалужену систему, що включає нахилені під кутом до горизонту основні корінці (рис.2.3). Обрив цих корінців у результаті деформації під впливом сили зрізу приводить до загибелі маточних рослин.

Відокремлення відсадків виконується на глибині $H-h_0$ стосовно поверхні ґрунтового валка. Приймаємо допущення про те, що рослина являє собою пружну жорстко затиснену на глибині H вертикальну балку із прикладеним на рівні h_0 поперечним навантаженням, що виникає при зрізі – силою T .

Як показав В.А. Желіговский різання має дві фази: згин стебла, поки опір згину не досягне певної величини, і зрізання його [17]. При використанні пиляльно-ріжучого ножа в першій фазі відбувається надріз рослини.

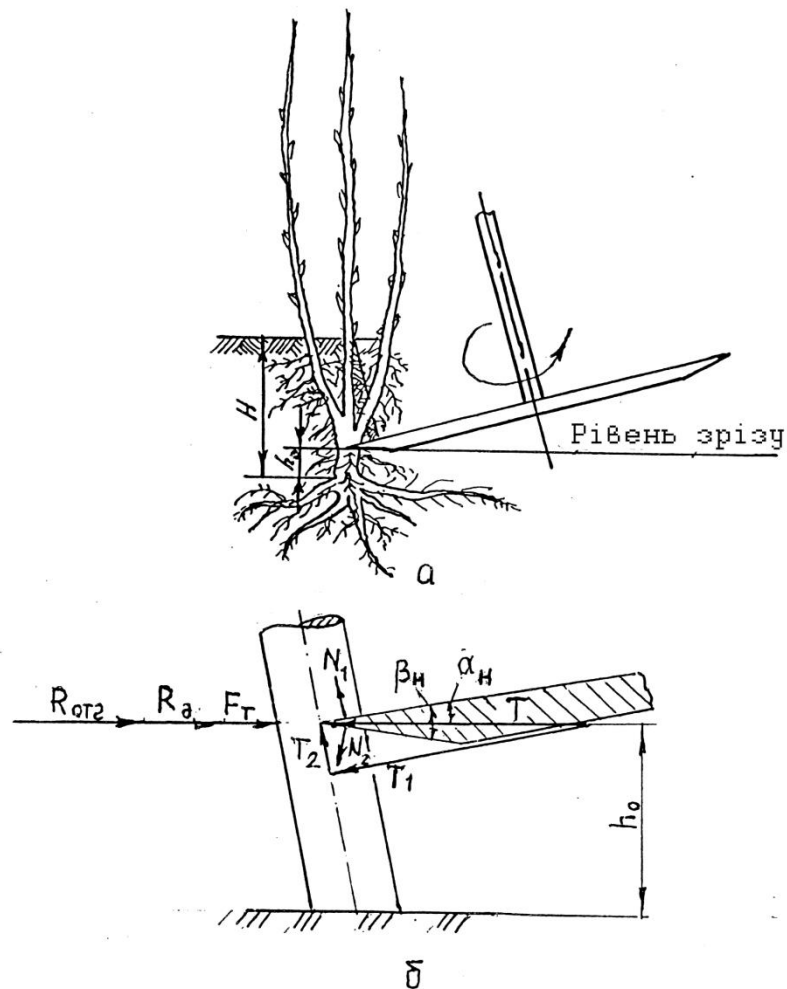


Рисунок 2.3 – Зріз маточної рослини дисковим ножом: а – рослина при зрізі; б – схема сил, діючих на модель рослини

Розглянемо сили, що впливають на маточну рослину при його зрізі. Переміщенню ножа при зрізі протидіють: сила тертя F_m рослини, що зрізується, об поверхню ножа, опір рослини згину $R_{отг}$, опір деформації ґрунту R_d при згині рослини й сила інерції $P_{ін}$.

Аналіз величини сили інерції показує, що вона незначна й становить не більше 3% від T [18]. У зв'язку із цим умова зрізу буде мати вигляд:

$$T \leq R_{отг} + F_T + R_d, \quad (2.1)$$

Сила T , що впливає в процесі відокремлення відсадків від рослин умовно може бути розділена на дві складові [18]:

$$T = T_1 + T_2$$

де T_1 – вектор сили, спрямованої на поперечний згин рослини (сили поперечного згину);

T_2 – вектор сили, спрямованої уздовж осі рослини й викликаной її згином, а також необхідністю подолання сил стиснення, що діють на грані леза [20].

Статичний відгин кореня рослини в місці зрізу з врахуванням створюваного згинаючого моменту й поперечної сили T при статичному навантаженні визначається як [21]

$$f = Th_0(1 + 4,5d_p/h_0)/(3EI), \quad (2.2)$$

де E – модуль пружності деревини рослини уздовж волокон;

I – момент інерції перерізу стовбура в місці деформації;

d_p – діаметр рослини в площині зрізу;

h_0 – задана висота зрізу.

Для реального динамічного згину при зрізі й для випадку, коли вагою рослини, що зрізується, у порівнянні силою удару ножа можна знехтувати, С.П. Тимошенко визначає динамічний згин, як [21]:

$$f_d = 2f, \quad (2.3)$$

Тоді

$$f_d = 2Th_0(1 + 4,5d_p/h_0)/(3EI), \quad (2.4)$$

Звідси твердість рослини з урахуванням динаміки процесу відокремлення може бути визначена як

$$EI = 2Th_0(1 + 4,5d_p/h_0)/(3f_d), \quad (2.5)$$

Кут нахилу дискового ножа до горизонту в поздовжній площині визначається з наступних міркувань. На початку різання з боку граней ножа до рослини прикладені нормальні сили N_1 і N_2 щодо площин верхньої й нижньої граней (рис. 2.3). Одна з них спрямована нагору на згин відсадків, що відрізаються, інша – донизу, на притискання частини маткової рослини, що залишається в ґрунті. Ці сили спричиняються появу сил тертя, що діють із боку ножа на рослини: по верхній і нижній гранях. Для зрівноважування складових цих сил на вертикальну вісь, тобто для виключення їхнього негативного впливу на рослини в початковий момент різання (висмикування або зминання), раціонально їхнє симетричне розташування по напрямку й точці прикладання щодо горизонтальної площини, що проходить через вершину кута заточення леза. Це може бути досягнуто при куті нахилу диска до горизонту

$$\alpha_n = 0,5\beta_n, \quad (2.6)$$

Відомо, що якщо стебло закріплене в підставку й висота різання залишається постійною, то в міру проникнення леза в тіло, стовбур продовжує нахилатися під дією сили різання T , зберігаючи свою прямолінійність (рис. 2.4) [22]. Нахил стебла, що перерізується, викликає безперервну зміну положення поперечного перерізу зрізу. Точка А первісний перетин прагне опуститися й зайняти положення точки С. Але цій зміні положення стебла перешкоджає ніж, що вже увійшов у стебло й зберігає первісне положення, що приводить до можливого зминання ножом уже перерізаних волокон, розтяганню кореневої частини, а при істотній деформації рослини, і до

виривання її кореня. Виникає сила T_2 , прикладена з боку ножа й спрямована уздовж осі рослини нагору. Вона визначається наступним шляхом. Поки осьове навантаження на рослину не досягло певної межі, подовження рослини прямо пропорційно силі T_2 , довжині рослини й обернено пропорційно площі поперечного перерізу S_p . Позначимо через Δh збільшення довжини рослини від сили T_2 . Тоді можемо написати формулу, що зв'язує перераховані показники при жорстко затисненому нижньому кінці як

$$\frac{\Delta h}{h_0} = \frac{T_2}{ES_p}$$

Переміщення, що відповідає цьому зусиллю, спрямоване по осі рослини, визначається як

$$\Delta h = \sqrt{h_0^2 + f_d^2} - h_0,$$

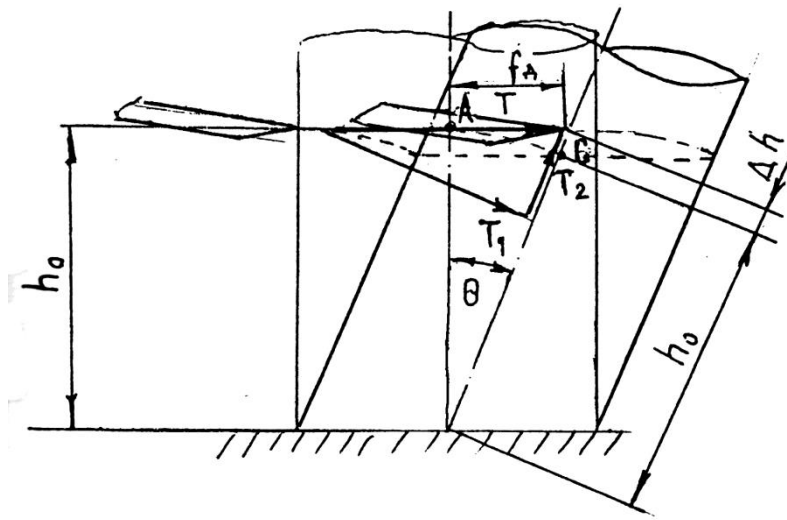


Рисунок 2.4 – Схема деформації рослини при зрізі

З врахуванням викладеного

$$T_2 = \left(\sqrt{h_0^2 + f_d^2} - h_0 \right) ES_p / h_0. \quad (2.7)$$

Залежність теоретично можливого осьового зусилля T_2 (при жорстко затисненій основі рослини, що зрізується) від діаметра відсадків d_p при різних їхній динамічній деформації f_d , знайдена в рівності (2.7), представлена графічно на рисунку 2.5.

