

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Інженерії машин, споруд та технологій
(повна назва факультету)

Технічної механіки та сільськогосподарських машин
(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

магістр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Обґрунтування параметрів пристрою для
викопування коренеплодів овочевих культур

Виконав(ла): студент(ка) 6 курсу, групи МСЗм-61
спеціальності _____

133 Галузеве машинобудування

(шифр і назва спеціальності)

(підпис)

Стельмашук В.В.
(прізвище та ініціали)

Керівник

(підпис)

Хомик Н.І.
(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

(підпис)

Довбуш А.Д.
(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

(підпис)

Гевко Р.Б.
(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Тернопіль
2020

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет Інженерії машин, споруд та технологій
(повна назва факультету)

Кафедра Технічної механіки та сільськогосподарських машин
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Гевко Р.Б.
(підпис) (прізвище та ініціали)
« » 20__ р.

**З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

на здобуття освітнього ступеня магістр
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 133 Галузеве машинобудування
(шифр і назва спеціальності)

студенту Стельмашуку Володимиру Володимировичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Обґрунтування параметрів пристрою для
викопування коренеплодів овочевих культур

Керівник роботи Хомик Надія Ігорівна, к.т.н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від « 01 » вересня 2020 року № 4/7-614

2. Термін подання студентом завершеної роботи 24 грудня 2020 року

3. Вихідні дані до роботи ширина міжрядь посівів моркви, столових буряків –
45 мм; кількість рядків, що збирається – 2; радіус викопуючих дисків 250...350 мм;
робоча швидкість до 3 км/год; глибина підкопування 22 см;
втрати коренеплодів овочевих культур 15 %: агрегаткування з тракторами класу 1,4.

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

Реферат. Вступ. 1. Аналіз особливостей об'єкту проектування. 2. Обґрунтування
основних параметрів об'єкту розробки. 3. Дослідження параметрів об'єкту розробки.

4. Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях. Загальні висновки

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)

1. Класифікація викопуючих робочих органів машин для збирання коренеплодів (1А1).

2. Схеми викопуючих робочих органів машин для збирання коренеплодів овочевих

культур (1А1). 3. Схема удосконаленої машини для збирання коренеплодів овочевих

культур (1А1). 4. Теоретичні дослідження викопуючого пристрою (1А1).

5. Результати теоретичних досліджень параметрів викопуючого пристрою (1А1).

6. Експериментальні дослідження викопуючого пристрою коренезбиральної машини (1А1).

7. Методики визначення досліджуваних параметрів викопуючого пристрою

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці та	Окіпний І.Б., доцент		
безпека у надзвичайних ситуаціях	Клепчик В.М., ст.викл.		

7. Дата видачі завдання

01 вересня 2020 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз особливостей об'єкту проектування	до 20.11.20	
2	Обґрунтування основних параметрів об'єкту розробки	до 01.12.20	
3	Дослідження параметрів об'єкту розробки	до 05.12.20	
4	Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях	до 08.12.20	
9	Реферат. Вступ. Висновки.	до 10.02.20	
10	Графічна частина. Специфікації	до 12.12.20	

Студент

_____ (підпис)

Стельмашук В.В..

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Хомик Н.І.

_____ (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Автор роботи – Стельмащук Володимир Володимирович

Тема роботи – «Обґрунтування параметрів пристрою для викопування коренеплодів овочевих культур».

Робота виконана на кафедрі технічної механіки та сільськогосподарських машин Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя.

Керівник роботи – Хомик Надія Ігорівна, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри технічної механіки та сільськогосподарських машин.

Структура роботи. Робота складається зі вступу, 4 розділів, висновків, переліку посилань (37 найменувань), 1 додаток. Загальний обсяг текстової частини – 60 сторінок, на яких є 17 рисунків, 4 таблиці. Додаток розміщений на 4 сторінках. Графічна частина складається з 7 аркушів формату А1.

Актуальність теми роботи

Аналіз більшості конструкцій збиральних машин викопуючого типу для овочевих культур показав, що вони не задовольняють вимоги, що ставляться до них. Допускають великі втрати і травмування коренеплодів, недостатньо повне відділення коренів від ґрунту і рослинних домішок, мають низьку продуктивність. Дипломна робота є актуальною, оскільки направлена на створення робочого органу для викопування коренеплодів овочевих культур, а саме, моркви, що забезпечує підвищення продуктивності при одночасному зниженні енергоємності процесу збирання.

Мета роботи

Дослідження параметрів удосконаленого пристрою для викопування коренеплодів овочевих культур, який забезпечує підвищення продуктивності при одночасному зниженні енергоємності процесу збирання.

Завдання дипломної роботи магістра:

- проаналізувати існуючі технології збирання коренеплодів овочевих культур та вимоги до їх робочих органів;
- виконати огляд конструкцій машин для збирання коренеплодів овочевих культур;
- обґрунтувати будову пристрою для викопування коренеплодів овочевих культур;
- визначити енергетичні показники роботи пристрою для підйому ґрунту машини для збирання коренеплодів овочевих культур;
- обґрунтувати геометричну форму робочої поверхні лемеша машини для збирання коренеплодів овочевих культур;
- експериментально визначити: фізико-механічні властивості ґрунту, енергетичні показники удосконаленого викопуючого пристрою та відстань між активними дисками викопуючого пристрою;
- розробити вимоги безпеки під час роботи, підготовки машини до роботи та порядок експлуатації машини для збирання коренеплодів овочевих культур;
- відзначити порядок захисту населення від впливу іонізуючих випромінювань.

Об'єкт, методи та джерела дослідження

Об'єкт дослідження. Конструктивні елементи пристрою для викопування коренеплодів овочевих культур.

Предмет дослідження. Технологічні, силові та енергетичні розрахунки удосконаленої конструкції пристрою для викопування коренеплодів овочевих культур.

Методи дослідження. Теоретико-емпіричний, теорії міцності, графічний, порівняльний, математичного моделювання.

Наукова новизна отриманих результатів.

Доведено можливість використання удосконаленого пристрою для викопування коренеплодів овочевих культур. Обґрунтовано технологічний процес роботи пристрою, визначені енергетичні показники та запропоновано форму робочої поверхні лемеша для підкопування столових коренеплодів.

Практичне значення отриманих результатів.

Використання удосконаленого пристрою для викопування коренеплодів овочевих культур забезпечує підвищення продуктивності при одночасному зниженні енергоємності процесу збирання.

Апробація. Окремі результати роботи доповідались на ІХ Міжнародній науково-технічній конференції молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій» (Тернопіль, ТНТУ, 25-26 листопада 2020 року).

Ключові слова: столові коренеплоди, викопуючий пристрій, леміш, активні диски, пласт ґрунту, поздовжній транспортер, сепарація і пошкодження коренеплодів.

ЗМІСТ

	Стр.
ВСТУП	8
1. АНАЛІЗ ОСОБЛИВОСТЕЙ ОБ'ЄКТУ ПРОЕКТУВАННЯ.....	9
1.1. Аналіз існуючих технологій збирання коренеплодів овочевих культур та вимоги до їх робочих органів	9
1.2. Огляд конструкцій машин для збирання коренеплодів овочевих культур.....	12
1.3. Обґрунтування теми дипломної роботи магістра	21
2. ОБҐРУНТУВАННЯ ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ ОБ'ЄКТУ РОЗРОБКИ	22
2.1. Обґрунтування будови пристрою для викопування коренеплідних овочевих культур	22
2.2. Енергетичні показники роботи пристрою для підйому ґрунту машини для збирання коренеплодів овочевих культур.....	23
2.3. Обґрунтування геометричної форми робочої поверхні лемеша машини для збирання коренеплодів овочевих культур	31
3. ДОСЛІДЖЕННЯ ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ ОБ'ЄКТУ РОЗРОБКИ.....	40
3.1. Програма експериментальних досліджень	40
3.2. Опис експериментальних установок	40
3.3. Прилади і обладнання	41
3.4. Методика експериментальних досліджень	42
3.4.1. Визначення фізико-механічних властивостей ґрунту	43
3.4.2. Визначення енергетичних показників експериментального викопуючого пристрою	44

3.4.3.	Визначення відстані між активними дисками викопуючого пристрою	47
3.4.4.	Проведення порівняльних польових випробувань робочих органів для викопування коренеплодів овочевих культур.....	49
4.	ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	50
4.1.	Вимоги безпеки під час роботи машини для збирання коренеплодів овочевих культур	50
4.2.	Вимоги безпеки під час підготовки машини для викопування коренеплодів овочевих культур до роботи і порядок її експлуатації	51
4.3.	Захист населення від впливу іонізуючих випромінювань	52
	ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	57
	ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	59
	ДОДАТКИ.....	62

ВСТУП

Забезпечення населення продуктами харчування багато в чому залежить від виробництва коренеплодів, які використовують безпосередньо для приготування їжі, а також застосовують в раціонах кормів тваринам і птахам. Морква, столові буряки, цибуля та інші овочеві коренеплоди є незамінними культурами, які містять необхідні вітаміни для нормального функціонування організму людини.

Вирощування овочевих культур є складною і трудомісткою галуззю сільськогосподарського виробництва. Витрати праці на обробіток коренеплодів десятки разів вище, ніж затрати праці на зернові та у 6...7 разів вище, порівняно до обробітку коренеплідних.

Серед столових коренеплодів найціннішою є морква. Ця культура має велику кількість різних вітамінів та поживних елементів.

На даний час у світовій практиці застосовують в основному дві технології механізованого збирання моркви – машинами викопуючого і терebильного типів.

Під час збирання моркви машинами викопуючого типу, бадилля попередньо зрізають, а потім викопують коренеплоди.

Під час збирання терebильними машинами коренеплоди витягують з ґрунту за бадилля, яке потім відділяють у машині і вивантажують у транспортні засоби.

Вдосконалення засобів механізації для збирання коренеплодів овочевих культур є актуальною.

1. АНАЛІЗ ОСОБЛИВОСТЕЙ ОБ'ЄКТУ ПРОЕКТУВАННЯ

1.1. Аналіз існуючих технологій збирання коренеплодів овочевих культур та вимоги до їх робочих органів

На невеликих площах посівів овочевих коренеплодів (2...3 га) для їх збирання використовують бурякопідйомники, підкопуючі вилки та інші знаряддя, попередньо обрізавши бадилля роторними косарками. Викопані коренеплоди збирають, завантажують у тару, або на кузовах. Перед закладанням на зберігання їх перебирають і сортують.

У світовій практиці застосовують дві технології механізованого збирання столових коренеплодів. Їх реалізують комбайнами з робочими органами викопуючими або терибильними.

Під час збирання моркви викопуючими машинами спершу зрізають бадилля на коренеплодах у рядках, згодом викопують коренеплоди.

Сівбу овочевих коренеплодів (столові буряки, морква, ріпа та ін.) виконують з різною шириною міжрядь. У нас та у прибалтійських країнах найчастіше моркву висівають так, що міжряддя 60 або 70 см. Збирають урожай з таких посівів вітчизняними начіпними картоплекопачами типу КТН-2Б або комбайнами для збирання картоплі типу ККУ-2 «Дружба», Е-675, Е-668/7 (виробництва Німеччини) та ін. Технологічний процес цих машин реалізується як викопування, тому попередньо з посівів видаляють бадилля. Для цього застосовують роторні косарки, які подрібнюють зрізану масу. Також картоплезбиральні машини комплектують пристосуванням для збирання цибулі та інших культур.

Щодо машин, які працюють за принципом терибіння, то вони витягують коренеплоди з ґрунту за бадилля, відділення його відбувається у машині. Такі агрегати складніші конструктивно, енергозатратніші, показники їх роботи нижчі ніж викопувальних машин, тому і застосування їх обмежене [3-6, 8-9, 11-13, 15, 18, 20-21, 23-24, 26, 29-30].

Важливою вимогою до машин для збирання овочевих коренеплодів є їх налаштування на схему посіву. Це враховують під час конструювання машин та під час встановлення викопуючих робочих органів.

На врожайність овочевих коренеплодів схема посіву суттєво не впливає. Тому її вибирають орієнтуючись на ймовірний спосіб збирання, наявну у господарствах техніку, її характеристики [18, 24].

Посіви овочевих коренеплодів можуть бути як однорядковими, так і багаторядними, смуговими [3, 8, 15, 25, 27].

Схема посіву смугами 6 см або 8 смх45 см є оптимальною, так як створює добре розміщення рослин на вибраній для посіву площі, як наслідок висока густина стояння культурних рослин, орієнтовно 150 штук на метр квадратний і відповідно, висока кондиційність коренеплодів. Розміри коренеплодів у таких посівах, особливо моркви, більш-менш вирівняні, діаметр 20...40 мм. Також забезпечується захист головок моркви від позеленіння. Ширина міжрядь у 45 см створює добрі умови для догляду за посівами та застосовувати на збиранні різноманітну техніку [31].

Однорядкові посіви збирають машинами теребильного типу.

Коренеплоди з багаторядкових посівів збирають підйомниками, підкопуючими вилами, картоплекопачами, картоплезбиральними комбайнами.

Для збиральних машин, особливо для їх виконавчих механізмів, а саме, копачів та транспортерів-сепараторів, які найбільше контактують із коренеплодами, найважливішими є вимоги – якісне виконання операцій призначення та запобігання або якнайменше пошкодження коренеплодів.

Щодо збирання коренеплодів моркви, то їх особливості, зокрема чутливість до ударних навантажень, впливає на те, що викопувати їх можна лише спершу порушивши структуру кореневмісного ґрунтового шару. Лемеші, які підрізають ґрунт з коренеплодами, повинні заглиблюватися у ґрунт дещо менше, ніж є глибина залягання коренеплодів, щоб уникнути їх травмування.

Під час збирання теребильними машинами потрібно враховувати міцність робочих органів, щоб забезпечити витягування коренеплодів. При

сталій структурі ґрунту, залежно від механічного складу та вологості, зусилля зв'язку коренеплодів з ним – 106...210 Н. Обривання гички (бадилля) від тіла коренеплоду відбувається при зусиллі 88...110 Н [13, 16, 17, 30].

Транспортуючо-сепаруючі поверхні повинні забезпечити транспортування коренеплодів так, щоб відділити частинки ґрунту і запобігти травмуванню коренеплодів. Тут потрібно враховувати ймовірність пошкодження залежно від висоти падіння коренеплодів та матеріалу поверхні, на яку вони падають: на сталь – до 10 см, на гуму – до 25 см, на дерево і шар моркви – до 24 см [1, 21, 29].

Збиральні машини для столових коренеплодів повинні виконувати такі дії: підкопування коренеплодів на необхідну глибину (залягання); повноту витягування з ґрунту (<95 %); видалення гички (бадилля); очищення вороху. Пошкодження >5 %, продуктивність 0,08...0,15 га/год, агрегування з тракторами класу 1,4. Зібрані коренеплоди овочевих культур мають бути кондиційними, тобто відповідати вимогам ГОСТ незалежно від їх подальшого використання [4, 13, 26, 27, 30, 34, 35, 37].

1.2. Огляд конструкцій машин для збирання коренеплодів овочевих культур

Машини для збирання коренеплодів сільськогосподарських культур поділяють на машини викопуючого і брального типів.

Рівень механізації збирання цукрових буряків та кореневих коренеплодів досить високий. Є значне розмаїття викопуючих машин – від одно- і до шестирядних агрегатів з різними типами викопуючо-транспортуючих систем. Щодо збирання овочевих культур, зокрема столових коренеплодів, то тут є своя специфіка.

Перші машин для збирання столових коренеплодів були тільки брального типу, згодом були розроблені машини терebильного типу, пізніше викопуючі [4, 13, 18, 28, 30].

Агротехніка вирощування овочевих культур (терміни сівби, сорти, та ін.) складніша порівняно із іншими культурними рослинами. Це, а також ґрунтово-кліматичні умови, впливають на вибір збиральних машин.

Викопуючі машини продуктивніші, при їх використанні збирання столових коренеплодів можна виконувати двофазним (роздільним) або однофазним способом.

