

УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ САДІВНИЦТВА
ІНЖЕНЕРНО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
КАФЕДРА АГРОІНЖЕНЕРІЇ

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

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
до кваліфікаційної роботи
_____ магістр
(освітній рівень)

на тему **«ОБГРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ МАШИНИ ДЛЯ
ВИКОПУВАННЯ САДЖАНЦІВ ПЛОДОВИХ КУЛЬТУР»**

Виконав: студент 2 курсу, групи 21м-3-ім
Спеціальність 208 Агроінженерія
_____ Наталія КРАВЕЦЬ
(прізвище та ініціали)

Керівник _____ Юрій КОВАЛЬЧУК
(прізвище та ініціали)

Рецензент _____
(прізвище та ініціали)

м. Умань – 2024 рік

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.

З А В Д А Н Н Я
НА МАГІСТЕРСЬКУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

_____ Кравець Наталії Василівні _____
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Обґрунтування параметрів машини для викопування саджанців плодових культур»

керівник роботи _____ Ковальчук Ю.О., к.т.н., доцент _____
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від

“ 14 ” _____ листопада 20 24 р. № 01-06/261

2. Строк подання студентом роботи _____ 30.11.2024 р. _____

3. Вихідні дані до роботи: фізико-механічні властивості маточних ґрунту та кореневої системи саджанців плодових культур; існуючі технологічні процеси та технічні засоби для викопування саджанців плодових культур.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):

аналіз існуючих способів та засобів для викопування саджанців плодових, огляд попередніх досліджень з даного питання; визначення конструктивних і кінематичних параметрів пристрою на якість виконання операції; обґрунтування параметрів вібрації підкопувального робочого органу; дослідження якісних показників роботи запропонованої машини; розробка заходів з охорони праці; 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 дослідження	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)

Наталія КРАВЕЦЬ

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Юрій КОВАЛЬЧУК

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Кравець Н.В. Обґрунтування параметрів машини для викопування саджанців плодових культур (Магістерська робота. Умань, Уманський національний університет садівництва, 2024. – 51 с.).

Об'єкт дослідження – технологічний процес та технічні засоби для викопування саджанців плодових культур.

Предмет дослідження – закономірності впливу параметрів викопувальної скоби на показники якості роботи при викопування саджанців.

Мета роботи – підвищення ефективності процесу викопування саджанців плодових культур шляхом обґрунтування конструктивних і кінематичних параметрів пристрою.

В роботі написано вступ, дана характеристика та приведено аналіз існуючих конструктивних рішень для викопування саджанців плодових культур. Проведено огляд попередніх досліджень з даного питання.

Визначено оптимальну конструкцію пристрою для викопування саджанців, обґрунтовано форму робочої поверхні викопувальної скоби та кінематичний режим її роботи. Проведено дослідження по визначенню енергетичних показників роботи пристрою для викопування саджанців плодових культур.

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

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

Ключові слова: ґрунт, коренева система, скоба, решітка, вібрація, саджанець.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
Розділ 1. ВИКОПУВАННЯ САДЖАНЦІВ ПЛОДОВИХ КУЛЬТУР	6
Розділ 2. ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ВИКОПУВАННЯ САДЖАНЦІВ	12
2.1. Основні вимоги до процесу і опис перспективної схеми викопувальної машини	12
2.2. Теоретичні дослідження процесу викопування саджанців плодових культур	15
Розділ 3. МЕТОДИКА ТА РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ	35
РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ.....	42
РОЗДІЛ 5. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ	45
Загальні висновки.....	48
Список використаної літератури.....	50

ВСТУП

Вегетативне розмноження – це вирощування рослин з вегетативних частин: коріння, стебел, бруньок. При цьому рідко змінюються спадкоємні ознаки у вирощених рослин. Всі ознаки материнської рослини передаються дочірній, тому що при клітинному розподілі виходить точне відтворення хромосомної системи. Тому вегетативне розмноження стало основою вирощування як клонових підщеп, так і промислових сортів плодових порід. Позитивною стороною клонових підщеп є те, що вони забезпечують однакову силу росту щеплених на них сортів, мають однакову сумісність із даним сортом. У маточнику клонових підщеп розмножують середньо- і низькорослі підщепи. Ці типи підщеп одержали найбільше поширення, оскільки є основою створення високоврожайного скороплідного саду інтенсивного типу.

Ділянка формування займає до 50% основної площі розплідника. У ньому вирощують тільки щеплені саджанці, у яких надземна частина належить прищепі – культурному сорту, а коренева система й частина надземної – підщепі. Ділянка може містити три поля: перше, друге й третє. Підщепи, вирощені в шкілці сіянців або маточнику клонових підщеп, висаджують у перше поле й окулірують. На наступний рік це поле називають другим (поле одноліток), а ще роком пізніше – третім (поле дворічок).

У першому полі висаджують також підщепи, щеплені взимку (зимового щеплення), але основне поширення одержало окультурення підщеп шляхом окулірування. У розсадницьких господарствах України вирощують головним чином однолітні саджанці.

Виробничі операції в плодovому розпліднику дуже трудомісткі. Загальні витрати праці на вирощування кожної тисячі саджанців плодових культур, становлять залежно від типу підщеп, сорту й віку саджанців (по даним Артеменко Н. М.), від 140 до 350 люд.-год. [2]. При прогнозованій щорічній потребі в саджанцях плодових культур – 22 млн. штук – затрати праці в плодovому маточнику досягнуть 5,4 млн. люд.-год. Такі значні затрати пов'язані з ручним характером виконання основних технологічних операцій, що у свою чергу визначається різноманітністю і складністю технології вирощування саджанців.

РОЗДІЛ 1. ВИКОПУВАННЯ САДЖАНЦІВ ПЛОДОВИХ КУЛЬТУР.

Крім значних витрат праці викопування саджанців потребує важкої фізичної праці, оскільки середнє зусилля вибірки саджанців з підкопаного шару велике й за даними дослідників становить 368 Н, при агровимогах 118 Н [3, 4]. Аналіз сучасного стану засобів механізації викопування саджанців за останні 30-35 років не дає підстав стверджувати про істотне підвищення їхнього технічного рівня.

Тип навішення й відповідний спосіб агрегування машини для викопування посадкового матеріалу пов'язаний з висотою саджанців, що досягає 1,5...2,0 м. Машина може бути начеплена симетрично поздовжньої осі трактора або, для виключення механічної пошкоджуваності рослин при проході агрегату, асиметрично збоку трактора.

Асиметрично навішуються викопувальний плуг ВПН-2, машина АВС-0,66, машина фірми VCR (Італія). Трактор, з яким агрегується машина, іде збоку від ряду рослин, що викопуються. Кожний наступний технологічний прохід машини, якщо вона не містить механізм вибірки саджанців, виконується після збору саджанців з раніше підкопаного ряду. Це найпоширеніший тип машин, що працює із тракторами загального призначення. Для виключення порушення керованості трактора шляхом зрівноважування виникаючих моментів опору, на машині встановлюється ніж стійкості, що збільшує її тяговий опір.

Симетричне навішення мають плуг-скоба навісний НВС-1,2 і скоба із плугом ВПН-2, використовувані для викопування низькорослих рослин; для високорослих машини фірми Timm Enterprises (Канада) і фірми "Кімель" (Німеччина). Для викопування низькорослих рослин застосовуються трактори загального призначення, для високорослих спеціальні висококліренсні гусеничні трактори фірм "John Deer" і "Caterpillar" (США) з потужністю двигунів відповідно 150 і 160 к.с. і кліренсом 1,27 м [5], а також колісний трактор RS 09/124 фірми "Манхардт/Вута" (Німеччина) [8]. Відома машина для викопування саджанців, розроблена фахівцями лісового господарства, із фронтальним розташуванням робочих органів [6]. Вона містить начеплену спереду на трактор раму, на якій симетрично поздовжньої осі трактора розміщений леміш, поздовжній і поворотний транспортери для відводу саджанців, що викопуються, убік з метою виконання наступного технологічного проходу.

Численні виконані розробки машин є, як правило, в одиничних екземплярах, у вигляді експериментальних зразків. Різні конструкції машин і

знарядь для викопування саджанців можна розділити на три групи: 1) виконуючі тільки підкоп рослин з незначним розпушуванням піднятого ґрунтового шару плуг ВПН-2, скоба НВС-1,2, копальник КСШ-0,35; 2) підкопуючі й частково звільняючі кореневу систему саджанців від ґрунту ВП-1, ВМ-1,25, АВС-0,6, ВПН-0,6, СВН-550, ВМКМ-0,6 "Кимміль" Німеччина, "Egedal" Канада; 3) підкопуючі, що розпушують ґрунтовий шар і витягають із нього посадковий матеріал "Плантліфт" Нідерланди, МВС-1.

Найбільше практичне застосування одержали пристрої першої й другої групи, як найбільш прості й надійні. Серед машин першої групи найбільше поширення знайшов викопувальний плуг ВПН-2, що перебуває на виробництві більше 30 років (рис. 1.1). Він містить підрізаючу скобу й пасивні елементи, що розпушують. Тому виконує лише підрізання шару ґрунту із саджанцями й часткове його розпушування. Його застосування спричиняє більші витрати праці до 650 люд. год./га, пов'язані з виконанням трудомістких процесів: вибірки саджанців і струшування коріння від ґрунту. Іншим істотним недоліком машини є її значний тяговий опір. Експлуатація ВПН-2 на важких ґрунтах вимагає подвійної тяги тракторів класу 3 при відсутності в господарствах потужніших тракторів класу 4-6 [6, 7]. Тому що синхронна їхня робота в даних умовах неможлива, відбувається постійний перерозподіл навантаження між тракторами, у результаті чого вони поперемінно перевантажуються й нерідко передчасно виходять із ладу.

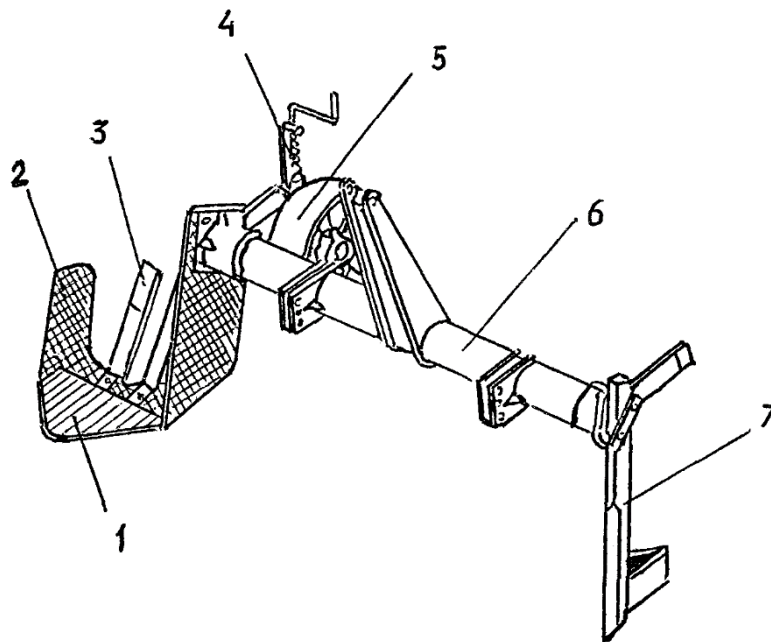


Рисунок 1.1 – Викопувальний плуг ВПН-2: 1 – леміш, 2 – викопувальний ніж, 3 – розпушувач, 4 – механізм регулювання положення опорного колеса, 5 – опорне колесо, 6 – рама. 7 – ніж стійкості

Більше ефективні машини другої групи, які крім підкопування саджанців розпушують підтятий шар ґрунту й частково звільняють саджанці від ґрунту. Відбувається це за рахунок впливу на ґрунтовий шар вібрації, що передається йому різними робочими органами, прутковими конвеєрами з ексцентрикними зірочками, виброгрохотами.

У закордонній практиці найбільше розповсюдження одержала технологічна схема викопувальної машини, що містить коливальну решітку, що встановлена на сході ґрунтового шару з лемеша. Подібного типу схема освоєна канадською фірмою "Timm Enterprises" і одержала широке поширення на північноамериканському континенті [8]. Машина навішується симетрично поздовжньої осі гусеничного висококліренсного трактора потужністю до 160 к.с., і механізм приводу коливальної решітки приводиться від вала відбору потужності. Великий запас потужності двигуна й висока конструктивна надійність приводу решітки визначили успіх такої машини. Відсутність повної технічної характеристики не дозволяють судити про її переваги й недоліки.

Аналогічну ж схему в різних конструктивних варіантах намагалися реалізувати вітчизняні розроблювачі. Одним з найбільш вартих слід визнати варіант схеми, дослідженої в інституті зрошувального садівництва (м. Мелітополь). Розробка виконана у вигляді пристосування до викопувального плуга ВПН-2 і показана на малюнку 1.2. Підтятий лемешем пласт піддається впливу коливних рамок, спочатку розпушуючої 4, а потім сепараторної 5, з'єднаних між собою шарнірно. Рамки приводяться в дію кривошипно-шатунним вібратором з режимом коливань: амплітуда коливань 67...82 мм, частота 364...550 хв⁻¹. Відзначено зменшення зусилля на витяг саджанців в 1,4...1,7 рази в порівнянні із ВПН-2, що дозволяє звільнити 57 чоловік на інші роботи [9]. Однак недостатньо висока надійність пристосування не дозволила широко впровадити розробку у виробництво.

Недолік такої технологічної схеми полягає у виборі нераціонального типу деформації ґрунту стиском. Границя міцності ґрунту при деформації стиском істотно перевищує границю міцності при інших видах деформації [10]. Тому спостерігається енергоємне й недостатньо ефективне розпушування ґрунту при значному навантаженні на неврівноважений кривошипно-шатунний механізм.

Найбільше наукове й конструкторське пророблення в 80-ті роки в СРСР мала машина МВС-0,6 із транспортерним струшувачем, розроблена Всесоюзним НДІ садівництва й ГСКБ "Сібсельмаш". Машина містить підкопувальну скобу й поздовжній прутковий транспортер із кроком розміщення прутків 65 мм із еліптичними зірочками – струшувачами

грунтового шару (амплітуда коливань 65 мм). Такий транспортер на важких перезволожених ґрунтах не дає позитивного ефекту їх розпушування й сепарації. Після державних випробувань рекомендована до випуску дослідна партія цих машин [6]. Тяговий опір у ході випробувань на важких ґрунтах досягав 40 кН і більше. Тому вона рекомендована до роботи із трактором класу 6, яких, як правило, у господарствах немає. Із цієї причини машина не освоєна виробництвом.