Звідси видно, що зусилля T_2 різко зростає від 25... 100 Н при $f_d = 2,5$ мм, до 300...1150 Н при $f_d = 10$ мм. Менш різко виражена, але та ж тенденція спостерігається з ростом діаметра рослини, що зрізується. Зі збільшенням деформації ріст сили спостерігається більше істотним. Так, якщо при $f_d = 2,5$ мм зусилля зростає з 20 до 175 Н при збільшенні діаметра рослин, що зрізуються, від 10 до 30 мм, то при тім же збільшенні діаметра для $f_d = 10$ мм спостерігається ріст осьового зусилля з 270 до 2000 Н і більше.

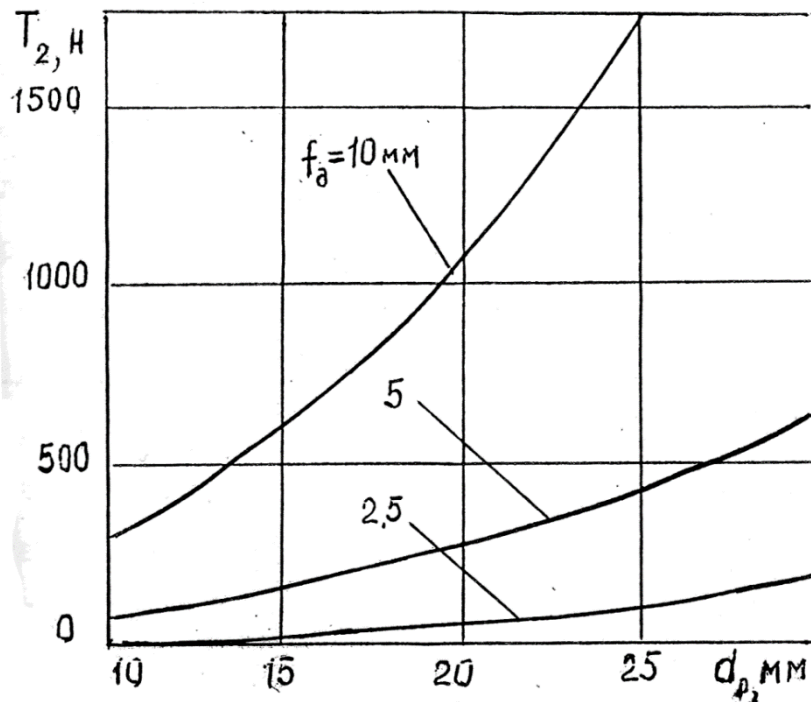


Рисунок 2.5 – Залежність теоретично можливого осьового зусилля, що виникає при зрізі жорстко закріпленої рослини, від її діаметру при різних динамічній деформації ($h_0 = 40$ мм)

Практично ці зусилля можуть трохи зменшитися за рахунок нежорсткої фіксації рослини коріннями в осьовому напрямку. Однак це переміщення означає й виривання коріння, що не припустимо. Для

виключення цього негативного переміщення конструкція однодискового ножового пристрою, розробленого нами, передбачає можливість переміщення самого ножа в осьовому напрямку, щодо рослини. Зусилля, необхідне для цього переміщення, повинне бути менше зусилля виривання маточних рослин.

Для дводискового робочого органа питання ліквідації негативної деформації рослини перед відокремленням відсадків, у принципі, вирішується аналогічним образом, тобто переважно за рахунок заміни деформації рослини відносним поперечним переміщенням ножів перед зрізом доти, поки рослина не виявиться в створі між ріжучими кромками.

2.2. Теоретичне дослідження операції відокремлення відсадків однодисковим робочим органом.

Як ми вже відзначали, як робочий орган для відокремлення відсадків використовується дисковий ніж з ріжучою кромкою, утвореною однобічним нижнім заточенням і радіальними канавками, розміщеними по периферії верхньої поверхні диска (рис.2.6). Диск кінематично зв'язаний системою важелів з копірами й може переміщатися на валу в осьовому напрямку при копіюванні мікрорельєфу й під дією певного навантаження при зрізі відсадків.

Проаналізуємо технологічні умови, при яких виконується відокремлення відсадків з одночасним переміщенням ножа уздовж осі його обертання. Підрізанню ґрунту ножем перешкоджають наступні сили: опір ґрунту деформації R_d , що враховує й опір проникненню в ґрунт леза, вага шару ґрунту G_n і ножів з копірами G_n , сила інерції шару ґрунту $R_{ин}$, сили опору ущільненню ґрунту потиличною фаскою ріжучої кромки ножа R_z , опір переміщенню копирів R_k .

Розглянемо можливий рух ножа й пов'язаного з ним кінематичного механізму копіювання мікрорельєфу щодо осі приводного вала як механічну систему [23]. Рух центра мас цієї системи можна розглядати як рух

матеріальної точки з масою m_H , рівній масі всієї системи, до якої прикладені всі зазначені зовнішні сили. Зробимо припущення про те, що центр мас механічної системи перебуває в передній частині ріжучої кромки в точці O (рис. 2.6).

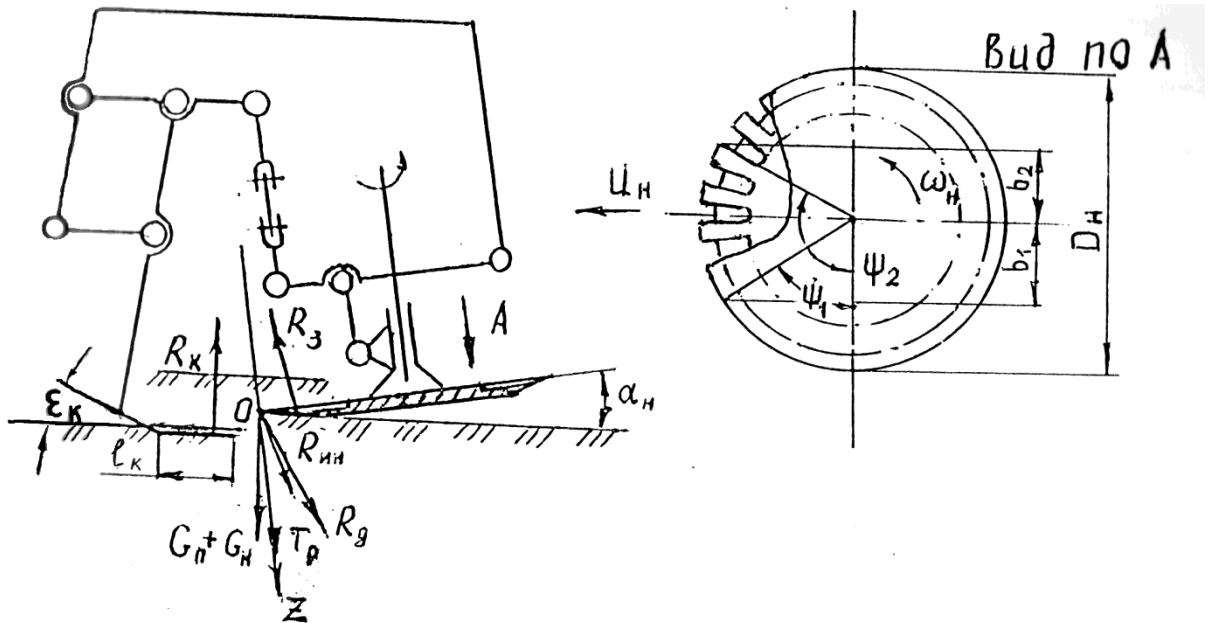


Рисунок 2.6 – Схема сил, що діють на рухомий ножовий механізм з копірами

Направимо вісь координат OZ через цю точку паралельно осі обертання дискового ножа й складемо диференціальне рівняння сил, що впливають на ніж при цьому:

$$m_H z'' = R_{1д} + (G_n + G_H) \cos \alpha_H + R_{ин} - R_{1з} - R_{1к}, \quad (2.8)$$

де $R_{1д}$, $R_{1з}$ і $R_{1к}$ – відповідно проекції на вісь OZ опорів $R_д$, $R_з$, і $R_к$;

z'' – осьова складова прискорення ножового механізму з копірами.

