

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ САДІВНИЦТВА
Інженерно-технологічний факультет
Кафедра агроінженерії

Допущено до захисту
“ ____ ” _____ 20 ____ р.
Зав. кафедри к.т.н., доцент
(науковий ступінь, вчене звання)

(підпис) Андрій ВОЙТІК
(ініціали, прізвище)

ДИПЛОМНА РОБОТА

магістр

(освітній рівень)

тема роботи **«ОБГРУНТУВАННЯ КОНСТРУКЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ
ПАРАМЕТРІВ РОБОЧОГО ОРГАНУ МАШИНИ ДЛЯ ВИКОПУВАННЯ
СТОЛОВИХ КОРЕНЕПЛОДІВ»**

Виконав: студент 2 курсу, групи 22м-ім
освітньої програми магістр
спеціальності 208
«Агроінженерія»
Кирилюк Р.І.
(прізвище та ініціали)

Керівник к.с.н., доцент, Кутковецька Т.О.
(науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

м. Умань – 2024 рік

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ САДІВНИЦТВА
Інженерно-технологічний факультет
Кафедра агроінженерії

Освітня програма _____ магістр _____
Спеціальність _____ 208 «Агроінженерія» _____
(код і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
_____ **Андрій ВОЙТІК**
“ ____ ” _____ 20 ____ р.

З А В Д А Н Н Я НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ

студенту _____ **Кирилюку Руслану Ігоровичу** _____
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Обґрунтування конструкційно-технологічних параметрів робочого органу машини для викопування столових коренеплодів»

керівник роботи _____ **Кутковецька Т.О., к.е.н., доцент** _____
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від
“ 14 ” листопада 2024 р. № 01-06/261

2. Строк подання студентом роботи _____ 22.11.2024 р.

3. Вихідні дані до роботи: навчальна, наукова та періодична література за темою роботи; напрацювання науковців щодо конструкцій робочих органів машин для викопування столових коренеплодів.

4. Перелік питань, які потрібно розробити: вступ; аналіз відомих машин та конструкцій робочих органів для викопування столових коренеплодів; теоретичні та експериментальні дослідження функціонування комбінованого ґрунтообробно-посівного агрегата; охорона праці; економічна ефективність застосування нового робочого органу для викопування довгоплідних столових коренеплодів.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): підготувати ілюстративний матеріал у вигляді презентації (до 20 слайдів) як додаток до доповіді за темою дипломної роботи: мета і завдання дослідження;

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	Прокопенко Е.В., доцент		
Техніко-економічне обґрунтування	Кутковецька Т.О., доцент		

7. Дата видачі завдання 20 серпня 2024 року**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	При- мітка
1.	Підбір та вивчення літературних джерел, підготовка вступу	12.09.2024 р.	
2.	Розділ 1. Сучасний стан досліджуваного питання. Мета і завдання досліджень	26.09.2024 р.	
3.	Розділ 2. Теоретичні дослідження	11.10.2024 р.	
4.	Розділ 3. Експериментальні дослідження	31.10.2024 р.	
5.	Розділ 4. Охорона праці	08.11.2024 р.	
6.	Розділ 5. Техніко-економічне обґрунтування	19.11.2024 р.	
7.	Виконання ілюстративної частини роботи	21.11.2024 р.	
8.	Представлення роботи керівнику на перевірку	22.11.2024 р.	

Студент

(підпис)

Кирилюк Р.І.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Кутковецька Т.О.

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Кирилюк Р.І. Обґрунтування конструкційно-технологічних параметрів робочого органу машини для викопування столових коренеплодів (Дипломна робота, Уманський національний університет садівництва, 2024: пояснювальна записка на 55 сторінках, у т.ч. 5 розділів, 30 рисунків, 4 таблиці, 22 джерела літератури).

На основі аналізу та узагальнення відомих конструкцій робочих органів для викопування довгоплідних столових коренеплодів і теоретичних розрахунків наведено нову конструкцію робочого органу для їх викопування.

Обґрунтовано параметри робочого органу і конструкційно-технологічну схему технічного засобу для викопування довгоплідних столових коренеплодів.

Об'єкт дослідження – процес викопування коренеплодів та деблокувальні робочі органи для викопування довгоплідних столових коренеплодів.

Предмет дослідження – взаємодія робочих органів із середовищем і залежність якості роботи та витрат енергії на викопування довгоплідних столових коренеплодів від конструкційних параметрів робочих органів з активним приводом і режимів роботи.

Мета роботи – зменшення витрат енергії на збирання довгоплідних столових коренеплодів шляхом обґрунтування параметрів робочих органів і створення технічного засобу для малоенергоємного їх викопування.

Ключові слова: СТОЛОВІ КОРЕНЕПЛОДИ, РОЗДІЛЬНИЙ СПОСІБ ЗБИРАННЯ, ДВОЯРУСНИЙ РОБОЧИЙ ОРГАН, ДЕБЛОКАТОР, ДОДАТКОВЕ КРИШЕННЯ ҐРУНТУ.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
РОЗДІЛ 1. СУЧАСНИЙ СТАН ПИТАННЯ І ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	8
1.1. Аналіз розвитку машин для збирання столових коренеплодів.....	8
1.2. Аналіз конструкцій робочих органів для викопування довгоплідних столових коренеплодів.....	14
1.3. Обґрунтування конструкції нового робочого органу для викопування довгоплідних столових коренеплодів.....	18
1.4. Мета і завдання дослідження.....	20
Висновки по розділу.....	21
РОЗДІЛ 2. ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ	22
2.1. Загальна постановка проблеми та проектування деблокувального робочого органу.....	22
2.2. Дослідження конструкційно-технологічних параметрів деблокатора ґрунту.....	26
2.3. Обґрунтування конструкційно-технологічних параметрів деблокувального робочого органу для викопування довгоплідних столових коренеплодів.....	32
Висновки по розділу.....	35
РОЗДІЛ 3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	36
3.1. Опис конструкції експериментальної установки та методика проведення досліджень.....	36
3.2. Енергетичні показники процесу викопування довгоплідних столових коренеплодів.....	38
Висновки по розділу.....	40
РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ.....	42
4.1. Організація та заходи з охорони праці в господарстві.....	42
4.2. Моделювання виробничих небезпек при роботі з машинно-тракторним агрегатом.....	43
Висновки по розділу.....	44

РОЗДІЛ 5. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ НОВИХ РОБОЧИХ ОРГАНІВ ПРИ ВИКОПУВАННІ ДОВГОПЛІДНИХ СТОЛОВИХ КОРЕНЕПЛОДІВ.....	45
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	51
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	53

ВСТУП

Науково-обґрунтованою річною нормою споживання овочів однією людиною в Україні за розрахунками Міністерства охорони здоров'я має бути 161кг, з них 15,5кг столової моркви. За останній період 86% овочів вирощують дрібнотоварні виробники.

Така ситуація зумовлює необхідність створення технічних засобів для агрегування з тракторами малої потужності, які використовуються в дрібнотоварних господарствах, що спеціалізуються на виробництві овочів.

У виробництві столової моркви найбільш трудомісткою операцією є збирання урожаю. Частка затрат праці на збирання урожаю в структурі затрат становить близько 70%. На викопуванні використовують картоплекопачі, бурякопідіймачі, скоби, які є енергоємними і пошкоджують коренеплоди столової моркви особливо довгоплідних сортів і гібридів.

Відсутність відповідних технічних засобів призводить до різкого зростання затрат ручної праці, і як наслідок, – скорочення посівних площ столової моркви.

У зв'язку з цим розроблення малоенергоємних технічних засобів для викопування столових коренеплодів, використання яких забезпечить зменшення витрат енергетичних ресурсів і пошкодження коренеплодів, є актуальною науково-технічною проблемою.

РОЗДІЛ 1

СУЧАСНИЙ СТАН ПИТАННЯ І ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1. Аналіз розвитку машин для збирання столових коренеплодів.

Питаннями удосконалення конструкцій викопувальних робочих органів для збирання коренеплодів присвячені роботи Г.М. Сінеокова, М.Ф. Діденка, В.М. Булгакова, Л.В. Погорілого та інших вчених [13].

В результаті аналізу відомих робочих органів, які використовуються в конструкціях технічних засобів для викопування коренеплодів, встановлено їх основні недоліки і визначено напрями їх удосконалення.

Створення української сільськогосподарської техніки сучасного технічного рівня – це складний процес, що пов’язує послідовне використання проектування, конструювання та виготовлення техніки і який вимагає на кожному етапі цілеспрямованих, взаємопов’язаних, всебічно обґрунтованих дій [5, 6].

В Україні роботи із створення машин для збирання столових коренеплодів (морква, столовий буряк, редька та ін.) розпочаті в 1950 р. Була створена однорядна машина УКШ-1, яка складалась з підкопувальної лапи, шарнірно встановлених пруткових гичкопідіймачів, брального механізму, що складалась з двох втулко-роликових ланцюгів з накладками із прогумованого паса, вирівнювального механізму з дисковим ножом, гичковідвідного пристрою та завантажувального конвеєра [19].

У комплекс машин для механізації сільськогосподарського виробництва 1971-1975 рр. були включені навісні бурякопідіймачі до тракторів кл. 0,6-1,4 – СНУ-3С, СНС-2М для часткового механізованого збирання столових коренеплодів, а до самохідних шасі кл. 0,6 – знаряддя ОПКШ-1,4 для підкопування столових коренеплодів. Якщо на підкопування столових коренеплодів лопатами вручну затрачалося до 15 люд.-днів/га, то застосування вищеперерахованих знарядь скоротило затрати праці до 0,1-0,2 люд.-днів [6].

В системі машин на 1976-1980 рр. були скомплектовані комплекси машин для збирання столових коренеплодів [20]. Застосування машини ЕМ-11 дало

можливість механізувати підкопування коренеплодів, транспортувати їх до апарата, який відминав гичку і транспортував коренеплоди в транспортний засіб.

Машина ЕМ-11 задовільно працювала на полях з легким ґрунтом і при збиранні коренеплодів з добре розвинуеною гичкою (рис. 1.1). Оскільки в Україні столові коренеплоди вирощують здебільшого на важких ґрунтах і коренеплоди мають слаборозвинену гичку, яка до того ж дуже часто пошкоджується ранніми приморозками, тому були проблеми з широким застосуванням цих машин.



Рисунок 1.1 – Загальний вигляд машини для збирання столових коренеплодів на рівній поверхні з обрізуванням гички, очисткою та завантаженням коренеплодів у транспортний засіб ЕМ-11

У період 1981-1990 рр. для збирання столових коренеплодів промисловість освоїла виробництво вітчизняних однорядних машин ММТ-1 (рис. 1.2) [20].

Вони мали замінити машину ЕМ-11 виробництва НДР.

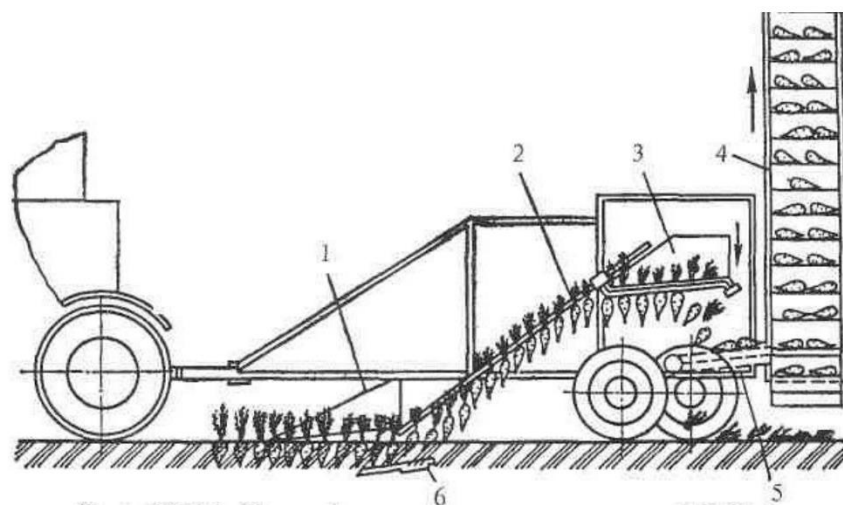


Рисунок 1.2 – Функціональна схема машини ММТ-1

Основними енергетичними засобами для агрегатування із спеціалізованими машинами в овочівництві на період 1981-1985 рр. передбачували трактори кл.1,4, а на період 1986-1995 рр. – кл.1,4-2. Частина машин для збирання овочевих культур розроблялися самохідними (потужність двигуна 78-110 кВт) [20].

У таблиці 1.1. наведено порівняльні характеристики машин, які створювалися в період із 1971 до 1995 року [6].

Таблиця 1.1 – Порівняння технічних характеристик машин для викопування столових коренеплодів за системами машин для комплексної механізації сільськогосподарського виробництва різних років

№ п/п	Система машин рр.	Назва машин	Марка	Трактор кл. тяги і привод, кВт	Продуктивність, га/год	Кількість обслуговуючого персоналу	Стан з виробництвом
1	1971-1975	Бурякопідіймач начіпний з підкопуючими лапами та широкозахватною скобою для широкополосних посівів	СНУ-3С	0,6-1,4	0,7	1	В
2		Бурякопідіймач начіпний	СНС-2М	0,6	0,37	1	В
3		Знаряддя для підкопування коренеплодів на каменистих ґрунтах	ОПКШ-1,4	0,6	0,6	1	В
4	1976-1980	Знаряддя для підкопування коренеплодів на кам'янистих ґрунтах (модифікація ОПКШ-1,4)	-	Самохідне шасі	1,1	1	Н
5		Машина для збирання столових коренеплодів на рівній поверхні з обрізуванням гички, очисткою та завантаженням коренеплодів у транспортний засіб	ЕМ-11	1,4	0,2-0,35	2	В
6	1981-1990	Машина для збирання столових коренеплодів	ММТ-1	1,4	0,07-0,2	2	В
7		Машина дворядна для збирання столових коренеплодів	Е-825	1,4-2	0,27-0,45	2	1981-ДВ 1986- В 1990- В
8		Машина багаторядна для збирання столових коренеплодів	-	Самохідна 74-110 кВт (100-150к.с.)	0,63	2	1981-Н 1986-Р 1990- В
9	1986-1995	Машина для збирання столових коренеплодів	Е-825	1,4-2	0,27-0,45	2	В
10		Копач-завантажувач коренеплодів	КПК-3	1,4	0,34-0,68	1	1986-Н 1991-Р 1995- В
11		Машина для збирання столових коренеплодів	МУК-1,8	74-110 кВт	0,5-0,7	2	1986-ДВ 1991- В 1995- В
12		Машина для збирання столових коренеплодів	МУК-1,8-01	74-110 кВт	0,5-0,7	2	1986-Н 1991- В 1995- В
13		Машина для збирання столових коренеплодів	МУК-1,8-02	74-110 кВт	0,54-0,72	2	1986-Н 1991- В 1995- В

Науковцями ННЦ «ІМЕСГ» були розроблені викопувальні пристрої ПУМ-2 до картоплезбиральних машин, які застосовувались для збирання столових коренеплодів. На промислових підприємствах України було виготовлено 100 шт. таких пристосувань [20].