У нашій країні переважно практикують двофазний спосіб, особливо для моркви: спершу видалення гички (бадилля) на коренях, згодом – викопування і очищення.

Для викопування овочевих коренеплодів використовують видозміненні картоплезбиральні комбайни, а також бурякозбиральні. Під час збирання ці машини вивантажують зібрані коренеплоди у транспортні засоби, які рухаються поруч із збиральними агрегатами.

Основні недоліки таких агрегатів: втрати коренеплодів деколи до 20 %, пошкодження від 20 до 40 %, забрудненість вороху домішками від 20 до 30 %. Через це такі машини застосовувати недоцільно [4, 18].

Для збирання моркви застосовували спеціально розроблені машини: викопуюча типу УМП-2; удосконалена на базі цибулезбиральної типу ЛКГ-1,4; копач типу МКГ-1,4. Усі вони не видавали якісної зібраної продукції через велику кількість домішок.

У країнах Європи, зокрема у Німеччині застосовують переважно викопуючі машини. Цьому сприяють властивості ґрунту у період збирання: щільність, питомий опір та ін [18].

Збирають моркву у дві фази. На першій бадилля видаляють машиною КТЕ-1700 (рисунок 1.1). Ріжучий механізм її роторний, агрегатують з тракторами типу МТЗ-80. Викопують комбайном Е-682. На легких ґрунтах така машина працює добре, пошкодження коренеплодів до 2 %, продуктивність більше 0,5 га/год.

Найсуттєвіший недолік при роздільному збиранні – травмування головок коренеплодів під час видалення бадилля [18, 37].

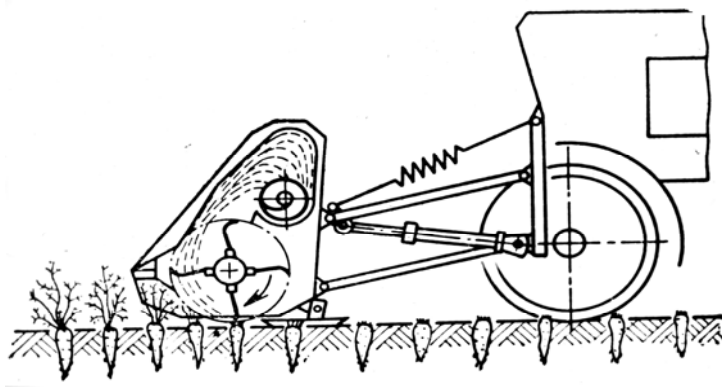


Рисунок 1.1 –
Машина для
збирання бадилля
моркви
КТЕ-1700

Ряд конструкцій збиральних машин не були впроваджені у виробництво через недоліки.

Можна порівняти конструкції двох машин для збору моркви: ЕМ-11 (рисунок 1.2) і ММТ-1 (рисунок 1.3). Вони однорядні, напівначіпні, приєднують до тракторів класу 1,4, збирають однорядкові посіви з міжряддями 45 см.

Робочий процес відбувається так. Леміш розруйнує ґрунт навколо рядка, бральні апарати витягують за бадилля коренеплоди з ґрунту, подають їх на віддях гички, потім транспортуючо-сепаруючим пристроєм вкладають на транспортний засіб, що переміщається поряд зі збиральним, бадилля потрапляє на зібрану частину поля [30].

Щодо якості виконання технологічного процесу комбайном ЕМ-11, то вони прийнятні щодо повноти збору, чистоти вороху та пошкоджуваності коренеплодів, однак продуктивність машини мала – 0,09...0,1 га/год [9, 18, 37].

Бралка типу ММТ-1 агротехнічно краща за ЕМ-11, однак гірша за якістю зібраних коренів.

Бральні машини для збирання овочевих коренеплодів виготовляють у більшості європейських країн та США. Такі агрегати, працюючи на різних за механічним складом та вологістю ґрунтах, дають повноту збору урожаю від 70 до 98 %, пошкоджуваність в межах 3...20 %, наявність сторонніх домішок може перевищувати 20 %. Однак, вони не можуть працювати на важких

грунтах, зростають втрати коренеплодів – більше 20 %; значно, понад 50%, засмічується ворох ґрунтом [4, 9, 13, 18, 21, 30].

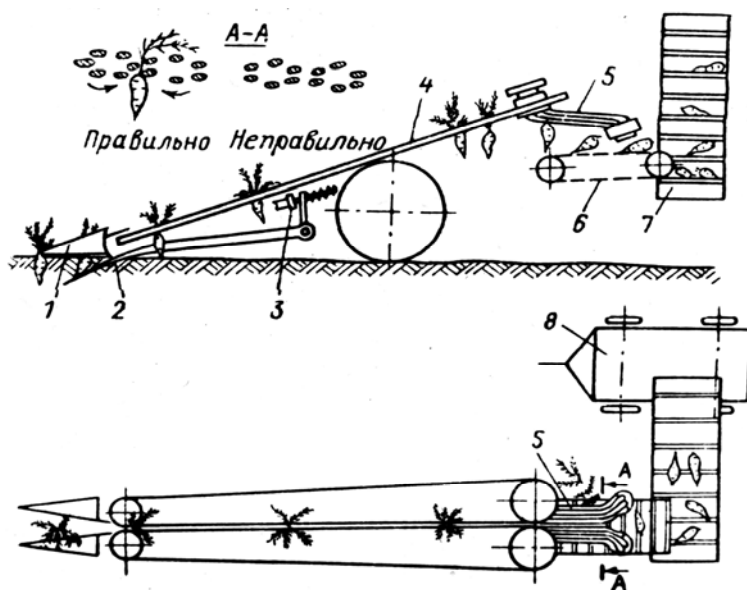


Рисунок 1.2 –
Схема
збирального
агрегату ЕМ-11
для овочевих
коренеплодів

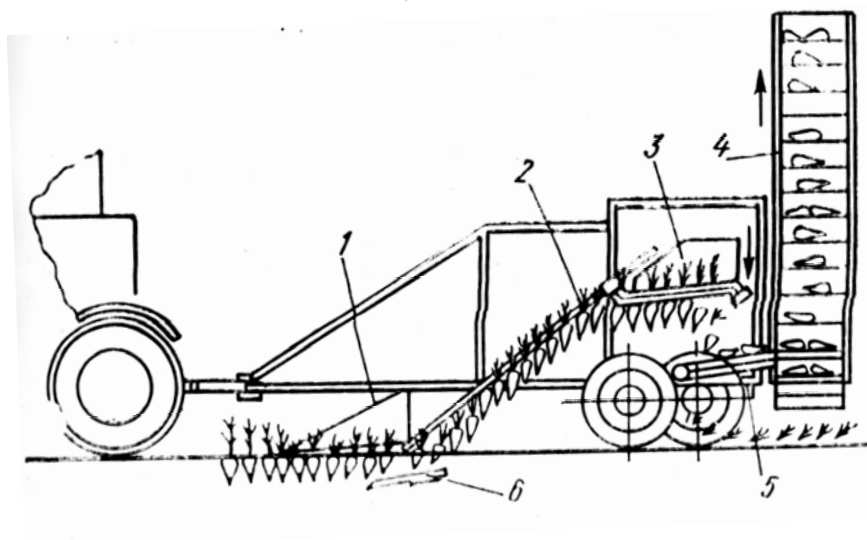


Рисунок 1.3 –
Схема роботи
машини для
збирання
коренеплодів
моркви

Машини викопуючого типу і картоплекопачі для збирання моркви з попереднім обрізанням бадилля, найчастіше застосовують у Польщі, де найбільш поширені легкі супіщані ґрунти. Такі ж машини використовують і у Німеччині, Голландії. Вони можуть бути як начіпними, так і самохідними дворядними комбайнами картопле- або овочезбиральними. Виробники: «Кромар DSV1», «Дакс», «Голіаф», Пікколо SSK, Веймар, Кракай та ін.

Показники якості виконання технологічного процесу такими машинами: пошкодження коренеплодів під час викопування до 30 %; пошкодження під

час транспортування, сепарації та вивантаження – до 10 %. Деякі з машин, комбайни, можуть мати бункер для накопичення коренеплодів, також можуть бути обладнані водоочисниками та механізмами для калібрування і упакування у ящики [4, 9, 18, 21, 37].

На даний час триває розробка машини, яка може одночасно збирати три рядки моркви. Також доцільно конструювати такі машини так, щоб їх можна було застосовувати і для збирання інших коренеплодів, а це збільшує термін їх експлуатації та універсальність.

Є розроблені агрегати для збирання овочевих культур, які мають автономні двигуни. Ці машини дво- або трирядні – бральні. Розробляють та удосконалюють також викопуючі комбайни, які б поєднували зрізання гички та викопування столових коренів. Багаторядні машини для збирання овочевих культур потребують вирівняної поверхні ґрунту і стабільної ширини міжрядь [4, 11, 13, 18, 29, 30]. Механізми бралок витягують коренеплоди з ґрунту завдяки захопленню бадилля коренеплодів, витягання коренеплодів з ґрунту за бадилля і відрізання його уже в машині .

Класифікація теребильних механізмів для викопування коренеплодів овочевих культур, у тому числі моркви, наведена на рисунку 1.4.

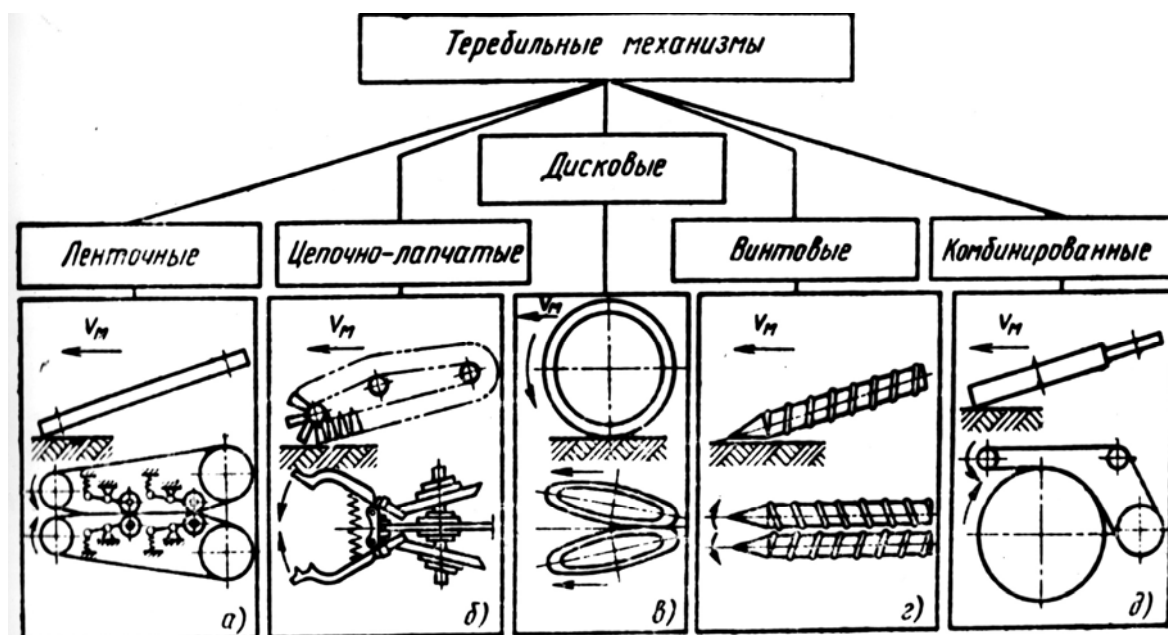


Рисунок 1.4 – Класифікація теребильних механізмів

Недоліки бральних механізмів: не всі коренеплоди можна витягнути за бадилля, багато залишається не витягнутими; травмування їх механізмами бралок; бралки захоплюють та витягують також бур'яни, які потрапляють у ворох, через що збільшується засміченість коренів на виході і забиваються сепаруючі механізми. Бралки доцільно застосовувати на вирівняних полях, чистих від бур'янів з легкими ґрунтами. Для якісної роботи таких механізмів необхідним є добре відокремлення ґрунту від коренів, а для цього потрібно порушити структуру ґрунту у місці росту коренеплодів. Тобто доцільним є застосування підкопуючого лемеша у поєднанні із бральним механізмом.

Через складність конструкції та недосконалість викопування теробильними механізмами їх практично не застосовують у нових машинах.

Для збирання коренеплодів овочевих культур у більшості господарств, які вирощують їх на території України застосовують машини викопуючого типу. Їх поділяють на підрізаючі і вичавні [18].

Вичавні копачі (рисунок 1.5) поділять на: лемешні, вильчасті та дискові.

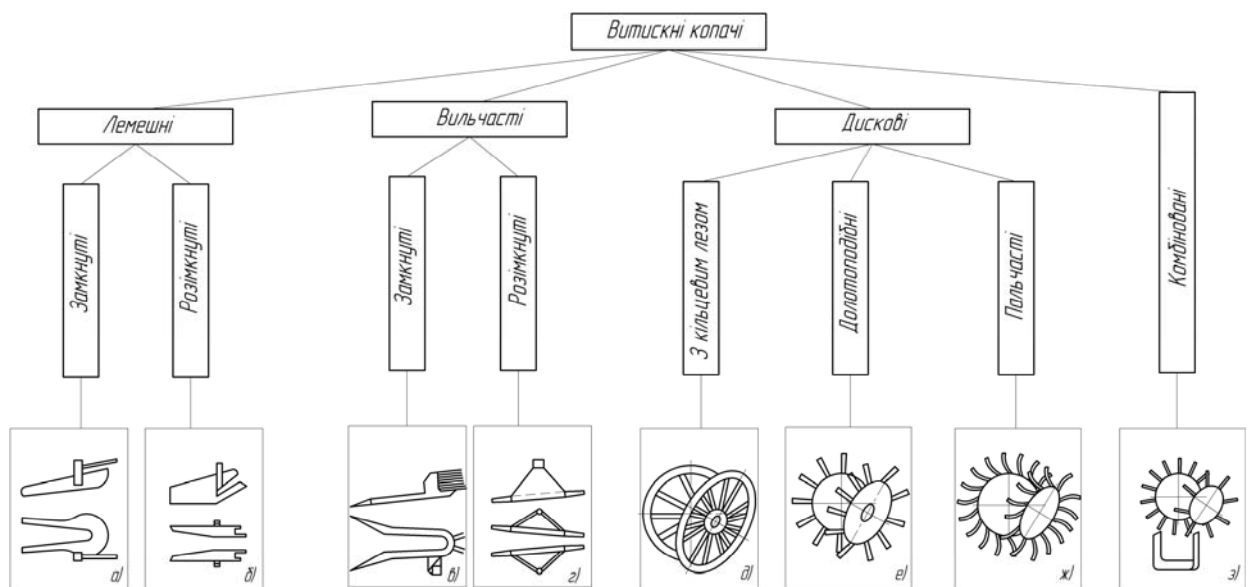


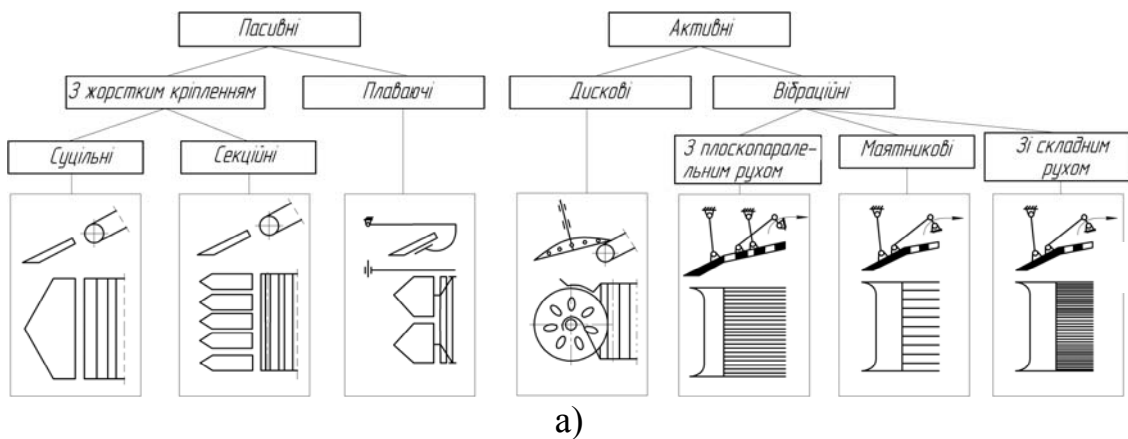
Рисунок 1.5 – Класифікація вичавних копачів

Основний недолік таких механізмів – енергоємність через те, що їх обладнують активним приводом.