При стабільному процесі підрізання ґрунту – при постійній висоті валка й вирівняному мікрорельєфі поверхні ґрунту уздовж ряду, виконуються рівності: $z'' = 0$ і $R_{ин} = 0$. Тоді (2.8) має вигляд:

$$R_{1д} + (G_n + G_H) \cos \alpha_H = R_{1з} + R_{1к}. \quad (2.9)$$

При зрізі відсадків з'являється додатковий опір, що впливає на ніж з боку рослини, що зрізується. Він спрямований уздовж осі рослини донизу і обумовлений подоланням опору зминанню деревини в площині зрізу. Його максимальне значення визначене нами рівністю (2.7). Протидіюча реакція ножа спрямована нагору на виривання рослини. З урахуванням нежорсткої фіксації коріння рослин, варто брати до уваги реальне, гранично припустиме зусилля зв'язку рослини із ґрунтом T_p , перевищення якого приводить до вертикального переміщення рослини на величину z_1 за рахунок ослаблення й обриву зв'язку коріння з ґрунтом. Диференціальне рівняння сил, що впливають на ніж має вигляд:

$$m_n z'' = R_{1д} + (G_n + G_n) \cos \alpha_n + T_p - R_{zc} - R_{kc}, \quad (2.10)$$

де R_{zc} і R_{kc} – осьові складові відповідно опору зминанню ґрунту фаскою заточення леза й опору копирів у зв'язку з відносним переміщенням ножа донизу. Вони визначаються як

$$R_{zc} = R_{1з} + R_{2з}, \quad (2.11)$$

$$R_{kc} = R_{1к} + R_{2к}, \quad (2.12)$$

де $R_{2з}$ і $R_{2к}$ – додаткові опори ножа й копіру при їхньому переміщенні донизу на величину z_1 .

Після підстановки значень складових з (2.11) і (2.12) в (2.10), а також з врахуванням (2.9) і беручи до уваги незначність величини $z_1 = 4...5$ мм, тобто, допускаючи $z'' = 0$, знаходимо:

$$T_p = R_{2з} + R_{2к}. \quad (2.13)$$

Складової цієї рівності визначаються як:

$$R_{2з} = [\delta_{сж}] S'_n,$$

$$R_{2к} = 0,5 q z_1^2 b_k n_k (ctg \varepsilon_k - tg \varphi) + b_k l_k n_k [\delta_{сж}],$$

де S'_n – площа частини фаски ріжучої кромки ножа, по якій відбувається додаткове зминання ґрунту при відносному переміщенні ножа донизу;

$[\delta_{сж}]$ – питомий опір ґрунту стиску;

q – коефіцієнт об'ємного зминання ґрунту;

b_k – товщина елемента використовуваного стандартного копіру;

n_k – число елементів копірів;

ε_k – кут установки елементів копіру до горизонту;

l_k – довжина горизонтальної ділянки копіру.

З урахуванням останніх рівностей з (2.13) знаходимо необхідне число елементів копірів, що забезпечує потрібне вертикальне переміщення ножа при виникненні відповідного навантаження:

$$n_k = \frac{T_p - [\delta_{сж}] S'_n}{0,5 q b_k z_1^2 (ctg \varepsilon_k - tg \varphi) + b_k l_k [\delta_{сж}]} \quad (2.14)$$

Для $T_p = 440$ Н, що відповідає рослині трирічного віку з діаметром кореневої голівки 25 мм, $z_1 = 2$ мм, $n_k = 4$ шт.

Розглянемо геометричні параметри дискового робочого органа. Нерівномірність висоти зрізу ΔH залежить від діаметра ножа D_n , бічного зсуву рослини щодо осі ножа й кута відхилення його осі α_n від вертикалі [24]:

$$\Delta H = \left(D_n - \sqrt{D_n^2 - C^2} \right) \sin \alpha_n, \quad (2.15)$$

де C – зона можливих бічних зсувів рослини відносно осі ножа,
 $C = B + 2m$,

B – відхилення рослини від осі ряду,

m – середнє можливе відхилення осі ножа від осі ряду, пов'язане з точністю водіння машини з дисковим ножом по ряду.

На рисунку 2.7 показаний вплив на нерівномірність висоти зрізу відсаджів ширини зони бічного зсуву C рослин щодо осі ножа для різного діаметра ножа, відповідно до рівняння (2.15). Відхилення висоти зрізу зростає від 1 до 8...11 мм при збільшенні зони C від 25 до 100 мм. Збільшення діаметра ножа від 500 до 600 мм дає можливість зменшити нерівномірність висоти зрізу від 11 до 8 мм при $C = 100$ мм. При заданому інтервалі нерівномірності висоти зрізу можна визначити необхідний діаметр ножа. Так, при $C = 100$ мм і $\Delta H = 10$ мм необхідний ніж діаметром 550 мм.

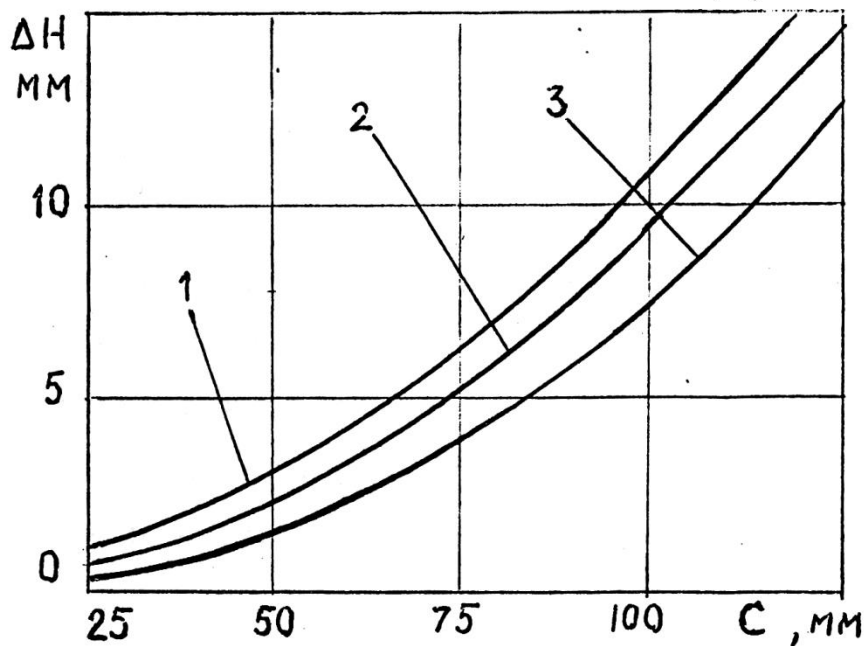


Рисунок 2.7 – Вплив на нерівномірність висоти зрізу діаметру ножа і ширини зони бокового зміщення рослини відносно осі ножа для D_n : 1 – 500 мм; 2 – 550 мм; 3 – 600 мм

У той же час діаметр ножа залежить від його робочої ширини захвата, обумовленої гранично припустимими значеннями кінематичного кута зустрічі. Кінематичний кут зустрічі – це кут між векторами швидкості різання v_n і подачі u_n (рис. 2.6).

Гранично припустимими кінематичними кутами зустрічі ножа й рослини є припустимі мінімальні й максимальні значення кутів φ_1 і φ_2 , при яких виконується якісно зріз відсаджів. Як зменшення кінематичного кута

менш чим φ_1 , так і його збільшення понад φ_2 приводить до механічного травмування рослин за рахунок бічного навантаження, обумовленою кривизною леза ножа.

Робоча ширина захвата ножа може бути визначена як

$$b = b_1 + b_2,$$

де b_1 і b_2 – складової робочої ширини захвата ножа, що відповідають кутам φ_1 і φ_2 .

У загальному випадку припустивши рівність $b_1 = b_2$, одержимо

$$D_n = 2b_1 / \cos \varphi_1, \quad (2.16)$$

Тут варто врахувати також умову: $b_1 \geq C$.

При обґрунтуванні товщини дискового ножа враховувалися наступні вимоги до нього як робочого органу, що забезпечує розкриття маточних рослин, так і ножу, що ріже деревину. Наявність елементів пилки в дискового ножа, що має радіальні пази й отже пильні зуби, дає підстави використовувати залежності, характерні для круглих пилок, що визначають крок зубів, їхнє число й висоту [25].

2.3. Аналіз роботи й обґрунтування параметрів дводискового робочого органа.

Як ми вже відзначали, основними параметрами дводискового пристрою є кути заточення φ_v і φ_n ріжучих кромek відповідно верхнього й нижнього ножів, їхній діаметр D_d , міжцентрова відстань A_d , частота обертання ножів n_d (колова швидкість різання v_d), поступальна швидкість переміщення ножів (швидкість подачі) u_d , маса рухливого бруса з ножами m_n (рис. 2.8)

На підставі аналізу відомих робіт, присвячених різанню по способу ножиців, нами прийняті рекомендації проф. Л.П.Крамаренко для різання гілок дерев [26]. Відповідно до них різання повинне виконуватися за принципом ножа, але прийомом ножиців, тобто один дисковий ніж, верхній, має верхнє заточення з кутом загострення $20...30^\circ$, а інший має нижнє заточення зі значним по величині кутом загострення – $60...70^\circ$. При таких параметрах кутів на початку різання ножове верхнє лезо ріже як ніж, а лезо нижнього ножа тільки підтримує перерізується рослину, що і запобігає її згину і лише наприкінці процесу різання перше лезо працюють як ножиці із частковим передавлюванням, а іноді й зі зломом частини рослини, що торкається до ножом.