Коренезбиральну машину Е-825 використовували для збирання двох рядків моркви, столових буряків та інших коренеплодів. Вона складається з гичкопідіймача 7 (рис. 1.3), підкопувальних лемешів 8, брального апарата 6, гичковідокремлювального апарата 5, позовжнього конвеєра 3, пальчастого стрічкового конвеєра 1, поперечного конвеєра 4, вивантажувального елеватора 2, опорних коліс, рами, механізмів привода, кабіни з органами керування та причіпного пристрою [20].

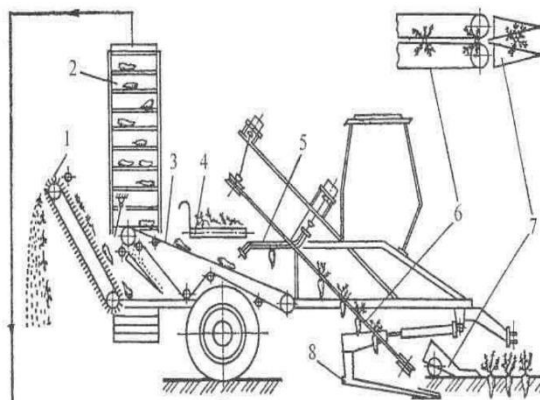


Рисунок 1.3 – Схема коренезбиральної машини Е-825:

1 – пальчастий конвеєр; 2, 4 – конвеєр; 3 – сепарувальний елеватор; 5, 6 – гичковідокремлювальний і бральний апарати; 7 – гичкопідіймач, 8 – леміш

Під час руху машини вздовж рядків гичкопідіймачі 7 піднімають і спрямовують гичку до бральних апаратів 6, які являють собою клинозубчасті паси. Внутрішні ланки цих пасів захоплюють коренеплоди за гичку. Одночасно коренеплоди підкопуються лемешами 8. Бральні апарати витягують коренеплоди з ґрунту і переміщують їх до гичковідокремлювального апарату 5, де гичка відривається і падає на конвеєр 4, коренеплоди падають на конвеєр 3. Останній переміщує коренеплоди на пальчастий конвеєр 1, який виділяє залишки гички,

грудочки та інші домішки, а коренеплоди попадають на елеватор 2 і завантажуються у транспортний засіб.

Одним із факторів успішного зберігання столових коренеплодів є вчасні строки збирання. Пізнє збирання сприяє зниженню втрат при зберіганні столових коренеплодів, тому пізно зібрані коренеплоди закладають на довгострокове зберігання. Для закладки на зимове зберігання столові коренеплоди починають збирати не раніше як середньодобова температура знизиться до 10–12 ° С і закінчують до настання стійких приморозків. У такому випадку збирати столові коренеплоди пропонується роздільним способом [20].

В Україні виробництвом овочевої продукції, в тому числі столових коренеплодів, займаються невеликі господарства, що становить більше 80 % від всього обсягу виробництва коренеплодів. Таким господарствам для вирощування та збирання необхідне відповідне технічне забезпечення. В сьогоденні час більшість господарств України при збиранні столових коренеплодів застосовують імпортні машини, багато господарств не мають змоги придбати дорогу зарубіжну техніку, а вітчизняна застаріла і потребує оновлення [21].

На даний час в Україні починають здійснюватись наміри щодо відновлення сільськогосподарського машинобудування, що дасть змогу впроваджувати нові розробки робочих органів і машин для збирання столових коренеплодів. У новій системі машин 2012 року для збирання столових коренеплодів пропонують універсальну машину для збирання столових коренеплодів та цибулі-ріпки [1].

У залежності від призначення вирощуваної продукції, парку машин збиральної техніки використовують різні способи механізованого збирання моркви. Перший спосіб – збирання машинами з робочими органами брального типу (морква, призначена для реалізації в торговельну мережу, підприємства харчування, тобто там, де користуються попитом коренеплоди з видовженою формою) [5].

При збиранні машинами брального типу не вимагається попереднього видалення бадилля, а при збиранні комбайнами необхідно проводити попереднє видалення бадилля. В обох випадках необхідно забезпечити чистоту посівів від бур'янів. В особливій мірі чистота від бур'янів має бути при роботі машин

брального типу, тому що дані машини працюють в автоматичному режимі відстеження рядка рослин, і при наявності бур'янів копір рядка може відхилитися в сторону [3].

Збирають столові коренеплоди, в основному, машинами спеціального призначення вибіркоким, суцільним і комбінованим способами. Для збирання цибулі застосовують копачі ЛКГ-1,4 і ЛКП-1,8. Моркву і столові буряки збирають відповідно машинами УКМ-2, УКМ-1, МСІС-1, ММТ-1М, ЕМ-11 і Е-825 [3].

Із вітчизняних машин для викопування довгоплідних столових коренеплодів поширений комбайн «Веста» (рис. 1.4).

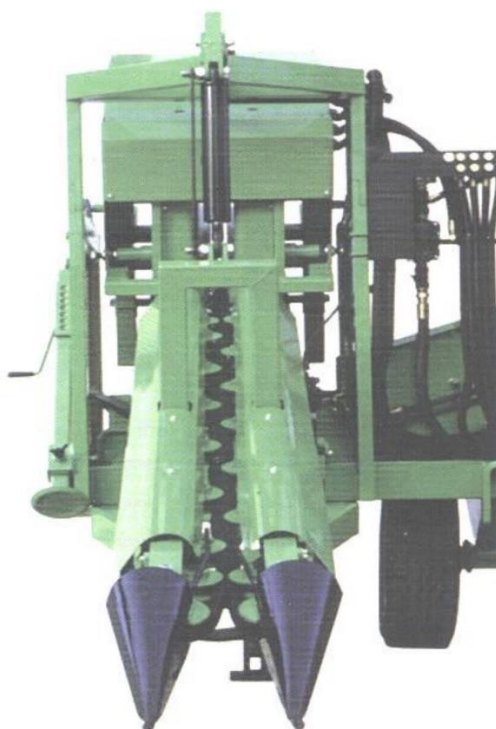


Рисунок 1.4 – Загальний вигляд комбайна для збирання моркви Веста-1

Із закордонних комбайнів брального типу часто зустрічаються машини фірми Asa-Lift, яка випускає начіпні, напівначіпні та причіпні комбайни для збирання моркви (рис. 1.5). Комбайн для збирання моркви Asa-Lift збирає моркву 26 з одночасним вивантаженням на транспортний засіб (елеваторного типу), або з накопиченням в бункер місткістю від 2 т до 4 т, або в контейнера, встановлені на майданчику [5].



Рисунок 1.5 – Загальний вигляд комбайна для збирання моркви Asa-Lift

Друга технологія збирання моркви виконується за допомогою підкопувальних приставок на картоплезбиральних комбайнах (короткі коренеплоди з потовщеною формою типу Шантане для промислового перероблення).

1.2. Аналіз конструкцій робочих органів для викопування довгоплідних столових коренеплодів.

Копачі є найважливішими робочими органами машин для збирання столових коренеплодів. Від якості їх роботи вирішальним чином залежить ефективність конструкції всієї машини, тому до них пред'являються чисельні і досить жорсткі вимоги. Копачі повинні забезпечувати руйнування зв'язку коренеплодів з ґрунтом, вилучення їх з ґрунту без пошкоджень і втрат, передачу на очисні робочі органи машини з можливо меншою кількістю ґрунтових домішок на коренеплодах і у вільному вигляді. Оскільки ці операції пов'язані з великими витратами енергії, необхідно також добиватися її мінімізації. Обов'язковими є також вимоги високої технічної та технологічної надійності в різних природно-виробничих умовах – сухі і вологі ґрунти різного механічного складу, засмічених полів і т. п. Окрім конструкційних особливостей копачів, ефективність їх роботи істотно залежить від ґрунтово-погодних умов, характеру росту коренеплодів, рівномірності їх розподілу в рядку і вирівняні, розмірних характеристик, а також вибору регульованих параметрів, особливо заглиблення в ґрунт, і режимів руху [4, 13].

Копачі як і гичкозрізаючі апарати пройшли довгий шлях еволюції і, як ми побачимо далі, процес їх вдосконалення та розвитку ще триває. Не претендуючи на історичну точність, ретроспективне уявлення розвитку вильчисто-лемішних копачів (від ручного копання до знаряддя на кінській робочій силі) нами представлено на рисунку 1.6. Істотна різниця між бурякопідйомниками і копачами з'явилася тоді, коли виникла необхідність одночасно з викопуванням коренеплодів підбирати їх з поверхні поля і передавати на конвеєр-очишувач коренекочача або комбайна [13].

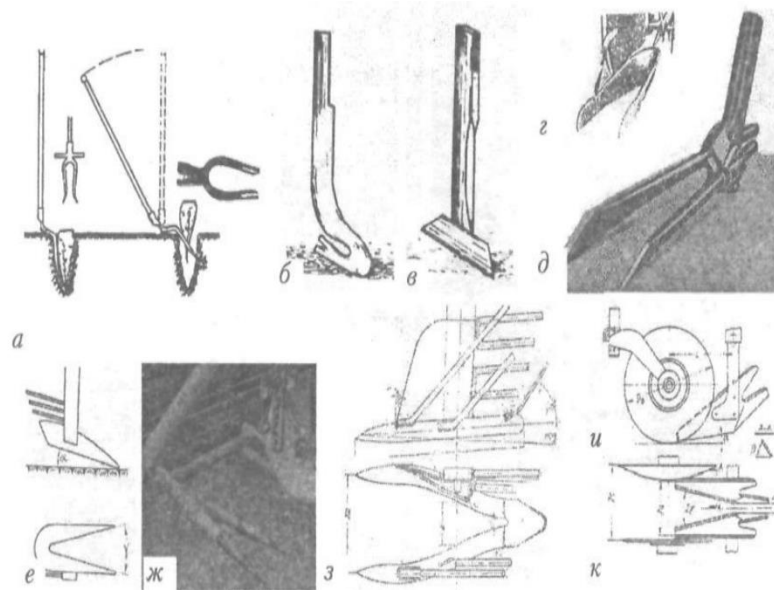


Рисунок 1.6 – Розвиток конструкцій вильчисто-лемішних копачів: *а, б, г, д, ж, з* – еволюція ручного копача у вильчастий копач; *в, е, и, к* – еволюція одностороннього лемішного бурякопідіймача в 2-х лемішний замкнутий (*з*) і роз'ємний (*и*) копач

Найпростіші копачі відносно надійно працювали в досить сприятливих умовах: на ґрунтах середньої вологості і чистих від бур'янів плантаціях. При відхиленні від таких умов технологічна надійність їх різко знижувалася, в основному через забивання вологим ґрунтом і рослинними залишками (бур'янами і відмерлим бадиллям). Крім того, процес викопування замкнутими ззаду вилками або лемішами при роботі на сухих і твердих ґрунтах супроводжувався обламуванням хвостової частини коренеплодів [13].

Пізніше, щоб підвищити технологічну надійність, почали застосовувати розімкнуті лемішні копачі з гострим або тупим кутом входження у ґрунт. Невеликий просвіт між задніми кінцями леміша в таких копача дозволяв вільно проходити

хвостовій частині коренеплоду, а також деякої частини ґрунту з рослинними залишками. Затиснений в зоні великого діаметра коренеплід у процесі поступального переміщення копача витягувався з ґрунту. Перед вилками і лемішами встановлювали вертикальні диски для розрізання рослинних залишків і прорізування верхнього шару ґрунту з метою полегшення просування леміша та зниження комкоутворення. На лемішах з тупим кутом входження рослинні залишки менше нависають, тому необхідність в установлених перед копачами вертикальних дисків тут менша. Щоб подолати ці труднощі і поліпшити розрізування бур'янів та бадилля, передню частину леміша (рис.1.7) забезпечили збільшеними піднятими вгору загостреними передніми частинами, які більш активно розрізають бур'яни і пласт ґрунту та перешкоджають нависанню на його стійках-стовбах рослинних залишків. Для підвищення надійності підбору викопаних коренеплідів і надходження їх на очищувач над лемешем встановлювали активні коренезабірники у вигляді притискних конвеєрів з бічними обмежувальними прутками або бітери з еластичними лопастями. Останнє рішення знаходить широке застосування і в сучасних машинах [13].