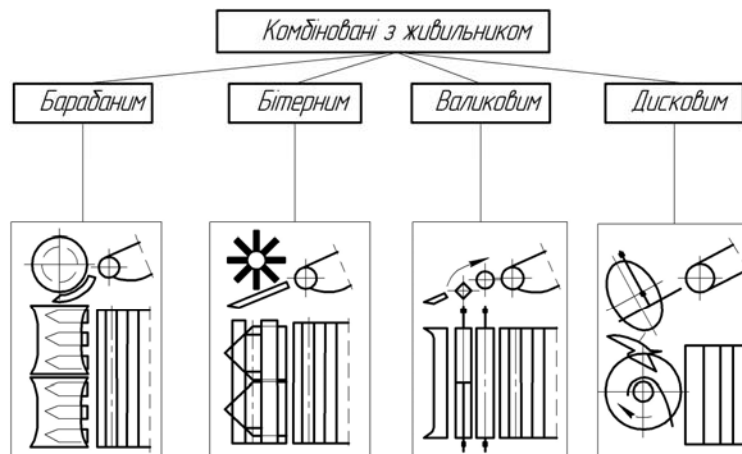
Викопуючі механізми сприймають питомий шару ґрунту із коренеплодами і тому зазнають великих деформаційних навантажень.

Принцип роботи вичавних копачів схожий на те, як діє клин на ґрунту. Тобто він ущільнює і частково стикає його і коренеплоди у ньому. Перевага їх у тому, що вони менше засмічують ворох рослинними залишками бур'янів. Однак у воросі є ґрунтові домішки, які погіршують сепарування та очищення коренів при русі транспортерами. Основні недоліки – травмування коренеплодів, забивання рослинними рештками на вологих ґрунтах і, як наслідок, зниження продуктивності та якості зібраної продукції. В умовах пересушеного ґрунту зростають енерговитрати на привод копачів. Тобто, такі механізми добре працюють в умовах легких ґрунтів середньої вологості на полях з рівним рельєфом [4, 13, 18, 24, 37].

Якщо викопувачі механізми збиральних машин для овочевих культур виконані як підрізаючі (рисунок 1.6 а, б), то вони універсальніші, їх можна регулювати на врахування стану ґрунту (механічного складу, вологості, засміченості бур'янами).



а)



б)

а) пасивні та активні; б) комбіновані

Рисунок 1.6 – Класифікація викопувачих підрізаючих робочих органів

Розробляючи нові моделі машин для збирання коренеплодів, особливо для роздільного, тобто двофазного, використовують як робочі органи – викопувачі пристрої.

Здебільшого використовують бурякопідйомники, які регулюють на величину заглиблення і ширину міжрядь [5, 6].

Для збирання овочевих культур, зокрема коренеплідних, можна використовувати переобладнанні дво- і трирядні бурякозбиральні комбайни, а також різні за конструктивним оформленням бурякопідйомники типу СНС-2М (рисунок 1.7), СНШ-3 (рисунок 1.8), СНУ-3Р (рисунок 1.9) та інші. Агрегатують такі знаряддя з тракторами класу 1,4 (типу МТЗ, ЮМЗ); застосовують переважно на невеликих за обсягами площах посіву моркви чи інших овочевих коренеплодів. Їх основний недолік – велика кількість пошкоджень коренеплодів [37].

Для збирання моркви застосовують картоплезбиральний комбайн ККУ-2 «Дружба» із спеціально розробленим пристосуванням (рисунок 1.10) – викопувачем робочим органом [31]. Бадилля моркви забирають попередньо косаркою подрібнювачем КИР-1,5. Щоб зібрати коренеплоди моркви таким агрегатом необхідно конструктивно змінити викопувачий елемент. Для цього використовують невеликі лемеші, які мають тригранний перетин, їх встановлюють на базовий леміш і з'єднують пластиною. Додаткові лемеші – змінні, вони мають різну довжину вилок і завдяки цьому піднімають коренеплоди моркви виділені з ґрунту основним лемешем. Подають їх на решета грохота для очищення від ґрунту. Грохот обладнують решетами із зазорами 21 мм та 24 мм між прутками, тобто меншими ніж при викопуванні картоплі. Такий механізм використовують на посівах з шириною міжрядь 45 см.

Морква, викопана таким комбайном, після грохота потрапляє між пневматичні балони і далі йде на наступний грохот для додаткового очищення від грудок ґрунту, потім коренеплоди підйомним барабаном подаються на транспортер, на якому відділяють домішки. Кондиційні коренеплоди накопичуються у бункері-транспортері з якого їх вивантажують на транспорт або у тару.

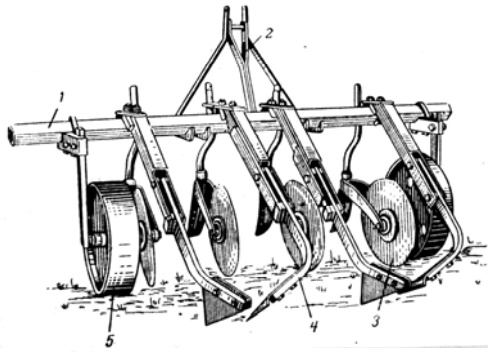


Рисунок 1.7 –
Бурякопідійомник СНС-2

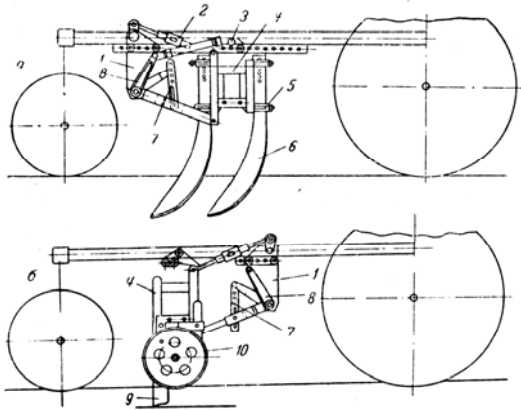


Рисунок 1.8 –
Схема бурякопідійомника
СНШ-3, що навішується на
самохідне шасі

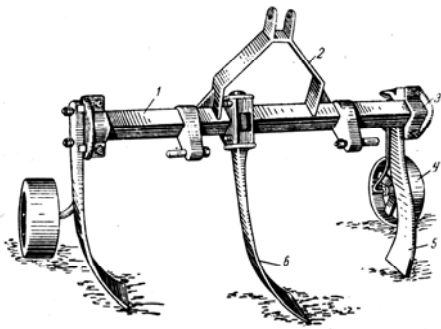


Рисунок 1.9 –
Бурякопідійомник
начіпний СНУ-3Р:

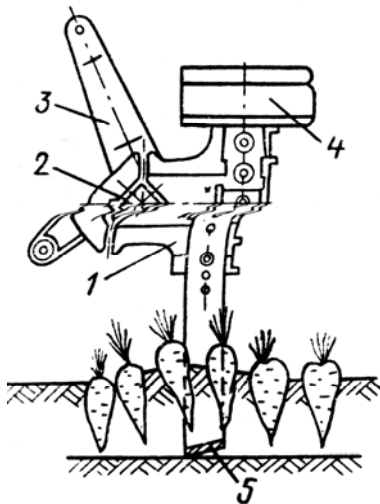


Рисунок 1.10 –
Бурякопідійомник СНУ-3С

Для удосконаленого таким чином комбайна ККУ-2 «Дружба» втрати коренів не більше 20 %, пошкодження до 45 %, домішки до 30 % залежно від стану ґрунту та плантації. Основний недолік – забивання змінних лемешів ґрунтом і висока енергоємність процесу [31].

Крім лемішних застосовують також дискові викопуючі (підрізаючі) пристрої для збирання столових коренеплодів. Вони можуть бути з активним приводом та пасивні – обертання відбувається завдяки силам підпирання ґрунту. Перевага – інтенсивно роздрібнюють ґрунт, порушуючи зв'язок з коренеплодами і, як наслідок, піднімають менше ґрунту на подальші механізми збирального агрегату. Такі копачі можуть мати різну форму леза. Недолік – складні конструктивно, металомісткі.

1.3. Обґрунтування теми дипломної роботи магістра

Схема посіву столових коренеплодів суттєво не впливає на їх врожайність. Тому доцільно їх збирати з урахуванням кращої пристосованості до збиральної машини. Порівняльний аналіз роботи збиральних машин різних типів показав, що на ґрунтах середнього і важкого механічного складу перспективніші машини викопуючого типу.

На даний час відносно великі затрати праці на збиранні коренеплодів овочевих культур стримують розширення їх виробництва.

Тема дипломної роботи магістра «Обґрунтування параметрів пристрою для викопування коренеплодів овочевих культур» є актуальною, оскільки направлена на створення робочого органу для викопування коренеплодів овочевих культур, а саме, моркви, що забезпечує підвищення продуктивності при одночасному зниженні енергоємності процесу збирання є актуальним [32].

Для розкриття теми необхідно вибрати конструкцію викопуючих робочих органів для коренеплодів овочевих культур; обґрунтувати параметри вибраного типу робочих органів, що забезпечують виконання технологічного процесу з якнайменшими витратами енергії; виконати дослідження для обґрунтування параметрів, що забезпечують підвищення якості їх роботи.

2. ОБГРУНТУВАННЯ ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ ОБ'ЄКТУ РОЗРОБКИ

2.1. Обґрунтування будови пристрою для збирання коренеплідних овочевих культур

Копачі коренеплідів для збирання овочевих культур мають такий недолік – на транспортуючо-сепаруючі механізми викидають багато ґрунту у суміші з коренеплодами. Тому необхідно удосконалювати доочищення, щоб зменшити втрати, знизити енергоємність, уникати травмувань.

Пристрій для збирання коренеплідних овочевих культур можна сконструювати так: рама-основа; на якій є вали, на них встановлені диски, які підтримують пласт і роздрібнюють ґрунт з коренеплодами; є також леміш, який підрізає ґрунт; як сепаратор використано пруткове полотно; також є струшувач і грудкоподрібнювач. Для кращого очищення і вивантаження викопаних овочевих використано поперечний і вивантажувальний транспортери.

Диски є активними. Це покращує відділення ґрунту від коренів, також зменшуються затрати енергії. Підрізаний і піднятий лемешем ґрунт з коренеплодами розшаровується обертовими боковинами. Частково він падає через зазор між елементами копача – тобто поміж диски і леміш. Корені, що відділилися, решта ґрунту відділеного і невідділеного від них рухаються прутковими механізмами до вивантаження на транспорт і в процесі переміщення доочищуються.

Машина для збирання овочевих коренеплідів рухаючись вздовж рядків посівів завдяки лемешу і переднім дискам підрізаючи-підкопує шар ґрунту. У ньому є також коренеплоди. Ширина його – це відстань між дисками, товщина – глибина занурення лемеша. Далі задня пара дисків штовхає цей шар на транспортер. Для забезпечення умов транспортування збиральної суміші, тобто ґрунту з коренеплодами, бічні поверхні передніх і задніх дисків перекриваються. Диски обертаються у тому ж напрямі, у якому відбувається

рух ґрунтосуміші лемешем. Опір торцевих поверхонь дисків відсутній. Тертя дисків до вала немає завдяки зазору. Регулюючи зазор між дисками, можна збільшити його розпушення, що покращить подальшу сепарацію овочевих коренеплодів.

У роботі необхідно визначити режими роботи та параметри елементів пристрою для збирання овочевих коренеплодів з врахуванням зниження енергозатрат.

2.2. Енергетичні показники роботи пристрою для підйому ґрунту машини для збирання коренеплодів овочевих культур

Під час збирання коренебульбоплодів, так як і під час обробітку ґрунту, необхідно якісно виконати один із процесів – піднімання оброблюваної частини ґрунту. Він потребує значних енергетичних затрат і, залежно від свого складу і стану на час обробітку чи збирання культур, відповідних знарядь та машин, обладнаних різноманітними робочими органами, як то лемішними, дисковими, плоскорізальними, роторними, а часто і комбінованими.

Вдосконалення таких знарядь в цілому чи окремих їх складових має забезпечити кращі показники щодо затрат енергії та кращу якість викопування і очищення. Для даної конструкції – це форма лемеша, розміри дисків, їх взаємне розміщення, конструктивне розташування, взаємодія з іншими робочими органами, що в комплексі забезпечує якісніший вихідний продукт, тобто викопані овочеві коренеплоди чистіші від налиплого ґрунту і менше травмовані.

Якщо під час викопування коренеплодів овочевих трохи знизити затрати енергії на піднімання їх лемешем разом з ґрунтом, то меншою і буде кількість ґрунту, що забирається ними при витягуванні коренів. Позитивний наслідок – менше потрібно енергозатрат на подальше очищення буряків, моркви чи інших виконуваних коренеплодів. Все це здешевлює процес збирання.

Викопуючий пристрій, який удосконалюється, конструктивно забезпечує завдяки лемешу і двом парам дисків, які закріплені над ним і мають боковинки, які є активними, підняття ґрунту і коренеплодів та їх транспортування і відділення одне від одного. Так як викопується порівняно вузька полоска ґрунту, то при подальшому транспортуванні суттєво зменшується травмування (сколи, обламування, тріщини) столових коренеплодів, особливо моркви.

Досліджуючи, як технологічно відбувається копання овочевих коренеплодів таким пристроєм, можна скористатися дослідженнями І.М. Дорожка для ґрунтообробної комбінованої машини, зокрема для визначення основних параметрів її робочих (виконавчих) органів [18].

Розташування дисків у просторі (рисунок 2.1), тобто встановлення їх під кутом один до одного, впливає на кількість ґрунту, що нагромаджується на підкопуючому лемеші. Якщо їх розмістити один до одного під кутом $\pm 4^\circ$ у вертикальній площині і з таким же розвалом, тобто також у $\pm 4^\circ$, то нагромадження ґрунту може зрости до півтора раза і відповідно затрати енергії також більше ніж у півтора раза.

Якщо встановити під таким же кутом диски у горизонтальній площині, тобто їх сходження, то на леміш буде нагромаджуватися значна кількість ґрунту, а це тягнутиме збільшення затрат енергії [18].

Вплив розташування дисків на насування ґрунту на леміш подано у таблиці 2.1.

На рисунку 2.2 є показані затрати енергії при нагромадженні ґрунту.

Аналізуючи результати досліджень [16], можна рекомендувати паралельне до напрямку пересування збиральної машини встановлення дисків викопуючого пристрою для овочевих коренеплодів.

Викопувач коренеплодів овочевих культур має бути менш енергозатратним порівно з аналогами, так як має можливість регулювання встановлення дисків. Це можна встановити, якщо проаналізувати, які сили діють на його елементи (див. рис. 2.1).