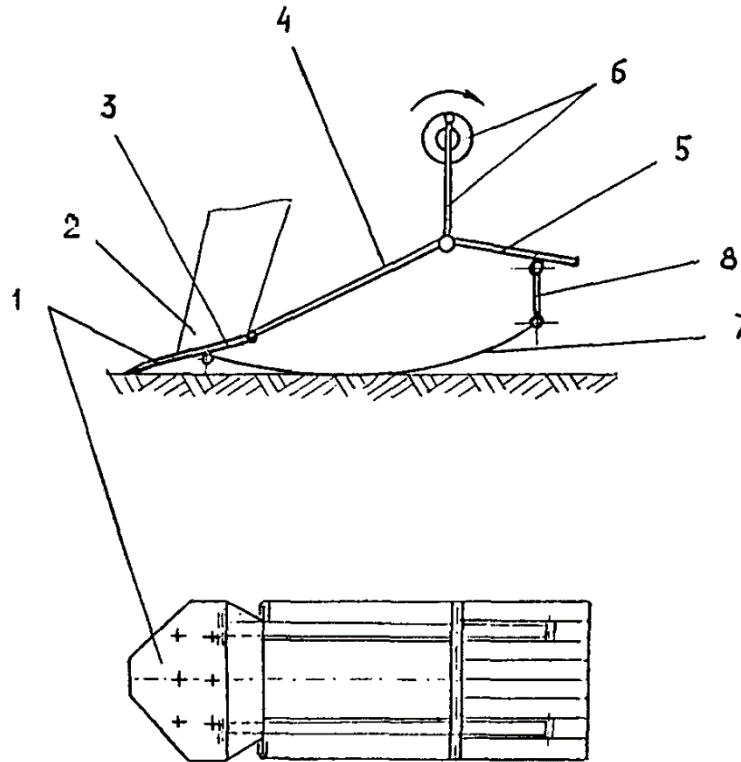


Рисунок 1.2 – Схема пристосування до плуга ВПН-2 з активним розпушувачем: 1 – підрізаючий леміш, 2 – викопувальна скоба, 3 – хвостовик, 4 – розпушуюча рамка. 5 – сепаруюча решітка. 6 – кривошипно-шатунний привід, 7 – ресорні лижі, 8 – з'єднувальні серги

Бітерні розпушувачі виконуються у вигляді пальчастих поперечних барабанів і встановлюються на сході шару із пруткового транспортера (машина ВМ-1,25, мал.1.3). Такі робочі органи добре зарекомендували себе на викопуванні саджанців ягідних кущів і сіянців плодових культур при заглибленні викопувальної скоби в ґрунт до 0,3 м.

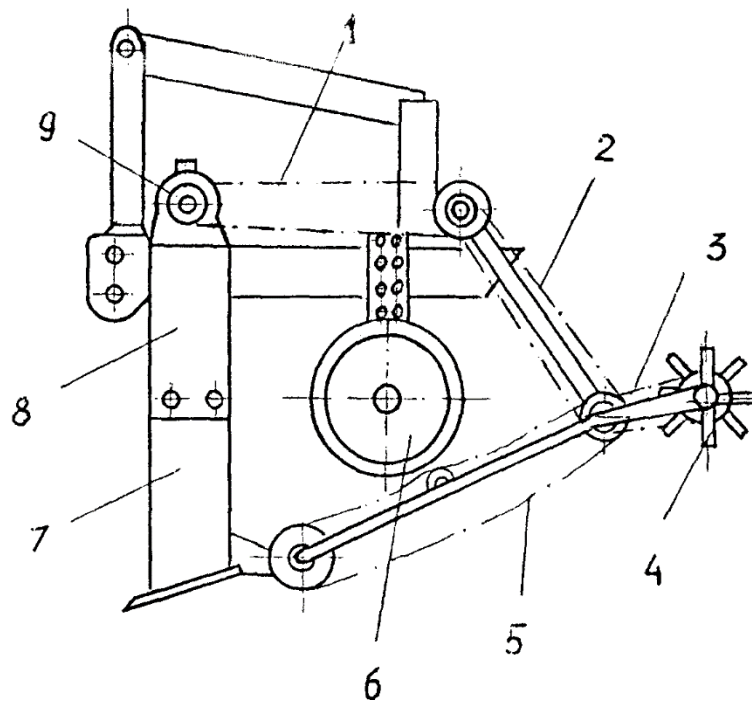


Рисунок 1.3 – Схема викопувальної машини ВМ-1,25: 1, 2, 3 – ланцюгові передачі, 4 – бітерний розпушувач, 5 – прутковий елеватор, 6 – опорні колеса, 7 – підкопувальна скоба, 8 – рама. 9 – редуктор

Машини третьої групи містять уже описані механізми й пристрої другої групи, а також бральний транспортер, що витягає саджанці із ґрунту, і механізм додаткового очищення коріння від ґрунту. Бральні пристрої, стосовно викопування саджанців, досить повно вивчені Ілюхіним В.В. [11, 12], але не знайшли практичного застосування. Експериментальним зразком такої комбінованої машини є машина МВС-1, розроблена Сімферопольською філією НПО "Агроприбор", що показала низьку експлуатаційну надійність [7]. Такий тип машин за рубежом використовується для викопування саджанців ягідних кущів і плодових культур на легких ґрунтах (глибина викопування до 0,3 м).

Тяговий опір викопувальних машин визначається типом робочих органів для підрізання й розпушування ґрунту. Для підрізання ґрунтового шару із саджанцями й наступним розпушуванням ґрунту можна виділити два типи робочих органів: пасивні й активні. До першого типу ставляться У-подібні лемеші (скоби), жорстко закріплені на рамах машин. Продовженням робочої поверхні скоби в таких машинах є пластинчасті (пруткові) розпушувачі. Скоби мають приблизно однакові параметри по ширині захвата 0,55 м і максимальній робочій глибині 0,4 м, але різні геометричні форми поперечного перерізу: прямокутні, напівкруглі й овальні. Обґрунтування для

оптимізації форми з енергетичної точки зору в наявній літературі по дослідженнях машин для викопування саджанців відсутні.

Активні викопувальні робочі органи можна розділити на дві групи: скоби, що роблять коливальні рухи для зменшення тягового опору, а також поліпшення розпушування (машина МВС-1, плуг ВП-1, машина канадської фірми "Timm Enterprises"); і комбіновані, до складу яких входять фрезерні робочі органи [13, 14]. Випробування машини МВС-1, виконані на важких ґрунтах при глибині 0,4 м, показали конструктивну складність і невисоку ефективність роботи скоби, що робить маятникові коливання в площині руху машини. Такі коливання частково передаються на трактор, що ускладнює роботу тракториста. Застосування фрезерних робочих органів не ефективно через низьку продуктивності пристроїв.

Узагальнюючи огляд приведених технологічних схем пристроїв для викопування саджанців плодових культур, слід зазначити, що в проведених роботах не визначилася чітка концепція обґрунтування геометричної форми й параметрів робочої поверхні підкопувальних і розпушуючих робочих органів машин, при яких забезпечується ефективне руйнування ґрунтового шару при мінімальних енерговитратах. Не вирішене питання ефективного розпушування активними коливними решітками.

Основні завдання, які необхідно вирішувати при викопуванні саджанців, полягають в обґрунтуванні технологічних і принципів схем, а також у виборі оптимальних параметрів робочих органів для інтенсивного розпушування піднятого скобою ґрунтового шару, з метою відділення ґрунту від коріння саджанців і зниження тягового опору робочих органів машин. Ці завдання, як показує виконаний аналіз, далеко не повністю вирішені в наявних розробках.

Розділ 2. ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ВИКОПУВАННЯ САДЖАНЦІВ

2.1. Основні вимоги до процесу і опис перспективної схеми викопувальної машини

Аналіз літератури і проведені нами попередні дослідження дозволили сформулювати основні агротехнічні вимоги і задачі, які необхідно вирішити при викопуванні саджанців плодових культур. Машина для викопування саджанців повинна забезпечити підрізування ґрунтової скиби з саджанцями, її розпушення і часткову сепарацію ґрунту для очищення коренів саджанців. Подальша вибірка саджанців при цьому проводиться вручну.

Глибина викопування однорічних саджанців на насіннєвих підщепах і дворічних - на клонових складає 0,30-0,35 м., дворічних саджанців на насіннєвих підщепах -0,35-0,40 м. [7, 10]. Ширина підрізаємої скиби ґрунту – 0,55 м.

Машинами для викопування саджанців, розробленими і працюючими в плодових розсадниках України і за рубежом, не розв'язуються дві істотні вимоги. По-перше, не розв'язується питання зниження тягового опору процесу. При викопуванні саджанців з глибини 0,40 м на важких ґрунтах виникає тяговий опір, що перевищує 30 кН. По-друге, через недостатню повноту відділення ґрунту від коренів саджанців потрібні значні зусилля для вибірки саджанців і відділення ґрунту від коренів після робочого проходу машини. Следствием цього є високі трудовитрати на вибірку саджанців.

Виходячи з викладеного, опір робочих органів машини на всіх типах ґрунтів, де вирощуються саджанці, не повинен перевищувати 30 кН. Підвищення якості розпушення ґрунту повинне відбуватися при мінімальних енерговитратах. Сепарація повинна забезпечити часткове видалення ґрунту від коренів саджанців такою мірою, щоб зусилля їх виїмки не перевищувало 100-120 Н замість 290 Н після проходу серійного викопувального плуга ВПН-2.

Під час викопування саджанців зрізи коренів повинні бути гладкими, не допускається розмочаленість і розщеплювання коренів, а також облом гілок, обдирання кори штабів і крони [12].

Враховуючи необхідність проведення викопування в стислі агростроки, робоча швидкість машини, яка визначає продуктивність, не повинна бути менше 2 км/год.

Виходячи з важких агрометеоумов роботи машини (кінець осені, пов'язаний з перезволоженням ґрунту) і робітників на вибірці саджанців, вона повинна мати надійну, а отже просту технологічну схему. Цьому відповідає схема машини, складена з підкопувального лемеша і розпушувально-сепарувального механізму активного типу.

Технологічною особливістю процесу викопування саджанців є наявність об'єкту розпушення у вигляді ґрунтової скиби, пронизаної коренями саджанців. Як показали випробування різних технологічних схем машин, викопування саджанців з використанням пасивних робочих органів на важких за механічним складом ґрунтах, не дає необхідного технологічного ефекту, не руйнує зв'язок ґрунту з коренями.

У зв'язку з цим нами використана технологічна схема пристрою, складена з двох типів розпушувачів - пасивного і активного.

На підставі виконаних досліджень і перерахованих вимог нами розроблена технологічна схема пристрою для викопування саджанців плодових культур [14, 15], рис. 2.1.

Пристрій складається з скоби 1 напівкруглого перетину, пальців-розпушувачів 2 і розпушувача активного типу, що пов'язаний шарнірно зі скобою 1 і виконаного у вигляді двоплечової розпушувально-сепарувальної решітки 3, що коливається, і має випуклу робочу поверхню, задній кінець якої шарнірно з'єднаний з кривошипно-шатунним механізмом 4.

Поздовжній профіль робочої поверхні, по якій переміщується скиба, утворює ввігнуто-опуклу криву, що забезпечує послідовне стиснення і розтягування елементів скиби і полегшує її руйнування.

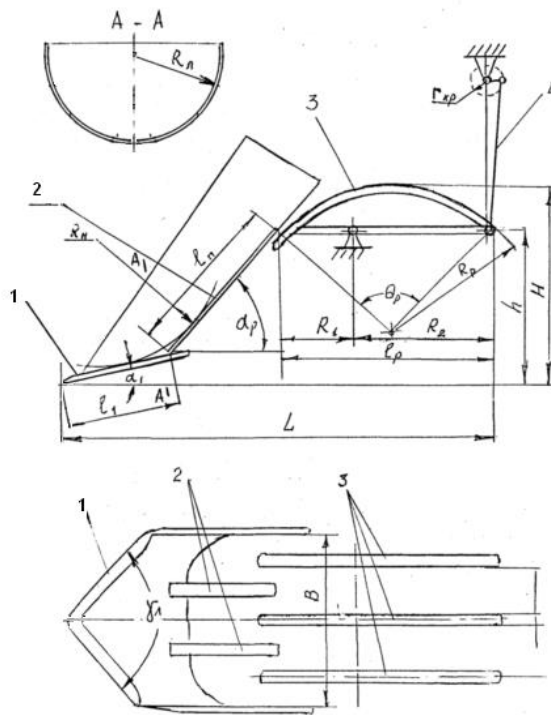


Рисунок 2.1 – Технологічна схема пристрою для викопування саджанців плодових культур

В процесі роботи скоба підрізає ґрунтову скибу з саджанцями, пальці спільно з початковою ділянкою скоби стискають скибу, після чого вона поступає на опуклу решітку, де за рахунок напруги розтягування відбувається її розпушення. скиби і часткова сепарація ґрунту, після чого саджанці падають на денну поверхню. Вибірка саджанців ведеться вручну.

Основними геометричними і режимними параметрами машини для викопування саджанців є:

1. Для скоби: ширина захвату – B ; радіус поперечного перетину – R_n ; кут нахилу робочої поверхні до дна борозни – α_1 і довжина – l_1 її робочої поверхні; кут нахилу до горизонту пальців розпушувачів – α_p ; їх довжина – l_p ; радіус увігнутої поверхні (умовний) – R_n .

2. Для решітки: радіус робочої поверхні – R_p ; кут її сектора – θ_p ; довжина переднього і заднього важелів решітки – R_1 і R_2 ; радіус кривошипа приводу вібрації решітки – r_k ; зазор між поздовжніми елементами і діаметр труби для її створення; кутова частота обертання кривошипа (частота коливань) $\omega_k (n_k)$.

3. Для машини: поступальна швидкість u_B .

Головною задачею даного розділу роботи з'явилося дослідження і обґрунтування оптимальних параметрів пристрою для викопування саджанців.

Для вирішення цієї задачі програмою досліджень передбачалося провести:

1) теоретичний аналіз деформації ґрунтової скиби при переміщенні її по ввігнуто-опуклої поверхні і обґрунтовування форми поверхні, її параметрів і поперечного перетину підрізаючої скиби;

2) теоретичний аналіз роботи і обґрунтовування параметрів коливальної двоплечової розпушувально-сепарувальної решітки; 3) експериментальні дослідження з метою перевірки теоретичних передумов, для енергооцінки викопування саджанців і визначення якісних показників процесу.

2.2. Теоретичні дослідження процесу викопування саджанців плодових культур

2.2.1. Вплив геометричної форми і параметрів поперечного перетину профілю лемеша з розпушувачем. Питання впливу форми і параметрів шару ґрунту, що зрізається, на зусилля різання і деформації вивчали В.П. Горячкін, П.Г. Домбровський, А.П. Зеленін, Ю.А. Ветрів, Д.І. Федорів, В.И. Баловнев та інші. Дослідженнями різних форм ріжучих кромek лемешів, у тому числі прямокутних і криволінійних, показали, що при зрізі зв'язаного ґрунту суцільною кромкою з криволінійними контурами, питоме зусилля різання знижується. Тут разом із стисненням відбувається переважно зсув ґрунту в поперечному напрямі по поверхні ковзання [16-19]. Зеленіним А. П. і Федоровим Д.И. визначена залежність горизонтальної і вертикальної складових сил різання, а також відповідних складових питомого зусилля різання від площі підрізаної скиби для різних поперечних профілів лемеша.

В ході досліджень проведені серії експериментів з профілями чотирьох типів – прямокутним, прямокутним в поєднанні з криволінійним нижнім лезом, трапецієподібним і напівкруглим. Аналіз цих залежностей показує, що при збільшенні перетину перерізу скиби понад 800-900 см² горизонтальна складова питомого зусилля різання скиби стає істотно меншою для лемеша з напівкруглою кромкою. Зменшення горизонтальної складової зусилля при різанні ґрунту профілем напівкруглої форми порівняно з прямокутним (останній використовується на викопувальних машинах ВПН-2 і АВС-0,6), а також профілями інших типів обумовлено зменшенням деформації стиснення і опору від тертя ґрунту при переміщенні його усередині цього периметру. Напівкруглий профіль має меншу довжину ріжучої кромки, яка стискає ґрунт, по відношенню до всієї площі поперечного перерізу скиби ґрунту, що зрізується. Баловнев В.И. при вивченні різання ґрунту зігнутим лезом прийшов

до висновку, що питомий опір різанню зменшується із збільшенням глибини різання, досягаючи мінімуму при глибині рівної радіусу кривизни леза. Тому нами прийнятий напівкруглий профіль лемеша з радіусом, визначуваним із співвідношення:

$$R_{\lambda} = 0,5 \cdot B , \quad (2.1)$$

де R_{λ} - радіус леза лемеша.