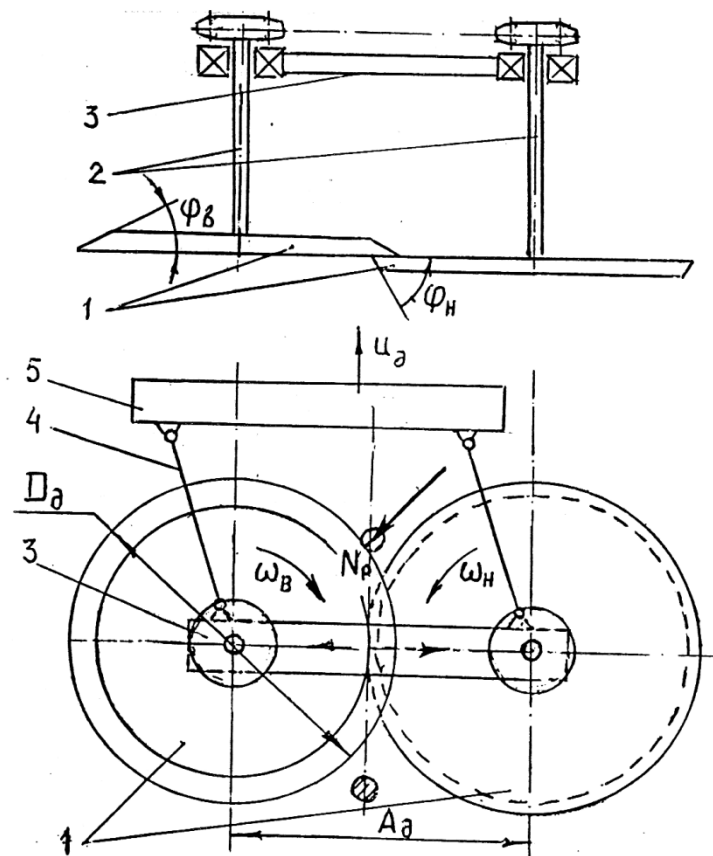


Рисунок 2.8 – Схема дводискового пристрою для підпорного зрізу відсадків: 1 – ножі, 2 – вали приводу ножів, 3 – рухомий брус, 4 – повздовжні шарнірні важелі, 5 – рама

Другою технологічною функцією, виконуваною ножами, є підрізання ґрунтового валка й частковий розкид ґрунту в поперечному напрямку. З погляду мінімальних витрат енергії, забезпечення кришення ґрунту й виключення утворення грудок, а також для усунення механічних ушкоджень маточних рослин, доцільно виконувати процес зі швидкістю різання 5...8 м/с [27].

Діаметр ножів приймається з урахуванням умови, що виключає виштовхування рослини із зони різання. Для цього необхідно, щоб кут защемлення рослини χ був менше подвійного кута тертя φ рослини об сталь [28]:

$$\chi = \pi - 2\arcsin[A_d/(D_d + d_p)]$$

Після перетворень знаходимо

$$D_d \leq \frac{A_d}{\cos \varphi} - d_p, \quad (2.17)$$

Для умов, коли $A_d = 0,45$ м, $d_p = 0,025$ м і $\varphi = 30^\circ$, $D_d \leq 0,495$ м

Розглянемо взаємодію рослини з одним із ножів у загальному випадку, коли вісь рослини буде перебувати на відстані $x = a$ від поздовжньої осі симетрії дискових ножів. Щоб відбувся зріз, необхідно поперечний зсув ножів і всього механізму масою m_n до положення $x = 0$ під впливом реакції рослини на ніж. Рух ножового механізму відбувається під дією таких зовнішніх сил: нормальної реакції рослини N_p , сили опору ґрунту F_n переміщенню ножів у поперечному напрямку, сили зчеплення $F_{сц}$, що утвориться в результаті контакту ножа з рослиною внаслідок їхнього взаємного тертя й визначається як

$$F_{сц} = N_p \varphi_d$$

де φ_d – коефіцієнт тертя дерева по лезу дискового сталевго ножа.

Зробимо наступні припущення. З огляду на незначну масу поздовжніх шарнірних важелів кріплення ножового механізму до рами в порівнянні з масою валів і підшипників знехтуємо масою важелів. Вважаємо, що основний опір переміщенню ножів у поперечному напрямку створюється як за рахунок інерційних сил, які враховують розміщення на їхній поверхні шар ґрунту масою m_n , так і за рахунок опору шару, що підрізується.

Направимо осі X и Y , як зазначено на рисунку 2.9, через центр маси ножів у точці O . Зміна кінетичної енергії механічної системи, що включає ножовий механізм, на деякому бічному його переміщенні на відстань " a " дорівнює сумі робіт зовнішніх сил, що діють на механізм на цьому переміщенні [29].

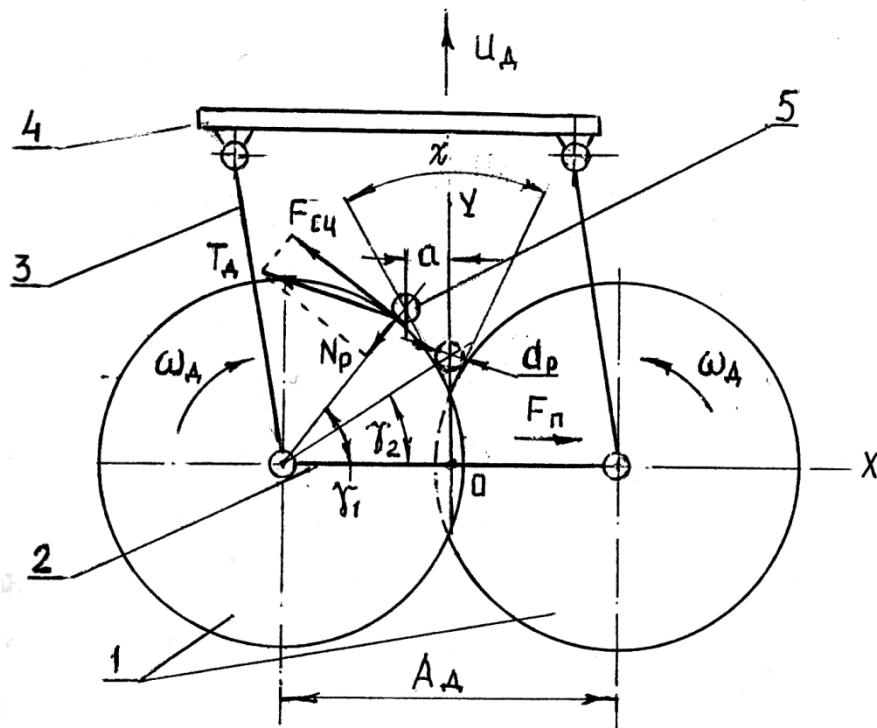


Рисунок 2.9 – Взаємодія дводискового пристрою з рослиною: 1 – дискові ножі, 2 – рухомий брус, 3 – шарнірний важіль, 4 – рама, 5 – рослина

$$0,5(m_n + m_{\pi})v_x^2 = (N_p \cos \gamma_{cp} + F_{сц} \sin \gamma_{cp} - F_{\pi})a, \quad (2.18)$$

де v_x – швидкість поперечного переміщення ножового механізму;

γ_{cp} – середнє значення кута, що визначає положення рослини при його переміщенні щодо ножового механізму.

У рівності (2.18) маємо:

$$\gamma_{cp} = 0,5(\gamma_1 + \gamma_2);$$

$$\gamma_1 = \arccos\left(\frac{0,5A_d - a}{0,5(D_d + d_p)}\right);$$

$$\gamma_2 = \arccos\frac{A_d}{D_d + d_p};$$

$$v_x = 0,5(D_d + d_p)\omega_p \sin\gamma_{cp};$$

ω_p – середня кутова швидкість ковзання рослини по лезу ножа. Вона визначається як

$$\omega_p = \frac{2(\gamma_1 - \gamma_2)u_d}{(D_d + d_p)(\sin\gamma_1 - \sin\gamma_2)}.$$

Загальне зусилля, що впливає на ніж з боку рослин дорівнює:

$$T_d = N_p \sqrt{1 + \varphi_d^2}$$

Підставляючи отримані раніше значення в останню рівність, одержимо

$$T_d = \frac{\left(0,5(m_n + m_h) \frac{(\gamma_1 - \gamma_2)^2 u_d^2 \sin^2 \gamma_{cp}}{(\sin \gamma_1 - \sin \gamma_2)^2} + F_n a\right) \sqrt{1 + \varphi_d^2}}{a(\cos \gamma_{cp} + \varphi_d \sin \gamma_{cp})}, \quad (2.19)$$

На рис. 2.10 показана відповідно рівності (2.19) залежність сили T_d від швидкості u_d , діаметра ножів D_d і маси ножового механізму m_h . Аналіз виконаний для максимального відхилення рослини $a = 0,05$ м і для різної маси m_h , рівної 80 і 30 кг, а також опору F_n , визначеного в ході наступних експериментів. Із графіка видно, що при зменшенні швидкості u_d від 0,7 до

0,3 м/с зусилля T_D знижується для $D_D = 0,5$ м від 1470 до 440 Н, для $D_D = 0,48$ м – від 1295 до 425 Н, для $D_D = 0,46$ м – від 1120 до 400 Н. Таким чином, основним фактором, що дозволяє знизити зусилля, а відповідно й потенційну механічну пошкоджуваність маточних рослин, є поступальна швидкість.

Зменшення діаметра ножів з 0,5 до 0,46 м дає можливість знизити силовий вплив на рослини. Так, при $u_D = 0,5$ м/с сила T_D знижується від 1000 до 740 Н. Конструктивне зменшення маси ножового механізму, наприклад з 80 до 30 кг, дозволяє знизити силу з 1300 до 1020 Н при $u_D = 0,7$ м/с і при $D_D = 0,48$ м. Забезпечення прямолінійності посадки рослин у рядах дозволяє зменшити величину поперечного зсуву рослини, що зрізується, від поздовжньої осі симетрії дискових ножів і тим самим знизити силове навантаження на рослини.