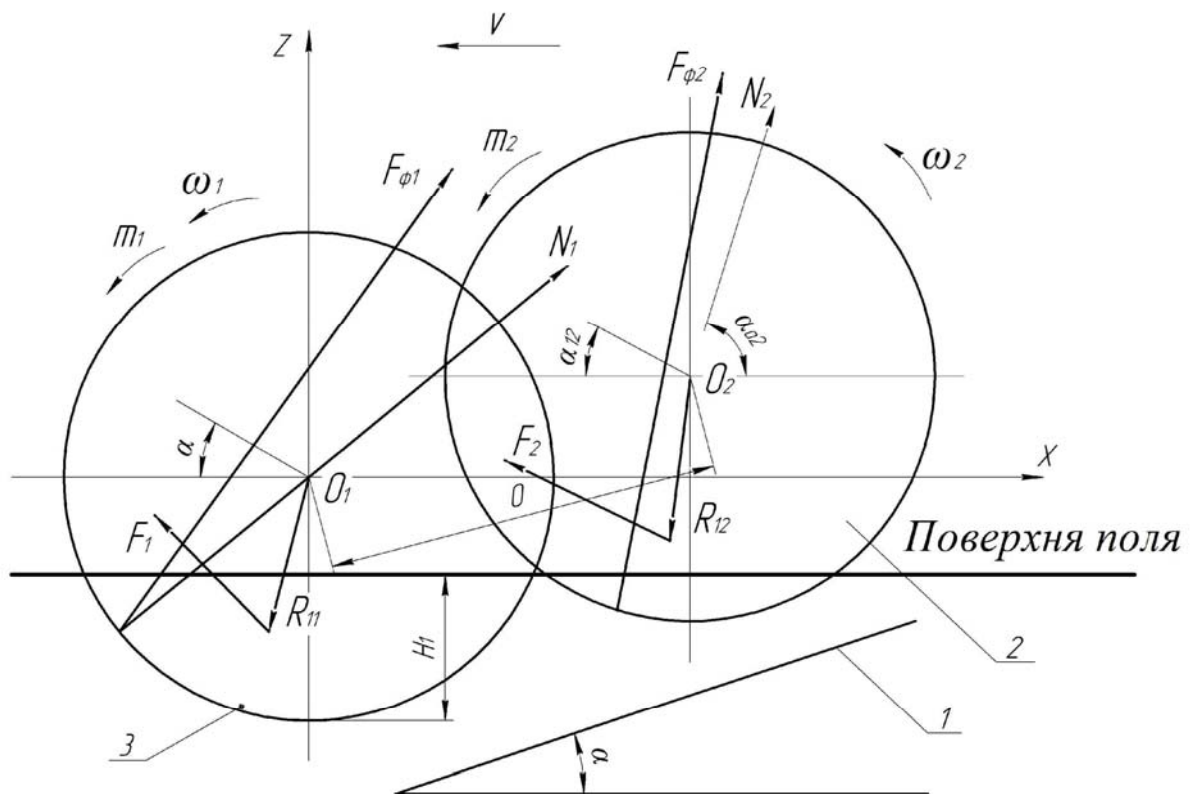
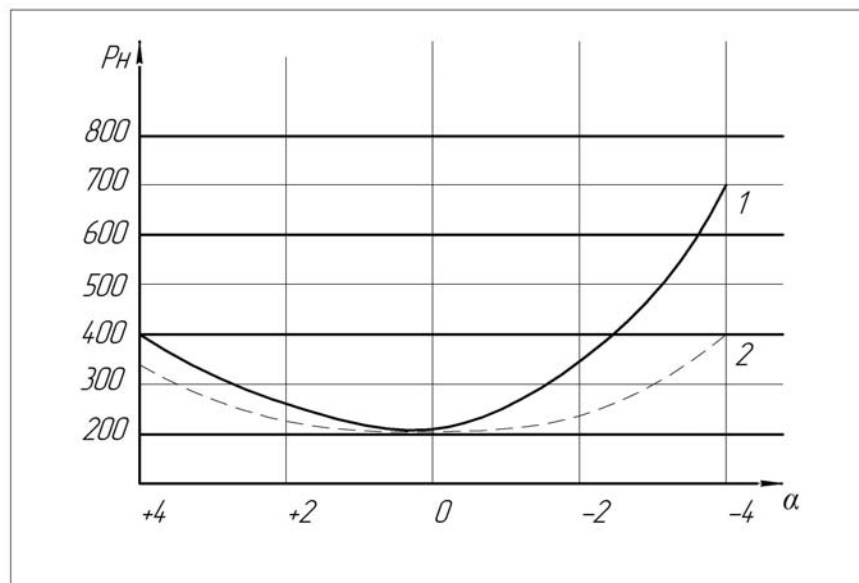


Рисунок 2.1



1 – кут сходження; 2 – кута розвалу

Рисунок 2.2

Таблиця 2.1

Кут, град	Розвал, м	Сходження, м
+4,0	0,165	0,131
+2,0	0,140	0,126
0	0,122	0,121
-2,0	0,156	0,182
-4,0	0,187	0,231

Вважатимемо рух дисків копача сталим, тоді можна записати такі рівняння рівноваги [17]:

$$\left. \begin{aligned} \sum P_x &= 2N_1 \cdot \cos \alpha_{c1} + 2N_2 \cdot \cos \alpha_{c2} + 4F_{\phi 1} \cdot \sin \alpha_{n1} + \\ &+ 4F_{\phi 2} \cdot \sin \alpha_{n2} - 2F_{b1X} - 2F_{b2X} - 2F_{H1X} - 2F_{H2X} - P_{\text{дв}} = 0; \\ \sum M_{O1} &= m_1 - 4F_{\phi 1} \cdot l_{n1} - m \cdot b_1 - m_{H1} = 0; \\ \sum M_{O2} &= m_2 - 4F_{\phi 2} \cdot l_{n2} - m \cdot b_2 - m_{H2} = 0, \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

де $P_{\text{дв}}$ – сила на дисках, отримана від двигуна;

m_1, m_2 – для передньої та задньої пар приводні моменти;

N_1, N_2 – сили, які є результуючими нормальних сил ґрунту, що діють на диски;

$F_{\phi 1}, F_{\phi 2}$ – сили, які виникають від тертя ґрунту на фасках лез ріжучих елементів викопуючого пристрою;

α_{c1}, α_{c2} – кути, що визначають напрями дії сил N_1, N_2 відносно осі X ;

l_{n1}, l_{n2} – довжини, що є полярними відстанями для дії $F_{\phi 1}, F_{\phi 2}$;

α_{n1}, α_{n2} – кути, що є полярними;

F_{H1}, F_{H2} – сили, що появляються на зовнішніх поверхнях дисків копача;

F_{b1}, F_{b2} – сили, що появляються на внутрішніх поверхнях дисків копача;

$F_{H1X}, F_{H2X}, F_{b1X}, F_{b2X}$ – проєкції відповідних сил на вісь X .

У процесі викопування овочевих коренеплодів зони передніх і задніх дисків перекриваються для забезпечення витягування і транспортування коренів. Для спрощення розрахунків приймають, що сили, які виникають від тертя дисками по ґрунту, будуть узгоджуватися з площею тертя [17]:

$$F = q \cdot f \left\{ \int_{\rho_1}^{\rho_2} \int_{\alpha_1}^{\alpha_2} R_i \cdot \sin \left[\arctg \left(2i - \frac{R}{R_i \cdot \lambda \cdot \cos \alpha_1} \right) \right] dR_i d\alpha_i \right\} - \int_{\rho_3}^{\rho_4} \int_{\alpha_3}^{\alpha_4} R_i \cdot \sin \left[\arctg \left(\alpha_i - \frac{R}{R_i \cdot \lambda \cdot \cos \alpha_1} \right) \right] dR_i d\alpha_i, \quad (2)$$

де q – тиск від ґрунту, що виникає на бічних поверхнях ріжучих елементів;

f – коефіцієнт, який визначається тертям ґрунтосуміші з коренеплодами до дисків;

R_i – для окремої, тобто i -ої ділянки, відрізок до центра обертання диска, м;

R – для дисків їх радіус, м;

α_i – кут, який виникає між R_i і центром системи координат, у якій розглядають дію копача, град;

λ – для дисків викопуючого пристрою параметр, що описує кінематику процесу.

Для інтегрування рівняння (2) по R_i використовують межі інтегрування, які показують зв'язок між радіусами передніх R_1 і задніх R_2 дисків, заглибленням H_1 передньої пари у ґрунт, відстанню між центрами a для обох пар дисків та кутом α_π під яким встановлюють леміш [17]

$$\begin{aligned}
F = q_1 \cdot f \left\{ \int_{\alpha_1}^{\alpha_2} \left[\frac{R_i^2 \sin \alpha_i}{2\lambda} + \frac{R}{2\lambda^2} (2 \sin^2 \alpha_i - 2) \right] \times \right. \\
\times \sqrt{R_i^2 \cdot \lambda^2 - 2R_i \cdot R_\pi \sin \alpha_i + R^2} - \frac{3R^2 \sin \alpha_i \cos^2 \alpha_i}{2\lambda^2} \times \\
\times \ln \left[R_i \cdot \lambda - R \cdot \sin \alpha_i + \sqrt{R_i^2 \cdot \lambda^2 - 2R \cdot R_i \cdot \lambda \sin \alpha_i + R^2} \right] \times \\
\times \int_{\rho_1}^{\rho_2} d\alpha_i - \int_{\alpha_3}^{\alpha_4} \left[\frac{R_i^2 \sin \alpha_i}{2\lambda} + \frac{R}{2\lambda^2} (3 \sin^2 \alpha_i - 2) \right] \times \\
\times \sqrt{R_i^2 \cdot \lambda^2 - 2R \cdot R_i \cdot \lambda \sin \alpha_i + R^2} - \frac{3R^2 \sin \alpha_i \cos \alpha_i}{2\lambda^2} \times \\
\times \ln \left[R_i \cdot \lambda - R \cdot \sin \alpha_i + \sqrt{R_i^2 \cdot \lambda^2 - 2R \cdot R_i \cdot \lambda \sin \alpha_i + R^2} \right] \left. \int_{\rho_3}^{\rho_4} d\alpha_i \right\}. \quad (3)
\end{aligned}$$

Для обох пар дисків можна отримати залежність для визначення моментів тертя на зовнішніх і внутрішніх поверхнях

$$\begin{aligned}
m = q \cdot f \left\{ \int_{\alpha_1}^{\alpha_2} \left[\frac{R_i^2}{3\lambda} - \frac{2R^2}{3\lambda^2} \right] \cdot \sqrt{R_i^2 \cdot \lambda^2 - 2R \cdot R_i \cdot \lambda \sin \alpha_i - R^2} - \right. \\
- \frac{2R^3 \sin \alpha_i}{3\lambda^2} \ln \left(R_{ix} - R \sin \alpha_i + \sqrt{R_i^2 \cdot \lambda^2 - 2R_\pi \cdot R_i \sin \alpha_i + R^2} \right) \left. \int_{\rho_1}^{\rho_2} d\alpha_i + \right. \\
+ \int_{\alpha_1}^{\alpha_2} \left[\left[\frac{R_i^2}{3\lambda} - \frac{2R^2}{3\lambda^2} \right] \cdot \sqrt{R_i^2 \cdot \lambda^2 - 2R \cdot R_i \cdot \lambda \sin \alpha_i - R^2} - \frac{3R^3 \sin \alpha_i}{3\lambda^2} \times \right. \\
\times \ln \left[R_i \cdot \lambda - R \sin \alpha_i + \sqrt{R_i^2 \cdot \lambda^2 - 2R \cdot \lambda \cdot R_i \sin \alpha_i + R^2} \right] \left. \int_{\rho_3}^{\rho_4} d\alpha_i \right\}. \quad (4)
\end{aligned}$$

Щоб отримати результат інтегрування, необхідно відповідним чином вибрати межі інтегрування для зовнішніх m_{H1}, m_{H2} і внутрішніх m_{b1}, m_{b2} поверхонь передніх і задніх пар дисків.

Рівняння (3) і (4) можна інтегрувати використовуючи чисельний метод. Виконати це можна на ПК. Отримані результати можна використати для

розв'язування системи (1). З якої можна визначити рушійну силу, крутні моменти та потужність на привод копача. Усі вони пов'язані із радіусами дисків та кінематичним параметром (рисунок 2.3).

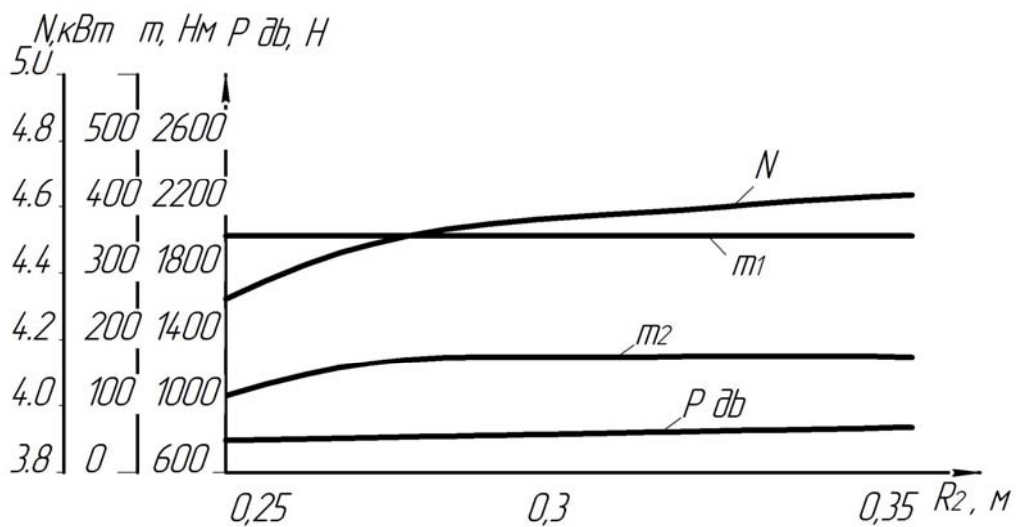
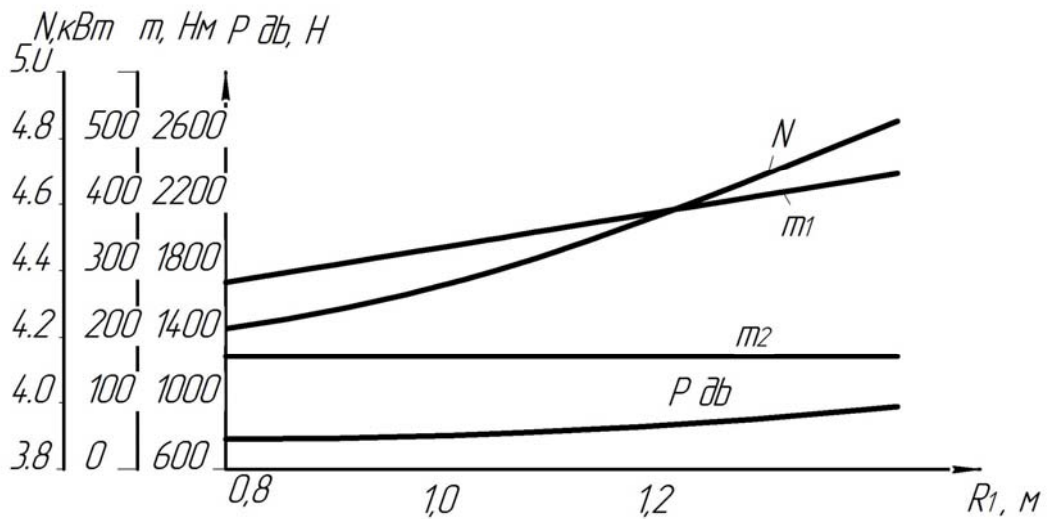
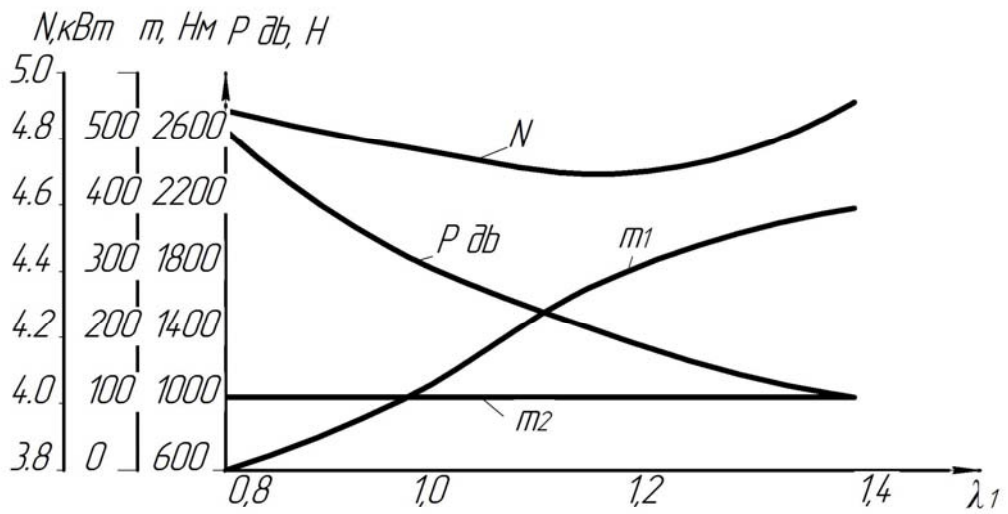


Рисунок 2.3

Якщо проаналізувати графіки (див. рис. 2.3), то можна встановити для передньої пари дисків величину кінематичного параметра при якнайменших затратах енергії – $\alpha_1 = 1,2$.