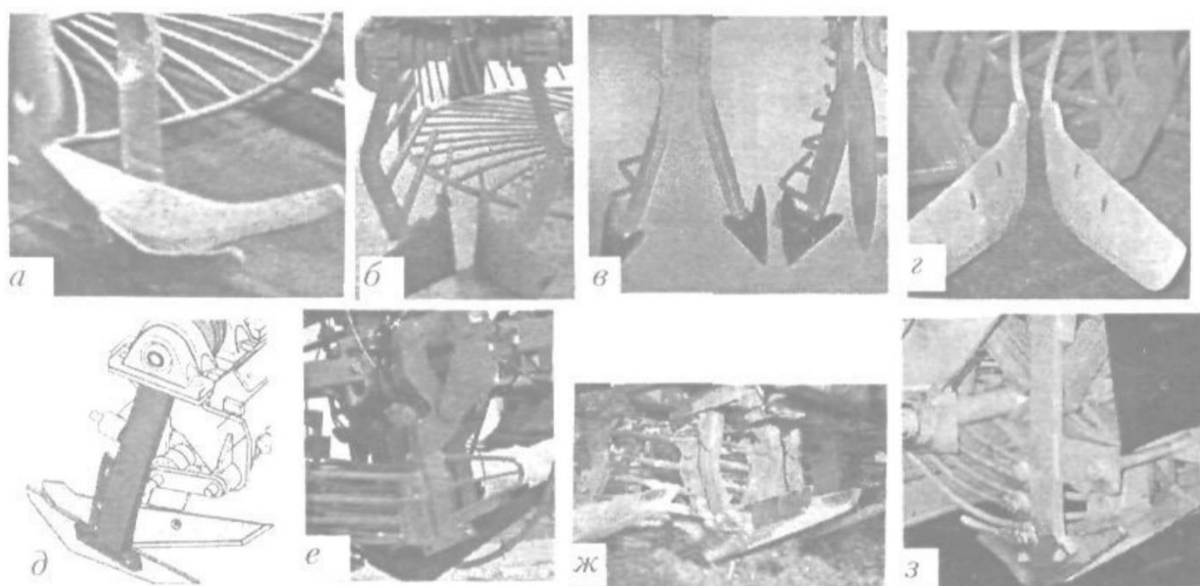


Рисунок 1.7 – Розвиток конструкцій лемішного копача європейського типу:

а – пасивний копач; *б-д* – коливально-лемішні копачі; *е, з* – копачі з додатковим пристроєм; *і* – копач фірми «Рона» (ФРН) з підпружиненими лемешами і опорними колесами

Конструкції дискових копачів розвивалися як альтернатива лемішним копачам (які давали помітні втрати обламаними хвостами і високу засміченість вороху грудками) для роботи як на твердих ґрунтах (променеві, США), так і з суцільним ободом (згодом приводні) для більш вологих європейських ґрунтів (рис. 1.8, а-г).

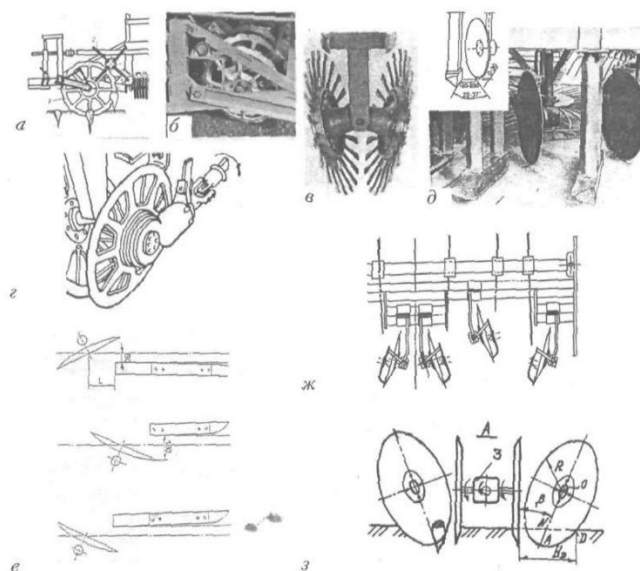


Рисунок 1.8 – Розвиток конструкцій дискових копачів: *а, б* – конструкція пасивних дискових копачів з бітером; *в* – дисковий променевої копач (США); *г* – приводний дисковий копач; *д, ж* – комбінований дисково-полозовий копач («євродиск»); *з* – комбінований дисковий копач (Р. Гевко)

У Франції з переважаючими легкими та середніми суглинками і вологими умовами в період збирання був створений копач з одним пасивним, поставленим під кутом до напрямку руху диском і пасивним полозком-лижею (рис. 1.8, д-ж). Цей простий копач набув широкого поширення в різних конструкційних варіантах під назвою «євродиск». Такі копачі встановлюються на багаторядних машинах таким чином, щоб у роботі вся рамка з копачами могла вільно спиратися на ґрунт і обмежено переміщатися в поперечному напрямку, слідуючи напрямку рядків. При цьому лижі служать одночасно обмежувачами глибини ходу копачів і направляють копач уздовж рядків коренеплодів. Однак на сухих і твердих ґрунтах ці копачі малопридатні для використання, тому що сприяють обламуванню хвостової частини і засміченню грудками ґрунту [13].

Подальше збільшення активності копачів (виконуюче зусилля для кращого руйнування грудок, зниження тягового опору і підвищення повноти викопування) було надалі досягнуто за рахунок створення діючих на коренеплід активних витягаючих сил за допомогою приведення копачів в низькочастотний коливальний рух (рис.1.8). При цьому частота коливань завдяки вдосконаленню привідних механізмів зросла за останні 45 років з 2,5-3,0 Гц до 10-12 Гц. Це забезпечило вищі технологічні показники в порівнянні з пасивними, особливо при роботі на вологих ґрунтах.

В Україні в 1970-ті роки розроблений ротаційно-вильчатий копач, який добре працював на легких і середніх ґрунтах при невисокій врожайності. Для активізації його роботи ротаційні вилки намагалися виконувати у вигляді фігурних рогів [13].

1.3. Обґрунтування конструкції нового робочого органу для викопування довгоплідних столових коренеплодів.

Затрати праці на збирання столових коренеплодів складають до 70 % від усіх затрат на їх виробництво [17].

Через ранні заморозки в першій половині жовтня фермерські господарства України, які займаються товарним вирощуванням овочевих культур, зокрема столової моркви, не встигають вчасно зібрати урожай машинами брального типу через пошкодження морозом гички і бувають не підготовлені до застосування роздільного способу збирання, що призводить до великих затрат ручної праці (рис. 1.9) [17].

Для роздільного збирання столової моркви використовують машини, які попередньо зрізують гичку і доочищують голівки коренеплодів на пні. Для підкопування коренеплодів використовують картоплекопачі, які викопують моркву і кладуть її у валок з подальшим підбором і розфасовкою моркви в сітки вручну безпосередньо на полі або при наявності використовують машини, які викопують моркву та вантажать її в транспортні засоби, що рухаються поруч з подальшим їх транспортуванням в пункт сортування, доробки та розфасовки [17].

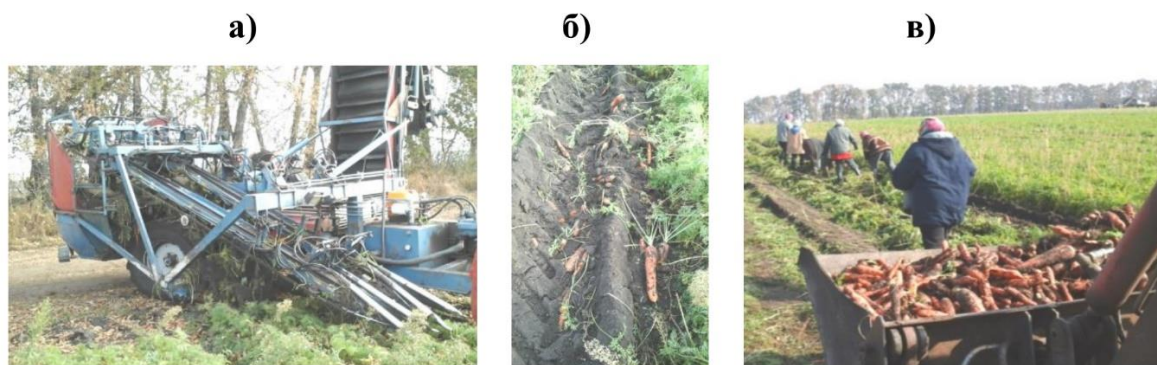


Рисунок 1.9 – Збирання моркви машиною брального типу після перших приморозків: а) комбайн брального типу під час викопування довгоплідної столової моркви; б) втрати після проходу комбайна; в) ручне дозбирування столової моркви

Проблеми виникають при викопуванні столової моркви довжиною до 35 см через великі витрати енергії на відрив пласту ґрунту з коренеплодами. Відомо, що тяговий опір є основним енергетичним показником. Академік В.П. Горячкін дійшов висновку, що на опір плуга впливають три основні сили: сили тертя об ґрунт, сили на деформацію ґрунту і сили, що витрачаються на відкидання скиби ґрунту вбік. Він назвав цю формулу раціональною, бо вона представлена раціональним алгебраїчним виразом і суть її є раціональною з погляду механіки [7].

$$P_{\text{заг}} = K_{\text{лез}} \cdot v + K_{\text{деф}} \cdot v \cdot h + v \cdot h \cdot l \cdot \gamma \cdot \text{tg}(\alpha + \varphi) + \frac{v \cdot h}{g} V_m^2 \cdot \gamma \cdot \sin \alpha \cdot \text{tg}(\alpha + \varphi), \quad (1.1)$$

При відриві шару ґрунту з коренеплодами підкопувальним лемешем найбільш енергозатратним є другий член формули, який виражає опір, зумовлений деформацією скиби завтовшки a і завширшки b , а коефіцієнт K є питомим опором ґрунту [7, 17].

Для зменшення енергозатрат на деформацію ґрунту нами запропоновано, розроблено та виготовлено робочий орган для деблокування рядка з коренеплодами, щоб зменшити затрати енергії на підкопування цього рядка лемешем [12, 15].

Особливістю цього робочого органу є різальні-деформувальні ножі, заточка яких сконструйована з ребром звороту (рис. 1.10). При русі робочого органу

зубчасті ротори 2 і 3, напрям вектора колової швидкості яких у нижній частині збігається з напрямом руху копача, одночасно з лемешем 1 заглиблюються у ґрунт на глибину залягання коренеплодів. Зубчасті ротори робочими поверхнями 4 зубів 5 і лемеша концентрують елементарні сили взаємодії в зоні коренеплодів, в результаті чого відбувається розкришення ґрунту разом з виділенням скиби з коренеплодами, сепарація їх від ґрунту в умовах деблокованого різання.

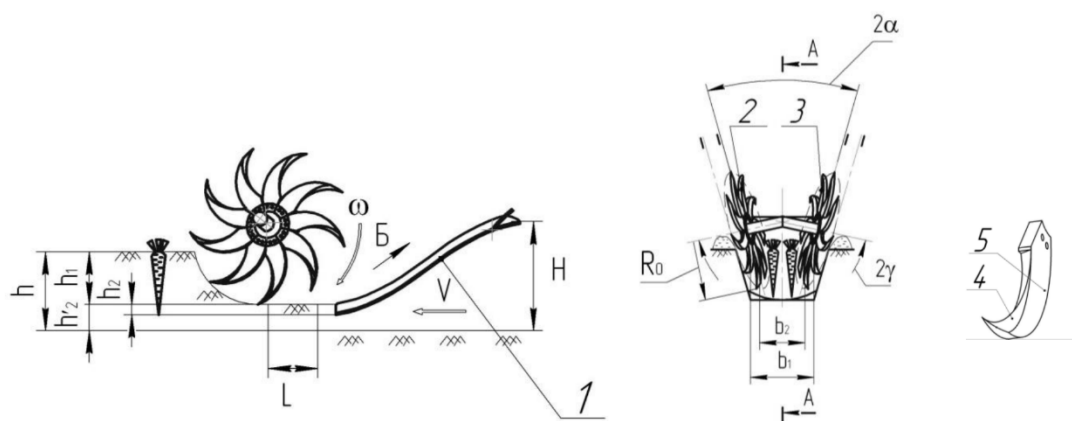


Рисунок 1.10 – Схема робочого органу копача довгоплідних столових коренеплодів та його зуб з ребром звороту

Сумісна дія робочих поверхонь лемеша і зубчастих роторів призводить до виникнення підйимальної сили, яка спричиняє до ефективні руйнівні деформації розтягу ґрунту, а не його стиску, що забезпечує мінімальний тяговий опір робочого органу. Розпушена скиба ґрунту втрачає частково свій об'єм на задній прутковій частині лемеша, а коренеплоди із залишками ґрунту подаються на сепарувальний конвеєр для остаточного очищення.

1.4. Мета і завдання дослідження.

Метою дослідження є зменшення витрат енергії на збирання довгоплідних столових коренеплодів шляхом обґрунтування параметрів робочих органів і створення технічного засобу для малоенергоємного їх викопування.

Відповідно до поставленої мети визначено такі завдання досліджень:

- проаналізувати відомі технічні рішення для механізації викопування довгоплідних столових коренеплодів;

- провести теоретичні дослідження процесу малоенергоємного викопування довгоплідних столових коренеплодів з використанням активних робочих органів;
- обґрунтувати конструкційно-технологічну схему деблокувальних робочих органів для викопування довгоплідних столових коренеплодів;
- дослідити вплив параметрів робочих органів і режимів роботи на енергетичні показники процесу викопування довгоплідних столових коренеплодів;
- провести техніко-економічну ефективність застосування нових робочих органів при викопуванні довгоплідних столових коренеплодів.

Висновки по розділу.

В першому розділі проведено аналіз машин та конструкцій робочих органів для викопування довгоплідних столових коренеплодів та обґрунтовано вибір конструкційної схеми робочого органу для їх викопування.

Визначено, що для зменшення втрат під час збирання урожаю довгоплідних столових коренеплодів довжиною до 35см, особливо в період після заморозків, ефективним є механізоване збирання роздільним способом із застосуванням технічних засобів з перспективними робочими органами запропонованої нами конструкції, а саме із застосуванням зубчасто-дискових деблокаторів ґрунту, розташованих з обох боків підкопувальних лемешів.

РОЗДІЛ 2

ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1. Загальна постановка проблеми та проектування деблокувального робочого органу.

Удосконалення і подальший розвиток ґрунтообробних знарядь у значній мірі визначається ступенем геометричної досконалості їх робочих поверхонь. Оптимальна форма таких поверхонь зумовлюється тими фізичними умовами, в яких вони функціонують. Сьогодні на практиці ця форма визначається емпіричним шляхом. Тому виникає потреба в розроблені сучасного метода моделювання формоутворенням поверхонь з аналітичним записом кривих обводів і поверхонь ґрунтообробних знарядь, який дає не тільки геометричну структуру, але і їх фізичну сутність.

Існують два принципових підходи до конструювання:

- предметний (прототипний);
- функціональний (системний), коли пошук відбувається в усіх можливих напрямках удосконалення конструкції (технологічному, енергетичному, економічному і т.п.).

Функціональний підхід має на увазі відділення функції від прототипів і самостійне їх існування для проектування принципово нових конструкцій (безпрототипне проектування), що є характерним для принципово нового напрямку проектування технічних об'єктів.

Існують три види умов різання ґрунту: блоковане; напівблоковане; деблоковане.

За умов деблокованого різання підрізання здійснюється тільки в позиції дна борозни або глибини викопування коренеплодів (рис. 2.1).