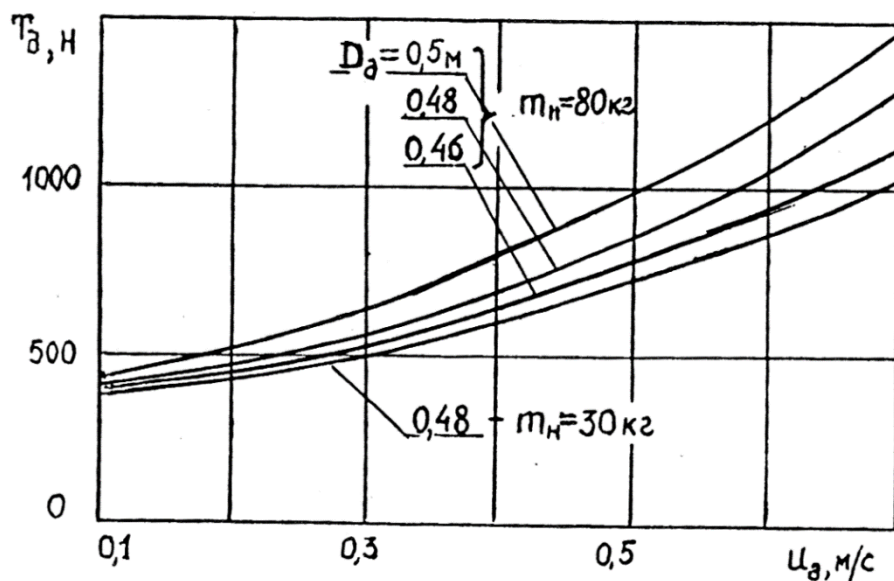


Рисунок 2.10 – Залежність сили T_D , що діє на рослину з боку ножа, від швидкості u_D подачі і діаметра ножів D_D

РОЗДІЛ 3. МЕТОДИКА Й РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1. Методика досліджень відокремлення відсадків одно- і дводисковими робочими органами.

Лабораторні дослідження процесу відокремлення відсадків однодисковим робочим органом виконувалися у два етапи. На першому етапі з використанням стенда вивчався процес зрізу відсадків, а в ході другого – вивчався процес взаємодії ножа макетного зразка машини для відокремлення відсадків із ґрунтовим валком.

На першому етапі залежно від швидкостей різання й подачі, використовуючи осцилограми крутного моменту приводу дискового ножа, визначали середнє значення потужності N_{cp} , що витрачається на привід дискового ножа при зрізі одиничної рослини; силу, що викликає згин рослини T_1 при зрізі й вплив на неї кінематичного кута зустрічі ножа з рослиною. Знаходили також вплив діаметра голівок рослин, що зрізуються, на затрачувану потужність і силу поперечного згину при $v_n = 40$ м/с із використанням моделей рослин з діаметром – 26; 33; 40; 48 і 55 мм для $u_n = 0,1; 0,244; 0,366$ і $0,427$ м/с.

Крутний момент, поперечної й поздовжньої складової сили згину рослини R_x і R_y фіксувалися на осцилограму (див. рис.3.1). Сила, що викликає згин моделі відсадка при зрізі, дорівнює опорі його згину й визначалася як

$$T_1 = R_{отг} = \sqrt{R_x^2 + R_y^2}, \quad (3.1)$$

Колову швидкість різання й швидкість подачі відсадків до ножа в окремих дослідях приймали рівними: $v_n = 22, 32$ і 42 м/с; $u_n = 0,244, 0,336$ і

0,427 м/с. Основна частина дослідів по оцінці затрачуваної потужності і сили опору згину виконана при кінематичному куті зустрічі ножа з відсадками $\psi = 65^\circ$ і при попутній їхній подачі. Вплив значення кінематичного кута на силу згину відсадків визначалося при швидкості подачі $u_n = 0,244$ і $0,305$ м/с, швидкості різання $v_n = 32$ м/с і при $\psi = 60, 65, 75, 90, 105, 115, 125, 130^\circ$.

Тяговий опір P_c зрізу рослин і їх розкриттю, а також сумарні витрати потужності N_{cn} визначали як

$$P_c = R_x + P_n, \quad (3.2)$$

$$N_{cn} = N_{cp} + N_n + P_c u_n, \quad (3.3)$$

де N_n – потужність, споживана на привід ножа при його взаємодії із ґрунтом;

P_n – тяговий опір ножа при розкритті.

При цьому був використаний макетний зразок машини з однодисковим робочим органом. Цей же зразок використаний у польових умовах для визначення впливу робочої поступальної швидкості руху машини й відповідної деформації маточних рослин при їхньому зрізі на показник відростання відсадків, а також для знаходження інших якісних характеристик технологічного процесу в цілому. Залежно від швидкостей різання v_n і подачі u_n , а також від заглиблення ножа в ґрунт h_n , шляхом тензометрії визначали споживану потужність на привід ножа N_n , при його взаємодії із ґрунтом, і відповідний тяговий опір P_n . У ґрунтовому каналі був сформований ґрунтовий валок, що має поперечний переріз у вигляді рівнобедреного трикутника із середньостатистичними параметрами: ширина основи – 0,675 м, висота – 0,25 м. Тип ґрунту – середній суглинок, твердість ґрунту – 1,1-1,5 МПа на глибині до 0,15 м, вологість 15-17%. Змінювані режимні параметри в окремих варіантах дослідів мали наступні значення: $v_n = 22, 32$ і 42 м/с; $u_n = 0,244, 0,366$ і $0,427$ м/с; $h_n = 0,115, 0,135$ і $0,155$ м.

Основними якісними показниками процесу відокремлення відсадків клонових підщеп, що визначені нами при роботі макетних зразків машин з одно- і дводисковим робочими органами, були показник відростання маточних рослин після механізованого відокремлення відсадків, повнота відокремлення відсадків, наявність окремих розщеплень деревини й кори на зрізаних відсадках і маточних рослинах, рівень зрізу рослини над її верхнім кореневим відгалуженням, висота розкриття рослин над рівнем зрізу. Оцінка цих показників виконувалася в маточних насадженнях трьох-, п'яти-, шести- і семирічного віків; тип підщеп ММ 106 і М 9. Швидкість руху однодискової машини мінялася й становила в окремих дослідах 0,1; 0,2; 0,28 і 0,33 м/с, дводисловою – 0,47 і 0,81 м/с (маточник семирічного віку). У дослідах фіксувалася деформація рослин у площині зрізу шляхом виміру метричною лінійкою довжини сліду зминання ґрунту (однодисковий робочий орган).

У ході вегетації в червні місяці визначалася кількість рослин, що дали відростання відсадків або засохлих, внаслідок їхньої механічної деформації, що перевищила припустиму норму й викликала обрив коріння. Показник відростання відсадків установлювався як відношення кількості маточних рослин, що дали відростання відсадків після машинного відокремлення, до загальної кількості зрізаних маточних рослин, у тому числі, засохлих. Для контролю цього показника виконане ручне відокремлення відсадків секатором після ручного розкриття 100 штук рослин. На підставі цих даних зроблений висновок про гранично припустимі робочі швидкості відокремлення відсадків і деформаціях, їм відповідних, при зрізі.

Згідно програми досліджень із використанням лабораторного стенда із дводисковим робочим органом, визначена залежність максимального значення потужності, що витрачається при зрізі окремих відсадків від поступальної u_0 і колової швидкостей v_0 . В окремих дослідах $u_0 = 0,15; 0,35$ і $0,55$ м/с, $v_0 = 4; 6,5$ і 9 м/с. Використано моделі рослин діаметром 26 мм.

При енергооцінці процесу підрізання ґрунтового валка й зрізу рослин різного діаметра макетний зразок навішувався на рухливу платформу,

переміщувану за допомогою тягового контуру з динамометром у ґрунтовому каналі. Моделі рослин закріплювалися вертикально нижнім кінцем у дерев'яну хрестовину, розміщену в горизонтальній площині й укриту ґрунтовим валком у ґрунтовому каналі. Рівень зрізу, що задається, над верхнім обрізом хрестовини рівнявся 0,045 м – середньостатистичному рівню зрізу відсадків над верхнім кореневим розгалуженням. Рівень зрізу під гребенем ґрунтового валка рівнявся 0,13 м.

Енергооцінка виконувалася так само, як і для однодискового робочого органа. Іншими були лише швидкісні параметри: $u_0 = 0,15; 0,25; 0,35; 0,45$ і $0,55$ м/с; $v_0 = 6,5$ м/с. Використано моделі рослин діаметром 25, 40 і 55 мм. Одночасно визначалася залежність тягового опору дисків від поступальної швидкості руху. Зусилля фіксувалося динамометром.