2.2.2. Обґрунтування геометричних параметрів поздовжнього профілю робочої поверхні скоби і решітки. Однією з головних функцій робочих органів машини для викопування є розпушення ґрунту підрізаємої скоби, що містить корені саджанців для подальшого відділення рослин. Ця задача повинна розв'язуватися з мінімальними витратами енергії. Як розпушувач використовується клин, який створює в певному об'ємі ґрунту нормальні і дотичні напруги, що забезпечують розпушення ґрунту.

З погляду мінімізації витрат енергії найефективнішим є розпушення при якнайменших напругах. Дослідженнями встановлено, що зниження енергоємності розпушення можна досягти при деформаціях головним чином від дотичних і розтягуючих ґрунт навантажень, оскільки межа міцності при розтягуванні в 4,6-8,2 рази, при зсуві, що досягається від дії дотичних напруг в 2,8 -4,5 разу менше ніж при стисненні [10, 14].

Розрізняють два етапи деформації ґрунту. Перший - відповідає закону Гука, коли зростання напруги пропорційне модулю пружності. На другому етапі відбувається пластична деформація, причому модуль пластичної деформації, як правило значно менше модуля пружності. В зв'язку з цим інтерес представляє ефект Баушингера, який полягає в тому, що, якщо деякий об'єм ґрунту піддати навантаженню одного знака, наприклад попередньому розтягуванню (або зсуву), досягаючи межі пружності, але не досягаючи руйнуючої напруги, а потім змінити навантаження на протилежний знак, тобто на стиснення (або зсув в протилежну сторону), те руйнування відбувається при меншій нарузі, ніж при прямому стисненні [18].

Дослідженнями встановлено [13], що максимальна швидкість деформації ґрунту плоским клином досягається у вершини клина. Зона максимуму швидкості деформації співпадає із зоною максимуму тиску на поверхню клина поблизу ріжучої кромки і убуває по довжині клина. Понизити прискорення пласта і тим самим понизити енерговитрати можна за рахунок зменшення кута постановки робочої поверхні до дна борозни, проте при цьому зростають енерговитрати на подолання тертя. Більш реально

зниження швидкості деформації, так само як і тиску на робочу поверхню. Це можна досягти за рахунок зниження тиску на пласт в передній частині клина з одночасним збільшенням тиску на подальших ділянках, тобто при вирівнюванні тиску по довжині клина. При цьому підведення енергії на деформацію відбуватиметься безперервно по всій довжині клина.

Забезпечити безперервний приріст деформації, а отже рівний тиск можна при плавному прирості кута підйому робочої поверхні, тобто при використуванні увігнутої криволінійної поверхні. Розгляд вигину пласта ґрунту по дузі кругової поверхні показав, що для зниження надмірного стиснення ґрунту, центр радіусу увігнутої частини поздовжнього профілю повинен знаходитися вище нейтральній осі опору поперечного перетину пласта. Стосовно цього для розглядаемого нами напівкруглого перетину скиби для менш енергоємного і якісного його розпушення шляхом усунення надмірного стиснення ґрунту радіус R_H увігнутій частині робочої поверхні поздовжнього профілю повинен бути не менше 0,6 максимальній глибини підкопування h :

$$R_H \geq 0.6 \cdot h \quad (2.2)$$

Використовування увігнуто-опуклої кривої як поздовжнього профілю робочої поверхні для деформації ґрунтової скиби забезпечує її стиснення на увігнутій ділянці, а потім розтягування на опуклій, рис. 2.2. Деформація протилежних знаків досягається за рахунок виконання робочої поверхні з комбінацією кривизни протилежних знаків. Таким чином забезпечується: 1) зниження енергоємності від зменшення швидкості деформації, 2) ефект Баушингера, ніж досягається додаткова економія енергії.

Розглянемо параметри кривої поздовжнього профілю стосовно викопування саджанців. Виходячи з необхідності раціонального (спрощеного) з технологічної точки зору виготовлення увігнуто-опуклої поверхні, замінимо її криволінійну частину з радіусом $R_H = TF = TQ$ на дві прямолінійні ділянки KL і LQ , що мають відповідно довжину l_1 і l_2 та кути нахилу їх до горизонту α_1 і α_2 .

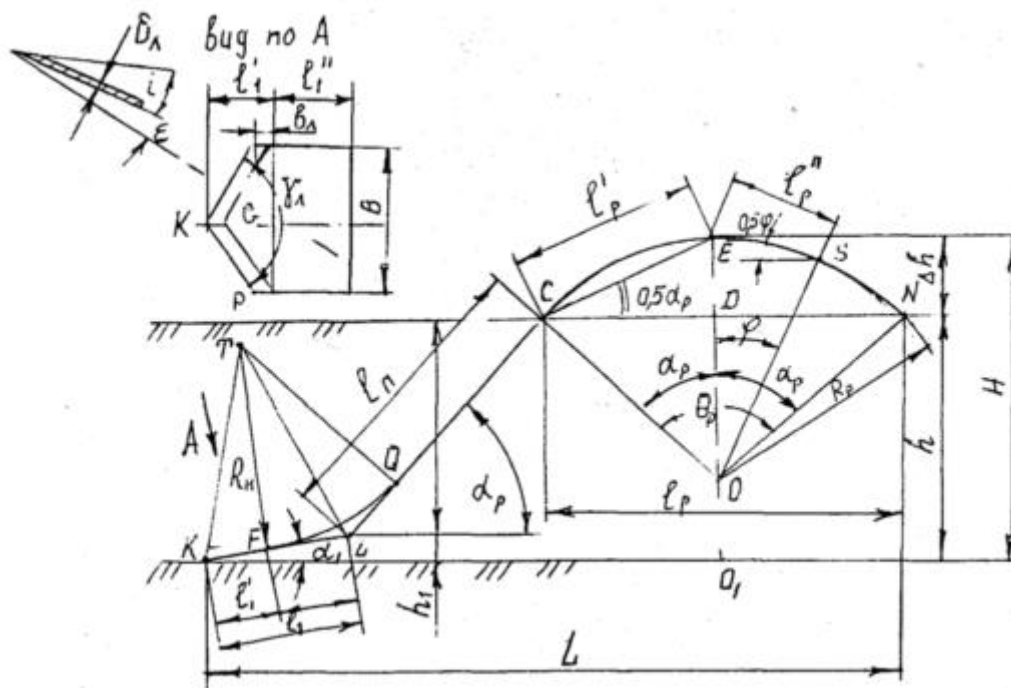


Рисунок 2.2 – До визначення параметрів профілю робочої поверхні

Функціонально перша ділянка служить для підрізування скиби і початкового розпушення, друга – для розпушення. Кут нахилу до горизонту першої ділянки в початковій його стадії приймається мінімальним для виключення обриву коренів при їх підрізуванні $\alpha_1 = 7-10^\circ$ [19].

Переміщенню лемеша в ґрунті перешкоджає рослинність, що обволікає його лезо. Для самоочищення кут сходу γ_L , утворений перетином бічних ділянок леза, повинен задовольняти наступній нерівності:

$$90^\circ - 0.5 \cdot \gamma_L \geq \delta_C \quad (2.3)$$

де δ_C – кут тертя стебел рослин або коренів по сталевому лезу, рівний $25-30^\circ$ [15]. Звичайно кут $\gamma_L = 100-120^\circ$ для машин викопуючих саджанці і сіянці плодкових і лісових культур.

Дві рівні по довжині складові першої ділянки l_1' і l_1'' , а також радіус кривизни увігнутої частини профілю R_H визначаються з геометричних міркувань з урахуванням того, що кут $\angle FTQ = \alpha_p - \alpha_1$, а $\triangle FTQ$ і $\triangle KTL$ – рівнобедрені:

$$l_1 = l_1' + l_1'' = B / \left(\tan(0.5 \cdot \gamma_L + 2 \cdot \delta_L / [\tan(\sin(0.5 \cdot \gamma_L))]) \right) \quad (2.4)$$

$$R_H = \frac{0.5B / \operatorname{tg}(0.5 \cdot \gamma_n + 2 \cdot \delta_n / [\operatorname{tg} i \sin(0.5 \cdot \gamma_n)])}{\operatorname{tg} 0.5(\alpha_p - \alpha_1)} \quad (2.5)$$

В той же час повинна дотримуватися і умова (2.2).

Основне розпушення ґрунтової скиби виконується на двох ділянках: прямолінійної – завдовжки l_{II} , яка розташована під кутом α_p до горизонту (на пасивному розпушувачі) і криволінійної CN, яка виконана активної, що коливається біля поперечної горизонтальної осі. Ця ділянка є решітка, змонтована з поздовжніх прутків.

Для визначення параметрів пасивної розпушуючої ділянки l_{II} розглянемо її як двогранний клин, розміщений під кутом α_p до горизонту. Значення кута визначає здатність клина до кришення. З його збільшенням клин в більшій мірі стискає ґрунт і його здатність, що кришить, поліпшується. Проте при цьому збільшується тяговий опір і погіршується здатність до заглиблення.

Дослідження, виконані Синеоковым Г.Н. і Пановим І.М., показали, що кожному значенню тертя ґрунту о сталь φ_c відповідає оптимальний кут α_p , при якому опір переміщенню пласта по поверхні клина є мінімальним [12]. Значенням, що часто зустрічаються $\varphi_c = 20 - 30^\circ$ відповідає $\alpha_p = 35^\circ$, який і слідує прийняти для пасивного розпушувача.

Довжина l_{II} визначається з умови виконання технологічного процесу підйому скиби на рівень не менше за рівень поверхні поля, тобто (див. рис. 2.2):

$$l_{II} = (h - l_1 \cdot \sin \alpha_1) / \sin \alpha_p \quad (2.6)$$

Довжина решітки, що коливається, з основою l_{II} встановлюється з технологічних вимог забезпечення максимальної деформації ґрунту. Це визначення буде дано дещо пізніше. Тут же відзначимо, що на решітці розміщено ще дві ділянки, які необхідно подолати реакції недеформованого ґрунту, що знаходиться перед клином: ділянка підйому SE завдовжки l_p' і початку спуску ES завдовжки l_p''

$$l_p' = 0.5 \cdot l_p / \cos 0.5 \alpha_p \quad (2.7)$$

$$l_p'' = (R_p \cdot \sin \varphi_c) / \cos 0.5 \varphi_c \quad (2.8)$$

$$R_p = l_p / (2 \sin \alpha_p) \quad (2.9)$$

Рух ґрунту по довжині всіх ділянок клинів забезпечується за рахунок сили підпору Р:

$$l_1 + l_{II} + l'_p + l''_p \leq \operatorname{ctg}(\beta_{cp} + \varphi_c) \cdot \sigma_{BP} / \gamma_{об},$$

де σ_{BP} - тимчасовий опір ґрунту стисненню;

β_{cp} - середній кут кришення клинами;

$$\beta_{cp} = \arctg(l_k / h_{II})$$

l_k - загальна довжина основи клинів;

h_{II} - загальна висота переміщення ґрунту клинами до точки початку її сходу за рахунок сили ваги;

$\gamma_{об}$ - об'ємна вага ґрунту.

$$l_k = l_1 \cdot \cos \alpha_1 + l_{II} \cdot \cos \alpha_p + l'_p \cdot \cos 0.5 \alpha_p + l''_p \cdot \cos 0.5 \varphi_c$$

$$h_{II} = h + l'_p \cdot \sin 0.5 \alpha_p - l''_p \cdot 0.5 \varphi_c$$

Загальна довжина L і висота H поздовжнього профілю робочої поверхні визначаються як:

$$L = l_1 \cdot \cos \alpha_1 + l_{II} \cdot \cos \alpha_p + l_p \quad (2.10)$$

$$H = l_1 \cdot \sin \alpha_1 + l_{II} \cdot \sin \alpha_p \cdot \operatorname{tg} 0.5 \alpha_p \quad (2.11)$$

2.2.3. Аналіз роботи розпушувальної решітки. Розпушувач активного типу пов'язаний шарнірно з скобою і для збільшення ефективності процесу виконаний у вигляді вібруючих розпушувально-сепарувальної решітки, яка коливається, з опуклою робочою поверхнею. Задній кінець решітки шарнірно з'єднаний з кривошипно-шатунним механізмом.

Таким чином вказані ланки утворюють чотирьохланковий шарнірний механізм, рис. 2.3. Ланка АВ скоює обертання навкруги осі і є кривошипом, ланка СВ - шатун, ланка СО є частиною основи (хорди) ЕС опуклої робочої поверхні, яка скоює коливання навкруги шарніра в точці О. Нерухома ланка ОА є стійкою і пов'язана з рамою машини.

Завдяки коливанням решітки, її певної геометричної форми і власне підпору, ґрунт поступає на решітку, переміщується по ній з одночасним руйнуванням скиби ґрунту.

Для обґрунтування режимів коливань решітки проведемо кінематичний аналіз чотирьохланкового шарнірного механізму, що використовується. Центр обертання кривошипа А знаходиться на продовженні хорди дуги С'С'', яка є траєкторією точки С. Це забезпечує

гармонійне коливання решітки, що важливе для якнайкращого урівноваження сил інерції механізму..

Основними параметрами механізму решітки, що коливається, є наступні: R_p – радіус робочої поверхні; θ_p – кут сектора робочої поверхні; θ_1, θ_2 – кути передній і задній, які містять робочу поверхню, розділені вертикальною поперечною площиною, що проходить через центр кривизни; X_0, Y_0 координати центру коливання решітки відносно центру кривизни; R_1, R_2 – довжина переднього і заднього важелів коромисла решітки; r_k – радіус кривошипа; ω_k – кутова частота обертання кривошипа; $l_{ш}$ – довжина шатуна; α – кут установки основи решітки до горизонту, змінний в процесі її коливання.