Для обґрунтування способу малоенергомісткого виділення скиби ґрунту з коренеплодами під час їхнього збирання в подальшому розглянемо систему «ґрунт-коренеплід-робочий орган» на підставі функціонального підходу для знаходження

нових, більш ефективних варіантів виконання об'єктом, що досліджується, його робочих функцій.

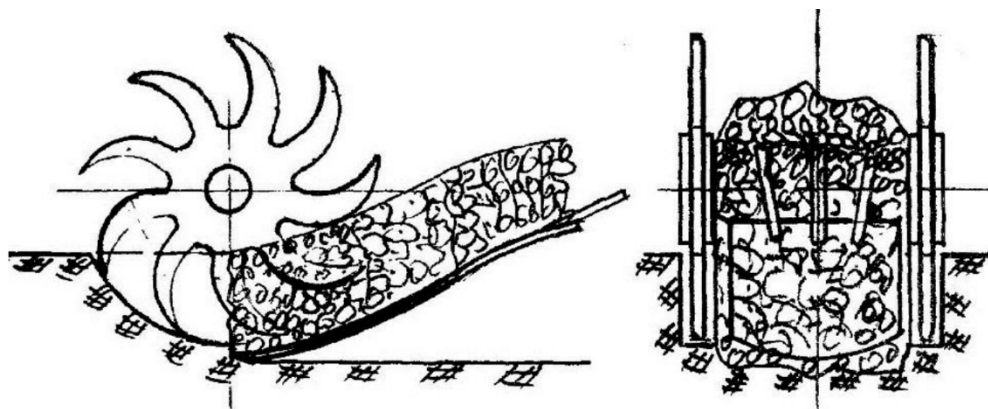


Рисунок 2.1 – Схема деблокованого різання

Приклад концептуального моделювання і конструювання (з базами знань) мінімально енерго- достатнього робочого органу копача коренеплодів двоярусного типу за допомогою ЕОМ наведено далі.

На рисунках 2.2-2.3 приведені результати проектування зубів деблокатора, які мають робочі поверхні у вигляді торсу дотичних з ребром звороту, а криволінійний леміш у вигляді поверхні переносу. Ці робочі поверхні конструюються в комп'ютерній технології за допомогою раціональних алгебраїчних функцій [10, 11].

Зазначене дозволить при конструкторському виконанні технологічного скибовиділяючого вузла у вигляді дискового деблокатора, розташованих по обидва боки від осі рядка коренеплодів, отримати загальну деформуючу поверхню тиску, дія якою охоплює з двох боків рядок коренеплодів.

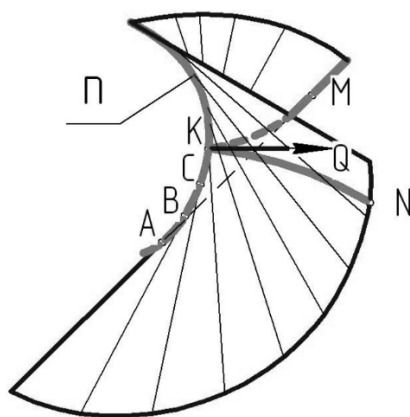


Рисунок 2.2 – Поверхня торсу дотичних з ребром звороту та її переріз площиною, перпендикулярною до ребра звороту – Q

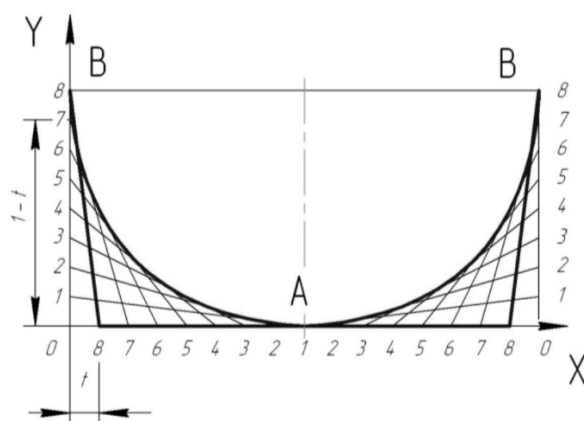
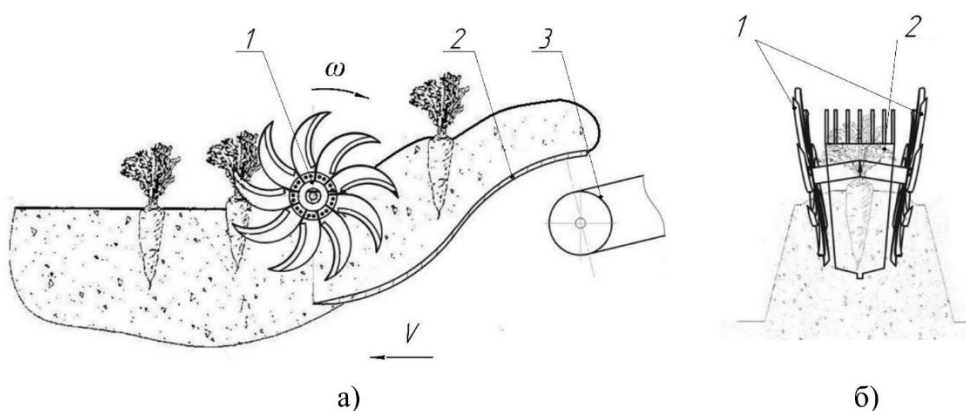


Рисунок 2.3 – Поверхня переносу криволінійного лемеша. Поперечний переріз – побудова пропорційної кривої за допомогою відрізків прямих

При нарізанні канавок робочим органом у вигляді зустрічно-спарених під деяким кутом дисків методом сідлання ряду коренеплодів поверхня різання і деформації утворюються в шарі ґрунту в результаті двох відносних рухів, а саме – поступального і обертального. Поступальний рух здійснює робочий орган копача, а обертальний – дисковий деблокатор (рис. 2.4) [16].



а – вид збоку; б – вид спереду

Рисунок 2.4 – Схема загального вигляду викопувального робочого органу двоярусного типу: 1 – дисковий деблокатор; 2 – підкопуючий леміш; 3 – сепарувальний конвеєр

Геометрія поверхні різання і деформації при виконанні канавок залежить від геометрії різальної крайки зубів деблокатора (стичні площини просторової кривої з одного боку або з різних боків зубів деблокатора), форми деформувальної (торсової) поверхні та напрямку руху робочого органу і обертання деблокатора по

відношенню до тіла шару ґрунту, що обробляється. Якщо напрям руху робочого органа збігається з напрямом обертання зубів деблокатора в зоні різання і деформації – маємо супутнє фрезерування (рис. 2.5), яке характеризується найкращими умовами врізання зубів деблокатора в масив питомої енергомісткості (бо маємо деформації розриву, які спрямовані в бік найменшого опору вільної поверхні ґрунту). Траєкторія руху точок зубів деблокатора має вигляд стиснутої циклоїди [10, 12].

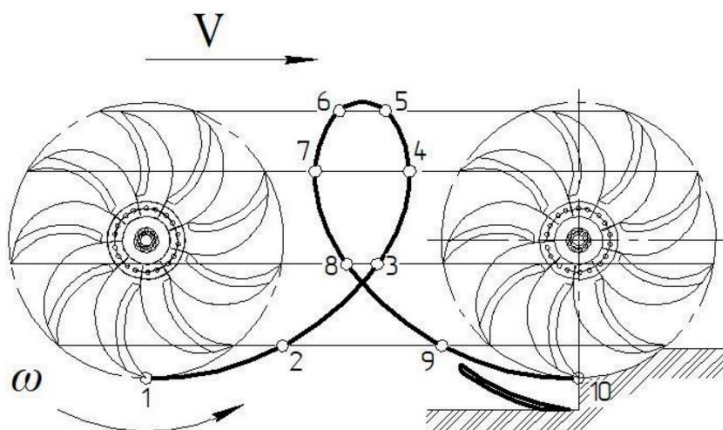


Рисунок 2.5 – Траєкторія руху точок зубів деблокатора у вигляді стислої циклоїди (супутнє фрезерування)

Якщо напрям обертання деблокатора протилежний напрямку руху робочого органа, то має місце зустрічне фрезерування. В цьому випадку робочий орган поліпшує умови підрізання тіла шару ґрунту пасивним лемешем знизу і при різально-деформувальній поверхні зубів у формі торса сприяє подаванні коренеплодів у середину русла копача і на леміш. Така схема виявляється більш енергомісткою.

Зустрічне фрезерування має перевагу на щільних, важких ґрунтах при недостатності вологості, а також, при потребі, в додатковому рушії. Траєкторія руху точок зубів деблокатора має вигляд дзеркального відображення стиснутої циклоїди, яка зміщується на 180 °.

Як варіант для експериментальних досліджень може мати місце супутно-зустрічне фрезерування, коли деблокатор має різні напрямки обертання.

З метою забезпечення оптимальних умов подальшого виділення лемешем тіла шару (підрізання знизу), воно повинно мати в поперечному напрямку форму трапеції з меншою основою в нижній частині шару, яка поступово збільшується в напрямку розбухання шару. Це призведе до зменшення внутрішнього тертя при розбуханні шару.

2.2. Дослідження конструкційно-технологічних параметрів деблокатора ґрунту.

На етапі викопування довгоплідних столових коренеплодів (ДСК) існує декілька науково-виробничих проблем, зокрема це підвищена енергоємність їх викопування на важких ґрунтах та низька продуктивність. Тому існує практика підкопування ДСК копачами та ручне їх підбирання. В такому випадку витрати енергії складають 7 кВт на один рядок, а загальна продуктивність процесу збирання не перевищує 0,2-0,3 га/год. Зважаючи на вказану обставину, промислове вирощування ДСК поширене лише на легких супіщаних ґрунтах, де існує можливість подати підкопаний ворох коренеплодів на сепарувальні робочі органи і достатньо якісно його просепарувати. Тому проблема викопування ДСК з мінімальними затратами енергії та праці є важливою науковою та практичною задачею, що дозволить розширити область вирощування ДСК на важких ґрунтах [15, 16].

Вирішення поставленої задачі пропонується наступним чином. Процес викопування коренеплодів розбивався на два етапи – деблокування шару ґрунту і підбирання вказаного шару копачем з наступною сепарацією. Сепарування вороху коренеплодів в цьому випадку стає можливим і на важких ґрунтах та в цілому задовольняються вимоги по вмісту ґрунту у воросі коренеплодів. Проте постала потреба оптимізації енергетичних затрат за рахунок обґрунтування параметрів робочих органів для деблокування шару ґрунту. Тому була поставлена задача теоретичного дослідження процесу деблокування ґрунту [15, 16].

Для оцінки енергоефективності роботи деблокатора ґрунтового шару в процесі викопування ДСК побудовано математичну модель його функціонування.

Розглянуто нерухому систему декартових координат XOY та рухому $X_1O_1Y_1$, зв'язану із центром ротора деблокатора ґрунту, що обертається разом із деблокатором на кут φ (рис. 2.6).

Коли деблокатор рухається прямолінійно рівномірно із швидкістю $V=\text{const}$, він одночасно обертається навколо своєї осі за законом $\varphi=\omega t$, де $\omega=\text{const}$ [15].

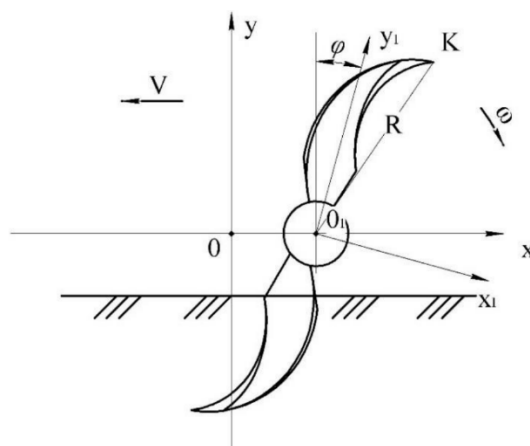


Рисунок 2.6 – Схема взаємодії деблокатора із шаром ґрунту

Коли робочий орган рухається в ґрунті (рис. 2.6), точка вершини зуба описує циклоїду (рис. 2.7), яка, в свою чергу, описується загальновідомими формулами:

$$\begin{aligned} x &= \pm R \cos(\omega t) + Vt, \\ y &= \pm R \sin(\omega t). \end{aligned} \quad (2.1)$$

Для визначення енергетичних затрат розглянемо залежність потужності, яку споживає деблокатор, від фази взаємодії його зуба з ґрунтом (2.8):

$$N(t) = M_{кр}(t) \frac{30 \cdot \omega}{\pi}, \quad (2.2)$$

де $M_{кр}(t)$ – крутний момент на валу ротора деблокатора, Н·м.

Невідому складову $M_{кр}(t)$ визначимо з виразу:

$$M_{кр}(t) = S(t) \cdot P \cdot h(t) \quad (2.3)$$

де $S(t)$ – динамічна площа перерізу взаємодії зуба із шаром ґрунту м²;

$P(t)$ – питомі зусилля деформації ґрунту, Н·м⁻²;

$h(t)$ – плече еквівалентної сконцентрованої реакції ґрунту, що діє на зуб, м.

У процесі руху деблокатора в ґрунті різальні крайки зубів взаємодіють з шаром ґрунту по всій глибині обробітку. Розглянувши випадок, коли попередній зуб заглибився в ґрунт, попередньо видалив шар ґрунту і утворив лінію 1. У першому припущенні прийняли, що ділянка зуба, яка взаємодіє з ґрунтом, має пряму форму [15, 16]. У цьому випадку (рис. 2.7) площу взаємодії зуба з шаром ґрунту визначали за залежністю:

$$S(t) = bk. \quad (2.4)$$

де b – ширина зуба, м; k – величина проникнення зуба в ґрунт – товщина стружки, м.