Якщо збільшувати кінематичний параметр α_1 від отриманого оптимального значення, то буде зростати необхідна на процес викопування потужність. Це відбуватиметься через збільшення моменту потрібного для приводу в рух передніх дисків копача.

Якщо кінематичний параметр α_1 зменшувати від отриманого оптимального значення, то необхідна потужність також зростатиме. Це станеться через збільшення тягового опору копача.

Щоб процес викопування коренеплодів овочевих культур відбувався якнайкраще, тобто при надійній роботі дисків, то α_2 , тобто величина кінематичного параметра для другої (задньої) пари, має бути дещо більшою за α_1 , – величину цього параметра для першої (передньої) пари.

Якщо збільшувати геометричні параметри першої (передньої) пари дисків, тобто їх радіус, наприклад з 250 мм до 350 мм, то буде зростати необхідна потужність на привод цієї пари дисків орієнтовно на 30 %, зростатиме також і крутний момент на більше ніж на 50 % і відповідно збільшуватиметься необхідна потужність на роботу викопуючого пристрою в цілому на 15 %. При конструюванні передніх дисків необхідно враховувати мінімальну глибину їх входження у ґрунт.

Якщо збільшувати геометрію задньої пари дисків, тобто їх радіус, то буде зростати крутний момент у приводі викопуючого пристрою. Якщо радіус другої пари дисків брати більшим 300 мм, то це не буде суттєво впливати на енергозатратність процесу викопування. Для нормальної роботи викопуючого пристрою радіус другої пари дисків вибирають конструктивно відповідно до радіуса першої пари дисків [16, 17, 28].

2.3. Обґрунтування форми лемеша машини для збирання коренеплодів овочевих культур

У машин для збирання коренеплодів овочевих культур важливим є конструкція пристрою, який підрізаючи підкопує ґрунтовий пласт разом із коренеплодами не травмуючи та не залишаючи їх у ґрунті. Процес викопування має здійснюватися із якомога меншими затратами енергії.

На якість викопування, тобто повноту підкопування, чистоту та нетравмованість коренеплодів дуже суттєво впливають геометрична форма та розміри лемеша. Він має бути таким, щоб долаючи сили тертя, підкопував та піднімав на певну висоту шар ґрунту разом із коренеплодами та не нагромаджував на своїй поверхні ґрунту.

Щоб визначити для досліджуваних умов форму лемеша можна скористатися дослідженнями вчених Короткова М.М. та Василенка П.М. [10], зокрема застосовуючи методи варіаційного числення.

Для розглядуваних умов необхідно врахувати наявність сил тертя, які виникають через переміщення шару ґрунту лемешем і дотиканням його до бокових поверхонь активних пар дисків.

Схема пристрою, що здійснює підрізання і піднімання шару ґрунту разом із коренеплодами, показана на рисунку 2.4. Система координат XOZ є рухома, початок її на носіку лемеша. Викопуючий пристрій рухається рівномірно. Під час виконання технологічного процесу на леміш поступає ґрунт і переміщається по його поверхні. Для досліджень доцільно виділити його елементарний об'єм dl . Ширина його b – це відстань між дисками. Висота a – це товщина ґрунту на лемеші.

На леміш діятиме нормальна сила N (елементарна dN), сила тертя F_T (елементарна dF_T) ґрунта до лемеша. Нормальна сила під час викопування буде зменшуватися через сили тертя бокових поверхонь активних пар дисків до ґрунту.

Для елементарної ділянки лемеша силу опору руху лемеша в ґрунті визначають за формулою [16, 17]

$$dR_x = (dN - dF_\delta) \cdot (\sin \alpha + f \cdot \cos \alpha), \quad (5)$$

де α – кут, який виникає між дотичною до елементарної ділянки лемеша і віссю OX .

Щоб розв'язати задачу визначення сили тертя можна взяти перше наближення і припустити, що для елементарного об'єму ґрунту dl , що є на лемеші, нормальний тиск елементарний dN і сила тертя елементарна dF_δ , яка виникає на боковій поверхні дисків, буде пропорційна їх площам контакту [16, 17]

$$dN = q_1 \cdot b \, dl; \quad (6)$$

$$dF_\delta = q_2 (a - D_\delta) dl;$$

де a – глибина входу дисків;

q_1, q_2 – для лемеша і бокових поверхонь дисків тиск ґрунту;

D_δ – відрізок, що визначає взаємне розташування лемеша і ріжучого краю дисків.

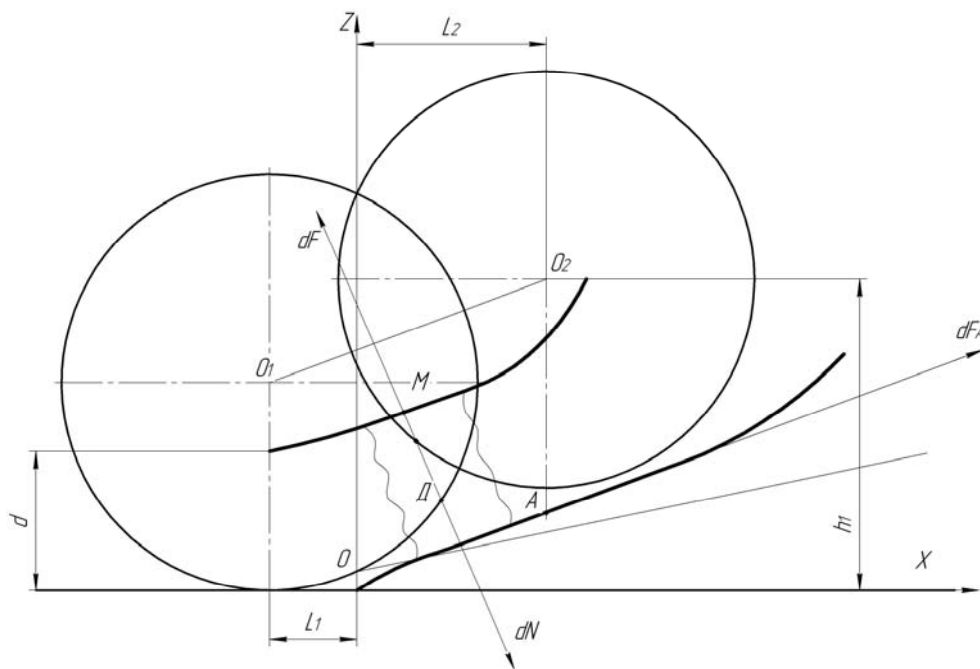


Рисунок 2.4

Для елементарного об'єму ґрунту, що є не лемеші, силу тертя можна визначити так [16, 17]

$$dF_{\pi} = (dN - dF_{\delta})f, \quad (7)$$

тут f – коефіцієнт, який визначає тертя ґрунту при його пересування по лемешу.

Враховуючи (6) і (7) можна записати, що вираз (5) буде таким

$$dR_x = \left[q_1 \cdot b - q_2(a - D_{\delta}) \right] \cdot (\sin \alpha + f \cos \alpha) dl. \quad (8)$$

Профілювати робочу поверхню лемеша можна рівнянням

$$z_{\pi} = f(x_{\pi}), \quad (9)$$

Для рівняння (8) можна записати, що [16, 17]:

$$\begin{aligned} \sin \alpha &= \frac{dz_{\pi}}{\sqrt{dx_{\pi}^2 + dz_{\pi}^2}} = \frac{z'_{\pi}}{\sqrt{1 + z_{\pi}'^2}}; \\ \cos \alpha &= \frac{dx_{\pi}}{\sqrt{dx_{\pi}^2 + dz_{\pi}^2}} = \frac{1}{\sqrt{1 + z_{\pi}'^2}}; \end{aligned} \quad (10)$$

$$dl = \sqrt{dx_{\pi}^2 + dz_{\pi}^2} = \sqrt{1 + z_{\pi}'^2} \cdot dx_{\pi}.$$

Тоді (8) з врахуванням рівнянь (10) буде

$$dR_x = \left[q_{\pi} \cdot b - q_2(a - D_{\delta}) \right] \cdot (z'_{\pi} + f) dx_{\pi}. \quad (11)$$

Для того, щоб отримати рівняння, з якого можна визначати опір руху лемеша викопуючого пристрою у ґрунті потрібно про інтегрувати (11). Тут

доцільно ввести позначення d_1 і d_2 , які будуть найкоротшими відстанями до ріжучих країв передньої і задньої пари дисків D_∂ від лемеша. Відповідно [16]

$$R_x = \int_0^{x_{\pi_1}} \left[q_1 \cdot b - q_2 \left(a - d_1 \right) \right] (z'_\pi + f) dx_\pi + \int_{x_{\pi_1}}^{x_{\pi_2}} \left[q_1 \cdot b - q_2 \left(a - d_2 \right) \right] (z'_\pi + f) dx_\pi. \quad (12)$$

Відстань, яка є найкоротшою між лемешем та ріжучим краєм дисків, - це величина змінна і вона залежить від координати z_∂ , що визначає положення країв дисків у вибраній рухомій системі координат.

$$D_\pi = \sqrt{1 + z'^2_\pi} (z_\partial - z_\pi), \quad (13)$$

Щоб знайти z_∂ потрібно розв'язати систему рівнянь. Для вибраної системи координат це будуть рівняння нормалі до лемеша і кола ріжучого диска. Враховуючи ці залежності, можна визначити потрібну відстань для обох пар активних дисків викопуючого пристрою машини для збирання коренеплодів овочевих культур [16, 17]:

$$d_1 = \frac{1}{\sqrt{1 + z'^2_\pi}} \left\{ \left[z'_\pi (x_\pi + l_1) + \left(R_1 - z_\pi \right) \right] - \sqrt{\left[z'_\pi (x_\pi + l_1) + \left(R_1 - z_\pi \right) \right]^2 + \left(1 + z'^2_\pi \right) \left[2z_\pi R_1^2 - z_\pi^2 - (x_\pi + l_1)^2 \right]} \right\}; \quad (14)$$

$$d_2 = \frac{1}{\sqrt{1 + z'^2_\pi}} \left\{ \left[z'_\pi (x_\pi - l_2) + \left(h_1 - z_\pi \right) \right] - \sqrt{\left[z'_\pi (x_\pi - l_2) + \left(h_1 - z_\pi \right) \right]^2 + \left(1 + z'^2_\pi \right) \left[R_2^2 - (x_\pi - l_2)^2 - \left(h_1 - z_\pi \right)^2 \right]} \right\}, \quad (15)$$

де z_{π} – для лемеша координати точок, які створюють лінію, що описує його профіль;

l_1 – для передньої пари активних дисків відстань до носика лемеша від вертикальної осі, м;

l_2 – для задньої пари активних дисків відстань до носика лемеша від вертикальної осі, м;

h_1 – для передньої і задньої пар активних дисків відстань між їх горизонтальними осями та віссю OX , м.

Щоб отримати залежність для визначення сили опору руху копача у ґрунті R_x потрібно проінтегрувати вираз (6) за умови, що сила тертя дисків копача до ґрунту пропорційна площі тертя [16, 17]

$$R_x = \int_0^{x_1} \left[q_1 b - q_2 (a - d_1) \right] (z'_{\pi} + f) dx_{\pi} + \int_0^{x_2} \left[q_1 b - q_2 (a - d_2) \right] (z'_{\pi} + f) dx_{\pi}. \quad (16)$$

Використовуючи метод варіаційного числення Рітца, отримують рівняння, підставивши яке у (16), можна знайти величину R_x .

Розв'язування рівняння виконують через систему неперервних функцій за відповідних граничних умов застосовуючи кубічні В-сплайни

$$z_{\pi} = \frac{z_k (x_{\pi} - x_n)^2}{(x_{\pi} - x_n)^2 + (x_{\pi} - x_k)^2} + (x_{\pi} - x_n) \cdot (x_{\pi} - x_k) \sum_{i=1}^{l_2} C_i \cdot B_i, \quad (17)$$

де C_i – для лемеша коефіцієнти, які визначають його геометрію;

B_i – кубічні сплайни.

Форму лемеша можна отримати з графічного опису кривої з використанням В-сплайнів. Це виконують розділивши на дванадцять однакових ділянок відстань між початком координат і координатою граничної точки x_k лемеша. На кожній ділянці визначають В-сплайни.

Для того, щоб отримати значення коефіцієнтів C_i , які визначатимуть геометричну форму лемеша, диференціюють рівняння (16) по цих коефіцієнтах, прирівнюють їх до нуля і отримують диференціальні рівняння, з яких і визначатимуть ці коефіцієнти [16, 17]:

$$\begin{aligned} \frac{\partial R_{xi}}{\partial C_i} &= \int_0^{x_{k1}} \left\{ \left[q_1 b + k_1 q_2 (a - d_1) \right] \frac{\partial z'_\pi}{\partial C_i} + q_2 \frac{\partial d_1}{\partial C_i} (z'_\pi + f) \right\} dx_1 + \\ &\int_{x_{k1}}^{x_{k2}} \left\{ q_2 \frac{\partial d_2}{\partial C_i} (z'_\pi + f) + \left[q_1 b + q_2 (a - d_2) \right] \frac{\partial z'_\pi}{\partial C_i} \right\} dx_\pi = 0; \end{aligned} \quad (18)$$