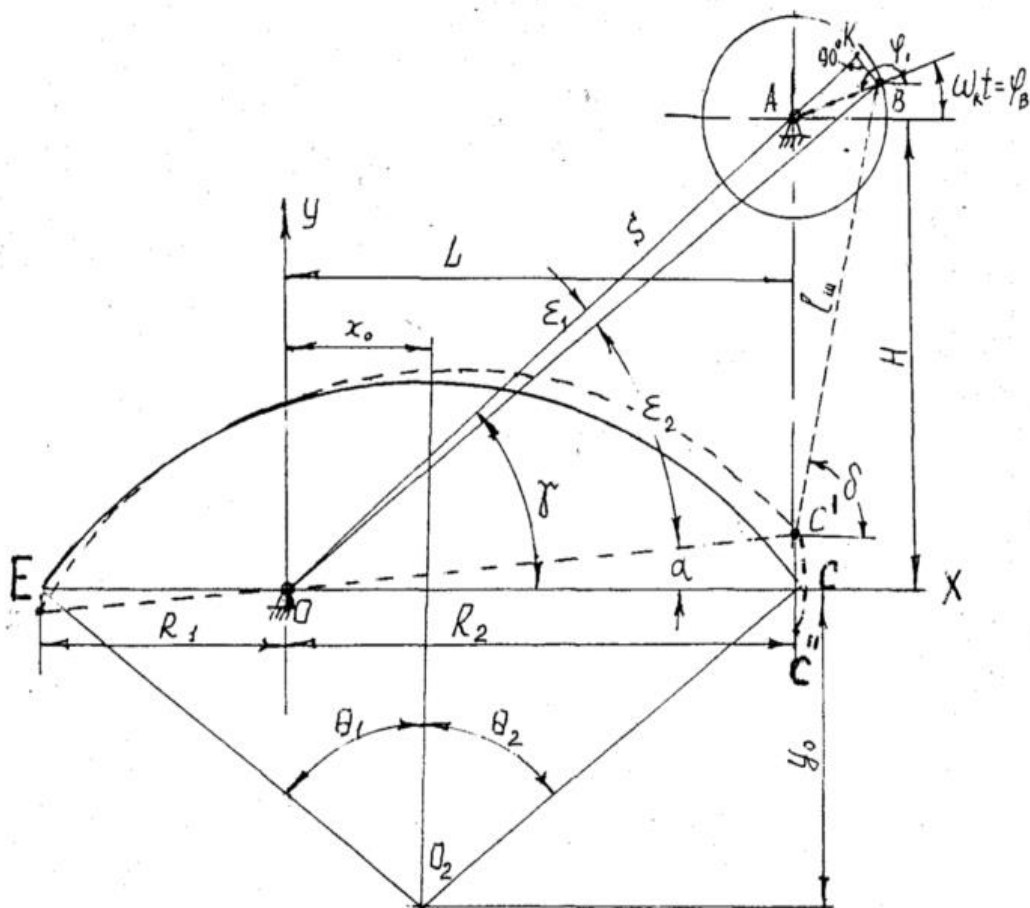


Рисунок 2.3 – Визначення траєкторії решітки, що коливається

Радіус робочої поверхні решітки R_p визначений нами при аналізі поздовжнього профілю робочої поверхні робочих органів як радіус опуклої частини профілю (2.9). Кут сектора робочої поверхні решітки визначиться як:

$$\theta_p = 2 \cdot \alpha_p \text{ і } \theta_1 = \theta_2 - \alpha_p \quad (2.12)$$

Зазор між елементами решітки, ширина яких береться 45 мм складає 95 мм. Ці розміри прийняті по аналогії з розмірами розпушувача серійного плуга ВПН-2.

Кут α є змінною величиною і за час одного обороту кривошипа приймає двічі своє середнє нульове значення і максимальні значення. Максимальні значення визначаються як:

$$\alpha_M = \pm \arcsin(r_k / R_2) \quad (2.13)$$

Величини R_1, R_2 визначаються з технологічних міркувань, кут α змінюється (за цикл роботи механізму) залежно від кута повороту кривошипа $\varphi_B = \omega_K t$, що обертається з постійною швидкістю ω_K . Його величина знаходиться з рівняння

$$\alpha = \gamma - \arccos \frac{S^2 + r_k^2 + 2r_k \cdot s \cdot \cos(\omega_K \cdot t \pm \gamma) + R_2^2 - l_u^2}{2R_2 \cdot \sqrt{S^2 + r_k^2 + 2r_k \cdot s \cdot \cos(\omega_K t \pm \gamma)}} \pm \arcsin \frac{r_k \sin(\gamma \pm \omega_K t)}{\sqrt{S^2 + r_k^2 + 2r_k \cdot s \cdot \cos(\omega_K t - \gamma)}} \quad (2.14)$$

При розрахунку режимів коливань і рішенні питань урівноваження мас чотирьохланкового механізму необхідно знати кутову швидкість ω_R і кутове прискорення ε_R грати. Для їх визначення нами використаний аналітичний метод Н.Г. Бруевича і В.А. Зиновьева [11, 12]. В результаті математичних перетворень знайдені вирази для їх визначення:

$$W_R = [\omega_K \cdot r_k \cdot \sin(\varphi - \delta)] / [R_2 \cdot \sin(\alpha - \delta)] \quad (2.15)$$

$$\varepsilon_R = [\omega_K^2 \cdot r_k \cdot \cos(\varphi - \delta) - i_p^2 \cdot R_2 \cdot \cos(\alpha - \delta) - i_u^2 \cdot l_u] / [R_2 \cdot \sin(\alpha - \delta)] \quad (2.16)$$

де ω_K – задана кутова швидкість кривошипа;

i_p – аналог кутової швидкості решітки;

i_u – аналог кутової швидкості шатуна.

Позначені аналоги швидкостей знаходяться як

$$i_p = [r_k \cdot \sin(\varphi - \delta)] / [R_2 \cdot \sin(\alpha - \delta)] \quad (2.17)$$

$$i_u = [r_k \cdot \sin(\varphi - \delta) - i_p \cdot R_2 \cdot \cos(\alpha - \delta)] / l_u \quad (2.18)$$

Нормальна a_n і a_t тангенціальна складові прискорень для будь-якої точки коромисла з радіусом R_i визначаються як:

$$a_n = \omega_R^2 \cdot R_i \quad (2.19)$$

$$a_t = \varepsilon_R \cdot R_i \quad (2.20)$$

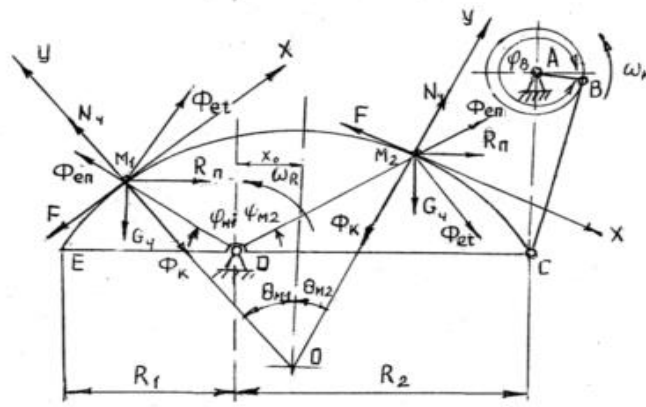
Теоретичний аналіз і експериментальні дані при визначенні параметрів викопувальних машин показують, що більш ефективна сепарація і переміщення ґрунту з рослинами по решітці, що коливається, може бути забезпечена при режимах, коли досягається відрив частинок від решітки [13-16]. Для цього необхідні наступні умови: нормальна складова швидкості решітки повинна бути направлена вгору, а нормальна складова прискорення решітки - вниз, абсолютна величина нормальної складової прискорення решітки повинна бути рівна або більше нормальної складової прискорення вільного падіння.

Представимо ґрунтову скибу як сукупність ґрунтових частинок з масою m_q і розглянемо сили, діючі на одну з таких частинок, що знаходиться на поверхні решітки. Кожна частинка рухається з переднього на задню ділянку решітки. Тому виділимо дві характерні точки їх розміщення на цих ділянках – M_1 і M_2 , положення яких на решітці характеризується відповідно кутами φ_{m1} і φ_{m2} . На частинку ґрунту діють наступні сили (рис. 2.4): сила ваги $G_q = m_q g$; сила тертя $F_{mp} = N_q f$ (f - коефіцієнт тертя ґрунту о сталь); N_q - нормальна складова, діюча на частинку з боку решітки; R_n - реакція недеформованого ґрунту, що знаходиться попереду решітки (підпір пласта ґрунту), і що зменшується до нуля по ходу руху скиби; коріолісова сила інерції $\Phi_K = 2m_q \omega_R x'$ (x' - швидкість переміщення елемента пласта по решітки); складові сили інерції в переносному русі: відцентрова Φ_{en} і обертальна (тангенціальна) Φ_{et} , які визначаються з рівності:

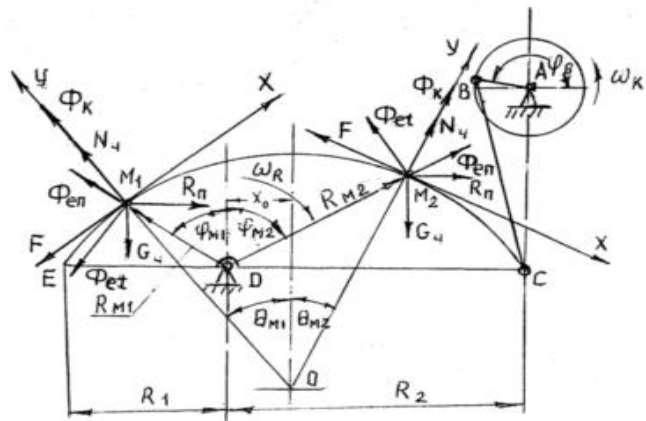
$$\Phi_{en} = m_q \cdot R_M \cdot \omega_R^2 \quad (2.21)$$

$$\Phi_{et} = m_q \cdot R_M \cdot \varepsilon_R, \quad (2.22)$$

де R_M - відстань від центру ваги частинки до осі коливання решітки.



а)



б)

Рисунок 2.4 – Схема сил, діючих на частинки скиби ґрунту при обертанні решітки: а – проти годинникової стрілки і при $\varphi_B = 355^\circ$; б – за годинниковою стрілкою і при $\varphi_B = 175^\circ$

Розглянемо рух частинки відносно решітки. Для цього помістимо початок прямокутних координат ХОУ послідовно в одну і іншу точки так, щоб вісь ОХ була направлена по дотичній прямій в даній точці у бік руху ґрунту. Диференціальні рівняння сил, що впливають на частинку в точці M_1 на передньому важелі решітки, у момент обертання її проти годинникової стрілки (див. рис. 6.4-а), можуть бути представлені як:

$$m''_{cx} = \Phi_{et} \cdot \cos(\varphi_{M1} - \theta_{M1}) - \Phi_{en} \cdot \sin(\varphi_{M1} - \theta_{M1}) - F + R_{II} \cdot \cos \theta_{M1} - G_4 \cdot \sin \theta_{M1} \quad (2.23)$$

$$m''_{\dot{y}} = \hat{O}_{\dot{at}} \cdot \sin(\varphi_{M1} - \theta_{M1}) + \hat{O}_{\dot{at}} \cdot \cos(\varphi_{M1} - \theta_{M1}) - N_{\div} - G_{\div} \cdot \cos \theta_{M1} - R_I \cdot \sin \theta_{M1} - \hat{O}_k \quad (2.24)$$

На ділянці сходу скиби з робочої поверхні заднього важеля решітки в точці M_2 диференціальні рівняння матимуть вигляд:

$$m''_{cx} = \Phi_{et} \cdot \cos(\varphi_{M2} - \theta_{M2}) + \Phi_{en} \cdot \sin(\varphi_{M2} - \theta_{M2}) - F + R_{II} \cdot \cos \theta_{M2} + G_q \cdot \sin \theta_{M2} \quad (2.25)$$

$$m''_{cy} = -\Phi_{et} \cdot \sin(\varphi_{M2} - \theta_{M2}) + \Phi_{en} \cdot \cos(\varphi_{M2} - \theta_{M2}) + N_q - G_q \cdot \cos \theta_{M2} + R_{II} \cdot \sin \theta_{M2} - \Phi_k \quad (2.26)$$

Як видно з представлених рівнянь, у цей момент часу створюються передумови для поздовжнього переміщення ґрунту. Цьому сприяє складова сила інерції Φ_{et} .

Найбільш ефективний режим руху пласта з підкиданням. Умови для цього створюються в процесі роботи при повороті кривошипа за годинниковою стрілкою на кут близький до 180° (див. рис 2.4-б).. Диференціальні рівняння сил, що впливають на частинку ґрунту, коли вона знаходиться в точці M_1 мають вигляд:

$$m''_{cx} = -\Phi_{et} \cdot \cos(\varphi_{M1} - \theta_{M1}) - \Phi_{en} \cdot \sin(\varphi_{M1} - \theta_{M1}) - F + R_{II} \cdot \cos \theta_{M1} - G_q \cdot \sin \theta_{M1} \quad (2.27)$$

$$m''_{cy} = \Phi_k - \Phi_{et} \cdot \sin(\varphi_{M1} - \theta_{M1}) + \Phi_{en} \cdot \cos(\varphi_{M1} - \theta_{M1}) + N_q - G_q \cdot \cos \theta_{M1} - R_{II} \cdot \sin \theta_{M1} \quad (2.28)$$

В цей же момент часу для частинки, що знаходиться в точці M_2 диференціальні рівняння сил матимуть вигляд:

$$m''_{cx} = -\Phi_{et} \cdot \cos(\varphi_{M2} - \theta_{M2}) + \Phi_{en} \cdot \sin(\varphi_{M2} - \theta_{M2}) - F + R_{II} \cdot \cos \theta_{M2} + G_q \cdot \sin \theta_{M2} \quad (2.29)$$

$$m''_{cy} = \Phi_k - \Phi_{et} \cdot \sin(\varphi_{M2} - \theta_{M2}) + \Phi_{en} \cdot \cos(\varphi_{M2} - \theta_{M2}) + N_q - G_q \cdot \cos \theta_{M2} - R_{II} \cdot \sin \theta_{M2} \quad (2.30)$$

Коріолісова сила інерції Φ_k і складова Φ_{en} направлені на відрив ґрунту від решітки. У момент відриву пласта $N_q = 0$ і $F = 0$, а також виконується нерівність для частинки в точці M_1 :

$$2m_q \cdot \omega_R \cdot x' + m_q \cdot \omega_R^2 \cdot R_{M1} \cdot \cos(\varphi_{M2} - \theta_{M2}) > m_q \cdot R_{M1} \cdot \varepsilon_R \cdot \sin(\varphi_{M2} - \theta_{M2}) + m_q g \cos \theta_{M1} + R_{II} \sin \theta_{M1}$$

а для частинки в точці M_2

$$2m_q \cdot \omega_R \cdot x' + m_q \cdot \omega_R^2 \cdot R_{M1} \cdot \cos(\varphi_{M2} - \theta_{M2}) + m_q \cdot R_{M1} \cdot \varepsilon_R \cdot \sin(\varphi_{M2} - \theta_{M2}) + R_{II} \sin \theta_{M2} > G_q \cdot \cos \theta_{M2}$$

З метою аналізу складових частин нерівностей, враховуючи незначність величини R_{II} , спростимо їх виключенням цієї величини. Тоді останні нерівності матимуть вигляд:

$$2\omega_R \cdot x' + \omega_R^2 \cdot R_{M1} \cdot \cos(\varphi_{M1} - \theta_{M1}) > R_{M1\varepsilon R} \cdot \sin(\varphi_{M1} - \theta_{M1}) + g \cdot \cos \theta_{M1} \quad (2.31)$$

$$2\omega_R x' + \omega_R^2 \cdot R_{M1} \cdot \cos(\varphi_{M2} - \theta_{M2}) + R_{M1} \cdot \varepsilon_R \cdot \sin(\varphi_{M2} - \theta_{M2}) > g \cdot \cos \theta_{M1} \quad (2.32)$$

Для аналізу нами взята перша нерівність, оскільки права його частина перевищує відповідну частину другого.