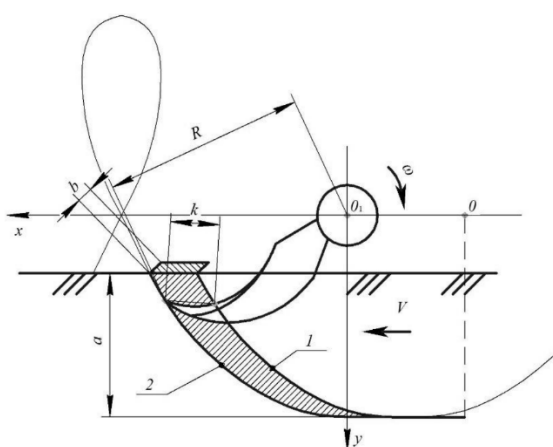


Рисунок 2.7 – Схема до визначення площі взаємодії ножа деблокатора з шаром ґрунту: 1 – траєкторія попереднього зуба деблокатора; 2 – траєкторія робочого зуба деблокатора

Виходячи з конструкційних міркувань, в кожен момент часу із ґрунтом може контактувати два зуба. Тоді робота, виконана одним зубом, подвоїться.

Величину k знайдемо як відстань між двома точками на площині за відомими формулами з курсу аналітичної геометрії:

$$M_1M_2 = k = \sqrt{(x_{M_1} - x_{M_2})^2 + (y_{M_1} - y_{M_2})^2}, \quad (2.5)$$

Оскільки аналітичне вираження координат точки M_2 пов'язане із вирішенням трансцендентних рівнянь та не виражається в елементарних функціях, визначали їх чисельним методом за допомогою програми Kompas 3D.

$$x_{ac} = x_c - v \cdot t, \quad (2.10)$$

$$y_{ac} = y_c - r. \quad (2.11)$$

Врахувавши попередні вирази (2.10, 2.11), перепишемо:

$$x_{ac} = x_{m1} + x_{m2} - v \cdot t, \quad (2.12)$$

$$y_{ac} = y_{m1} + y_{m2} - r. \quad (2.13)$$

Координати направляючого вектора прямої, що містить відрізок M_1M_2 , будуть рівні:

$$x_{m1m2} = x_{m2} - x_{m1}, \quad (2.14)$$

$$y_{m1m2} = y_{m2} - y_{m1}. \quad (2.15)$$

Далі визначимо довжину відрізка AC :

$$AC = \sqrt{(vt - x_c)^2 + (r - y_c)^2}. \quad (2.16)$$

Після цього напишемо вираз для визначення величини плеча h :

$$AB = h = \frac{((x_{m1} + x_{m2}) - V \cdot t) \cdot (x_{m2} - x_{m1}) + ((y_{m1} + y_{m2}) - R) \cdot (y_{m2} - y_{m1})}{\sqrt{((x_{m1} + x_{m2}) - V \cdot t)^2 + ((y_{m1} + y_{m2}) - R)^2}} \times \frac{\sqrt{[V \cdot t - (x_{m1} + x_{m2})]^2 \cdot [R - (y_{m1} + y_{m2})]^2}}{\sqrt{(x_{m2} - x_{m1})^2 + (y_{m2} - y_{m1})^2}}. \quad (2.17)$$

Підставивши вираз 2.17 у вираз 2.2, отримали рівняння для визначення потужності на привод деблокатора:

$$N = bk \cdot P \cdot \frac{((x_{m1} + x_{m2}) - V \cdot t) \cdot (x_{m2} - x_{m1}) + ((y_{m1} + y_{m2}) - R) \cdot (y_{m2} - y_{m1})}{\sqrt{((x_{m1} + x_{m2}) - V \cdot t)^2 + ((y_{m1} + y_{m2}) - R)^2}} \times \frac{\sqrt{[V \cdot t - (x_{m1} + x_{m2})]^2 \cdot [R - (y_{m1} + y_{m2})]^2}}{\sqrt{(x_{m2} - x_{m1})^2 + (y_{m2} - y_{m1})^2}} \cdot \frac{30 \omega}{\pi}. \quad (2.18)$$

Аналітичним методом знайдено подачу на зуб (товщину стружки) k та плече h рівнодійної сили різання P відносно осі деблокатора (рис. 2.9 і 2.10).

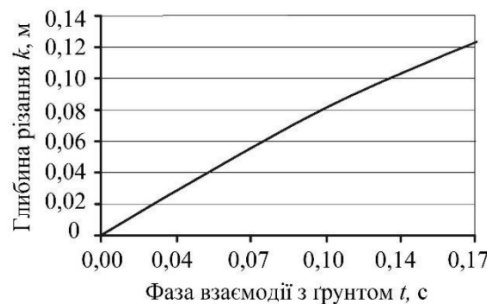


Рисунок 2.9 – Залежність глибини різання зуба деблокатора відносно фази взаємодії його з ґрунтом

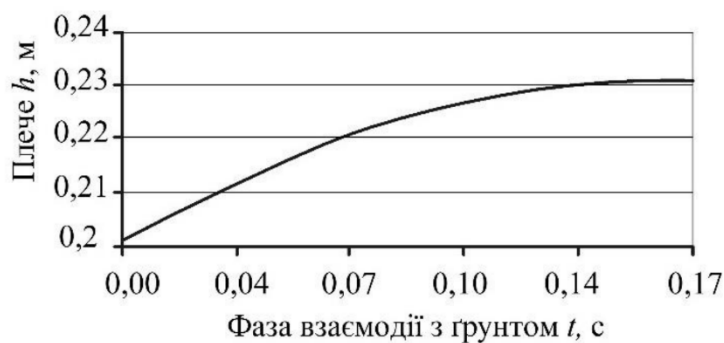


Рисунок 2.10 – Залежність рівнодійної сили різання зуба деблокатора відносно фази взаємодії його з ґрунтом

Викладена вище методика визначення потужності реалізована у вигляді розрахункової моделі в програмному середовищі STATISTICA (рис. 2.11).

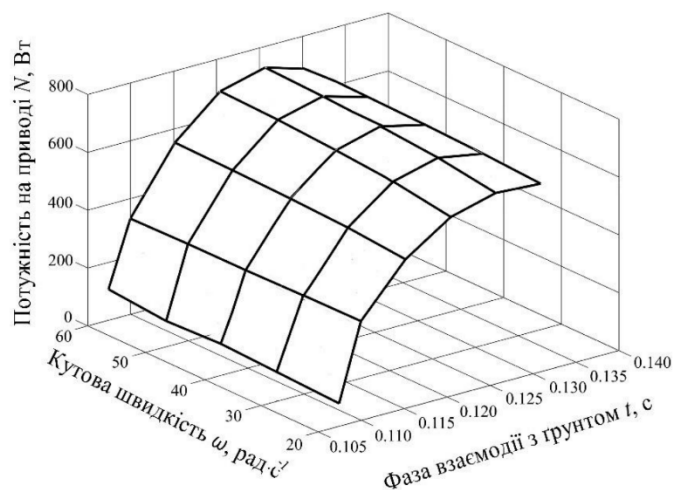


Рисунок 2.11 – Залежність потужності N , споживаної зубом, від фази взаємодії зуба з ґрунтом в момент t і кутової швидкості ротора деблокатора ω

При цьому питомий опір ґрунту на розтяг приймали рівним $6700 \text{ Н}\cdot\text{м}^{-2}$. У результаті моделювання побудовано поверхню відгуку, яка відображає залежність споживаної потужності зубом деблокатора від його кутової швидкості ω та фази взаємодії з ґрунтом у момент t від початку контакту з ґрунтом до його виходу з ґрунту [15, 16].

З рисунку 2.11 видно, як із поворотом зуба від вертикалі зростає споживана потужність, що пояснюється збільшенням величини проникнення зуба в ґрунт та, відповідно, об'єму ґрунту, з яким взаємодіє його поверхня. Зниження потужності в кінці, перед виходом зуба із робочої зони зумовлене зменшенням плеча сили реакції

грунту на зуб. Із збільшенням кутової швидкості з $20 \text{ рад}\cdot\text{с}^{-1}$ до $60 \text{ рад}\cdot\text{с}^{-1}$ потужність на привод деблокатора зростає з 600 Вт до 700 Вт. Для визначення усередненої потужності деблокатора визначили добуток інтегралу функції $N(t)$ на кількість зубів в ґрунті, а також дослідили зміну споживаної потужності залежно від кута нахилу робочої зони зуба до радіального напрямку [22].

2.3. Обґрунтування конструкційно-технологічних параметрів деблокувального робочого органу для викопування довгоплідних столових коренеплодів.

Обґрунтування технологічної схеми та конструкційних параметрів робочого органу.

На рис. 2.12 представлена схема двохярусного робочого органу для викопування ДСК. Перший ярус – довгозубий деблокатор, який вирізає канали з боків рядка, що забезпечує зменшення зусилля на відрив пласту ґрунту. Другий ярус – підкопувальний леміш, який підкопує рядок коренеплодів і подає на просіювальний конвеєр.

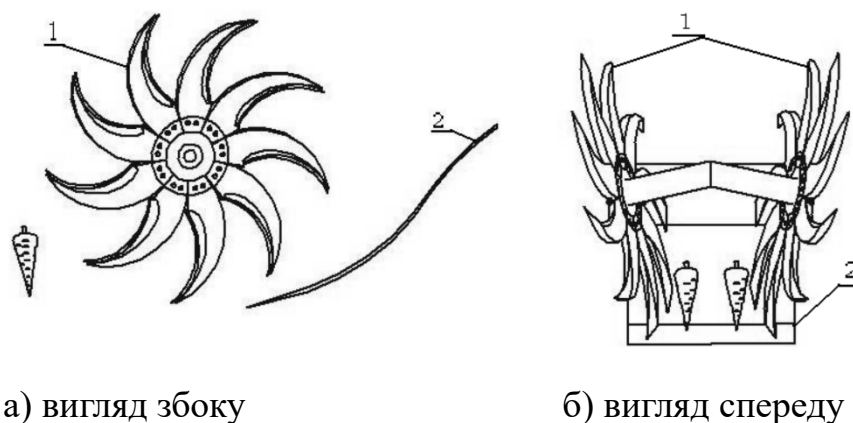


Рисунок 2.12 – Конструкційна схема робочого органу для викопування довгоплідних столових коренеплодів: 1 – довгозубий деблокатор;
2 – криволінійний підкопувальний леміш

Діаметр спарених деблокаторів з різально-деформувальними зубами вибраний рівний 700 мм для того, щоб розрихлити ґрунт збоків скиби ДСК на глибину їх залягання.

Визначення кількості зубів на динаміку процесу деформації кореневмісного шару ґрунту.

Кількість зубів Z при вибраному кінематичному параметрі λ та подачі S визначено за виразом:

$$Z = \frac{2\pi R}{\lambda S_0},$$

де S_0 – подача на один зуб, м;

З розрахунків даного виразу кількість зубів на одному із спарених деблокаторів прийнято дев'ять штук.

Відношення колової швидкості деблокатора до її поступальної (робочої) швидкості дорівнює 1,4-1,5 [15, 16].

Визначення розвалу та сходження двох дисків на робочому органі, та їх вплив на деформацію ґрунту.

Досліджувався вплив на керованість викопувального агрегата робочих дискових деблокаторів, заглиблених до 25 см. Встановлено, що на щільних ґрунтах керованість агрегата погіршується із зміщенням від прямолінійного руху на 10 см на перших десяти метрах шляху.

З конструктивних міркувань було встановлено розвал і сходження 5° , що забезпечило керованість агрегату.

Модель підрізувального лемеша копача.

Варіант технічного рішення робочого органу коренезбиральної машини зображено на рисунках 2.13–2.15.

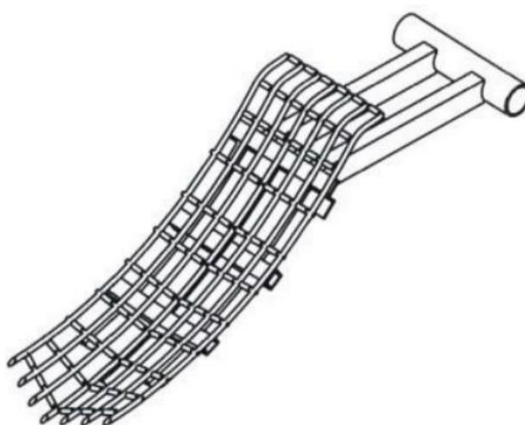


Рисунок 2.13 – Схема викопувального робочого органу

Викопувальний робочий орган коренезбиральної машини включає раму та кронштейн – підрамник, на якому розміщений сам робочий орган, який виконано у вигляді решітки із з'єднаних між собою поздовжніх та поперечних прутів. Поперечні пруті містять втулки, встановлені з можливістю обертання на поперечних прутах та розташовані поміж поздовжніми прутами. Поперечні пруті у початковій частині робочого органу виконані вгнутими, а у кінцевій його частині рівними. Поздовжні пруті виконані вгнутими у його початковій та в основній частинах, та плавно вигнутими у кінцевій частині, що забезпечує робочому органу кут атаки α менше 5° до горизонталі, а в основній частині 10° кут підйому маси β більше 40° .