Залежність сили згину рослин у ґрунтовому валку при контакті із дводисковим робочим органом при асиметричному їхньому надходженні в створ між ножами від колової швидкості дисків і поступальної швидкості машини визначалася при асиметрії розміщення моделі відсадків $a = 0,05$ м (рис.3.2). Ця величина відповідає максимальному можливому значенню. Шуканий опір деформації встановлювався непрямым шляхом. Для цього спочатку визначався прогин моделі рослини в площині зрізу від взаємодії одного з ножів з моделлю. Він фіксувався шляхом виміру довжини сліду деформації ґрунту від прогину рослини. Щоб виключити засипання ґрунтом сліду, на 5 мм нижче площині зрізу навколо моделі встановлювався екран у вигляді горизонтально розміщеного паперового кола діаметром 0,1 м, пронизаного в центрі моделлю рослини. По величині динамічного прогину визначалася відповідна сила опору деформації. Вона визначалася на підставі попередньо отриманих експериментальних залежностей прогину рослин від поперечно діючого згинаючого зусилля (див. п. 1 програми досліджень). В окремих дослідах значення швидкостей були наступними $v_0 = 4; 6; 9$ м/с; $u_0 = 0,15; 0,35; 0,55$ м/с.

При проведенні двох і трьохфакторних дослідів для знаходження залежностей і з метою скорочення обсягу експериментів нами була використана методика математичного планування експериментів [111-115]. Для реалізації дослідів був узятий трьохрівневий $(0, \pm 1)$ план другого порядку. Досліджувані залежності при цьому визначалися у вигляді полінома другого ступеня. Значення вибірових оцінок коефіцієнтів регресії визначали на електронно-обчислювальній машині ЕС-1035 і персональному комп'ютері типу IBM-286. Для визначення вибірових оцінок коефіцієнтів регресії використовувався метод найменших квадратів. Одночасно фіксувалася адекватність отриманої функції полінома досліджуваному процесу.

На підставі даних досліджень рекомендована різна поступальна швидкість машини для різного віку маточних насаджень. На цьому режимі проведене відокремлення відсадків і знайдений показник їхнього відростання в польових умовах. Крім цього визначені ті ж якісні показники процесу, що й при роботі макетного зразка з однодисковим робочим органом.

У ході роботи макетних зразків у виробничих умовах на підставі хронометражу й стандартної методики визначалася їхня продуктивність за годину змінного часу машинного відокремлення.

3.2. Результати експериментальних досліджень

Розмірні характеристики маточних насаджень клонових підщеп визначалися нами в Криму, Херсонській і Київській областях. Використовувалися підщепи типу М 9, ММ 106, М 4 і Айви у віці від 3 до 11 років. Ширина міжрядь становила 0,9; 1,4 і 1,5 м. Отримані дані представлені в таблиці 3.1, де m – середнє арифметичне значення показника, σ – середнє квадратичне його відхилення, v – коефіцієнт варіації показника.

Таблиця 3.1

Розмірні характеристики маточних насаджень клонових підщеп

Статичні характер- истики	Розміри валка, м		Розміри рослин, м					Кіль- кість відсадків, шт.
	ши- рина при ос- нові	висо- та	діаметр		ширина куща		висота відса- дків	
			коре- невої голів- ки	відса- дків при основі	при основі	макси- мальна зверху		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Кримська дослідна станція садівництва								
Тип підщепи ММ-106, вік 6 років, схема посадки 1,5х0,3 м								
m	0,752	0,198	0,025	0,0078	0,115	0,206	0,662	5
σ	0,011	0,006	0,0038	0,0014	0,021	0,063	0,109	1,1
v, %	1,5	3	15,2	18	17,9	30,6	16,5	22
Тип підщепи М9, вік 6 років								
m	0,752	0,198	0,022	0,0072	0,059	0,177	0,519	7
σ	0,011	0,006	0,0026	0,0012	0,0061	0,051	0,107	1,3
v, %	1,5	3	11,8	16,6	10,3	28,8	20,6	18,6
Тип підщеп Айва, вік 6 років								
m	0,752	0,198	0,027	0,006	0,111	0,245	0,553	10
σ	0,011	0,006	0,0043	0,0013	0,0263	0,077	0,181	2,7
v, %	1,5	3	15,9	21,6	23,7	31,4	32,7	27
Нижньогорський плодовий маточник, Крим								
Тип підщеп М9, вік 11 років, схема посадки 1,5х0,3 м								
m	0,74	0,295	0,023	0,0083	0,047	0,225	0,495	6,5
σ	0,012	0,014	0,0035	0,0011	0,0046	0,049	0,097	1,2
v, %	1,6	4,7	15,2	13,2	9,8	21,8	19,6	18,5
Господарство «Мічуренець» Херсонської області								
Тип підщеп М4, вік 7 років, схема посадки 1,4х0,3 м								
m	0,673	0,312	0,031	0,0081	0,053	0,291	0,527	5,8
σ	0,016	0,017	0,0053	0,0001	0,014	0,064	0,091	1,4
v, %	2,3	5,4	17	11,1	26,4	21,9	17,3	24,1
Дослідне господарство «Фастівське» Київської області								
Тип підщеп ММ-106, вік 3 роки, схема посадки 0,9х0,2 м								
m	0,533	0,209	0,0225	0,0097	0,074	0,526	0,705	3,5
σ	0,001	0,008	0,0031	0,0011	0,003	0,031	0,113	0,5
v, %	1,8	3,6	13,8	11,3	4,4	5,8	16	14,3

Відповідно до стандарту ОСТ 46-79-80 діаметр кореневої голівки відсадків варіює від 0,006 до 0,011 м. Фактичний діапазон зміни діаметрів

відсадків у місці їхнього відокремлення, як видно з таблиці, міняється від 0,004 до 0,013 м, а їхня кількість – від 3 до 18 штук на рослині. Діаметр кореневої голівки залежить від багатьох агротехнічних і біологічних факторів, у тому числі від типу підщеп, віку й перебуває в межах від 0,012 до 0,045 м, досягаючи в окремих випадках 0,08 м. Висота кущів міняється від 0,25 до 1 м, а їхня ширина в основі – від 0,04 до 0,14 м, ширина у верхній частині – від 0,11 до 0,6 м.

Більшість маточних насаджень розміщено на глинистих і суглинних ґрунтах. Твердість ґрунту у валку, що вкриває рослини, становить 1,1...1,5 МПа при вологості 15...17%. Залежно від схеми посадки й ґрунтообробних знарядь ширина валка міняється від 0,51 до 0,77 м, причому менше значення відповідає меншій ширині міжрядь. Висота валка варіює від 0,18 до 0,34 м.

Значення коефіцієнтів припустимого бічного стиску куща й деформації його зверху визначені як $K_{\sigma} = 0,7$ і $K_{\varepsilon} = 0,525$.

Відповідно до методики досліджень установлені залежності деформації згину рослин у площині передбачуваного зрізу від прикладених статичного й динамічного зусиль (знайдених з урахуванням рівностей (3.2) і (3.4)) для різних діаметрів рослин – підщеп ММ 106 і М 9. Вони представлені на рис. 3.15 у вигляді графіків. Якщо навантаження 150 Н викликає статичний прогин 0,002...0,003 м для рослин діаметром від 0,015 до 0,030 м, то зі збільшенням навантаження до 900 Н прогин зростає до 0,011...0,021 м. Перерахування на динамічне навантаження, що фактично впливає на рослини при машинному зрізі, показує, що згин збільшується (при тій же зміні навантаження) від 0,004...0,006 м до 0,022...0,042 м. Використовуючи отримані вираження й знаючи діючі сили згину, можна розрахунковим шляхом знайти стрілу прогину або вирішити зворотне завдання – по відомій стрілі прогину можна визначити зусилля, що діє на рослину.

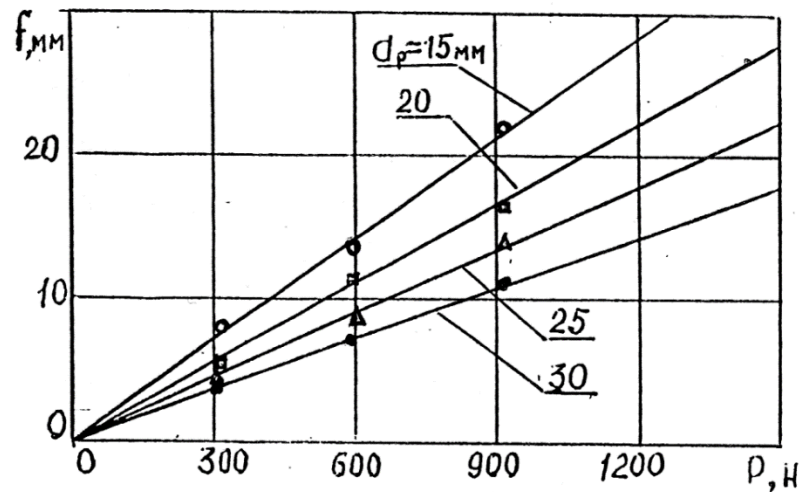


Рисунок 3.1 – Залежність статичної деформації згину f рослин в площині зрізу від поперечної сили P

На підставі достовірних даних і рівності (3.5) нами визначена залежність узагальненого показника твердості рослин клонових підщеп від їхнього діаметра (рис. 3.2). Значення цього показника, що враховує як твердість рослини так і опір ґрунтової деформації, міняється в діапазоні від $20 \cdot 10^5$ до $160 \cdot 10^5$ Н·мм зі збільшенням діаметра кореневої голівки від 0,015 до 0,04 м. Твердість самої рослини менше узагальненого показника. Так, при підборі моделі рослини для лабораторних дослідів був прийнятий діаметр моделі – відрізків гілок, рівний 0,026 м, твердість яких дорівнює узагальненій твердості реальної рослини з діаметром 0,024 м.