Тут

$$\begin{aligned} \frac{\partial d_1}{\partial C_i} &= -\frac{z'_\pi}{1 + z_\pi^{12}} \frac{\partial z'_\pi}{\partial C_i} + \left\{ \left[z'_\pi (x_\pi + l_\pi) + (R_\pi - z_\pi) \right] - \right. \\ &-\sqrt{\left[z'_\pi (x_\pi + l_\pi) + (R_\pi z_\pi) \right]^2 + (l + z_\pi^{12}) \left[2z_\pi R_i - z_\pi^2 - (x_\pi + l_\pi)^2 \right]} \left. \right\} + \\ &+ \frac{1}{\sqrt{1 + z_\pi^{12}}} \left\{ (x_\pi + l_\pi) \frac{\partial z'_\pi}{\partial C_i} - \frac{\partial z_\pi}{\partial C_i} - \right. \\ &\quad \left. 2 \left[z'_\pi (x_\pi + l_\pi) + (R_\pi - z_\pi) \right] \left[(x_\pi + l_\pi) \right] \frac{\partial z'_\pi}{\partial C_i} - \frac{\partial z_\pi}{\partial C_i} \right. \\ &\quad \left. - \frac{\left[z'_\pi (x_\pi + l_\pi) + (R_\pi - z_\pi) \right]^2 + (l + z_\pi^{12}) \left[2z_\pi R_i - z_\pi^2 - (x_\pi + l_i)^2 \right]}{\sqrt{\left[z'_\pi (x_\pi + l_\pi) + (R_\pi - z_\pi) \right]^2 + (l + z_\pi^{12}) \left[2z_\pi R_i - z_\pi^2 - (x_\pi + l_i)^2 \right]}} \right. \\ &\quad \left. + 2z'_\pi \frac{\partial z'_\pi}{\partial C_i} \left[2z_\pi R_i - z_\pi^2 - (x_\pi + l_i)^2 \right] + (l + z_\pi^{12}) \cdot \left[2R_i \frac{\partial z_\pi}{\partial C_i} - 2z_\pi \frac{\partial z_\pi}{\partial C_i} \right]; \right. \end{aligned} \quad (19)$$

$$\begin{aligned}
\frac{\partial d_2}{\partial C_i} = & -\frac{z'_\pi}{1+z_\pi^{12}} \frac{\partial z'_\pi}{\partial C_i} + \left\{ \left[z'_\pi (x_\pi + b_2) + (h_2 - z_\pi) \right] - \right. \\
& \left. - \sqrt{\left[z'_\pi (x_\pi + b_2) + (h_1 - z_\pi) \right]^2 + (l + z_\pi^{12}) \left[R_2^2 - (x_\pi + b_2)^2 - (h_1 + z_\pi)^2 \right]} \right\} + \\
& + \frac{1}{\sqrt{1+z_\pi^{12}}} \left\{ (x_\pi + b_2) \frac{\partial z'_\pi}{\partial C_i} - \frac{\partial z_\pi}{\partial C_i} - \right. \\
& \left. - \frac{2 \left[z'_\pi (x_\pi + b_2) + (h_1 - z_\pi) \right] \left[(x_\pi + b_2) \frac{\partial z'_\pi}{\partial C_i} \right]}{\sqrt{\left[z'_\pi (x_\pi + b_2) + (h_1 - z_\pi) \right]^2 + (l + z_\pi^{12}) \left[R_2^2 - (x_\pi + b_2)^2 - (h_1 + z_\pi)^2 \right]}} + \right. \\
& \left. + 2z'_\pi \frac{\partial z'_\pi}{\partial C_i} \left[R_2^2 - (x_\pi + b_2)^2 - (h_1 + z_\pi)^2 \right] + (l + z_\pi^{12}) \cdot 2(h_1 - z_\pi) \frac{\partial z_\pi}{\partial C_i} \right\};
\end{aligned} \tag{20}$$

$$\frac{\partial z_\pi}{\partial C_i} = (x_\pi - x_k) (x_\pi - x_k) B_i. \tag{21}$$

Якщо продиференціювати (17) по X_π , то

$$\begin{aligned}
z'_\pi = & \frac{2 \left[(x_\pi - x_H)^2 + (x_\pi - x_k)^2 \right] \cdot z_k (x_\pi - x_H)}{\left[(x_\pi - x_H)^2 + (x_\pi - x_k)^2 \right]} - \\
& - 2z_k (x_\pi - x_H)^2 \left[(x_\pi - x_H) + (x_\pi - x_k) \right] + \\
& + (x_\pi - x_H) \sum_{i=2}^{12} C_i B_i + (x_\pi - x_k) \sum_{i=2}^{12} C_i B_i + (x_\pi - x_H) + \\
& + (x_\pi - x_k) \sum_{i=2}^{12} C_i \frac{dB_i}{\partial x_\pi},
\end{aligned} \tag{22}$$

тут $\frac{dB_i}{\partial x_\pi} = 0$, за умови, що $x_\pi \leq \frac{x_k(i-1)}{12}$, і $x_\pi \geq \frac{x_k(i-1)}{12}$,

$$\frac{dB_i}{\partial x_\pi} = -\frac{1}{2} \left(2 - \left| x_\pi + 1 - \frac{x_k i}{12} \right| \right).$$

Якщо $\frac{x_k i}{12} \leq x_\pi \leq \frac{x_k(i+1)}{12}$ і $\frac{x_k(i-3)}{12} \leq x_\pi \leq \frac{x_k(i-2)}{12}$, то

$$\frac{dB_i}{\partial x_\pi} = -2 \left(x_\pi + 1 - \frac{x_k i}{12} \right) + \frac{3}{2} \left(x_\pi + 1 - \frac{x_k i}{12} \right)^2.$$

Якщо $\frac{x_k(i-2)}{12} \leq x_\pi \leq \frac{x_k i}{12}$.

Відповідно

$$\frac{\partial z'_\pi}{\partial C_i} = [(x_\pi - x_n) + (x_\pi - x_k)] B_i + (x_\pi - x_n) \cdot (x_\pi - x_k) \frac{dB_i}{\partial x_\pi}. \quad (23)$$

Розв'язавши з допомогою ПК інтегральні рівняння (18)-(23) отримують коефіцієнти C_i . Для розрахунків прийняли такі значення досліджуваних параметрів:

$$z_H(0) = 0; \quad z_k(0,45) = 0,28; \quad q_1 = 10^4 \text{ Н/мм}^2; \quad q_2 = 0,5 \cdot 10^4 \text{ Н/мм}^2;$$

$$f = 0,5; \quad l_1 = 0,02 \text{ м}; \quad l_2 = 0,24 \text{ м}; \quad h_1 = 0,22 \text{ м}; \quad d = 0,12 \text{ м}.$$

Маючи значення C_i і кубічні В-сплайни можна побудувати лінію (рисунок 2.5), які відповідатиме профілю енергоощадного лемеша викопуючого пристрою для овочевих коренеплодів.

Запропонована конструкція викопуючого робочого органу, який складається з лемеша з двома парами активних плоских направляючих дисків. Така конструкція дозволяє зменшити кількість ґрунту, що подається з

коренеплодами до сепаруючих робочих органів, і виключає можливість сходження коренеплодів убік при їх підкопуванні.

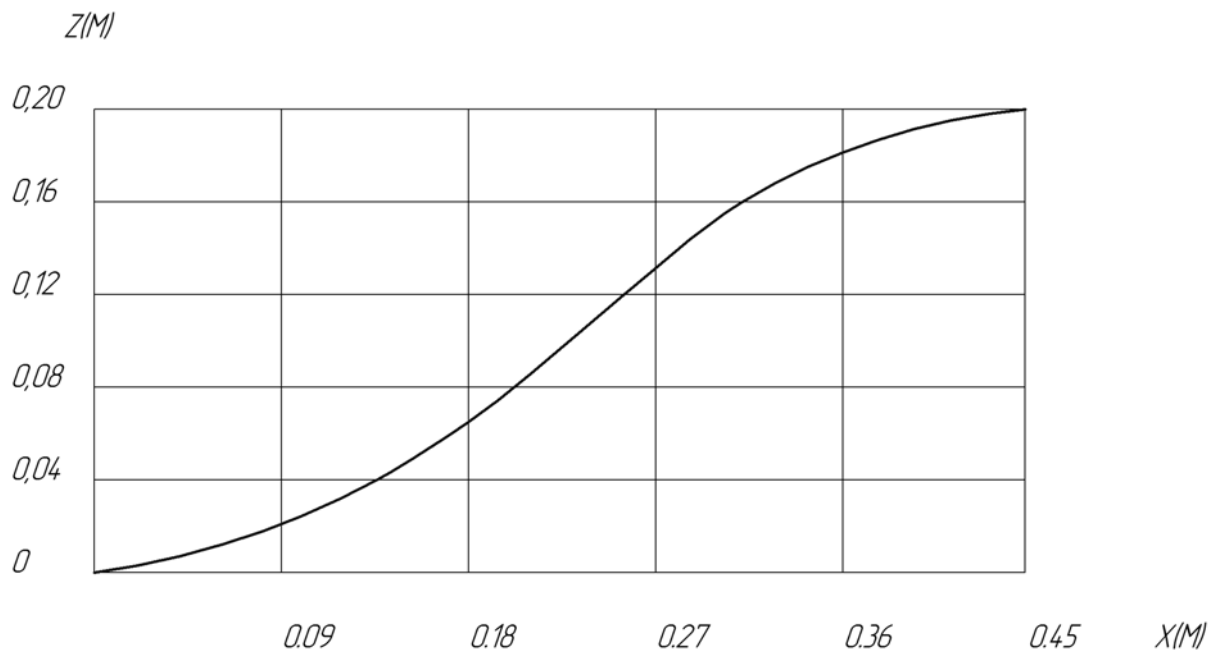


Рисунок 2.5

Режим обертання другої пари дисків практично не робить впливу на енергетичні показники процесу.

Збільшення радіусу першої пари дисків призводить до зростання споживання потужності викопуючих пристроїв.

Радіус викопуючих дисків вибирають по можливості мінімальним, виходячи з глибини розташування у ґрунті коренеплодів.

Зміна радіусу першої пари дисків практично не робить впливу на величину крутного моменту другої пари дисків.

Зміна розмірів другої пари дисків дещо впливає на енергетичні показники функціонування викопуючого робочого органу. Тому радіус другої пари дисків обґрунтовують з конструктивних і технологічних параметрів.

Дослідженнями з обґрунтовування профілю підкопуючого лемеша отримано рівняння, що описує форму лемеша, яка забезпечує мінімальний тяговий опір.

3. ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ОБ'ЄКТУ РОЗРОБКИ

3.1. Програма експериментальних досліджень

Програма експериментальних досліджень викопуючого пристрою коренезбиральної машини для збирання коренеплодів овочевих культур, який запропонований у даній магістерській роботі, відповідає вимогам до програм експериментальних досліджень і включає:

- перевірку достовірності результатів теоретичних досліджень;
- обґрунтування параметрів робочого органу для викопування коренеплодів;
- проведення порівняльних польових випробувань експериментальних робочих органів для викопування коренеплодів.

3.2. Опис експериментальних установок

Лабораторні експериментальні дослідження доцільно проводити у ґрунтовому каналі.

Ґрунтовий канал має довжину 25 м, ширину – 4 м і глибину ґрунтового шару 0,75 м. На каналі встановлений візок з реверсивно-тросовим приводом. На візку ґрунтового каналу встановлена гідравлічна система навішування, на яку навішена внутрішня рама. Всередині рами за допомогою підшипників ковзання змонтований тензометричний гряділь [31].

Реверсивно-тросовий привод складається з асинхронного, електродвигуна змінного струму, п'ятиступеневої коробки передач, редуктора, барабана і троса.

Для приводу в рух активних викопуючих робочих органів на тензOMETричному гряділі встановлюють механізм приводу, що складається з електродвигуна постійного струму, редуктора і ланцюгової передачі. Частота обертання валу електродвигуна регулюється за допомогою реостата.

Для проведення порівняльних випробувань експериментальних викопуючих робочих органів і визначення якісних показників їх роботи їх встановили базі картоплекопача КТН-2Б [22] (рисунок 3.1).

Регульовані параметри – глибина ходу, відстань між дисками.



Рисунок 3.1 – Експериментальна установка

3.3. Прилади і обладнання

Для проведення експериментальних досліджень використовували: терези пружинні, терези ВЛКТ-500М, секундомір, мірні лінійки, кільця для визначення об'ємної ваги ґрунту, тахометр ТО-10, твердомір ВІСХОМу, сушильна шафа СЕШ-3М; підсилювач 8АН4-7М; блок живлення підсилювача, комп'ютер, аналого-шифрувальний перетворювач і тензOMETрична ланка.

3.4. Методика експериментальних досліджень

Експериментальні дослідження проводили з повторністю дослідів, що забезпечують достовірність і точність одержуваних результатів.

Для проведення всіх дослідів в однакових умовах і виключення впливу неоднорідності ґрунту на результати досліджень, порядок їх проведення змінювався.

Результати досліджень обробляли методом дисперсного аналізу і математичної статистики.

Достовірність впливу чинників на робочий процес визначали за допомогою критерію Фішера

$$F = \frac{\sigma_x^2}{\sigma_z^2}, \quad (24)$$

де σ_x^2 – факторіальна дисперсія;

σ_z^2 – випадкова дисперсія.

Помилку для різниці двох вибірових середніх (НСР) визначали за формулою

$$S = \sqrt{\frac{2S^2}{n}}, \quad (25)$$

де S^2 – залишковий середній квадрат;

n – число повторюваностей у порівнюваних групах.

Дослідження правдивості отриманих теоретичних результатів і обґрунтування параметрів викопуючих робочих органів машини проводили в ґрунтовому каналі. Перед заповненням каналу ґрунтом його просівали через решета з діаметром отворів 0,02 м, перемішували, змочували і доводили повітряною сушкою до необхідної вологості.

Якісні показники роботи викопуючих органів машини для збирання коренеплодів і порівняльні випробування проводилися в польових умовах.

Параметри робочих органів, при проведенні експериментів вибиралися на підставі результатів проведених досліджень і заглиблення дисків у ґрунт.

3.4.1. Визначення фізико-механічних властивостей ґрунту

Для проведення експериментальних досліджень у ґрунтовому каналі і в польових умовах визначали, відповідно до ОСТу 70.2.15.73, такі властивості: вологість, структурний склад, твердість ґрунту.

При визначенні вологості ґрунту використовували метод термічного сушіння [7]. У п'ятикратній повторності в алюмінієві стаканчики закладали зразки ґрунту масою 0,03...0,04 кг, зважували і сушили протягом восьми годин у сушильній шафі при температурі 105°C. Потім алюмінієві стаканчики з ґрунтом зважували і вологість ґрунту визначали за формулою

$$W = \frac{m_b - m_c}{m_c} \cdot 100\%, \quad (26)$$

де m_b , m_c – маса вологого і абсолютно сухого ґрунту, кг.

При визначенні структурного складу ґрунту використовували методом просівання ґрунту на ситах з круглими отворами. Ґрунт масою не менше 2,5 кг у триразовій повторності відбирали, просушували на повітрі і просівали. Відсепаровані фракції ґрунту зважували і визначали їх відносну масу

$$\Phi = \frac{m}{M} \cdot 100\%, \quad (27)$$

де m – маса фракцій, кг;

M – маса відібраного зразка ґрунту, кг.

Визначення твердості ґрунту проводилося в п'ятикратній повторності за загальновідомою методикою з використанням твердоміра.

3.4.2. Визначення енергетичних показників експериментального викопуючого пристрою

Параметри направляючих дисків пристрою для викопування столових коренеплодів були обґрунтовані з погляду мінімальних витрат енергії на її роботу в результаті проведених теоретичних досліджень.

Для перевірки достовірності отриманих результатів був проведений двократний експеримент, рівні варіювання якого і матриця проведення експерименту наведені у таблицях 3.1, 3.2.

Таблиця 3.1 – Рівні варіювання факторів

№ з/п	Назва факторів	Позначення факторів	Код	Рівні варіювання	
				+	–
1	Радіус передньої пари дисків, м	R_1	X_1	0,27	0,105
2	Радіус задньої пари дисків, м	R_2	X_2	0,27	0,105

Таблиця 3.2 – Матриця проведення експерименту

№ досліджу	Фактори	
	R_1	R_2
1	–	–
2	+	–
3	–	+
4	+	+

Вплив радіусів передньої і задньої пар направляючих дисків на енергетичні показники роботи викопуючих робочих органів оцінювався їх тяговим опором.

Після проведення експериментів у триразовій повторюваності відповідно до його матриці визначали коефіцієнти моделі вигляду [19]

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_1x_2 + b_{1,2}x_1x_2. \quad (28)$$

Використовуючи значення коефіцієнтів моделі, визначали силу впливу факторів на тяговий опір пристрою.

У результаті проведення теоретичних досліджень був обґрунтований профіль лемеша для підйому ґрунту разом з коренеплодами овочевих культур, що забезпечує виконання процесу з мінімальними витратами енергії.

Щоб перевірити правдивість отриманих теоретичних результатів використали три лемеші різного профілю (рисунок 3.2).

Розміри і форма лемешів були підібрані так, щоб вони задовольняли граничним умовам математичної моделі. Один з них був виготовлений формою, обґрунтованою у результаті проведених теоретичних досліджень (рисунок 3.6б).