Позначивши нормальну складову прискорення, направлену на відрив частинки від решітки як

$$a_s = 2\omega_R \cdot x' + \omega_R^2 \cdot R_{M1} \cdot \cos(\varphi_{M1} - \theta_{M1}) \quad (2.33)$$

і складову прискорення їй протидіючу як

$$a_g = R_{M1} \varepsilon_R \cdot \sin(\varphi_{M1} - \theta_{M1}) + g \cdot \cos \theta_{M1} \quad (2.34)$$

отримаємо умову підкидання

$$a_s \geq a_g \quad (2.35)$$

На рис. 2.5 представлена у вигляді графіків залежність (2.33) нормальної складової прискорення a_s , що впливає на частинку ґрунту від параметрів, що визначають її розміщення на решітки; кута φ_M при частоті обертання кривошипа: 350, 450 і 550 хвил⁻¹. При цьому прийняті постійними параметри $R1 = 0,25$ м, $R2 = 0,45$ м, $Rp = 0,5$ м, $x_0 = 0,1$ м, $x' = 0,8$ м/с. Для графіків прийнятий $\varphi_B = 175^\circ$, відповідний сприятливій умові підкидання частинки на решітки.

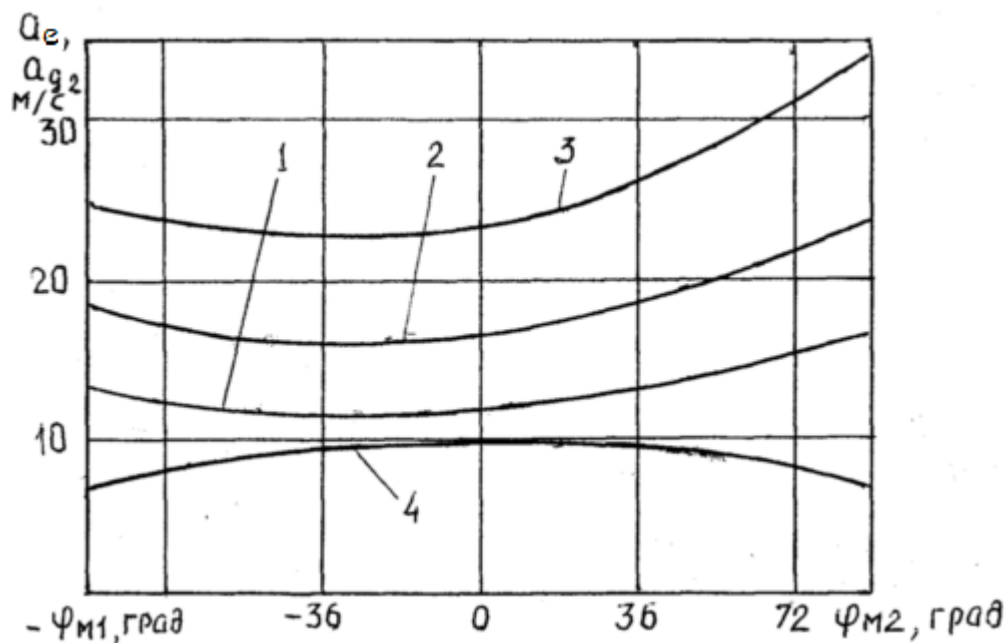


Рисунок 2.5 – Залежність нормальної складової прискорення a_s (1-3) частинок ґрунту від кута φ_M для різної частоти обертання кривошипа: 1 -350; 2 - 450 і 3 – 550хв⁻¹. Залежність нормальної складової a_e (4) від кута φ_M

З графіків видно, що при незмінній частоті обертання кривошипа $n_k = 450 \text{ хв}^{-1}$, збільшення φ_M від 0 до 90° , яке відповідає зростанню на передньому плечі радіусу R_m від $0,14$ до $0,25 \text{ м}$ і на задньому від $0,14$ до $0,45 \text{ м}$, викликає зростання нормальної складової прискорення від 16 до 18 м/с^2 на передньому важелі і від 16 до 24 м/с^2 - на задньому. Збільшення частоти обертання кривошипа від 350 до 550 хв^{-1} викликає зростання нормальної складової прискорення (при максимальних значеннях радіусу на передньому важелі) від 13 до 24 м/с^2 і на задньому від 17 до 34 м/с^2 . Порівняння значень a_z і a_e показує, що по всій довжині решітки при вказаних параметрах виконується підкидання ґрунту

Оптимальні умови руйнування елементів ґрунтової скиби створюються при циклічному її стисненні і розтягуванні за рахунок вигину, який одержується при підкиданні ґрунту. В початковому положенні скиба копіює форму робочої поверхні решітки, відбувається її вигин з опуклістю, оберненою вгору. При підкиданні відбувається вигин в протилежній бік.

Розглянемо процес дії решітки на ґрунтову скибу між двома суміжними циклами струшування. Траєкторія одного циклу зміщена щодо подальшого по горизонталі на деяку величину $S_{ц}$, звану циклічною подачею пласта на грати.

$$S_{ц} = U_B / n_k \quad (2.36)$$

де U_B - швидкість поступального руху машини.

Представимо ґрунтову скибу, що знаходиться на решітці як сукупність елементів, кожний з яких зв'язаний коренями одного з саджанців і, отже, має довжину $1с$, рівну відстані між суміжними саджанцями в ряді. Ширина елемента рівна ширині підкопуючої скоби, а висота є змінною у міру нього руху - по решітці і сепарації ґрунту.

Технологічний процес розпушування ґрунтової скиби виконується ефективно, якщо довжини переднього і заднього важелів решітки забезпечують при переміщенні ґрунту один або більше циклів підкидання кожного елемента завдовжки $1с$. Це дає можливість їх взаємного розділення за рахунок зсуву. В той же час кожний елемент повинен продеформуватися за рахунок вигину - з опуклістю вниз. При цьому виконується умова:

$$R_1 = k_B \cdot S_{ц} \geq l_C \quad (2.37)$$

де $k_B > 1$ - число підкидань, що характеризує інтенсивність розпушення.

Довжина заднього важеля, як буде показаний далі, перевищує довжину переднього важеля. Тому виконання умови (2.37) означає її виконання і для заднього важеля. З урахуванням рівності (2.36), отримаємо:

$$k_b \cdot u_b / n_k \leq R_1 \quad (2.38)$$

Приймаючи граничну умову цієї нерівності, маємо

$$n_k = k_b \cdot u_b / l_c = k_b \cdot u_b / R_1 \quad (2.39)$$

Графічне зображення цієї залежності при $k_b = 1$ і $k_b = 2$ для $l_c = R_1 = 0,15; 0,20$ і $0,25$ м представлено на рис. 2.6. Із зростанням швидкості руху машини від 0,2 до 1,2 м/с при $R_1 = l_c = 0,25$ м частота обертання кривошипа для забезпечення інтенсивності розпушення $k_b = 2$ повинна збільшуватися з 1,2 до 9,6 с-1. Із зменшенням величини $R_1 = l_c$ до 0,15 м необхідна частота n_k зростає з 2,6 до 15,2 с-1. Зменшення інтенсивності розпушення до $k_b = 1$ відбувається при зменшенні частоти $n_k = 0,8 \dots 1,3$ с-1 для $U_b = 0,2$ м/с до $n_k = 5 \dots 7,4$ с-1 для 1,2 м/с.

Для $U_b = 0,74 \dots 0,84$ м/с, які прийняті для роботи з трактором Т-150 $n_k = 7,5 \dots 8,5$ с-1 при $k_b = 2$, Для прийнятих агротехнікою умов вирощування саджанців $R_1 = l_c = 0,2$ м

Оскільки сили інерції решітки, що коливається, викликають додатковий динамічний тиск і збільшення сил тертя в кінематичних парах, необхідно по можливості зменшити дію цих сил за рахунок статичного урівноваження механізму, скоюючого коливання [17].

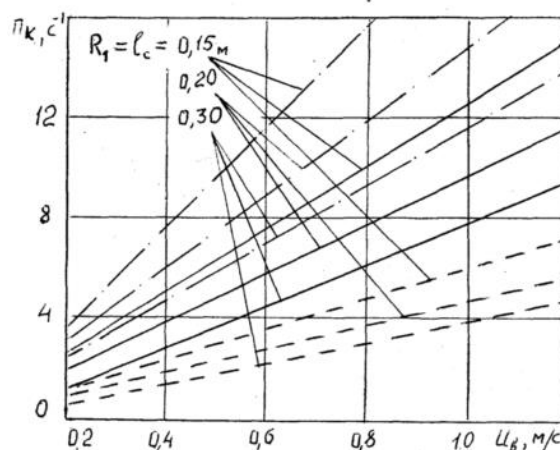


Рисунок 2.6 – Залежність частоти обертання кривошипа від швидкості руху машини для різних величин $R_1 = l_c = 0,15; 0,20$ і $0,30$ м при коефіцієнті $k_b = 1$ - _____, $k_b = 2$ ———, $k_b = 3$ ____ . ____ . ____

Для статичного урівноваження чотирьохланкового механізму необхідно, щоб його загальний центр маси був нерухомий і знаходилося на лінії АД, що поєднує центри нерухомих шарнірів А і Д (Рис. 2.7). Приймаємо, що маси m_1, m_2, m_3 зосереджені в центрах мас ланок S1, S2 і S3. Розрахунок сил інерції проводимо методом мас, що замінюються.

Представимо масу шатуна (ланка 2) двома масами, зосередженими в точках В і С. Їх величини визначатимуться як

$$m_C = m_2 b / l_2, \quad m_B = m_2 \cdot c / l_2$$

Тепер маси механізму приводяться до двох ланок, що скоюють обертальний і коливальний рухи. Задача по урівноваженню зводиться до урівноваження цих ланок за допомогою противаг для кривошипа і шляхом вибору співвідношення важелів R_1 і R_2 для ланки 3. Для тієї і іншої ланки центри мас ланок повинні розташовуватися відповідно в шарнірах А і Д.

Задавшись відстанню r_{np1} , з рівняння статичних моментів щодо точки А отримаємо:

$$m_B \cdot l_1 + m_1 \cdot a = m_{np1} \cdot r_{np1}$$

звідки визначаємо масу противаги першої ланки

$$m_{np1} = (m_B \cdot l_1 + m_1 \cdot a) / r_{np1}$$

Виходячи з конструктивно-технологічних міркувань, а саме, у зв'язку з доцільністю розміщення осі коливання решітки нижче за її робочу поверхню, для виключення додаткових опорів при проході скиби і з метою використання інерційної сили Φ_{et} для переміщення скиби, досягаємо часткове статичне урівноваження.

Для решітки (ланка 3) отримаємо:

$$m''_3 \cdot d''_3 + m_C \cdot R_2 = m'_3 \cdot d'_3 \quad (2.40)$$

Враховуючи, що маса ґрунту на решітці значно перевищує власну масу решітки і шатуна, приймаємо $m_c = 0$; а також, що маса ґрунту складається умовно з двох частин m_3^2 і m_3'' , рівність (6.40) матиме вигляд

$$m''_3 \cdot d''_3 = m'_3 \cdot d'_3 \quad (2.41)$$

Центр маси скиби розміщений в поздовжній площині, співпадаючій з подовжньою віссю симетрії решітки. Його абсциса знаходиться в точці Е як

$$x_{\Pi} = S_{TNB} \cdot x'_{\Pi} / S_{ABNC} \quad (2.42)$$

де x'_{Π} - абсциса центру маси перетину TBN, яка може розглядатися як абсциса кінця радіусу-вектора R'_{Π} .

Вона визначиться як

$$x'_{\Pi} = R'_{\Pi} \cdot \sin(\theta_D - 0.5\theta_p) \quad (2.43)$$

де $\theta_D = \angle NOD$ і $\theta_p = \angle NOB$.

Значення θ_D визначається з таких міркувань. Виконаємо розгортку перетину TBN на плоску основу $T_1N_1 = TN$ у вигляді трикутника $T_1B_1N_1$ де $B_1N_1 = BN$ і $T_1B_1 = TB$. Центр ваги його знаходиться в D_1 , причому $F_1D_1 = 1/3N_1F_1$. Переносячи отримане співвідношення для пласта на решітку, маємо в перетині TBN $FD:NF = 1 : 3$. При деформації реального пласта TBN в порівнянні з $T_1B_1N_1$ відбувається зсув його центру ваги по радіусу-вектору DO до центру кривизни. Положення R'_{Π} характеризується співвідношенням кутів θ_D / θ_p .

Відзначимо, що це співвідношення пропорційно довжинам дуг FN і DN, що характеризують деформований пласт і, що вони знаходяться також на кривій архімедової спіралі з параметром

$$a_2 = 0.5 \cdot \eta \cdot h_{\Pi} / \theta_p.$$

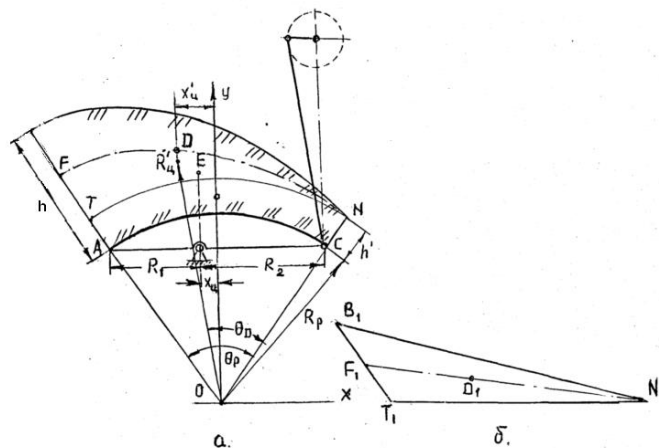


Рисунок 2.8 – До питання визначення центру мас ґрунтової скиби: а – розміщення пласта на решітці; б – розгортка верхньої частини скиби – перетин TBN на плоску основу T1N1

Тому

$$DN / FN = (\varphi D^2 - \varphi N^2) / (\varphi F^2 - \varphi N^2) - 2/3,$$

де $\varphi_D, \varphi_N, \varphi_F$ - кути спіралі у відповідних точках D, N і F.

З урахуванням геометричних співвідношень одержуємо

$$\theta_D = \left[-3\varphi N + \sqrt{9\varphi N^2 + 6 \cdot \theta_p (\theta_p + 2\varphi N)} \right] / 3,$$

де кут φ_N знаходиться з рівності

$$\varphi_N = 2\theta_p (R_p + h') / (h - h') \quad (2.44)$$

Для вибраного значення $\eta_{II} = 0,75$ (підтвердженого експериментами), а також $\alpha_p = 35^\circ$ і $R_p = 0,5$ м знайдено $\theta_D = 50^\circ$.

Визначимо по (2.43) значення радіусу-вектора R'_{II} як:

$$R'_{II} = M_C / S_{TNB} \quad (2.45)$$

де M_C – статичний момент площі S_{TNB} .