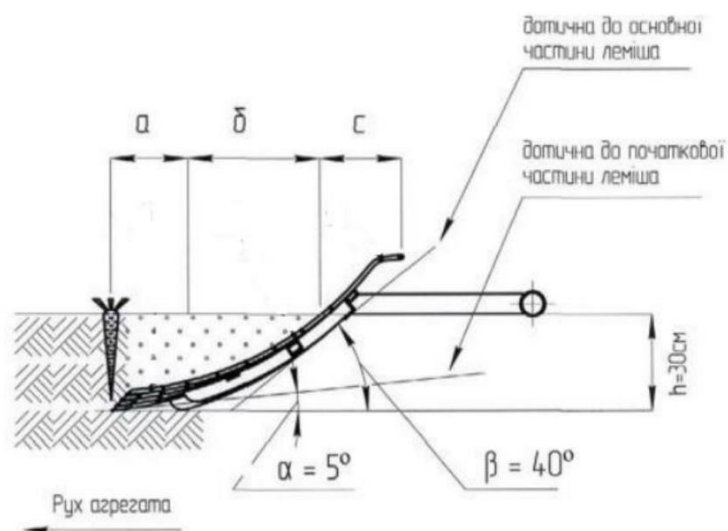


Рисунок 2.14 – Зображення кутів атаки робочого органу

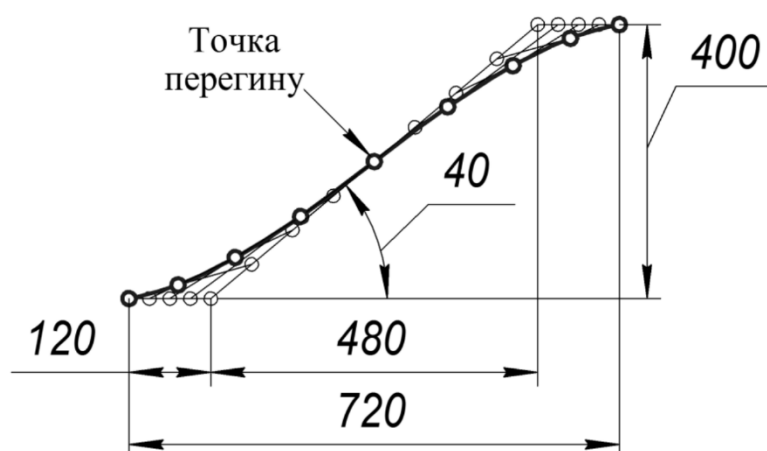


Рисунок 2.15 – Схема конструювання різально-деформувальної поверхні леміша

Викопувальний робочий орган коренезбиральної машини працює наступним чином. Перед початком роботи, в залежності від агрофізичних характеристик коренеплодів, виставляється глибина ходу робочого органу опорним колесом машини. В процесі роботи робочий орган рухається по осі рядка коренеплодів на глибині, що перевищує глибину розташування коренеплодів на 1-2 см. Початкова частина 9 робочого органу (відрізок а, рис. 2.14), при куті атаки α менше 5° деформує ґрунт без фізичної дії робочого органу на коренеплід. Це є суттєвою умовою не ламання коренеплода під час його викопування. Після чого під дією основної частини 10 робочого органу (відрізок б), кут атаки якого β більше 40° , проходить підйом коренеплоду, ґрунт при цьому частково просипається через решітку із прутків 4 та 5 зверху вниз. Втулки 6, які є на поперечних пругах 5 робочого органу, покращують процес пересування коренеплоду по робочому органу. Остання ділянка робочого органу, (відрізок с), проводить підйом коренеплоду із ґрунту з подальшим направленням його на елеватор коренезбиральної машини. Просипання ґрунту через решітку робочого органу призводить до зменшення тягового опору викопувального органу коренезбиральної машини.

Висновки по розділу.

В другому розділі проведені теоретичні дослідження наукової розробки, що дають підстави зробити наступні висновки:

1. При роботі робочого органу двоярусного типу поверхні різання і деформації утворюються в шарі ґрунту в результаті двох відносних рухів, а саме поступального – копачем і обертального – деблокатором.

2. Розрахована модель процесу викопування коренеплодів довжиною до 35 см дала можливість отримати науково-технічні передумови для розроблення викопувальних робочих органів з мінімальними витратами енергії. Встановлені залежності потужності на зуб деблокатора показали залежність споживаної потужності від часу. Із збільшенням величини проникнення зуба зростає споживана потужність до максимуму, який складає 600-700 Вт. Перед виходом зуба з ґрунту потужність зменшується, що пояснюється зменшенням плеча сили реакції ґрунту на зуб.

РОЗДІЛ 3

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

3.1. Опис конструкції експериментальної установки та методика проведення досліджень.

Проаналізувавши усі недоліки попередніх конструкцій робочих органів було розроблено установку з новими робочими органами для викопування ДСК (рис. 3.1), де передбачено можливість зміни режимів роботи та конструкційно-технологічних параметрів робочого органу.

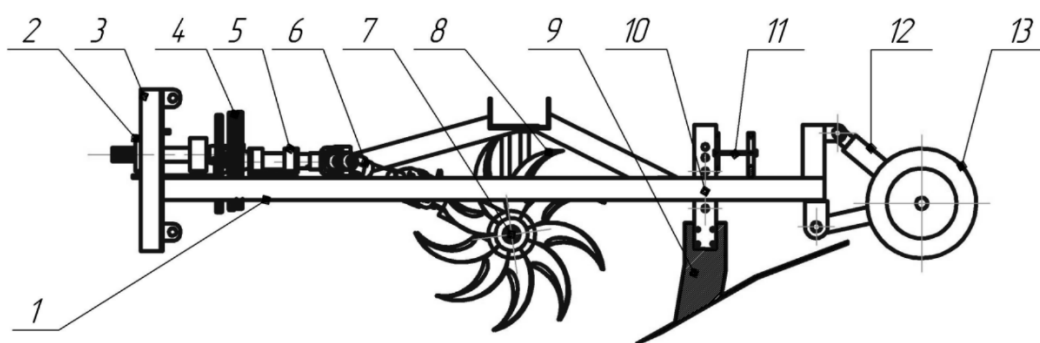


Рисунок 3.1 – Компонувальна схема експериментальної установки для викопування довгоплідних столових коренеплодів

Експериментальна установка для дослідження робочих органів з викопування ДСК складається з основної рами 1, варіатора 2, навісного трикутника 3, ланцюгової передачі 4, двох редукторів (1:1) 5, карданної передачі 6, двох конічних редукторів (1:4) 7, робочого органу 8, підкопувального лемеша 9, регулюючих кріплень підкопувального лемеша 10, кріплення для регулювання ходу підкопувального лемеша 11, гідроциліндра підйому коліс для регулювання ходу робочих органів та лемеша 12, пари коліс 13. Експериментальна установка агрегатується з тракторами, вал відбору потужності яких обертається з частотою 540 хв^{-1} . Зміна частоти обертання деблокувального робочого органу проводиться за допомогою ланцюгової передачі 3, заміною зірочок з більшої кількості на меншу і навпаки. Швидкість поступального руху змінюється шляхом підбору відповідних передач трактора. Регулювання глибини ходу деблокувального робочого органу

регулюється висотою підйому трактором навіски 3 та підйомом коліс 13 гідроциліндром 12.

Для перевірки теоретичної моделі відхилення площини зрізу від горизонтального положення приймали наступні рівні варіювання факторів: X_1 – швидкість руху машини, $X_1=0,7-1,1$ м/с; X_2 – кутова швидкість деблокувального робочого органу, $X_2=20-60$ рад·с⁻¹; X_3 – глибина ходу робочого органу, $X_3=250-350$ мм.

Розрахунки проводили використовуючи регресійний аналіз [2], результати яких наведено в наступному пункті.

Характеристика умов проведення експериментальних досліджень показників якості процесу викопування ДСК, наведена в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Характеристика посіву столової моркви

Показники	Значення показників
Характеристика культури:	
Відхилення коренеплодів від умовної осі рядка, %	
0	3,4
±10	22,6
±20	43,1
±30	26,4
±40 мм і більше	4,5
Виступання головок коренеплодів над поверхнею ґрунту, %	
від 0 до –5 мм вкл.	0,9
від 0 до +5 мм вкл.	51,3
більше +5 до +10 мм вкл.	32,3
більше +10 до +15 мм вкл.	11,9
більше +15 мм	3,6
Глибина залягання коренеплодів у ґрунті, %	
від 0 до 100 мм вкл.	1,3
від +100 до 150 мм вкл.	9,2
більше +150 до +200 мм вкл.	15,4
більше +200 до +250 мм вкл.	30,7
більше +250 до +300 мм вкл.	27,6
більше +300 мм	15,8
Густота насадження рослин, тис. шт./га	208,3
Біологічна урожайність коренеплодів, т/га	25
Тип ґрунту і його назва за механічним складом	Чорнозем глибокий малогумусний
Схил поля	1
Вологість ґрунту, %:	0-10 см 15

3.2. Енергетичні показники процесу викопування довгоплідних столових коренеплодів.

За результатами експериментальних досліджень отримано регресійні залежності потужності на привод робочих органів від глибини викопування ДСК, швидкості поступального руху технічного засобу та кутової швидкості робочого органу деблокатора. Побудовано поверхні відгуку (рис. 3.2-3.3) та отримано рівняння регресії залежності потужності на привод робочого органу від означених показників.

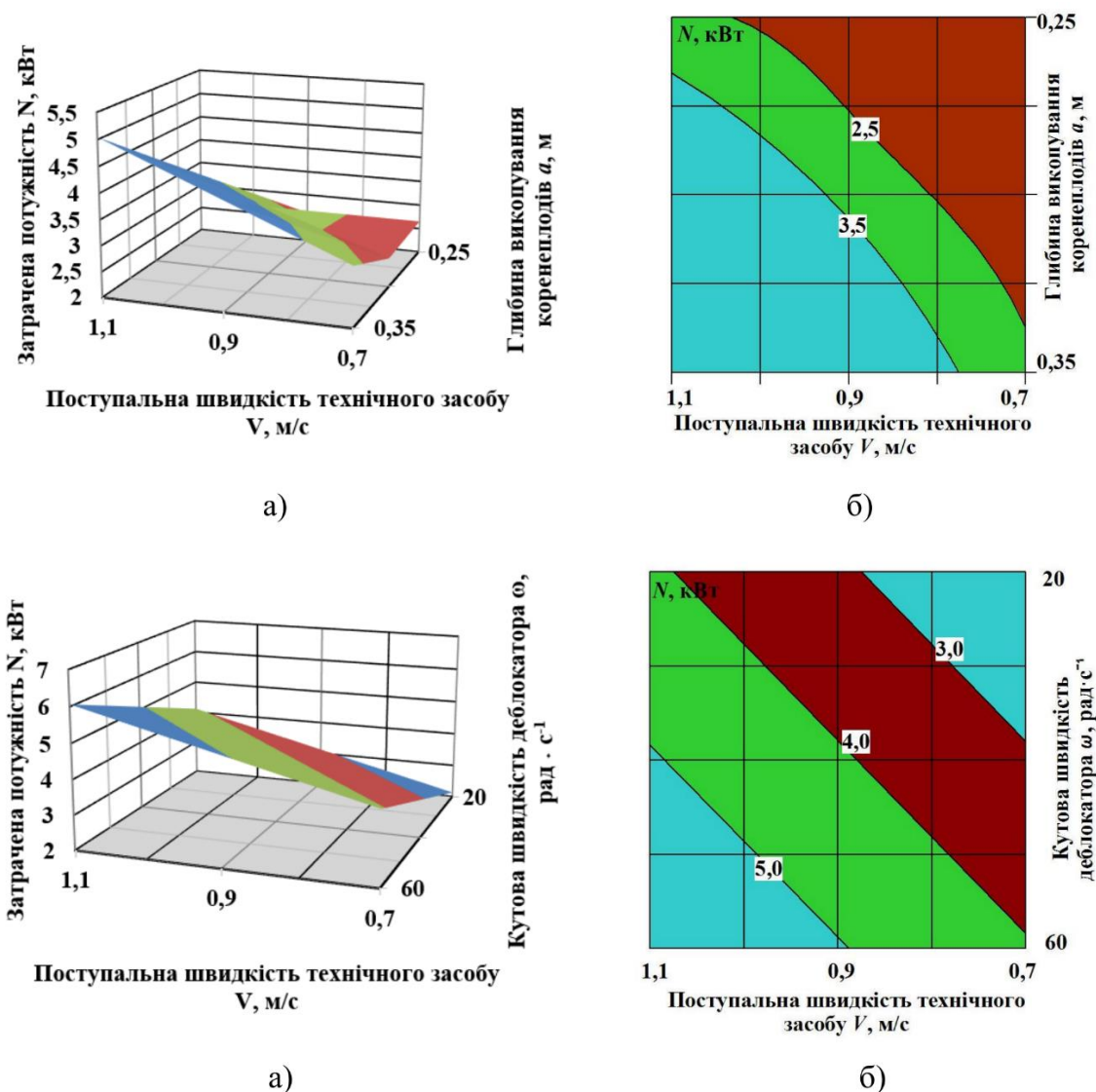


Рисунок 3.2 – Поверхні відгуку залежності витрат потужності на викопування довгоплідних столових коренеплодів від поступальної швидкості технічного засобу V , глибини викопування коренеплодів a та кутової швидкості деблокатора ω – а) та їх двовірні перетини – б)

В результаті аналізу поверхонь відгуку зроблено висновок про те, що на потужність привода робочого органу має домінуючий вплив фактор глибини ходу робочого органу. За збільшення глибини від 250 мм до 350 мм потужність на привод збільшується з 2,6 кВт до 5,1 кВт. За збільшення швидкості поступального руху від 0,7 м/с до 1,1 м/с потужність привода зростає з 0,7 кВт до 0,8 кВт. За швидкості поступального руху машини 1,1 м/с і глибини ходу робочого органу – 350 мм максимальна потужність на привод деблокувального робочого органу складала 6,1 кВт. Збільшення витрат енергії на викопування ДСК пояснюється зростанням кількості взаємодій робочого органу з ґрунтом.

За результатами експериментальних досліджень отримано рівняння регресії залежності споживаної потужності робочим органом N від поступальної швидкості V та глибини викопування коренеплодів a (3.1), поступальної швидкості V та кутової швидкості деблокатора ω (3.2):

Отримано рівняння регресії залежності споживаної потужності зубом деблокатора N від поступальної швидкості та фази його взаємодії з ґрунтом (3.3):

$$Y = 3,3533 + 0,7828 X_1 + 0,7411 X_2 + 0,1675 X_1 X_2 \quad (3.1)$$

$$Y = 4,1000 + 0,9894 X_1 + 0,9772 X_2 \quad (3.2)$$

$$Y = 0,7084 + 0,0555 X_1 + 0,0448 X_2 \quad (3.3)$$

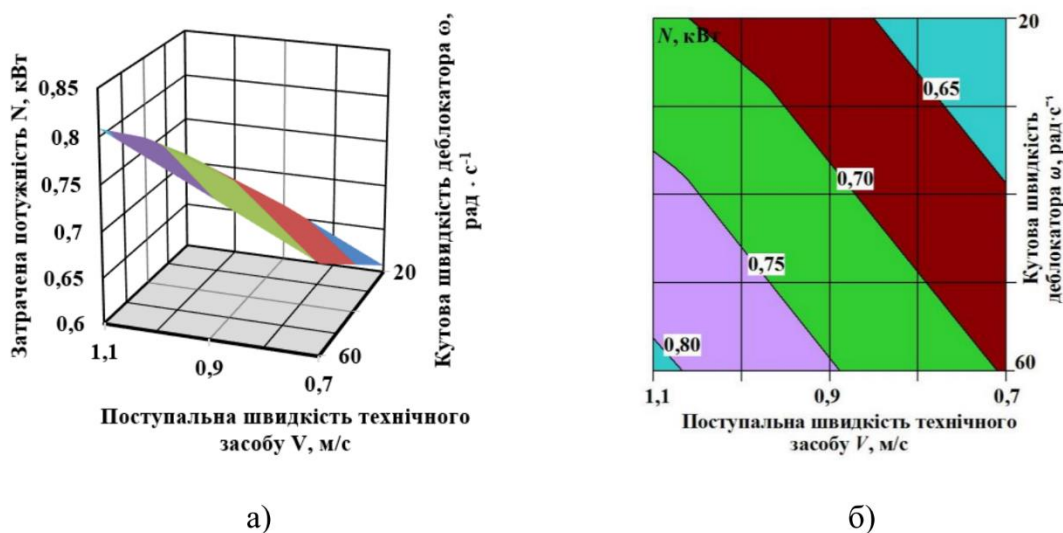


Рисунок 3.3 – Поверхня відгуку залежності потужності на привод деблокувального робочого органу від фази взаємодії з ґрунтом – а) та її двовірний перетин – б)

Із метою перевірки теоретичної адекватності моделі було проведено експеримент для визначення потужності, що споживається зубом деблокатора. Графік споживаної потужності зубом залежно від фази взаємодії його з ґрунтом у момент t при кутовій швидкості деблокатора $\omega=40$ рад·с⁻¹ представлено на рис. 3.4.