У маточнику клонових підщеп трирічного віку визначена залежність росту вертикального осевого переміщення рослини від зусилля, спрямованого для його виривання із ґрунту (рис. 3.3). Початок переміщення рослини нагору залежить від її діаметра й відповідає початку її виривання. Для рослини діаметром 0,025 м це переміщення починається із зусилля 420 Н, для рослини з діаметром 0,015 м – зусилля зменшується до 220 Н. У міру руху рослини нагору осеве зусилля спочатку зростає до 750...1220 Н, тому що при цьому обриваються тільки поверхово розміщені коріння, і зусилля сприймають глибше розміщені коріння. Коли коріння обриваються, зусилля різко падає.

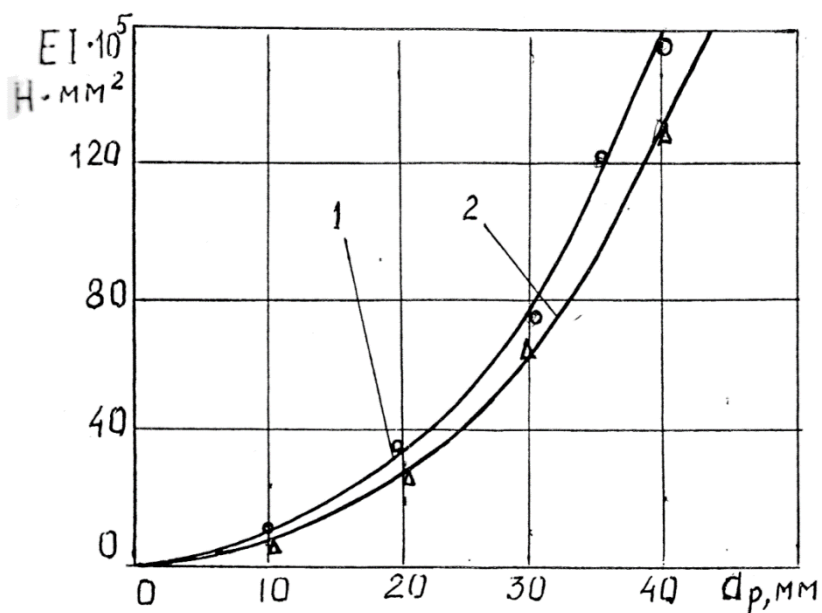


Рисунок 3.2 – Залежність жорсткості рослини EI від діаметру d_p кореневої головки; 1 – узагальнюючий показник, 2 – жорсткість рослини

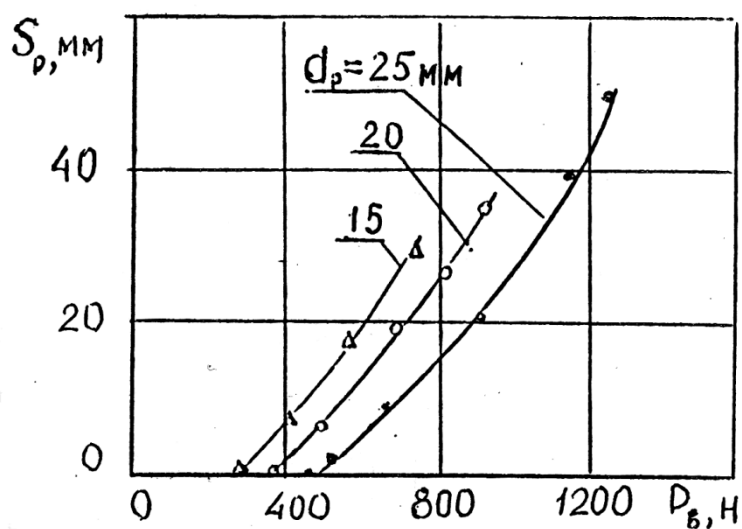


Рисунок 3.3 – Залежність повздовжнього осевого переміщення S_p від вертикальної сили P_v їх виривання з ґрунту

Порівняння цих критичних для рослин сил з теоретично можливими, визначеними у рівнянні (3.7), які виникають при зрізі відсадків жорстко закріпленим в осьовому напрямку дисковим ножом, показує, що такий ніж при деформації може розвивати силу, що перевищує критичну. Це підтверджує необхідність вільного осевого переміщення дискового ножа при зрізі рослини.

Розділ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ

Травмування рухомими вузлами, механізмами й деталями трактора, машини й агрегатів.

Перевірте наявність, справність і надійність установки й фіксування захисних огорожень і кожухів карданних, пасових, зубчастих передач, а також рухомих вузлів, деталей і механізмів. Захисний кожух карданного валу закріпіть до нерухомих частин машини й трактора. Не допускайте обертання захисного кожуха разом із карданним валом. Переконайтесь, що на захисних огороженнях, а також біля вузлів машин, небезпечних для обслуговування, є надписи, які попереджують обслуговуючий персонал про небезпеку.

Будьте обережні і не знаходьтеся поблизу неогорожених рухомих вузлів і деталей. Не розпочинайте роботу, якщо зняті огороження на рухомих механізмах, вузлах, деталях трактора, машини й агрегатів. Постійно контролюйте наявність, справність, надійність кріплення й фіксування захисних огорожень на рухомих вузлах і механізмах трактора й агрегатованих машинах для заготівлі сіна. Усі огороження повинні бути закріплені деталями, передбаченими конструкцією машини.

Не працюйте на машині при ослабленому кріпленні вузлів і агрегатів. Постійно слідкуйте за тим, щоб не було самовключення валу відбору потужності як під час руху трактора, так і під час його зупинки.

Під час роботи машини не перевіряйте і не регулюйте робочі органи та механізми, не надівайте та не натягуйте ланцюги, паси, не ліквідовуйте несправності, не змащуйте машину. Ці роботи виконуйте тільки при заглушеному двигуні.

Після зупинки машини обов'язково переведіть важіль коробки передач у нейтральне положення і виключіть ВВП.

Падіння.

Перевірте справність сидіння, драбинки й підніжки трактора, переконайтесь, що вони справні, надійно закріплені. Не допускайте тріщин у

зварних з'єднаннях або послаблення болтових з'єднань. Очистіть драбинки, підніжки від грязі, стебел рослин і насухо витріть. Перед підйомом у кабіну трактора очищайте взуття від бруду. Під час руху машини сидіть тільки на спеціально обладнаному сидінні, яке передбачене конструкцією машини.

Не проводьте ремонт або регулювання вузлів під час руху машини, не висовуйтеся із кабіни, не стрибайте на землю з кабіни та інших місць агрегату, не ставайте на підніжку трактора для огляду робочих органів.

Травмування при ремонті, регулюванні, технічному обслуговуванні й очищенні машин, агрегатів, вузлів і робочих органів.

Перевірте справність, комплектність машин й обладнання. Переконайтеся у наявності інструментів і пристроїв для очищення робочих органів. Перед початком ремонтних робіт перевірте справність інструменту, наявність підставок (опор), гальмових башмаків, майданчиків для ремонту, регулювань і технічного обслуговування машин для заготівлі сіна.

Перевірте технічний стан машин і машинно-тракторних агрегатів. Переконайтеся в їх справності, в наявності і справності інструментів, пристроїв для усунення несправностей і забивання робочих органів машин і агрегатів.

Огляньте різальний апарат машин, переконайтеся в надійності кріплення ножів, поламані ножі замініть.

Не проводьте ремонт або регулювання вузлів машини при працюючому двигуні трактора. Не приступайте до ремонту з несправним інструментом.

Усі види регулювань і технічного обслуговування проводьте тільки після остаточної зупинки машини і заглушеному двигуні трактора. Не проводьте будь-яких робіт під машиною, якщо під її колеса не поставлені гальмові башмаки.

До початку робіт під агрегатом загальмуйте його, під колеса поставте гальмові башмаки. Якщо машина піднята домкратом, то в місцях піддомкращування підставте спеціальні підставки, які б забезпечували стійке

положення машини. Не використовуйте для опор (підставок) ящики, каміння, цеглу, деталі машин тощо.

При піддомкращуванні машини, в разі пухкої землі, під домкрат необхідно підкласти міцну дошку, але ні в якому разі не використовуйте підставку з крихкого матеріалу.

Очищайте й регулюйте робочі органи, усувайте несправності, оглядайте машини тільки при зупиненому агрегаті, заглушеному двигуні і повністю зупинених робочих органах.

Не залишайте на машинах інструменти й пристосування після проведення ремонту й регулювань.

Для очищення обов'язково зупиніть машину і виключіть храпові муфти коробок.

Розділ 5. ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ ПРИСТРОЮ ДЛЯ ВІДОКРЕМЛЕННЯ ВІДСАДКІВ КЛОНОВИХ ПІДЩЕП

Якісні показники роботи макетних зразків одно- дводискових пристроїв у маточних насадженнях семирічного віку на підщепах типу М 4 і М 9 представлені в таблиці 3.2. Тут m , σ і v – відповідно середнє арифметичне значення показників, середньоквадратичне їхнє відхилення й коефіцієнт варіації.