Знайдемо його значення у відповідність з даними [18, 19]:

$$\begin{aligned} M_C &= \int_0^{\theta_p} a_1 \cdot \theta \cdot [R_p + (1 - \eta_{II}) \cdot h + 0.5 \cdot a_1 \cdot \theta]^2 \cdot d\theta = \\ &= a_1 \cdot \theta_p^2 \cdot \left\{ 0.5 [R + (1 - \eta_{II}) \cdot h]^2 + [R_p + h \cdot \theta_p \cdot a_1 (1 - \eta_{II})] / 3 + a_1^2 \cdot \theta_p^2 / 16 \right\} \\ S_{TNB} &= 0.25 \cdot a_1 \cdot \theta_p^2 \cdot [2R_p + 2h \cdot (1 - \eta_{II}) + a_1 \cdot \theta_p] \end{aligned}$$

З урахуванням цих значень:

$$R'_{II} = \frac{24 [R_p + (1 - \eta_{II}) \cdot h]^2 + 16 \cdot \eta_{II} \cdot h \cdot [R + (1 - \eta_{II}) \cdot h] + 3 \cdot \eta_{II}^2 \cdot h^2}{12 \cdot (2R_p + 3h - 2\eta_{II} \cdot h)} \quad (2.46)$$

Значення абсциси, знайдене з рівності (2.42) з урахуванням (2.43-2.45), визначає на основі решітки (завдовжки l_p) положення її осі коливання. Довжина переднього і заднього важелів решітки визначиться з рівності:

$$R_1 = 0.5 \cdot l_p - x_{II} \quad (2.47)$$

$$R_2 = 0.5 \cdot l_p + x_{II} \quad (2.48)$$

Співвідношення довжин переднього важеля і основи решітки складає:

$$K_C = 0.5 - x_{II} / l_p \quad (2.49)$$

Залежність коефіцієнта K_c від повноти сепарації на решітці, визначена у відповідності з (2.49) для $R_p = 0,5; 0,6$ і $0,7$ м представлена на рис.6.9. Мінімальне значення $K_c = 0,28$ буде при повній сепарації ґрунту $\eta_{п} = 1,0$. З погіршенням відділення ґрунту K_c зростає до 0,5. В реальних умовах, як показали експериментальні дослідження $\eta_{п} = 0,7...0,8$ і, отже, доцільно співвідношення $K_c = 0,32$.

Дослідження, виконані Г.Д. Петровим по виявленню оптимальних значень частоти і амплітуди коливань решітки (амплітуди в межах $0,01...0,03$ м і частоти $400...700$ коливань в хвилину) показали, що зміна цих параметрів на сухому негрудкуватому ґрунті не надає істотного впливу на коефіцієнт повноти відділення ґрунту від коренеклубнеплодів [13]. Більш відчутно позначається вплив частоти коливань (у вказаних діапазонах) при сепарації ґрунту з вологістю, близькою до нижньої межі пластичності (22 - 24%). При сепарації такого ґрунту збільшення динамічної дії на пласт шляхом підвищення частоти коливань лише до 600 хв.^{-1} збільшує повноту відділення ґрунту. Для підкопування і руйнування шару ґрунту більше $0,2$ м товщиною рекомендована амплітуда коливань $0,02-0,025$ м. Аналогічні висновки про вплив амплітуди робить в своїй роботі Н.Ф.Діденко. [16].

Таким чином нами вибрано середнє значення амплітуди коливань решітки $A_p = 0,025$ м і діапазон частоти від 450 до 560 хв.^{-1} .

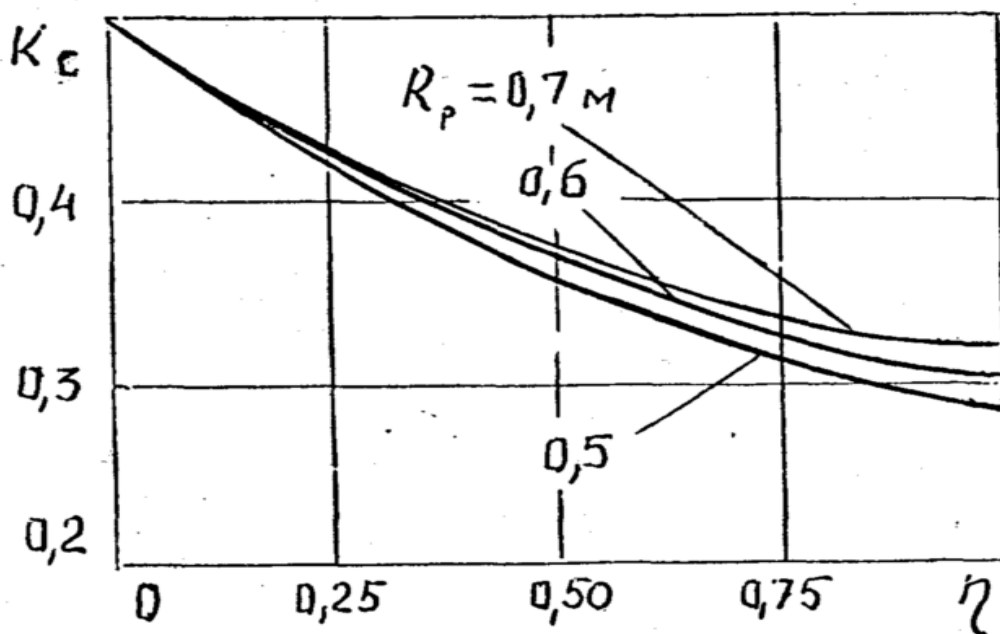


Рисунок 2.9 – Залежність коефіцієнта K_c від повноти сепарації ґрунту на решітці

Таким чином в результаті теоретичного аналізу процесу викопування саджанців обґрунтована доцільність використання скоби з поперечним напівкруглим перетином і радіусом рівним половині ширини захвату скоби. Встановлена доцільність використання поздовжнього профілю робочої поверхні, складеною скобою із розпушуючими пальцями і решіткою, у вигляді увігнуто-опуклої кривої. Знайдена рівність для визначення геометричних параметрів цього профілю. Застосування двоплечової опуклої решітки, що коливається, забезпечує активну деформацію скиби ґрунту за рахунок підкидання її елементів і часткової сепарації. Визначені умови її ефективної роботи, при яких забезпечується підкидання скиби і її поступальне переміщення по робочій поверхні. Визначено співвідношення довжини переднього важеля і основи решітки, при якій забезпечується часткове статичне урівноваження чотирьохланкового механізму.

Для ефективної роботи решітки рекомендована амплітуда коливання рівна 0,025м при частоті коливань в діапазоні від 450 до 560 хв⁻¹.

Розділ 3. МЕТОДИКА ТА РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Експерименти виконувалися із застосуванням макетного зразка машини, схема якого представлена на рис. 3.1. Вона містить викопувальну скобу 1 напівкруглої форми, яка кріпиться до рами 3 з правого її боку. У середині скоби на сході ґрунтової скиби змонтовані пальці - розпушувачі 2. З скобою шарнірно зв'язані розпушувально-сепарувальна решітка, що складається з поздовжніх трубчастих елементів 9, виконаних у вигляді двоплечових важелів – коромисел, маючих криволінійну форму з оберненою вгору опуклістю. Задній кінець решітки через шарнір з шатуном 8, пов'язаний з ексцентриком 7 валу (що має опору 6), який одержує обертання через редуктор 5 і карданний вал від валу відбору потужності трактора. Рама 3 має опорне колесо 4 з механізмом регулювання його положення по висоті, а з лівого боку рами (по ходу руху) закріплений регульований по глибині ніж стійкості 10. Машина агрегатується з трактором класу 3 і під час роботи скоба, що спрямована уздовж осі ряду саджанців, вирізує скибу ґрунту з коренями. Потім скиба переміщається по пальцях розпушувачам, де відбувається її початкове розпушення, і далі на розпушувально-сепарувальну решітку. Тут відбувається процес її активної деформації за рахунок вигину скиби, що циклічно повторюється, в протилежні сторони під дією сили ваги і сил інерції та ударів скиби по решітці. Одночасно руйнований ґрунт відділяється від скиби і коренів саджанців і сепарується головним чином через решітку.

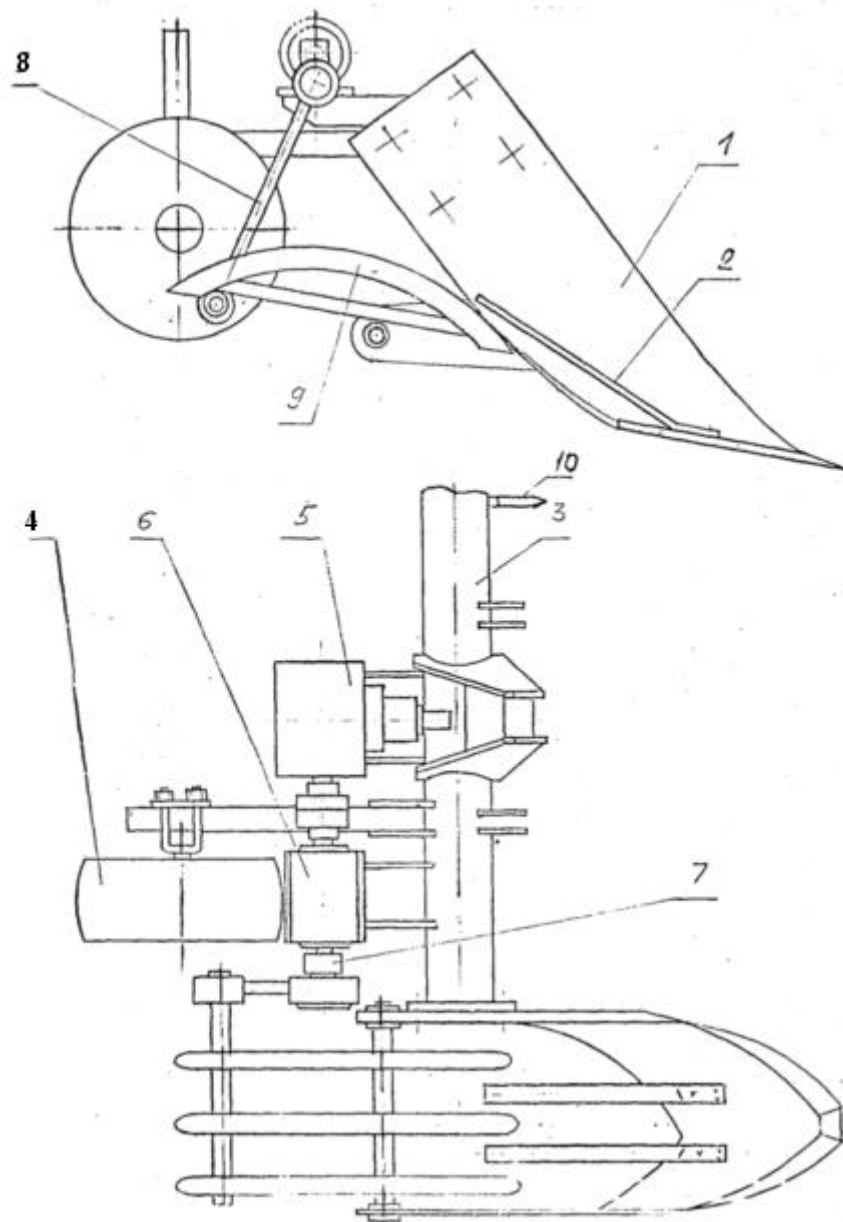


Рисунок 3.1 – Схема макетного зразка машини для викопування саджанців плодових культур

За результатами теоретичних досліджень визначені і задані для макетного зразка машини (рис.6.10) параметри:

1) скоби:

- ширина захвату, м0,55
- кут різання, град.....7 – 100
- кут нахилу до горизонту пальців розпушувачів, град...35⁰
- радіус поперечного перетину лемеша в передній частині, м 0,275
- радіус увігнутої поверхні (умовний) м . 0,60

2) решітка:

- радіус робочої поверхні, м. 0,50
- кут сектора робочої поверхні, град. 70^0
- довжина переднього і заднього важелів решітки, м. 0,23 і 0,42
- кутова частота обертання кривошипа змінна за рахунок постановки

змінних редукторів, c^{-1} 7,5; 9,0; 10,5

- радіус кривошипа, м 0,045
- зазор (просвіт) між елементами, м. 0,090

3) машини (в цілому):

- поступальна швидкість, км /ч. 2,7-5,3

У відповідність з п.1 програми експериментів в окремих дослідах шляхом зміни швидкості руху машини задавалася різна подача ґрунту з саджанцями і визначалися показники повноти відділення ґрунту. Для характеристики зміни повноти відділення ґрунту від подачі ґрунту на робочі органи машини використано два показники: прямий і непрямий.

Прямий показник - коефіцієнт повноти відділення:

$$\eta_0 = (m_k - m_{oc}) / m_k \quad (3.1)$$

де m_k – розрахункова величина маси ґрунту, пов'язаного з коренями саджанця в об'ємі, обмеженому умовним циліндром з радіусом рівним середньому радіальному вильоту його коренів і висотою, рівній глибині викопування:

$$m_k = \pi \cdot r_{кр}^2 \cdot h \cdot \rho$$

· $r_{кр}$ – середнє арифметичне значення радіального вильоту коренів, що визначається шляхом виміру;

ρ – питома об'ємна маса ґрунту $\rho = 1400$ кг / м³;

m_k – маса ґрунту, що залишається на коренях саджанця після його виїмки, визначається зважуванням.

Непрямий показник – це зусилля, яке необхідне для виїмки саджанця після проходження машини. Визначається за допомогою динамометра із спеціальним пристроєм для захоплення саджанця.

Подача ґрунту на робочі органи визначалася як:

$$q = [0.5 \cdot \pi \cdot R_{\lambda}^2 + (h - R_{\lambda}) \cdot B] \cdot U_B \cdot \rho \quad (3.2)$$

Для роботи макетного зразка машини і викопувального плуга ВПН-2 використовувалися трактори ДТ-75 М і Т-150. Робоча швидкість в окремих дослідах мінялася від 2,7 до 5,3 км /год, а подача ґрунту складала 230, 340 і 450 кг/с, частота обертання кривошипа – 450, 560 і 675 хв⁻¹. В ході дослідів замірялися твердість (щільність) ґрунту на глибині до 40 см і його вологість.

При проведенні досліджень використовувалася методика математичного планування, трьохрівневий план другого порядку для двох чинників: подачі ґрунту і частоти коливань решітки. Коефіцієнти регресії полінома другого ступеня знаходилися з використанням персонального комп'ютера.

Окрім вказаних параметрів при викопуванні саджанців на встановленому режимі згідно п.2 програми визначалися такі показники технологічного процесу:

- повнота викопування, як відношення кількості викопаних саджанців до загальної кількості в обліковому ряді;
- кількісна частка пошкоджених саджанців в %, у тому числі по надземній частині (визначалися порізи, подряпини), по кореневій системі - поверхневі подряпини, обриви коренів;
- рівномірність глибини ходу підкопуючої скоби визначалася шляхом виміру глибини обробки ґрунту після проходу машини в центрі сліду скоби на обліковій ділянці завдовжки 100 м в 50 точках. При цьому знаходилося середнє арифметичне значення, середньквadraticне відхилення глибини обробки і коефіцієнт її варіації.

На підставі хронометражу виконання технологічного процесу визначалася у відповідності із стандартною методикою продуктивність машини, необхідне число робітників на вибірці саджанців і їх продуктивність.

Енергооцінка проводилася по двох показниках: тяговому опору і витраті потужності на привід решітки. У відповідності з стандартною методикою ОСТУ 70.2.2-73 "Випробування сільськогосподарської техніки. Методи енергетичної оцінки" визначалося тяговий опір машини шляхом тяги трактора ДТ-75 М з макетним зразком машини іншим трактором ДТ-75 М. При цьому використаний пружинний динамограф конструкції В.П.Горячкіна, включений в тягу, що з'єднує обидва трактори. Запис зусилля вівся на паперову стрічку. Потужність на привід в коливальний рух решітки машини визначалася шляхом тензометрування. На спеціальному приводному карданному валу були змонтовані тензодатчики, був встановлений на окремій платформі тензоусилитель 8 АНЧ-7М і осцилограф Н-115. Ці прилади фіксували на осцилограмі крутний момент М для приводу решітки, кН м.