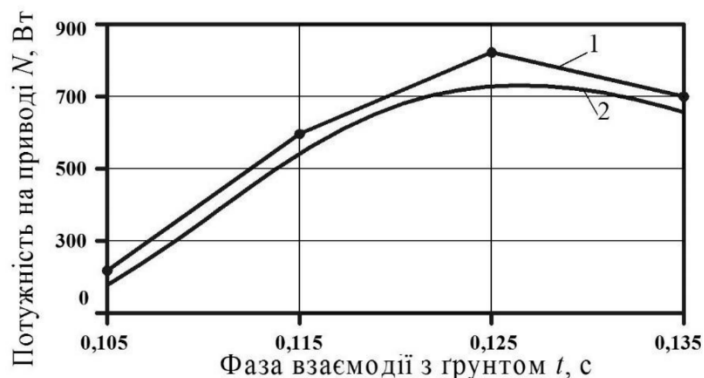


Рисунок 3.4 – Експериментальна та теоретична залежності споживання потужності за кутової швидкості ротора деблокатора $\omega=40$ рад·с⁻¹ :
1 – експериментальна залежність; 2 – теоретична залежність

Отримані експериментальні дані порівнювали з теоретичною моделлю. Статистичне оброблення результатів досліджень з використанням критерію Фішера показала, що теоретична модель адекватно описує реальний процес на рівні значущості 5%. Характер залежності, як правило, повторює теоретичну модель. Відмінності, що мають місце, зумовлені неврахованим фактором – сили взаємодії бічної поверхні диска деблокатора з ґрунтом.

Перевірку результатів експериментальних досліджень проводили наступним чином: відтворюваності – за критерієм Кохрена, адекватності – за критерієм Фішера, а значущості коефіцієнтів регресії – за критерієм Стьюдента.

Висновки по розділу.

В результаті експериментальних досліджень встановлена можливість виконання технологічного процесу на швидкості поступального руху машини до 0,9 м/с і кутовій швидкості ротора до 40 рад·с⁻¹.

Підтверджена правильність теоретичного обґрунтування основних конструкційно-технологічних параметрів робочого органу, при яких можливе якісне виконання технологічного процесу: діаметр дисків деблокувального

робочого органа – 700 мм, довжина зуба робочого органа – 250 мм, кількість зубів на одній стороні деблокувального робочого органа – 9 шт.

Після проходу деблокувального робочого органу кількість пошкоджених та не викопаних коренеплодів не перевищує допустимих меж у всьому діапазоні зміни факторів: поступальної та кутової швидкостей. Кількість пошкоджених коренеплодів у всіх дослідах не перевищувала 3%, а при необхідних швидкості поступального руху машини до 0,9 м/с і кутовій швидкості ротора до 70 хв⁻¹ – не перевищувала 1%.

РОЗДІЛ 4

ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1. Організація та заходи з охорони праці в господарстві.

Організація охорони праці у господарстві – це передбачений чинним законодавством комплекс заходів щодо державного регулювання охорони здоров'я працівників, забезпечення виконання основних вимог законодавства з охорони праці безпосередньо на підприємствах, додержання кожним працівником правил і норм з охорони праці.

Відповідно до Закону України «Про охорону праці» [8], дія якого поширюється на всіх юридичних та фізичних осіб, які відповідно до законодавства використовують найману працю, та на всіх працюючих, обов'язок створення на робочому місці в кожному структурному підрозділі умов праці відповідно до нормативно-правових актів, а також забезпечення додержання вимог законодавства щодо прав працівників у галузі охорони праці покладається на роботодавця. З цією метою роботодавець забезпечує функціонування системи управління охороною праці, яка створюється суб'єктом господарювання і має передбачати підготовку, прийняття та реалізацію завдань щодо здійснення організаційних, технічних, санітарно-гігієнічних та лікувально-профілактичних заходів, спрямованих на збереження життя, здоров'я та працездатності найманих працівників у процесі їх трудової діяльності.

Для цього роботодавець створює відповідні служби і призначає посадових осіб, які забезпечують вирішення конкретних питань охорони праці, затверджує інструкції про їх обов'язки, права та відповідальність за виконання покладених на них функцій, а також контролює їх додержання.

Заходи з охорони праці мають включати наступне:

- посадові інструкції, правила внутрішнього трудового розпорядку;
- комплексні заходи для досягнення встановлених нормативів та підвищення існуючого рівня охорони праці;

- положення, інструкції та інші акти з охорони праці, що діють у межах підприємства та встановлюють правила виконання робіт і поведінки працівників на території підприємства, у виробничих приміщеннях, робочих місцях відповідно до нормативно-правових актів з охорони праці;
- порядок та графік проведення навчань та перевірки знань з охорони праці працівників та спеціалістів з охорони праці (комісія);
- технологічні карти процесів та робіт (вантажно-розвантажувальні роботи, схеми переробки та обробки зерна, виконання польових робіт тощо).

4.2. Моделювання виробничих небезпек при роботі з машинно-тракторним агрегатом.

При дослідженні закономірностей перебігу подій-небезпек від події-причини до події-наслідку на різних виробничих процесах експлуатації МТА встановлено, що у кожному випадку подія небезпечна ситуація утворюється внаслідок перетину певної кількості сумісних подій. При цьому у кожному окремому потоці завжди існують такі події, як причина, небезпечна ситуація, критична ситуація та наслідок, а між ними може знаходитись певна кількість проміжних подій. Важливе значення для оцінки значущості можливих наслідків у кожному потоці має визначення ймовірності кожної з подій, що входять до його складу. Особливо це стосується визначення ймовірності первинної (базової) події-причини, з якої розпочинається зазначений потік перебігу подій. Враховуючи досвід інших авторів і власних досліджень, ймовірність базової події визначаємо за даними експертної оцінки певної кількості ідентичних мобільних енергетичних засобів, робочим місць, окремих механізмів, знарядь тощо. При цьому у такої сукупності зазначених об'єктів визначається початкова кількість існуючих небезпек і за відношенням її до загальної кількості досліджуваних об'єктів, визначаємо ймовірність відповідної базової події. В подальшому визначення ймовірностей виникнення інших подій здійснюємо за законами їх перетину чи об'єднання, або за методом логіко-імітаційного моделювання можливості виникнення події-наслідку. Отримані таким чином статистичні дані відповідно обробляються і визначається математичне

сподівання можливості виникнення події, що характеризує стан небезпечності від одного або від певної кількості небезпечних факторів досліджуваного об'єкта [14].

Логіко-імітаційна модель виникнення виробничих небезпек при роботі з машинно-тракторним агрегатом має вигляд рис. 4.1.

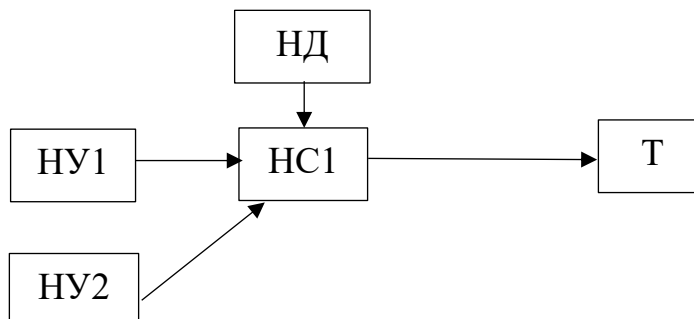


Рисунок 4.1 – Модель виникнення виробничих небезпек при роботі з машинно-тракторним агрегатом

НУ1 – причіпний агрегат не достатньо закріплений.

НУ2 – можлива технічна несправність механізму зчіпки.

НД – можливе знаходження працюючого під агрегатом.

НС – можливе випадкове від'єднання причіпного агрегату.

Т – травма.

При наведеній логіко-імітаційній схемі виникнення аварійних і травмонебезпечних ситуацій, можна уникнути виробничих травм при роботі з машинно-тракторними агрегатами.

Висновки по розділу.

Таким чином, в даному розділі наведено організацію охорони праці в сільськогосподарському виробництві та відповідні заходи, які повинні проводитися в кожному господарстві. Також здійснено логіко-імітаційне моделювання виникнення виробничих небезпек та уникнення травм на виробництві.

РОЗДІЛ 5

ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ НОВИХ РОБОЧИХ ОРГАНІВ ПРИ ВИКОПУВАННІ ДОВГОПЛІДНИХ СТОЛОВИХ КОРЕНЕПЛОДІВ

Основними факторами, що визначають економічну ефективність проведених досліджень, є:

- зменшення затрат енергії на викопування ДСК;
- зменшення пошкоджень коренеплодів внаслідок застосування нового робочого органу для відокремлення гички;
- зменшення затрат ручної праці за рахунок збирання з поточним навантаженням в транспортний засіб, що рухається поруч.

Розрахунок економічних показників проведено з визначенням додаткового економічного ефекту від перерахованих вище факторів [9]. Вихідні дані для розрахунку показників техніко-економічної ефективності визначено на основі показників роботи копача коренеплодів СНУ-3С у порівнянні з дослідним зразком. Вихідні дані для розрахунку показників економічної ефективності занесено в таблицю 5.1.

Експлуатаційні видатки на одиницю збільшення продуктивності визначили з виразу:

$$B = Z_o + A + P, \quad (5.1)$$

де Z_o – питома заробітна плата оператора грн/га; A – відрахування на реновацію, грн/га; P – відрахування на ТО і ПР, грн/га.

$$Z_o = t_{\text{год}} / П; \quad (5.2)$$

$$Z_{o.Б} = 100 / 0,42 = 238 \text{ грн./га};$$

$$Z_{o.Д} = 100 / 0,42 = 238 \text{ грн./га};$$

Питомі відрахування на реновацію:

$$A = A_{\text{тр}} + A_{\text{м}}, \quad (5.3)$$

де $A_{\text{тр}}$ – питомі витрати на реновацію трактора, грн/га; $A_{\text{м}}$ – питомі витрати на реновацію машини, грн/га.

Таблиця 5.1 – Вихідні дані для розрахунку економічної ефективності
впровадження технічного засобу для викопування довгоплідних столових
коренеплодів

№ п/п	Показники	Варіант	
		базові дані	дослідна машина
1	Робоча швидкість V , м/с	0,9	0,9
2	Годинна продуктивність Π , га/год	0,42	0,42
3	Урожайність столової моркви Q , т/га	60	60
4	Оптова вартість столової моркви $B_{оп.}$, грн/т	3000	3000
5	Оптова вартість пошкодженої столової моркви $B_{оп.л.}$, грн/т	500	500
6	Терміни збирання згідно ДСТУ	20.09.-30.10.	20.09.-30.10.
7	Нормативне річне завантаження, год:		
	• трактора, T_T	1500	1500
	• машини, T_M	120	120
8	Балансова вартість, грн		
	• трактора, B_T	350000	350000
	• машини, B_M	120000	105000
9	Амортизаційні відрахування, %		
	• трактора, a_T	15	15
	• машини, a_M	15	15
10	Відрахування на ТО і ПР, %		
	• трактора, p_T	10	10
	• машини, p_M	9	9
11	Втрати залишеної столової моркви в грунті, %	2,5	0,1
12	Пошкоджена столова морква, %	2	0,9

$$A_{тр} = B_T \cdot a_T / 100 \cdot \Pi \cdot T_T, \quad (5.4)$$

$$A_{трБ} = 350000 \cdot 15 / 100 \cdot 0,42 \cdot 1500 = 83,33 \text{ грн/га},$$

$$A_{трД} = 350000 \cdot 15 / 100 \cdot 0,42 \cdot 1500 = 83,33 \text{ грн/га},$$

$$A_M = B_M \cdot a_M / 100 \cdot \Pi \cdot T_M, \quad (5.5)$$

$$A_{м.Б.} = 120000 \cdot 15 / 100 \cdot 0,42 \cdot 120 = 357,1 \text{ грн/га};$$

$$A_{м.Д.} = 105000 \cdot 15 / 100 \cdot 0,42 \cdot 120 = 312,5 \text{ грн/га}.$$

Тоді

$$A_B = A_{трБ} + A_{м.Б.} = 83,33 + 357,1 = 440,43 \text{ грн/га};$$

$$A_D = A_{трД} + A_{м.Д.} = 83,33 + 312,5 = 395,83 \text{ грн/га}.$$

Питомі витрати на поточний ремонт та технічне обслуговування:

$$P = P_{\text{тр}} + P_{\text{м}}; \quad (5.6)$$

$$P_{\text{тр}} = B_{\text{тр}} \cdot P_{\text{т}} / 100 \cdot \Pi \cdot T_{\text{т}}; \quad (5.7)$$

$$P_{\text{трБ}} = 350000 \cdot 10 / 100 \cdot 0,42 \cdot 1500 = 55,6 \text{ грн/га};$$

$$P_{\text{трД}} = 350000 \cdot 10 / 100 \cdot 0,42 \cdot 1500 = 55,6 \text{ грн/га};$$

$$P_{\text{м}} = B_{\text{м}} \cdot P_{\text{м}} / 100 \cdot \Pi \cdot T_{\text{м}}; \quad (5.8)$$

$$P_{\text{мБ}} = 120000 \cdot 9 / 100 \cdot 0,42 \cdot 120 = 214,3 \text{ грн/га};$$

$$P_{\text{мД}} = 105000 \cdot 9 / 100 \cdot 0,42 \cdot 120 = 187,5 \text{ грн/га}.$$

Тоді

$$P_{\text{Б}} = P_{\text{трБ}} + P_{\text{мБ}} = 55,6 + 214,3 = 269,9 \text{ грн/га};$$

$$P_{\text{Д}} = P_{\text{тр}} + P_{\text{мД}} = 55,6 + 187,5 = 243,1 \text{ грн/га}.$$

Експлуатаційні видатки складуть:

$$B_{\text{Б}} = 238 + 440,43 + 269,9 = 948,33 \text{ грн/га};$$

$$B_{\text{Д}} = 238 + 395,83 + 243,1 = 876,93 \text{ грн/га}.$$

Економічний ефект від зниження експлуатаційних видатків визнався за залежністю:

$$E_1 = (B_{\text{Б}} - B_{\text{Д}}), \quad (5.9)$$

де $B_{\text{Б}}$ – експлуатаційні видатки по базовому варіанту, грн/га; $B_{\text{Д}}$ – експлуатаційні видатки по дослідному варіанту, грн/га.

$$E_1 = 948,33 - 543,6 = 404,73 \text{ грн/га}.$$

Економічний ефект від зменшення втрат столової моркви під час її викопування E_2 визначався за залежністю:

$$E_2 = E_{\text{зал.}} + E_{\text{пош.}}, \quad (5.10)$$

де $E_{\text{зал.}}$ – економічна ефективність від зменшення залишеної столової моркви в ґрунті, грн/га; $E_{\text{пош.}}$ – економічна ефективність від зменшення пошкодженої столової моркви, грн/га.