Аналіз якісних показників роботи свідчить про те, що обидва типи робочих органів забезпечують повне відокремлення відсадків при відхиленні рівня зрізу (від того, що задається) на 0,01...0,02 м. На зрізаних відсадках відповідно до агровимог допускаються окремі розщеплення деревини й кори довжиною не більше 0,015 м від місця зрізу в кількості не більше 5%. Такі ушкодження мають тільки 3,5% відсадків, зрізаних однодисковим робочим органом.

Таблиця 3.2

Якісні показники відокремлення відсадків одно- і дводисковим робочими органами

Показники	Значення показників		
	одnodисковий робочий орган	дводисковий робочий орган	по агровимогам
1. Робоча швидкість, км/год	0,36...1,6	1,6...2,9	0,7...1,6
2. Повнота відокремлення відсадків, %	100	100	95
3. Показник відростання відсадків, %	99	99	—
4. Рівень зрізу над верхнім кореневим розгалуженням, м:			
m	0,0436	0,05	—
σ	0,0032	0,007	—
v , %	7,3	14	—
5. Наявність окремих розщеплень деревини і кори на відсадках:			
- довжина, м	0,015	0	до 0,015

- кількість, %	3,5	0	до 5
6. Наявність розщеплень деревини і кори на маточних рослинах, %	0	0	0
7. Висота ґрунтового валка над площиною зрізу, м	0	0,1...0,12	—

Як видно з отриманих даних, за основними показниками дводисковий пристрій відповідає агротехнічним вимогам при роботі в маточнику семирічного й більш старшого віку. Важливою перевагою пристрою такого типу в порівнянні з однодисковим є більше висока його робоча швидкість – в 2...3 рази. Наявність шару ґрунту висотою до 0,10...0,12 м над зрізаними рослинами дозволяє зменшити ушкодження рослин від морозів.

За даними хронометражу, продуктивність макетних зразків машин з одно- і дводисковим робочими органами склала відповідно 0,09 і 0,14 га / ч. Тобто, застосування машини з однодисковим робочим органом знижує витрати праці в 9 разів, із дводисковим – в 10,5 разів.

Таким чином, при відокремленні відсадків у молодому маточнику (у віці до 7 років) варто використовувати однодисковий робочий орган. У повновікових насадженнях із семирічного віку доцільніше застосовувати дводисковий робочий орган.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Відмінною рисою розроблених технологічних процесів відокремлення відсадків і відповідних технічних засобів є додаткове переміщення робочих органів щодо рослини, яка зрізується, що дозволяє зменшити на неї силовий вплив і знизити механічне травмування маточних рослин. Для пристрою з однодисковим робочим органом таке переміщення ножа виконується в осьовому напрямку за рахунок відповідної конструктивної рухливості останнього на приводному валу й кінематичному зв'язку ножа з копірами, розміщеними по обидві сторони від нього. У пристрої із дводисковим робочим органом додаткове переміщення, що означає корекцію положення ножів, відбувається в поперечній площині за рахунок їхнього конструктивного зв'язку з рухливою ланкою паралелограмного механізму.

2. Теоретичним аналізом роботи однодискового робочого органа визначені технологічні умови його осьового переміщення при зрізі відсадків для виключення механічного травмування маточних рослин. Для дводискового робочого органа знайдені умови, при яких виконується корекція положення ножів щодо рослини, яка зрізується, шляхом поперечного їхнього переміщення. Зменшення насамперед робочої швидкості руху машини, маси ножового механізму, діаметра ножів (у певних межах), а також прямолінійність посадки рослин у рядах дозволяє знизити силове навантаження на рослини.

3. Експериментальними дослідженнями виконання процесу одно- і дводисковими робочими органами визначені математичні моделі, що встановлюють закономірності зміни енергетичних показників процесу від досліджуваних факторів. Порівняння загальної витрати потужності на відокремлення відсадків (від рослин із середньостатистичним діаметром кореневої голівки) пристроями з різними робочими органами, показує, що витрати потужності для однодискового ножа при швидкості його подачі, що міняється від 0,18 до 0,38 м/с, перебувають у межах від 16 до 23 кВт. Для дводискового – від 8,8 до 11 кВт. Це розходження пояснюється більшою

витратою потужності на відкидання ґрунту при його підрізанні дисковим ножем, а також більш енергоємним комбінованим процесом зрізу й пиляння рослин.

4. Оціночним критерієм припустимих сил згину рослин при впливі робочого органа є відповідна деформація, що фіксується на ґрунті у вигляді сліду. Визначена гранично припустима деформація в місці зрізу для рослин трьох-, п'яти-, семирічного віку при різних діаметрах кореневих голівок рослин. Установлено, що при оптимальних режимних параметрах у маточнику трирічного віку однодисковий робочий орган забезпечує якість зрізу з наступним показником відростання відсадків – 94...96 % (контроль – ручний зріз – 97,6 %), у маточнику шестирічного віку – 99...100 %.

5. Застосування машинного відокремлення відсадків з використанням однодискового робочого органа знижує витрати праці на його виконання в 9 разів, із застосуванням дводискового – в 10,5 разів у порівнянні із традиційною раніше застосовуваною технологією ручного відокремлення відсадків.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Гайдышев И. Анализ и обработка данных: Специальный справочник. – Санкт-Петербург, Питер, 2001. – 752 с.
2. Галузева угода між міністерством АПК України, галужевими об'єднаннями підприємств і підприємців та ЦК профспілок АПК України на 1999-2000 роки. – К.: Урожай. – 1999. – 32 с.
3. Гуков Я.С. Механіко-технологічне обґрунтування енергозберігаючих засобів для механізації обробітку ґрунту в умовах України: Автореф. дис... д.т.н.: 05.20.01 / Інститут механізації та електрифікації сільського господарства УААН. – Глеваха, 1998. – 33 с.
4. Гурченко О.П. Результати досліджень викопуючих робочих органів для буряків // Вісн. аграр. науки. – 1998. – N 9. – С. 45-47.
5. Давидюк В., Якименко Г. Тенденції розвитку машин для садіння коренеплодів. // Техніка АПК. – 1998. – №3. – С. 14-15.
6. Дубровін В.О. Основи диференціації засобів механізації оранки. – Чернівці, 1996. – 64 с.
7. Дюк В.А. Обработка данных на ПК в примерах. – СПб.: Питер, 1997. – 240с.
8. Дьяконов В.П. Справочник по MathCAD PLUS 6.0 PRO. – М.: СК Пресс, 1997. – 336 с.
9. Евстратов А.И., Бартенев И.И. Усс В.А. Подпокровный рыхлитель почвы // Сахарная свекла. – 2000. – №2. – С. 21.
10. КНД 46.16.02.09-95 Випробування сільськогосподарської техніки. Методи енергетичної оцінки.; Чинний від 01.07.96. – Дослідницьке, 1995. – 15 с.
11. Кравчук В.І., Таланчук П.М., Корабельський В.І. Диски з циклоїдними спицями. // Техніка АПК. – 2001. – №10-12. – С. 23-24.
12. Крижко В.М., Зиков П.Ю., Ганженко О.М., Войтюк П.О. Основні напрямки розвитку засобів механізації для садіння коренеплодів. // Збірник наукових праць УкрЦВТ «Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробовування

- нової техніки і технологій для сільського господарства України». – Випуск 3 (17). – Дослідницьке, 2000. – С. 68-71.
13. Мамедов Ф.А. Оптимизация параметров дискового рыхлителя комбинированного почвообрабатывающего агрегата. // Достижения науки и техники АПК. – 2002. – №4. – С.18-19.
 14. Наконечний С.І, Терещенко Т.О., Романюк Т.Г. Економетрія: Підручник. – Вид. 2-ге, допов. та перероб. – К.: КНЕУ, 2000. – 296 с.
 15. Патент 34238 А. Україна, МКИ А01В7/00. Дисковий робочий орган / О.М. Ганженко (Україна). – №99063371; Заявлено 17.06.99; Опубл. 15.02.2001, Бюл. №1 (II). – С. 1.1.
 16. Патент на корисну модель 256 Україна, МКИ А01 В23/06. Робочий орган дискового знаряддя. / Пабат І.А., Лебідь Є.М., Шевченко М.С. и др. (Україна). – №97062574; Заявлено 03.06.97; Опубл. 30.10.98, Бюл. №5.
 17. Спирин А.П. Энергосберегающие приемы безотвальной обработки почвы // Техника в сельском хозяйстве. – 1998. – №4. – С. 20-23
 18. Типові норми виробітку і витрачання палива на механізовані польові роботи / Держагропром УРСР; Центр. нормат.-досл. ст. з праці Держагропрому УРСР. – К.: Урожай, 1991. – 472 с.
 19. Толбанов Ю.А. Загальна теорія статистики засобами Excel: Навчальний посібник / Акад. муніцеп. управл. – К.: Четверта хвиля, 1999. – 212 с.
 20. Хелемендик М.М. Напрями і методи розробки робочих органів сільськогосподарських машин. – К.: Аграрна наука, 2001. – 280 с.
 21. Царенко О.М., Злобін Ю.А., Скляр В.Г., Панченко С.М. Комп'ютерні методи в сільському господарстві та біології: Навчальний посібник. – Суми: Університетська книга, 2000. – 203 с.
 22. Шубенко В.О. Обґрунтування процесу роботи та параметрів кільцевого робочого органу дискової борони: Автореф. дис... канд. техн. наук: 05.05.11 / ІМЕСГ. – К., 2002. – 20 с.