Загальна потужність на виконання технологічного процесу машини визначалася як

$$N_B = M_B \cdot n_B + P_B \cdot U_B$$

де P_B - тяговий опір машини для викопування саджанців, кН;

n_B - частота обертання карданного валу, с^{-1} .

Швидкість U_B визначалася шляхом фактичного виміру часу проходження контрольної ділянки завдовжки 10 м і в окремих дослідках складала 0,7; 0,95 і 1,3 м/с.

Перша серія дослідів була виконана в плодородсаднику на середньому суглинку на сухому негрудкуватому ґрунті, при її вологості 15-17% і твердості 1,5 -1,8 мПа. На підставі дослідних даних і у відповідності з методикою дослідів нами визначена залежність коефіцієнту повноти відділення ґрунту, пов'язаного з коренями саджанців, від подачі ґрунту і частоти коливання решітки у вигляді:

$$\eta'_n = 0.788 + 1.854 \cdot 10^{-2} \cdot n_p + 1.354 \cdot 10^{-4} \cdot q_n - 7.804 \cdot 10^{-4} \cdot n_p^2 + 1.063 \cdot 10^{-5} \cdot n_p \cdot q_n^2 \quad (3.3)$$

Залежність (3.3) графічно представлена на рис. 3.2-а. Звідси видно, що зміна частоти коливань решітки від 7,5 до 10,5 с^{-1} не призводить до істотного зростання повноти відділення ґрунту. При $q = 200$ кг/с ця зміна складає від 0,9 до 0,92, а при $q=400$ кг/с від 0,865 до 0,89. В той же час є тенденція зменшення η'_n із зростанням подачі ґрунту. Так при $n_p = 9 \text{с}^{-1}$ зростання подачі ґрунту з 200 до 400 кг/с , тобто в два рази приводить до зниження коефіцієнта з 0,91 до 0,88.

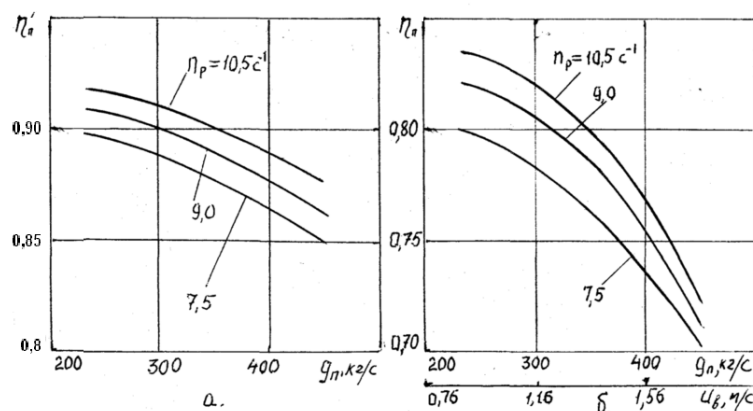


Рисунок 3.2 – Залежність коефіцієнту повноти відділення ґрунту від її подачі і частоти коливань решітки: а – середній суглинок; б – глина

Аналіз отриманої функції виконувався шляхом побудови двомірних перетинів при фіксованих значеннях $\eta'_n = 0,85; 0,875$ і $0,90$ (рис. 3.2-а). Отримані ізолінії показують взаємозв'язок n_p і q_n , а також означають, що одне і те ж значення η'_n можна отримати при різних величинах поєднання цих чинників. Так $\eta'_n = 0,875$ збережеться із зростанням подачі від 200 до 400 кг/с, якщо при цьому збільшується n_p з 6 до 9с^{-1} .

Таким чином на сухому, середньому по механічному складу ґрунті частота коливань решітки не істотно впливає на повноту відділення ґрунту при постійній швидкості руху машини.

Друга серія дослідів виконана на важкому глинистому ґрунті при вологості 19-22% і твердості 1,7-2,3 мПа, де виявляються властивості клейкості і пластичності. На глинистому ґрунті залежність повноти відділення ґрунту від її подачі і частоти коливань решітки визначена у вигляді:

$$\eta_n = 0.5908 + 2.839 \cdot 10^{-2} \cdot n_p + 5.878 \cdot 10^{-4} \cdot q_n - 7.369 \cdot 10^{-4} \cdot n_p - 1.507 \cdot 10^{-5} \cdot n_p \cdot q_n - 1.378 \cdot 10^{-6} \cdot q_n^2 \quad (3.4)$$

Графічне зображення цієї залежності на мал. 3.3-б показує, що із збільшенням подачі ґрунту на робочі органи і із зменшенням частоти коливань решітки відбувається падіння коефіцієнту.

Якщо при подачі $q = 230$ кг/с (при $U_v = 0,88$ м/с) і частоті $n_p = 9\text{с}^{-1}$ коефіцієнт $\eta'_n = 0,82$, то при збільшенні подачі до $q = 450$ кг/с (при $u = 1,71$ м/с) $\eta'_n = 0,71$.

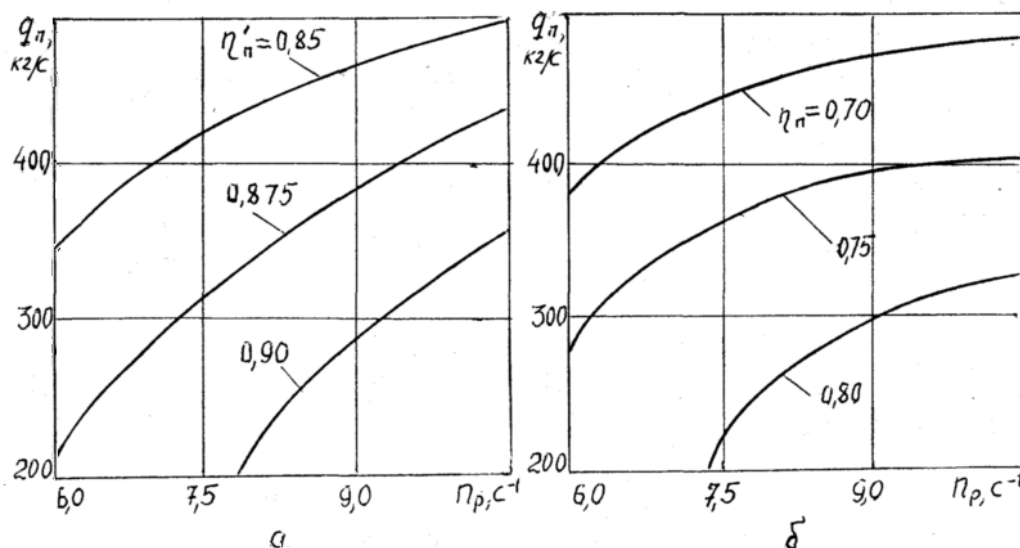


Рисунок 3.3 – Ізолінії двомірних перетинів при фіксованих значеннях повноти відділення ґрунту: а – середній суглинок; б - глина

Зміна частоти n_p в прийнятому діапазоні менш істотно впливає на повноту відділення ґрунту. Так зростання частоти з 7,5 до $10,5\text{с}^{-1}$ при $q=230$ кг/с приводить до збільшення значення коефіцієнту з 0,80 до 0,83, причому збільшення n з 9 до $10,5\text{с}^{-1}$ дає мінімальний приріст значення коефіцієнту від 0,82 до 0,83. Все це говорить про те, що вибір частоти коливань в діапазоні $n=7,5-9\text{с}^{-1}$ найбільш прийнятний, оскільки подальше зростання частоти означає не істотне поліпшення повноти відділення, але і приводить до збільшення енергетичних витрат і зменшення експлуатаційної надійності.

Аналіз функції виконувався шляхом побудови двомірних перетинів при фіксованих значеннях $\eta'_n=0,8; 0,75; 0,77$. Отримані ізолінії (рис 3.4-б) показує взаємозв'язок чинників n_p і q_n і те, що одне і те ж значення коефіцієнту можна отримати при різних поєднаннях цих чинників. Так $\eta'_n=0,75$ при зростанні подачі з 370 до 405 кг/с можна отримати за рахунок збільшення частоти коливань з 7,5 до $10,5\text{с}^{-1}$.

Розділ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ

Робота в галузі садівництва та ландшафтного дизайну передбачає фізичну працю та значну кількість часу, проведеного на відкритому повітрі в умовах стихії. Працівники цієї галузі щодня покладаються на безпечні методи роботи та ЗІЗ, щоб забезпечити свою безпеку та добробут. Роботи в садівництві та ландшафтному дизайні швидко розвиваються, тому ЗІЗ, які використовують працівники, мають бути практичними, міцними та легкими.

Обладнання, яке полегшує роботу на відкритому повітрі, є важливим для садівництва та ландшафтного дизайну, тому високоякісні рукавички мають вирішальне значення для працівників цієї галузі. На роботі, де щоденні завдання пов'язані з точними інструментами, прикладом незвичайної форми, важкими вантажами, обслуговуванням обладнання та використанням хімікатів, захист рук справді має значення. Виконувати роботу під час стихії важко через піт, небезпеку ультрафіолетового випромінювання, дощ і холод, тому легкі рукавички є важливими ЗІЗ для працівників садівництва та озеленення.

Захисні, легкі рукавички значно покращують міцність зчеплення та захищають шкіру від ультрафіолетових променів. Високоякісні рукавички також зберігають руки працівників чистими та зменшують ризик порізів завдяки міцному матеріалу, стійкому до розривів і проколів.

Вибираючи легкі рукавички з повним покриттям, зверніть увагу на такі характеристики:

Міцний матеріал – високоякісні рукавички мають закривати всю руку та забезпечувати гнучкість долоні, маючи певну амортизацію для тильної сторони долоні.

Еластична манжета – рукавички повинні залишатися на руках під час виконання будь-яких завдань і зручно розташовуватися на зап'ясті користувача.

Можна прати в машині – рукавички, які можна прати в машині, прослужать довше.

Гучне середовище може призвести до постійного пошкодження слуху у працівників садівництва та озеленення. Косарки, вантажівки, бензопили та інше обладнання використовуються протягом тривалого часу працівниками, які використовують ЗІЗ для захисту свого слуху. Однак під час роботи на відкритому повітрі в умовах стихії працівникам потрібен зручний захист органів слуху, на який не впливає піт чи дощ. Навушники є ідеальним

рішенням, оскільки вони повністю закривають кожне вухо та захищають їх від інших небезпек, таких як сміття, стружки та комахи.

Підтримка хорошого, зручного ущільнення навколо вуха є ключем до належного захисту від шуму. Працівникам садівництва та озеленення може знадобитися носити навушники поверх капелюхів із полями та разом із захисними окулярами, тому пріоритетом є комфортна посадка. Кожен працівник повинен мати власну пару навушників для дотримання відповідних гігієнічних стандартів.

Вибираючи навушники для садівництва та ландшафтного дизайну, зверніть увагу на ці важливі характеристики:

Клас захисту 5 – для середовищ із середнім і високим рівнем шуму.

Регульоване пов'язка на голову – пов'язки на голову повинні розташовуватися на голові та за шиєю та підлаштовуватися під розмір голови користувача.

Амортизація – амбушюри та пов'язки мають бути достатньо м'якими, щоб носити їх цілий день.

Усі працівники, які працюють на відкритому повітрі, повинні використовувати ЗІЗ, які забезпечують належний захист від сонця та запобігають опікам. Захист від сонця є частиною культури садівництва та озеленення. Працівникам рекомендується носити капелюхи з широкими полями, які закривають обличчя, вуха та шию від ультрафіолетового випромінювання. Однак найкращі головні убори для працівників садівництва та ландшафтного дизайну повинні мати дизайн, який працює разом з іншими засобами індивідуального захисту, такими як захисні окуляри та навушники.

Подразники шкіри є частиною роботи в галузі садівництва та ландшафтного дизайну. Хімічні речовини, хазашкідливі матеріали та подразники рослин, такі як пилок або сміття, є частиною всіх середовищ садівництва та озеленення. Від розплідників до садів, дернових полів, придорожньої рослинності, приватних ділянок, оранжерей, ботанічних садів і сільськогосподарських угідь. Робота з органічними матеріалами становить додаткову небезпеку для працівників через ризик інфікування порізів і ран. Зниження ризику подразнення шкіри та незначної інфекції рани можна досягти за допомогою крему-захисника, такого як Derma Guard.

Derma Guard утворює мікроскопічний щит на шкірі. Він антибактеріальний і захищає від подразників, таких як пил, фарба, скловолокно, бензин, чорнило, клеї, і полегшує прибирання в кінці робочого дня. Derma Guard забезпечує тимчасовий екстрений захист від багатьох кислот і лугів, а також зменшує потовиділення, якщо носити його в рукавичках.

Працівники садівництва та озеленення щодня користуються сонцезахисними та захисними окулярами під час роботи на відкритому повітрі. Окуляри є основними ЗІЗ, які захищають працівників від ультрафіолетових променів, рослинних залишків і подразників. Однак робота в галузі садівництва та ландшафтного дизайну є дуже фізичною, тому окуляри ризикують впасти, пошкодити або втратити. Втрата сонцезахисних і захисних окулярів – дорога проблема, яка створює незручності та небезпеку. Простим рішенням для захисту окулярів ЗІЗ є шнур для окулярів.

Шнури для окулярів можна прикріпити до будь-яких захисних окулярів. Шнур обертається навколо шиї та досить вільний, щоб запобігти подразненню чи роздратуванню. Шнури для окулярів запобігають падінню окулярів на землю, подряпинам, пошкодженню чи втраті.

РОЗДІЛ 5

ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ

Якісні показники роботи макетного зразка машини і серійного викопувального плуга ВПН-2 в плодородсаднику з глинистим ґрунтом, представлені в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1.

Якісні показники роботи макетного зразка машини ВСН-1 і серійного викопувального плуга ВПН-2 (глинистий ґрунт)

Показники	Значення показників	
	ВСН - 1	плуг ВПН-2
1.Рабочая швидкість, км/год	3, 7	2,7
2.Глибина підкопування, середня, м	0,365	0,359
-середньоквадратичне відхилення, м	0,014	0,013
-коефіцієнт варіації %	3,8	3,6
3.Ширина захвату, м	0,55	0,55
4.Повнота ВИКОПУВАННЯ, %	100	100
5.Механичне пошкодження: - надземна частина: поверхневі подряпини, поломка кінчиків бічних гілок, %	1,8	1,9
- коренева система : порізи, подряпини %	0,7	0,6
6.Коефіцієнт повноти відділення ґрунту	0,76	0,22
7.Сила витягання саджанців		
m – середнє значення, Н	55	161
б -середньоквадратичне відхилення, Н	8,3	8,5
V- коефіцієнт варіації, %	14,8	11,5

Аналіз якісних показників роботи макетного зразка показує, що машина забезпечує також як і ВПН-2, повне викопування саджанців без істотних механічних пошкоджень. 2,5% викопаних саджанців мають невеликі пошкодження надземної частини і кореневої системи - поверхневі подряпини, порізи, поломки кінчиків бічних гілок, які не впливають на сортність саджанців [11].