Економічний ефект від зменшення залишеної столової моркви в ґрунті під час її викопування $E_{\text{зал.}}$ визначається за залежністю:

$$E_{зал.} = \frac{Q \cdot (p_{б.з.} - p_{д.з.})}{100} \cdot B_{оп.}, \quad (5.11)$$

де Q – урожайність столової моркви, $Q=60$ т/га; $p_{б.з.}$ – залишена морква в ґрунті в процесі її викопування базовим технічним засобом, %; $p_{д.з.}$ – залишена морква в ґрунті в процесі її викопування дослідним технічним засобом, %; $B_{оп.}$ – оптова вартість столової моркви, $B_{оп.}=3000$ грн/т.

$$E_{зал.} = \frac{60 \cdot (0,5 - 0,1)}{100} \cdot 3000 = 720 \text{ грн/га.}$$

Економічний ефект від зменшення пошкодженої столової моркви під час її викопування $E_{пош.}$ визначався за залежністю:

$$E_{пош.} = \frac{Q \cdot (p_{б.п.} - p_{д.п.})}{100} \cdot B_{оп.}, \quad (5.12)$$

де $p_{б.п.}$ – пошкоджена столова морква в процесі її викопування базовим технічним засобом, %; $p_{д.п.}$ – пошкоджена столова морква в процесі її викопування дослідним технічним засобом, %.

$$E_{пош.} = \frac{60 \cdot (2 - 0,9)}{100} \cdot 3000 = 1980 \text{ грн/га.}$$

$$E_2 = 720 + 1980 = 2700 \text{ грн/га.}$$

Економічний ефект від зменшення витрат енергії під час викопування столової моркви E_3 визначався за залежністю:

$$E_3 = G_B - G_D, \quad (5.13)$$

де G_B – вартість витраченого пального під час викопування столової моркви базовою машиною брального типу, грн/га; G_D – вартість витраченого пального під час викопування столової моркви дослідним технічним засобом, грн/га.

Затрати енергії на викопування трьох рядків ДСК (моркви) при поступальній швидкості – 0,9 м/с та кутовій швидкості – 40 рад·с⁻¹ становила 25 кВт, проти 50 кВт з існуючою у виробництві технологією збирання машинами брального типу. Економія затрати потужності на викопування ДСК склала 25 кВт (34 к.с.), у два рази менше від базової технології у виробництві. Продуктивність склала 0,42 га/год.

Вартість витраченого пального під час викопування столової моркви на 1 га визначалося з виразу:

$$G_B = N \cdot k_{BP} \cdot B \cdot k_{II} \cdot C, \quad (5.14)$$

де N – потужність, $N_B=28$ кВт(38к.с.) і $N_D=25$ кВт(34к.с.); k_{BP} – витрати пального трактора кл. 1,4 (МТЗ-80), $k_{BP}=0,22$ кг/к.с.; B – продуктивність, $B_B=B_D=2,38$ год/га; k_{II} – коефіцієнт переведення пального, $k_{II}=0,85$ кг/л; C – середня ринкова ціна пального в Україні становить 54 грн/л.

$$G_B = N_B \cdot k_{BP} \cdot B_B \cdot k_{II} \cdot C = 38 \cdot 0,22 \cdot 2,38 \cdot 0,85 \cdot 24 = 405,9 \text{ грн/га},$$

$$G_D = N_D \cdot k_{BP} \cdot B_D \cdot k_{II} \cdot C = 34 \cdot 0,22 \cdot 2,38 \cdot 0,85 \cdot 24 = 363,17 \text{ грн/га},$$

$$E_3 = 405,9 - 363,13 = 42,77 \text{ грн/га},$$

Загальна економія дизельного пального, витраченого на збір врожаю в гривневому еквіваленті, становила 42,77 грн/га.

Сумарний економічний ефект від усіх факторів складе:

$$E = E_1 + E_2 + E_3, \quad (5.15)$$

$$E = 71,4 + 2700 + 42,77 = 2814,17 \text{ грн}$$

Основні показники економічної ефективності записано в таблицю 5.2.

Таблиця 5.2 – Показники економічної ефективності впровадження технологічного процесу викопування довгоплідних столових коренеплодів

Показник	Значення показника	
	базова	дослідна
Годинна продуктивність, га/год	0,42	0,42
Заробітна плата, грн/га	238	238
Питомі витрати на реновацію, грн/га	440,43	395,83
Питомі відрахування на поточний ремонт і технічне обслуговування, грн/га	269,9	243,1
Прямі експлуатаційні видатки, грн/га	948,33	876,93
Економічний ефект від зменшення втрат коренеплодів, грн/га.	-	2700
Економічний ефект від зменшення втрат енергії на процес викопування коренеплодів, грн/га.	-	42,77
Загальний економічний ефект на 1 га, грн.	-	2814,17
Термін окупності – 1 рік		

Таким чином, річний економічний ефект застосування модулів з експериментальним робочим органом для викопування ДСК, що реалізує технологічний процес роздільного збирання столових коренеплодів, отримано завдяки зменшенню витрати пального склав близько 42,8 грн./га, а загальний економічний ефект за нормативного річного завантаження – 2500-2700 грн.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

В результаті наукових досліджень можна навести узагальнені висновки по роботі:

1. Встановлено, що більше 80% столових коренеплодів в Україні виробляється малими господарствами, де в основному використовуються трактори кл. 0,6 та 0,9, але для їх агрегування потрібні технічні засоби з малоенергоємними робочими органами для викопування довгоплідних столових коренеплодів.

2. Визначено, що для зменшення втрат під час збирання урожаю довгоплідних столових коренеплодів, особливо в період після заморозків, ефективним є механізоване збирання роздільним способом із застосуванням технічних засобів з перспективними робочими органами запропонованої нами конструкції.

3. Доведено, що для створення малоенергоємних робочих органів до тракторів малої потужності в їх конструкції доцільно використовувати деблокатори ґрунту з обох бокових сторін лемеша.

4. Робоча поверхня ножів деблокатора, виконана у вигляді торсу дотичних за ребром звороту, дозволяє отримати загальну деформувальну поверхню тиску, дія якої охоплює з двох боків рядок коренеплодів і забезпечує умови врізання зубів деблокатора в масив з малою питомою енергоємністю.

5. Експериментальними дослідженнями підтверджено правильність теоретичного обґрунтування основних конструкційно-технологічних параметрів робочого органу, за яких забезпечується якісне виконання технологічного процесу: діаметр деблокувального робочого органу – 0,7 м, довжина зуба робочого органу – 0,28 м, кількість зубів на одній стороні деблокувального робочого органу – 9 шт.

6. Після проходження деблокувального робочого органу кількість пошкоджених та не викопаних коренеплодів не перевищує допустимих меж в діапазоні факторів: поступальна швидкість $V=0,9$ м/с та кутова швидкість $\omega=40$ рад·с⁻¹. Кількість пошкоджених коренеплодів у всіх дослідах не перевищувала 3 %.

7. Річний економічний ефект від застосування технічного засобу з експериментальним робочим органом для викопування довгоплідних столових

коренеплодів, що реалізує технологічний процес роздільного збирання довгоплідних коренеплодів, досягається завдяки зменшенню витрати пального і становить близько 42,8 грн/га, а загальний економічний ефект за нормативного річного завантаження –2500-2700 грн.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Адамчук В.В., Грицишин М.І. Система техніко-технологічного забезпечення виробництва продукції рослинництва. Київ : Аграр. наука, 2012. С. 366-369.
2. Волоха М. П. Моделювання механізованих технологічних процесів вирощування і збирання буряків цукрових: дис. ... докт. техн. наук . Київ, 2020. 343 с.
3. Гапоненко В.С., Войтюк Д.Г. Сільськогосподарські машини. Київ : Урожай, 1992. 6-е вид., перероб. і допов. 448 с.
4. Гевко Р.Б. Викопувально-очисні пристрої бурякозбиральних машин Конструювання і розрахунок. Тернопіль, 1997. 119 с.
5. Гриник І.В., Адамчук В.В., Калетнік Г.М. та ін. Стан проектування і виготовлення в Україні сільськогосподарських машин сучасного технічного рівня. Механізація та електрифікація сільського господарства: міжвідомч. темат. наук. ННЦ «ІМЕСГ». Глеваха, 2014. Вип. 99, т.1. С. 34-39.
6. Грицишин М.І. Наукові основи формування та оновлення техніко-технологічної бази аграрних підприємств. Київ : СПД Блохін О.А., 2018. 312 с.
7. Діденко М.Ф., Хвостов В.А., Медведєв В.П. Машини для збирання овочів. Київ : «Машинобудування», 1984. 320 с.
8. Закон України «Про охорону праці» від 14.10.1992 № 2694-XII - zakon . rada URL : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2694-12#Text>.
9. Обґрунтування технологій і нормативної собівартості виробництва продукції рослинництва / за ред. Д.І. Мазоренка та Г.Є. Мазнева. Харків : Вид-во «Майдан», 2010. 147 с.
10. Надолинний В.О., Павлоцький А.С., Вознюк В.А. та ін. Землеробська механіка сучасного рівня сільськогосподарської техніки (інженерний комп'ютерний дизайн кривих і поверхонь). Механізація та електрифікація сільського господарства» : міжвідомч. темат. наук. зб. ННЦ «ІМЕСГ». Глеваха, 2014. Вип. 99, т. 1. С. 432-445.

11. Надолинний В.О., Павлоцький А.С., Вознюк В.А. та ін. Сучасний математичний апарат землеробської механіки. Механізація та електрифікація сільського господарства» : міжвідомч. темат. наук. зб. / ННЦ «ІМЕСГ». Глеваха, 2014. Вип. 99, т. 1. С. 446-462.

12. Павлоцький А.С., Борис А.М., Савченко І.Ф., Рихлівський П.А. Наукове та інженерне розроблення енергоощадних ґрунтообробних поверхонь. Механізація та електрифікація сільського господарства : загальнодерж. зб. / ННЦ «ІМЕСГ». Глеваха, 2016. Вип. 4(103). С. 145-154.

13. Погорілий Л.В., Татянюк Н.В. Бурякозбиральні машини: історія, конструкція, теорія, прогноз. Київ : Фенікс, 2004. 232 с.

14. Прокопенко Е.В., Лісовий І.О., Лісова Т.С. Моделювання виробничих небезпек та зменшення їх шкідливого впливу під час проведення механізованих робіт. Зб. наук. праць УНУС. Умань, 2015. С. 79-86.

15. Рихлівський П.А. Розроблення робочих органів для викопування глибокосидячих столових коренеплодів. Механізація та електрифікація сільського господарства : загальнодерж. зб. ННЦ «ІМЕСГ». Глеваха, 2018. Вип. 8(107). С. 114-119.

16. Рихлівський П.А. Розроблення робочих органів для викопування глибокосидячих столових коренеплодів. Технічний прогрес у сільськогосподарському виробництві : матеріали XXVI Міжнародної наук.-техн. конф. та XVIII Всеукраїнської конференції-семінару аспірантів, докторантів і здобувачів у галузі аграрної інженерії. (4-5 липня 2018р., смт. Глеваха) / ННЦ «ІМЕСГ». Глеваха, 2018. С. 52-54.

17. Рихлівський П.А. Механізація роздільного способу збирання глибокосидячих столових коренеплодів. Науковий тиждень у Крутах – 2017 : матеріали III Міжнародної науково-практичної конференції (у рамках II наукового форуму «Науковий тиждень у Крутах – 2017», 13-14 березня 2017р., смт. Крути). Крути, 2017. Том 1. С. 234-238.

18. Савченко І.Ф., Рихлівський П.А. Дослідження динаміки взаємодії деблокатора з пластом кореневмісного шару ґрунту в процесі викопування

глибокосидячих коренеплодів. Сучасні проблеми землеробської механіки: зб. наук. пр. XVIII Міжн. наук. конф. (16-18 жовтня 2017р., м. Кам'янець-Подільський). Тернопіль : Крок, 2017. С. 184-188.

19. Савченко І.Ф., Гринь О.М., Шумер О.Р. та ін. Довідник з механізації овочівництва Київ : Урожай, 1986. 232 с.

20. Савченко І.Ф. Механізація збирання столових коренеплодів. Овочівництво. 2009. №9. С.74-76.

21. Шатковский А. Морква на краплинному зрошенні: особливості технологій. Овочівництво. 2011. №2. С. 40-44.

22. Bulgakov V., Ivanovs S., Safchenko I., Boris A., Rykhlivskyi P. Theoretical Research of the Design and Technological Parameters of a Device for Lifting of Deep-Seated Table Root Crops. Acta Technologica Agriculturae, 2019, pp. 99–103.