Лемеші з різними профілями по черзі встановлювали на тензометричний гряділь разом з двома парами активних дисків, частота обертання яких складала $0,8 \text{ с}^{-1}$, відстань між ними – 0,15 м.

Ґрунт у ґрунтовому каналі перед проведенням експерименту вирівнювали, змочували і висушували до необхідної вологості.

Включали привод пересування візка ґрунтового каналу. Леміш підрізав шар ґрунту знизу на заданій глибині і за допомогою активних двох пар дисків ґрунт підіймався і скидався з викопуючих робочих органів. Електричний сигнал поступав від тензодатчиків через підсилювач на аналоговий перетворювач до персонального комп'ютера і після статистичної обробки інформації отримували значення тягового опору викопуючого робочого органу.

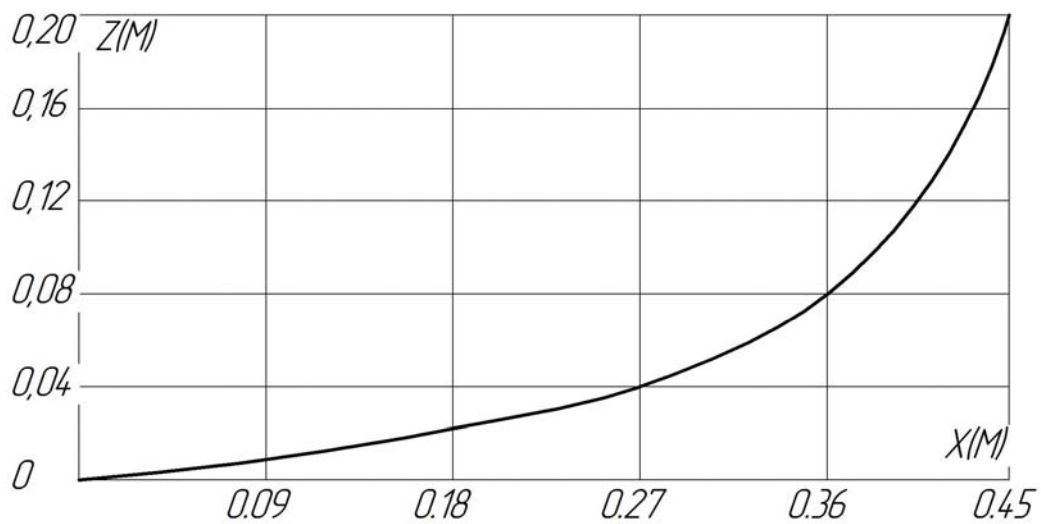
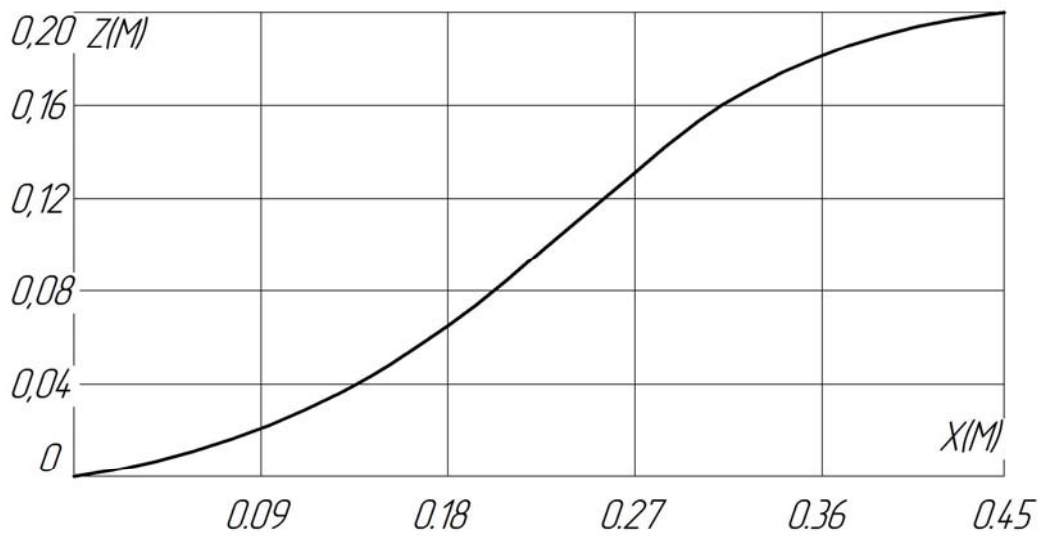
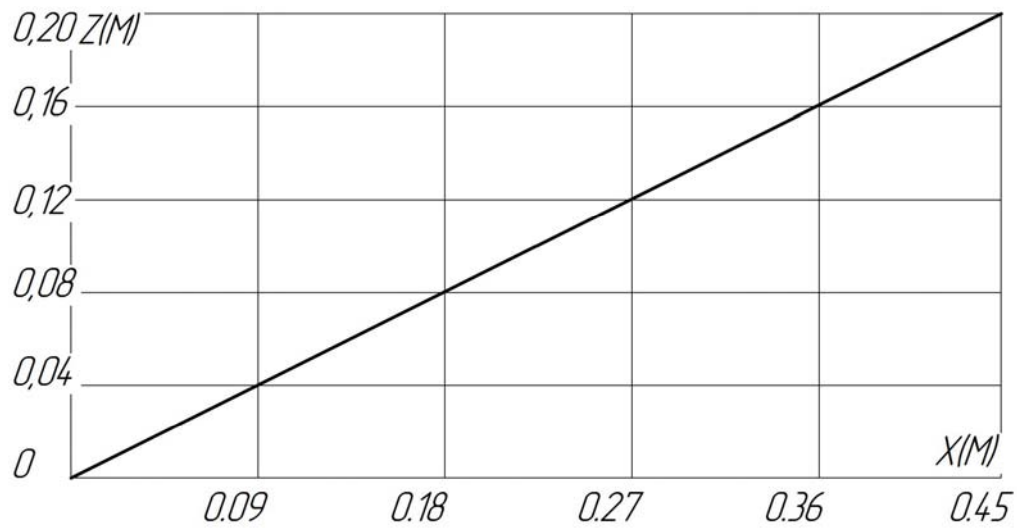


Рисунок 3.6 – Обґрунтування профілю лемешів робочих органів машини для викопування коренеплодів овочевих культур:

- а) прямолінійний; б) обґрунтований в результаті теоретичних досліджень;
- в) увігнутий.

3.4.3. Визначення відстані між активними дисками викопуючого пристрою

У задачу експерименту входило визначення впливу фізико-механічних властивостей ґрунту, параметрів і режимів роботи викопуючих робочих органів на кількість ґрунту поданого на сепаруючий пристрій коренезбиральної машини для викопування коренеплодів овочевих культур.

Кількість ґрунту, який потрапляє на сепаруючий пристрій коренезбиральної машини визначають за розмірами вирізуваного пласта ґрунту, який, у свою чергу, залежить від глибини ходу лемеша і відстані між дисками.

Зменшення відстані між дисками призводить до збільшення стиснення шару ґрунту між ними і відповідно до підвищення енерговитрат на процес роботи викопуючих робочих органів. Тому необхідно визначити мінімальну відстань між дисками до моменту початку заклинювання ґрунту між ними.

Як критерій впливу на критерій оптимізації були вибрані:

- радіус дисків;
- глибина ходу дисків;
- частота обертання дисків і вологість ґрунту.

На першому етапі планування експерименту варіювання факторів здійснювалося на двох рівнях. Завдяки цьому можна отримати модель впливу факторів на критерій оптимізації.

Модель визначали у вигляді, що враховує вплив кожного з вище перерахованих факторів та ефект двосторонньої їх взаємодії.

Таку модель можна описати у вигляді [17]

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_4x_4 + b_{1,2}x_1x_2 + b_{1,3}x_1x_3 + b_{1,4}x_1x_4 + b_{2,3}x_2x_3 + b_{2,4}x_2x_4 + b_{3,4}x_3x_4. \quad (29)$$

Коефіцієнти незалежних змінних вказують на силу впливу чинників.

Для реалізації повнофакторного експерименту 2^4 з урахуванням його триразової повторюваності необхідно провести 48 варіантів досліду, що вимагає великих затрат праці і часу. Для зменшення кількості дослідів можна виконати дробовий експеримент чинника у вигляді $1/2$ напівприкладу. При цьому задавалися генерувальним співвідношенням $x_4 = x_1x_2x_3$.

Визначальним фактором є $1 = x_1x_2x_3x_4$.

Перевірку адекватності моделі здійснювали за допомогою критерію Фішера, а значущість отриманих коефіцієнтів рівняння регресії по t -критерію Стьюдента.

Рівняння варіювання факторів і назва їх позначення наведені в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Рівняння варіюванні факторів і кодове їх позначення

№ з/п	Назва фактору	Код	Рівняння варіювання	
			–	+
1	Радіус дисків, м	X_1	0,22	0,35
2	Глибина ходу, м	X_2	0,04	0,20
3	Кінематичний параметр	X_3	1	4
4	Вологість ґрунту, %	X_4	18	26

Відстань між активними дисками, при якій настає момент початку заклинювання ґрунту, надалі скорочено названа граничною.

Для визначення граничної відстані між дисками у конструкції лабораторної експериментальної установки передбачено ступеневе його регулювання з кроком 1 см. При проведенні експериментів відстань між дисками зменшувалася до моменту заклинювання ґрунту між ними. Досліди проводили у триразовій повторності.

На другому етапі досліджень визначали вплив кінематичного параметра обертання направляючих дисків на величину мінімальної відстані між ними до моменту початку заклинювання ґрунту при різній її вологості.

3.4.4. Проведення порівняльних польових випробувань робочих органів для викопування коренеплодів

Порівняльні польові випробування експериментального робочого органу – викопуючого пристрою для збирання коренеплодів овочевих культур, як і більшості застосовуваних у сільськогосподарському виробництві машин, можна проводити на полі при збиранні моркви, посіяної стрічковим способом по схемі 15x60 см [17, 19].

Визначати якісні показники експериментального робочого органу і робочого органу картоплекопача КТН-2Б доцільно на одній ділянці.

Якісні показники роботи машин при збиранні моркви оцінюють втратами і пошкодженнями коренеплодів. У зв'язку з тим, що у процесі викопування коренеплодів, вони не мають безпосереднього контакту з викопуючими робочими органами в експериментальній виробничій установці і в промисловому картоплекопачі, а процес травмування відбувається при їх сепарації, то травмування коренеплодів не визначають.

Втрати коренеплодів при збиранні залежать від того, яка їх кількість залишилася в ґрунті після проходу машини.

Після проходу агрегатів з картоплекопачем і з експериментальною машиною збирають коренеплоди на 15 погонних метрах у триразовій повторюваності. Збирають коренеплоди як з поверхні поля, так і окремо ті, що залишилися в ґрунті.

Втрати оцінюють у процентному відношенні вмісту коренеплодів, що залишилися в ґрунті після проходів збиральних агрегатів.

4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1. Вимоги безпеки під час роботи машини для збирання коренеплодів овочевих культур

Під час експлуатації машин для збирання коренеплодів овочевих культур із розробленими робочими органами, необхідно дотримуватися вимог безпеки передбачених ГОСТ 12.2.111. Для безпечної роботи з машиною керуватися такими правилами [1, 14]:

- не допускати до роботи осіб без прав тракториста-машиніста, осіб, які не пройшли інструктаж з техніки безпеки, про що повинен бути зроблений відповідний запис у журналі;
- стороннім особам категорично забороняється знаходитися поблизу працюючої машини;
- забороняється проводити ремонт або регулювання вузлів машини під час роботи;
- всі види регулювань і технічного огляду виконувати тільки після зупинки машини і при виключеному двигуні трактора;
- забороняється виконувати будь-які роботи при від'єднаній машині, якщо під її колеса не поставлені противовідкатні башмаки;
- забороняється робота на агрегаті у незаправленому одязі;
- перед початком роботи потрібно переконатися у повній справності всього агрегату, перевірити наявність і міцність кріплень всіх захисних щитків і кожухів; не розпочинати роботу при знятих кожухах;
- про початок руху агрегату необхідно попередити сигналом людей, які стоять поблизу;
- не можна торкатися руками робочих органів машини під час її роботи;
- остерігатися рухомих частин механізму;

- забороняється знаходитися попереду, позаду і зліва агрегату під час його роботи;
- у кабіні трактора необхідно мати аптечку і слідкувати за поповненням її всіма необхідними медикаментами;
- після зупинки машини обов'язково перевести важіль коробки зміни швидкостей у нейтральне положення і виключити вал відбору потужностей;
- обганяти транспорт, який рухається, швидкість руху якого перевищує вказану транспортну швидкість машини забороняється;
- перевезення агрегатованої машини у нічний час, під час сильного туману забороняється;
- перегін машини дорогами загального користування необхідно виконувати відповідно до “Правил дорожнього руху”;
- періодично обновляти знаки безпеки, які є на машині.

4.2. Вимоги безпеки під час підготовки машини для викопування коренеплодів овочевих культур до роботи і порядок її експлуатації

Під час підготовки до роботи удосконаленої машини для викопування коренеплодів овочевих культур необхідно оглянути всі її складові частини, переконатися у їх справності, прошприцювати всі маслянки, надійно підтягнути всі нерухомі болтові з'єднання, затягнути болтові кріплення редуктора і корпусів підшипникових валів. Відрегулювати ланцюгові передачі.

Закінчивши перевірку і змащування, машину під'єднують до трактора. Агрегування здійснюють у такому порядку [1, 14]:

- перед обкатуванням машини тиск у шинах доводять до $0,25 \pm 0,01$ МПа;
- подають трактор до машини і зафіксують на скобі трактора;

- агрегатують машину з колісними тракторами тільки при наведенні їх на колію 1800 мм;
- перевіряють величину перекриття телескопічної частини карданної передачі, не менше 90...100 мм;
- надівають на шліцьовий кінець валу відбору потужностей шарнір головної карданної передачі, попередньо поставивши вал у трубу кардана машини. Внутрішні вилки головної карданної передачі повинні знаходитися в одній площині.

Під час експлуатації машини періодично оглядають підшипникові вузли і очищають вали біля підшипникових вузлів від намотаних рослинних залишків за допомогою чистика.

Під час роботи з машиною зміну подачі пального двигуна трактора необхідно виконувати плавно. Різка зміна подачі палива призводить до поломок деталей приводу ВВП трактора і трансмісії машини.

Обов'язково необхідно виконувати регулювання зачеплення шестерень та зазорів підшипників у редукторах при відповідних технічних оглядах або при виникненні люфтів.

У процесі роботи при різкому зменшенні навантаження на трактор, необхідно зупинити агрегат і обдивитися машину, можлива відмова або поломка валів. Ланцюгові передачі регулюють натяжними зірочками або роликками.

4.3. Захист населення від впливу іонізуючих випромінювань

Захист від зовнішнього опромінювання передбачає створення таких захисних огорож, які б знижували дозу зовнішнього опромінювання до гранично допустимих значень. Огорожі можуть бути виконані стаціонарними або пересувними. До стаціонарних огорож відносять захисні стіни, перекриття підлоги і стелі, двері, оглядові вікна і т. ін. Різного типу ширми, екрани,

тубуси, діафрагми, контейнери для зберігання і транспортування радіоактивних речовин – пересувні захисні огорожі.

Достатньо забезпечити відстань 8...10 см від джерела α -випромінювання; при цьому гарантується захист тіла людини від цього виду випромінювання. Пробіг α -частинок у повітрі не перевищує 8...9 см. Робота з джерелами α -випромінювання у спецодягу і рукавичках забезпечує повний захист від зовнішнього α -випромінювання [33].

Захисні конструкції від β -випромінювання мають товщину, що перевищує максимальний пробіг β -частинок. Їх виготовляють з плексиглазу, алюмінію або скла.