Порівняльна оцінка по тяговому опору макетного зразка машини і плуга виконана на середньому суглинку. Якісні дані викопування саджанців яблуні представлені у вигляді графіків на рис. 5.4 і 5.5.

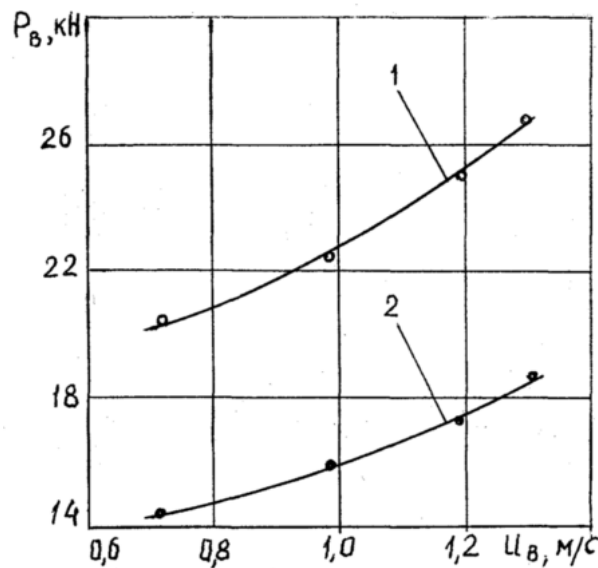


Рисунок 5.4 – Залежність тягового опору від швидкості руху машин: 1 плуг ВПН-2; 2 – макетний зразок машини

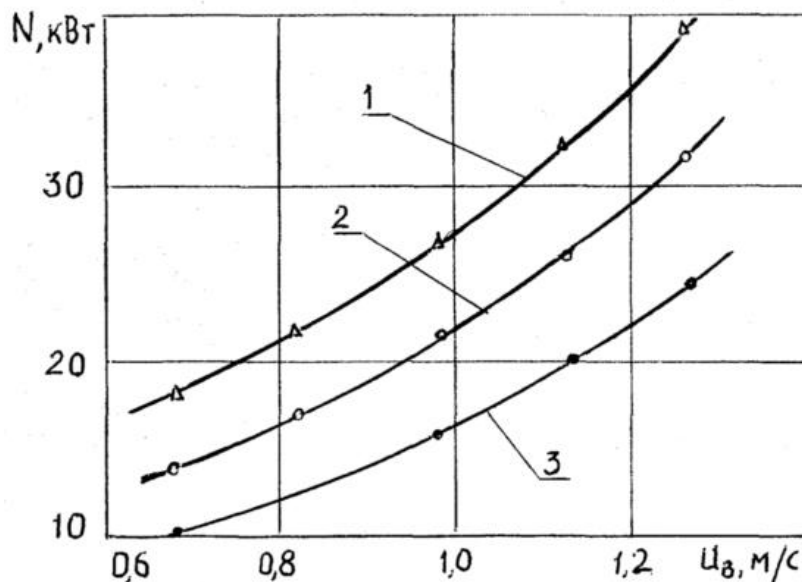


Рисунок 5.5 – Залежність споживаної потужності трактора на викопуванні саджанців від швидкості машини: 1 – макетний зразок машини; 2 - плуг ВПН-2; 3 – тягової потужності макетного зразка

Отримане середнє значення коефіцієнта повноти відділення ґрунту 0,76 і відповідне середнє зусилля вибірки саджанців 55 Н дозволяє знизити витрати праці на вибірку саджанців в 2,5...3,2 рази. Ці ж показники по плугу ВПН-2 склали 0,22 і середнє зусилля вибірки - 161 Н.

З підвищенням робочої швидкості з 0,7 до 1,3 м/с тяговий опір макетного зразка зростає з 14,3 до 18,8 кН, порівняно із зростанням від 20,3 до 26,9 кН - для ВПН-2. Отже раціональні параметри і схема дозволяють понизити приблизно на 30% тяговий опір робочих органів. Загальні енерговитрати на викопуванні саджанців макетним зразком машини на 18-

25% перевищують витрати енергії на роботу з ВПН-2 і змінюються при зростанні швидкості від 0,7 до 1,3 м/с в межах 18-38 кВт (рис. 5.5). Це пов'язано з більш інтенсивним процесом розпушення і сепарації ґрунту.

Порівняльні характеристики технологічного процесу викопування саджанців за даними експериментів з використанням макетного зразка машини і плуга серійного виробництва ВПН-2 представлені на рис 5.5. Менший (в 1,4 рази) тяговий опір у макетного зразка машини дозволяє працювати з більш високою робочою швидкістю - 3,7 км/год і отримати більш високу технологічну продуктивність - 0,16 га/год проти 0,12 га/год для ВПН-2. Питомі енерговитрати, віднесені до 1 м² ґрунтової скиби складають 158 кДж/м² для макетного зразка, тобто в 1,3 рази перевищують цей показник для порівнюваної машини.

Підсумковий показник всіх складових технологічного процесу – приведені витрати на 1000 штук саджанців у макетного зразка складають 20,1 грн., а для ВПН-2 - 29,5 грн. Використовування нової машини дозволяє отримати 9,4 грн. на кожну тисячу саджанців, завдяки кращим якісним показникам процесу. Застосування машини в розплідниках на важких глинистих ґрунтах при тому, що викопав саджанців, отриманих на насінних тиж, що підвіяли (робоча глибина 0,4 м), дозволяє виключити подвійну тягу тракторів класу 3 і отримати істотно більший ефект - 26 грн. на 1 тис. саджанців.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Основними відмінними особливостями прийнятої схеми викопувальної машини є:

- використання для підрізування ґрунтового пласта скоби напівкруглого перетину, що знижує тяговий опір;
- застосування комбінації скоби із розпушуючими пальцями і розпушувально-сепарувальної решітки, які утворюють робочу поверхню з поздовжнім профілем у вигляді угнуто-опуклої кривої для зменшення енергоємності розпушення ґрунту;
- наявність двоплечової опуклої, статично урівноваженої решітки, що коливається для інтенсифікації розпушення і збільшення повноти відділення ґрунту від коренів саджанців при її високій експлуатаційній надійності.

2. В результаті теоретичного аналізу встановлена доцільність застосування скоби з напівкруглим поперечним перетином, що має радіус рівний половині ширини захвату скоби. Зменшення тягового опору такого профілю порівняно з іншими обумовлено зменшенням деформації стиснення і опору тертя ґрунту при переміщенні його усередині скоби.

Мінімізація витрати енергії на розпушення ґрунтової скоби досягається за рахунок застосування деформації протилежних знаків на робочій поверхні, а також при зменшенні швидкості деформації стиснення на увігнутій ділянці цієї поверхні за рахунок вирівнювання тиску і рівномірного підведення енергії по всій його довжині. Зниження енергоємності досягається шляхом використання головним чином дотичних і розтягуючих ґрунт напруг, величина яких в 2,8...8,2 рази менше ніж при стисненні.

Виходячи із співвідношення меж міцності на розтягування і стиснення, радіус кривизни увігнутої і опуклої частин поздовжнього профілю повинен бути більше або дорівнювати шести десятим глибини викопування. Визначені вирази для знаходження довжини і висоти поздовжнього профілю

робочої поверхні, радіусу кривизни і кута сектора решітки, обґрунтовані кути нахилу до горизонту окремих ділянок профілю.

3. Застосування двоплечової опуклої решітки, що коливається, забезпечує активну деформацію ґрунту при підкиданні і поступальному переміщенні елементів скоби, а також часткову сепарацію ґрунту. Визначено співвідношення довжини переднього важеля і основи решітки, при якій забезпечується статичне урівноваження чотирьохланкового механізму, що включає решітку і привідний механізм. Це досягається при співпадині проекції центру мас ґрунтової скоби з віссю коливання решітки. Визначені умови ефективної роботи решітки, при яких забезпечується підкидання елементів ґрунтової скоби і його поступальне переміщення за рахунок

інерційних сил. Для цього рекомендована амплітуда коливання решітки, що дорівнює 0,025 м при частоті коливань в діапазоні від 450 до 560 хв⁻¹.

4. За даними експериментальних досліджень застосування підрізаючого робочого органу - лемеша з напівкруглим поперечним перетином і активної решітки в макетному зразку машини зменшує її тяговий опір в 1,4 рази порівняно з серійним плугом ВПН-2. При роботі на середньому суглинку цей опір при зміні швидкості руху від 0,65 до 1,3 м /с змінювався від 14,5 до 18,5 кН. В зв'язку з цим технологічний процес викопування саджанців розробленою машиною може бути забезпечений трактором класу 3.

Повні енерговитрати на викопування саджанців, розпушення і сепарацію ґрунту новою машиною в 1,2 - 1,3 рази більше порівняно з ВПН-2, що пов'язано з кращим розпушенням і відділенням ґрунту за рахунок роботи активної решітки.

5. Порівняння якісних показників роботи нового зразка машини з показниками роботи викопувального плуга ВПН-2 показало наступне. В результаті більш інтенсивного розпушення ґрунту розробленими робочими органами середнє значення коефіцієнту повноти відділення глинистого ґрунту при викопуванні саджанців дорівнює 0,76, що в 3,5 рази перевищує аналогічний показник для ВПН-2. Відповідно середнє зусилля вибірки саджанців в 2,9 рази менше після проходу макетного зразка машини і складає 55 Н. Це дозволяє підвищити продуктивність праці при роботі на вибірці саджанців в 2,5...3,2 рази.

6. Підсумковий показник всіх складових технологічного процесу - приведені витрати на 1000шт. саджанців у макетного зразка дорівнює 20,1 грн., для ВПН-2 - 29,5 грн., що означає отримання економічного ефекту, рівного 9,4 грн./тис. шт. Застосування нової машини при викопуванні саджанців, вирощених в плодородсаднику на важких глинистих ґрунтах при глибині викопування 0,40 м виключає подвійну тягу тракторів класу 3 і дозволяє отримати істотно більший ефект - 26 грн./тис. шт.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Фришев С.Г. Пристрій для викопування розсади суниць // Вісник сільськогосподарської науки, 1985, - N 10. - 0.80-84.
2. Демидко М.О., Бабенко А.Є., Бабій В.П., Фришев С.Г та ін. Довідник з механізації садівництва.- К.: Урожай, 1988= - 233 с.
3. Egedal 3 point hitch side-diggers. Timm Enterprises LTD.// Krioan Nurseryman. - 1994, October 1, P. 62.
4. The nursery equipment //American Nurseryman. - 1992, September 1, P.27-28.
5. Сафонов О., Механізація вирощування плодових саджанців //Техніка АПК - 1997. - N 2 - С.26-27.
6. Фришев С.Г. Засоби механізації в плодovому розсаднику.// Ме-анізація сільського господарства. - 1983. - N 7. - 0.25-27,
7. Фришев С.Г., Мережко І.М. Машина для плодорозсадників /Механізація сільського господарства. - 1982.- N 1. - С.29-30.
8. ,76, Фришев С.Г., Мережко І.М. Для механізації робіт у плодovозсадниках // Механізація сільського господарства. - 1984. - N 9. -. 35-36.
9. Андрієнко М.В., Фришев С.Г. Вирощування однорічних саджанців Земля і люди України. - 1992. - N 9-10. - С.15-17.
10. 105, Фришев С.Г. Обґрунтування параметрів системи автоматичного водіння робочих секцій культиватора в плодovому розсаднику /7 Механізація та електрифікація сільського господарства. Міжвідомчий тематичний науковий збірник. - К.: Аграрна наука, - 1997, - Вил. 82. - С.57-53.
11. Lucius J. Bestimmung des einflubes der vevformungsge sohwinglgkeit ans die bruchspannung: in boden // Deutsche Agrartechnik. 1971. - N 11. - S,526-528.
12. Хоменко І.І. (за ред.) Сучасні проблеми садівництва, - Мліїв, 1999. – 194 с.
13. Бублик М.О. Технологічні та методологічні основи підвищення продуктивності сучасного садівництва (Автореферат), – К.: ДОД ІАЕ УААН, 2003. – 36 с.
14. Фришев С.Г. Обґрунтування і розробка технологічного комплексу машин для вирощування садивного матеріалу плодових культур. Дис. д-ра техн. наук: 05.20.01./ Національний аграрний ун-т. – К., 1999. – 287 с.
15. United States Patent № 6,056,067 May 2, 2000 Apparatus for clearing debris. A 01 B 13/04.
16. Демидко М.О. та ін. За ред. М.О. Демидка – 2-е видання, перероб. і доп. – К.: Урожай, 1992. – 261 с.

17. Садівництво / О.Б. Расторгуєв, В.І. Сенін, Н.М. Клочко, О.Г. Караєв, Т.А. Маркіна // Наукові основи агропромислового виробництва в зоні Степу України. – К.: Аграрна наука, 2004. – С. 466–478.
18. Данильченко М.Г. Сільськогосподарські машини, - Тернопіль: „Економічна думка”, 2001. – 272 с.
19. Deutsches patentamp DT 2413425.6-23 A1 Vorrichtung zur Auflockerung der Bodenoberfläche an Abhängen der aufgeschütteten Beete. A 01 B 13/04, A 01 B 49/00, A 01 B 29/04. 2.10.1975, Luyken, R., Dipl.-Phys., Pat.-Anw., 8000 Munchen.
20. Nederland, Terinzagelegging № 8901860 Grondfreens en machine voor mechanisehe onkruidbestrijding. A 01 B 33/02, A 01 B 13/04, A 01 B 39/16 A 01 B 39/08. 18 februari 1991, Baveck Machines, broekheuvelsestraat 2 te 5321 JC Hedel.
21. Мельник І.І., Бабій В.П., Марченко В.В., Голуб Б.Л., Шатров Р.В, Надточій О.В., Кавецька В.Г., Якимів Р.Я. Методичні вказівки до виконання лабораторно-практичних завдань з курсу “Аналіз технологічних систем та обґрунтування рішень”, – К.: Видавничий центр НАУ, 2000. – 69 с.
22. Войтік А.В., Привалов І.С., Фришев С.Г. Порівняльна оцінка технологій розкриття та відокремлення відсадків клонів підщеп // Науковий вісник Національного аграрного університету. – 2005, № 80. – С. 62–66.
23. Гуков Я.С. Обробіток ґрунту. Механіко-технологічне обґрунтування енергозберігаючих засобів для механізації обробітку ґрунту в умовах України. – К.: Норма-Пріма, 1999. – 275 с.
24. Булгаков В.М. Теорія бурякозбиральних машин. Монографія. – К.: Видавничий центр НАУ, 2005. – 245 с.
25. Сафонов О.Ф. Механізація вирощування плодів саджанців // Техніка АПК. № 7, – 1997. – С. 26–27.
26. Привалов І.С., Фришев С.Г., Майбенко М.І., Ведмідь Д.М., Войтік А.В., Розробити виготовити і провести випробування машини для відкриття кореневої системи вегетативних підщеп в маточнику / Звіт про НДР та ДКР. Інститут садівництва УААН. 2005. – 17 с.
27. Шевченко І.А. Обґрунтування технологій та технічних засобів для обробітку ґрунтів на базі їх агрофізичних показників. Автореф. дис. д-ра техн. наук: 05.05.11. – К., 2002. – 36 с.
28. Заїка Л.М. Теорія сільськогосподарських машин. Т. 2. Частина 1. Машини для заготівлі кормів. – Х.: Око, 2003. – 360 с.