Складніше здійснити захист від зовнішнього γ -випромінювання, проникаюча здатність якого набагато вище, ніж у α - і β -частинок. Забезпечити повний захист від γ -випромінювання неможливо. Захисні пристрої дозволяють тільки понизити у будь-яке число раз величину дози цього випромінювання. Матеріалом захисних пристроїв є речовини, що мають велику густину (свинець, уран, бетон і т.ін.). З них можна виготовляти захисні конструкції, які мають малу вагу і невеликі габаритні розміри. Останнім часом як захисний матеріал використовують воду, яка дозволяє без перешкод проводити перезарядку і зарядку установок, а також виконувати ремонтні роботи.

Всі маніпуляції з джерелами γ -випромінювання виконують за допомогою довгих механічних пристроїв. Оскільки при роботі з джерелами, що мають невеликі лінійні розміри, доза випромінювання зменшується обернено пропорційно до квадрата відстані, то механічні пристрої дозволяють здійснити надійний захист.

Для захисту від нейтронного випромінювання використовують захисні пристрої, виготовлені з матеріалів з малим атомним номером. Для захисту переважно використовують воду або поліетилен. За рахунок втрат енергії при взаємодії з ядрами швидкі нейтрони перетворюються на теплові. Цей процес супроводжується виділенням γ -кванта. Тому при захисті від нейтронів завжди необхідно паралельно передбачати захист від γ -випромінювання [33].

Критерієм при розрахунку параметрів захисту від зовнішнього опромінювання є гранично допустима доза (ГДД), яка для працюючих з радіоактивними речовинами складає 5 бер/год. Хоча гранично допустима доза за тиждень не регламентується, при розрахунках зручніше користуватися тижневою дозою, яка при рівномірному розподілі річної ГДД складає 0,1 бер (граничну потужність дози за тиждень). Залежно від класу робіт виконують розміщення обладнання всередині приміщень, в яких виконують роботи з відкритими радіоактивними речовинами.

Робочу частину стаціонарних установок іонізуючих випромінювань розміщують в окремому приміщенні. Пульт управління установкою розташовують у суміжному приміщенні, з'єднаному дверима з цим приміщенням. Двері забезпечені блокуванням, що виключає можливість випадкового опромінювання персоналу. Передбачають встановлення пристроїв примусового переміщення джерела у положення зберігання у разі аварії. Ці операції виконують дистанційно.

Всі приміщення розділені на три зони:

У I зоні знаходяться герметичні пристрої (камери, бокси), а також приміщення, в яких розміщено обладнання і комунікації, що є основними джерелами радіоактивного забруднення;

У II зоні періодично проводять ремонтні роботи і роботи, пов'язані з розкриттям технологічного обладнання, завантаженням і вивантаженням радіоактивних матеріалів.

До III зони відносять приміщення, призначені для постійного перебування персоналу (операторські, пульти управління і т.ін.).

Управління системами опалювання, газопостачання, стисненого повітря, водопроводу і груповими електричними щитками здійснюють зовні робочих приміщень.

Всі роботи, які виконують у камерах або боксах, здійснюють за допомогою дистанційних засобів або з використанням рукавичок, герметично вмонтованих у фасадні стінки.

Особливі вимоги пред'являють до обробки і оформлення приміщень, призначених для робіт з радіоактивними речовинами. Підлоги, стіни і стелі покривають слабосорбучими матеріалами, які стійкі до миючих засобів. Краї покриттів підлоги припідняті і зароблені за одне ціле із стінами. Кути приміщень закруглюють, а полотна дверей і вікон мають найпростішу конфігурацію. Технологічне і захисне обладнання виготовляють із слабосорбуючих матеріалів. Воно має покриття, що володіє стійкістю до різних речовин, десорбуючих кислих і лужних розчинів.

Всі інструменти, апаратура, меблі можуть бути передані з одного приміщення в інше тільки після радіометричного контролю.

Лабораторії, в яких виконують роботи з радіоактивними речовинами, обладнують спеціальними меблями, які мають гладку поверхню і конструкцію, що забезпечує мінімальне накопичення радіоактивних забруднень. У цих меблях відсутні гострі кути, пази та інші важкодоступні для дезактивації місця. З'єднання меблів щільно приганяють і не мають зазорів з лицьової сторони. Всі поверхні меблів мають захисні покриття. Ці покриття кислототривкі, стійкі до потемніння і утворення міхурів, а виконані з металу – відполіровані [33].

При здійсненні робіт всіх класів потрібне обов'язкове використання необхідних засобів захисту від опромінювання.

Ефективними засобами запобігання забруднення повітря при роботі з радіоактивними речовинами є вентиляційні і повітроочисні пристрої. Конструкція і характеристика цих пристроїв також залежать від робіт з радіоактивними речовинами.

Повітря перед викидом в атмосферу обов'язково очищають у високоефективних фільтрах. Окрім фільтрів на витяжних системах встановлюють виносні труби, висота яких дозволяє забезпечувати допустимі концентрації радіоактивних речовин в атмосфері.

Всі особи, що працюють з радіоактивними речовинами у відкритому вигляді, забезпечуються індивідуальними засобами захисту: комбінезонами або костюмами, шапочками, спецбілизною, шкарпетками, легким взуттям або

черевиками, рукавичками, паперовими рушниками і носовими хустками разового користування, а також засобами захисту органів дихання (фільтруючі або ізолюючі респіратори і т. ін.).

Персонал, який виконує прибирання приміщень або працює з радіоактивними розчинами або порошками (крім перерахованого спецодягу) забезпечують пластиковими фартухами і нарукавниками або напівхалатами, додатковим гумовим чи пластиковим взуттям або гумовими чобітьми [33].

При роботах забруднення особистого одягу не допускається, а якщо це відбулося, то обов'язково його дезактивують. За неможливості дезактивації забруднений особистий одяг підлягає похованню, як і радіоактивні відходи.

Лабораторії і підприємства, призначені для робіт з джерелами іонізуючих випромінювань (установки, сховища радіоактивних речовин) перед введенням їх в експлуатацію повинні бути прийнятий комісією.

Адміністрація визначає перелік осіб, які працюватимуть з джерелами випромінювання, а також інструктує і навчає їх і призначає працівників, відповідальних за радіаційний контроль, облік і зберігання цих джерел.

У кожному підрозділі адміністрація розробляє інструкції безпечного ведення робіт, обліку, зберігання і видачі джерел випромінювання, а також збору і видалення радіоактивних відходів.

Перед допуском до роботи з джерелами іонізуючих випромінювань персонал повинен пройти попередній медичний огляд.

Отже, забезпечення здорових, безпечних і високопродуктивних умов праці є важливим фактором функціонування підприємства в умовах сучасної ринкової конкуренції, а забезпечення безпеки та захисту населення на території України і поблизу її кордонів, об'єктів економіки і національного надбання держави від негативних наслідків надзвичайних ситуацій повинно розглядатися, як невід'ємна частина державної політики національної безпеки і державного будівництва, як одна з найважливіших функцій центральних органів виконавчої влади.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Для збирання коренеплодів овочевих культур на ґрунтах різних за своєю структурою і складом, зокрема середніх і важких, найперспективнішими є копачі, тобто викопувачі машини. Основні недоліки таких машин: втрачають багато коренеплодів, травмують їх, недостатньо відділяють ґрунт і рослинні рештки.

Запропоновано пристрій для викопування коренеплодів овочевих культур, який має леміш і встановлені над ним дві пари плоских дисків.

При русі машини передні плоскі диски і леміш відділяють ґрунтовий шар, у якому є коренеплоди.

Ширина вирізуваного пласта дорівнює відстані між дисками. Товщина шару ґрунту дорівнює глибині ходу лемеша.

Вирізаний пласт ґрунту задня пара дисків передає на транспортер. Бічні поверхні передніх дисків-відділювачів повинні заходити на такі ж частини задніх дисків. Обертання дисків відбувається туди, куди рухається по лемешу пласт ґрунту. Поверхні з торця у задніх дисків не протидіють руху лемешем шару ґрунту.

Диски не труться об вал, так як є зазор між їх торцями і валом.

Під час викопування обертові диски руйнують ґрунт своїми боковинами і він випадає через зазор між викопувачими елементами.

Викопані корені і ґрунт, що не відділився, та рослинні рештки рухаються на поздовжній транспортер, на якому йде інтенсивне руйнування і відділення завдяки використанні струшувача. Потім коренеплоди пересуваються на ще один елеватор вивантажувальним транспортером подаються у транспортні засоби.

Отже, розташовані над лемешем диски, утворюють своєрідний транспортер-коридор з активними боковинами. Завдяки цьому відбувається піднімання товщі ґрунту разом з коренеплодами. При такому транспортуванні коренеплодів зводиться до мінімуму пряма дія на них робочих органів (дисків і лемеша), і, як наслідок, їх травмування, особливо моркви.

Завдяки активним копачам на транспортер поступає небагато ґрунту у перемішку із коренеплодами. Це дає кращі результати для очищення коренеплодів і менші енергетичні затрати на збирання.

Технологічний процес роботи пропонованого пристрою визначається розташуванням у просторі плоских направляючих дисків.

Параметри викопуючого пристрою: радіус дисків – 0,27 м; відстань між направляючими дисками при збиранні коренеплодів моркви, залежно від умов, повинна регулюватися в межах 0,16...0,35 м.

Графічні залежності дозволяють визначити значення кінематичного параметра обертання направляючих дисків від відстані між ними. Його задають залежно від умов збирання (вид коренеплодів, глибина їх розташування в ґрунті, вологість ґрунту, схема посіву).

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Автухов І.В., Гряник Г.М. Охорона праці в сільському господарстві.- К.: Вища школа, 1970.- 216с.
2. Агейчик В.А., Доманьков В.М., Казимов А.А., Семерной В.С. Справочник механизатора-овощевода. Минск: Ураджай, 1988. 303 с.
3. Алексашин В.И., Стрыганов М.В. Механизированное возделывание моркови. Сельское хозяйство Нечерноземья, 1980. №3. С. 19-20.
4. Анцидаров Ф.Е. Машины для овощеводства. Ленинград: Колос, 1983. 288 с.
5. Бакулев Л.С., Сивашинский И.И. Разработка технологий промышленного производства овощей //Научн. тр. НИИ овощного хозяйства МСХ РСФСР, 1980. т.12-13: С. 49-58.
6. Барев Д. Механизированные прибиране на морковите. В кн.: Градинарство. София. 1974. т.16, кн. 8. С. 16-23.
7. Бирюков М.С. Методическое пособие по определению физико-механических свойств грунтов. М.: Колос, 1975.
8. Большунов В.А., Исаев Т.Н. и др. Промышленная технология возделывания капусты и моркови. Техника в сельском хозяйстве: 1982, №4. С. 6-8.
9. Валайнис В.Д. Совершенствование механизированной технологии уборки и перевозки моркови с использованием сменных кузовов. Автореф. дисс. на соиск. ученой степени канд. техн. наук, Елгава, 1990. 16 с.
10. Василенко П.М. Теория движения частицы по шероховатым поверхностям сельскохозяйственных машин. УАСХН. Киев, 1960.
11. Гевко Р.Б., Синій С.В. Розробка та дослідження малогабаритного комбайну для збирання картоплі /Інноваційні технології та інтенсифікація розвитку національного виробництва: матеріали IV міжнар. наук.-практ. конф. 30 листоп. 2017 р. Частина 1. Тернопіль: Крок, 2017. С. 95-297.
12. Герасимчик В.Г., Довбун С.М. Механизация возделывания овощных культур. Техника в сельском хозяйстве, 1982. №5. С. 11-12.
13. Герасимчик В.Т. Машины для уборки моркови. Техника в сельском

- хозяйстве, 1975. №9. С. 21-24.
14. Гогіташвілі Г.Г., Лапін В.М. Основи охорони праці. Львів: Новий світ, 2000. 230 с.
 15. Григорьева Л., Серов Н., Аригезалов И. Промышленная технология производства моркови. Сельское хозяйство Нечерноземья, 1980. №8. С. 21-23.
 16. Гридасов В.И. Обоснование параметров лемеха машины для уборки корнеплодов. Сб. н. тр. ХГАСУ, 1996. С. 76-86.
 17. Дзюба В.И. Исследование подкапывающих рабочих органов машин для уборки моркови и столовой свеклы: Дисс. канд. техн. Наук. Харьков, 1961. 176 с.
 18. Диденко Н.Ф., Хвостов В.А., Медведев В.П. Машины для уборки овощей. М.: Колос, 1994. 319 с.
 19. Дорошко И.Н. Изыскание и обоснование параметров рабочих органов подъема почвы комбинированной машины для обработки почвы и посева. Диссерт. на соиск. учен. ст. к. т. н., Киев, 1988. 150 с.
 20. Ермаков Н.Ф., Михалченков Л.А., Найдис А.И. Исследование процесса возделывания, уборки и послеуборочной обработки моркови. В кн.: Передовой опыт и достижения в науке по специализации и концентрации овощных культур и картофеля в Нечерноземной зоне. М., 1975. С. 40-43.
 21. Ермаков Н.Ф., Колгинский Ю.Л., Михалченков Л.А. Механизированная технология производства корнеплодов. Картофель и овощи, 1978. №9. С. 38-39.
 22. Инструкция по применению картофелеуборочного комбайна КТН-2М на уборке свеклы, моркови и лука. М., 1983. 32 с.
 23. Казаченко А., Виноградов В. Шумаков А, и др. Механизированная уборка моркови. Уральские нивы, 1980. №10. С. 51-52.
 24. Кальянов С. Анализ способов механизированной уборки столовых корнеплодов. Сб. Вопросы теории машин механизации сельскохозяйственного производства. Петрозаводск, 1976. С. 23-28.
 25. Климов О. Г. Оптимальные схемы посева при машинной уборке моркови. Картофель и овощи, 1977, №9. С. 20.
 26. Колчинский Ю.Л. Повышение производительности морковуборочных

- машин. Механизация и электрификация сельского хозяйства. 1977, №12. С. 37-38.
27. Колчинский Ю.Л., Михалченков Л.А. Посев под механизированную уборку корнеплодов. Картофель и овощи, 1980, №8. С. 20.
28. Конарев Ф.М. Ротационные почвообрабатывающие машины и орудия. М.: Машиностроение, 1983. 139 с.
29. Кузнецов А., Карабута В. и др. Механизация возделывания и уборки моркови. Уральские нивы, 1975. №9. С. 59-61.
30. Костюлин В.П. Машинная уборка моркови // Науч. тр. НИИ овощного хозяйства ИСХ РСФСР, 1977. Т.9. С. 16-18.
31. Кулибаба А.Р. Экспериментальное исследование макета двухрядной машины для уборки столовых корнеплодов. В кн.: Совершенствование процессов и средств производства овощей и картофеля. Л., 1981. С. 77-82.
32. Стельмащук В.В. Пристрій для викопування коренеплодів овочевих культур / В.В. Стельмащук, А.Р. Миколаєвич // Актуальні задачі сучасних технологій: зб. тез доповідей, том I IX міжнар. наук.-техн. конф. молодих учених та студентів (Тернопіль, 25-26 листопада 2020. Тернопіль. ТНТУ, 2020. С. С. 96-97.
33. Цивільна оборона. Підручник / За редакцією полковника В.С. Франчука. 2001. 256 с.
34. Хомик Н.І. Технологія виробництва і переробки сільськогосподарської продукції: курс лекцій / Н.І. Хомик, Н.Б. Гаврон, Н.А. Рубінець. Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2016. 248 с.
35. Хомик Н.І. Основи агрономії. Курс лекцій / Н.І. Хомик, А.Д. Довбуш., В.П. Олексюк. Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2015. 300 с.
36. Хомик Н.І. Методичний посібник до виконання дипломної роботи для здобуття освітнього ступеня «магістр» для спеціальності 133 Галузеве машинобудування / Н.І. Хомик, М.Я. Сташків, В.П. Олексюк. Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2018. 164 с.
37. Бандура А.И., Савин А.М., Шабельник Б.П., Гридасов В.И. Комбайны на уборке кормовой свеклы. - М., Журнал "Кормопроизводство", №8, 1983.- С. 23-24.