

Дніпровський державний аграрно-економічний університет
Інженерно-технологічний факультет
Кафедра тракторів і сільськогосподарських машин

Пояснювальна записка

до дипломної роботи
освітнього ступеня "Магістр" на тему:

**Обґрунтування параметрів та режимів роботи копача
для збирання столових коренеплодів**

Виконав: студент 2 курсу, групи МГАІ-2-23
за спеціальністю 208 «Агроінженерія»

_____ Ільченко Валерій Григорович

Керівник: _____ Теслюк Геннадій Володимирович

Рецензент: _____ Рибкін Антон Петрович

Дніпро, 2024

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ
АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**
Інженерно-технологічний факультет

Кафедра тракторів і сільськогосподарських машин
Освітній ступінь: «Магістр»
Спеціальність: 208 «Агроінженерія»

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
ТСГМ
(назва кафедри)
доцент
(вчене звання)
Теслюк Г. В.
(підпис) (прізвище, ініціали)
« » _____ 20 р.

**З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Ільченко Валерій Григорович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Обґрунтування параметрів та режимів роботи копача для збирання столових коренеплодів

керівник роботи Теслюк Геннадій Володимирович, канд. техн. наук, доцент

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від

«12» 11 _____ 2024 року № 3784

2. Строк подання студентом роботи до 10.12.2024

3. Вихідні дані до проекту Огляд стану питання в галузі рослинництва та існуючих конструкцій машин для збирання столових коренеплодів. Патентний пошук, аналіз літературних джерел, останніх досліджень з обраної тематики.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Стан і напрями досліджень. 2. Аналітична частина 3. Результати експериментальних досліджень. 4. Охорона праці. 5. Економічна ефективність. Висновки. Література. Додатки

5. Перелік демонстраційного матеріалу

1. Тема. Мета і задачі досліджень (2 аркуша, А4). 2. Аналіз конструкцій технічних засобів (1 аркуша, А4). 3. Аналітичні дослідження (2 аркушів, А4). 4. Експериментальні дослідження (3 аркуша, А4). 5. Економічні показники (1 аркуш, А4). 6. Висновки (1 аркуша, А4)

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	Теслюк Г. В., завідувач кафедри		
2	Теслюк Г. В., завідувач кафедри		
3	Теслюк Г. В., завідувач кафедри		
4	Теслюк Г. В., завідувач кафедри		
5	Теслюк Г. В., завідувач кафедри		
Нормоконтроль	Золотовська О.В., доцент		

7. Дата видачі завдання: _____.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Стан питання і задачі досліджень	до 15. 09.2024	виконав
2	Аналітичний	до 25. 09.2024	виконав
3	Експериментальний	до 28. 10.2024	виконав
4	Охорона праці	до 10. 11.2024	виконав
5	Економічний	до 21. 11.2024	виконав
6	Демонстраційна частина	до 02. 12.2024	виконав

Студент

_____ (підпис)

Ільченко В.Г.

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Теслюк Г. В.

_____ (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Льченко В.Г. Обґрунтування параметрів та режимів роботи копача для збирання столових коренеплодів / Випускна кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня «магістр» за спеціальністю 208 «Агроінженерія» – ДДАЕУ, Дніпро, 2024.

Дипломний проект спрямований на вирішення актуальної проблеми зниження енергоспоживання і підвищення ефективності викопування довгоплідних столових коренеплодів (далі ДСК).

Згідно з результатами проведених досліджень, обґрунтовано доцільність механізованого збирання ДСК іншим способом, особливо в період заморозків, з використанням нових робочих органів, розроблених для зниження енерговитрат на процес буріння.

Мета роботи – Зменшення витрат енергії на збирання довгоплідних столових коренеплодів шляхом обґрунтування параметрів робочих органів і створення технічного засобу для мало енергоємного викопування довгоплідних столових коренеплодів

Об'єкт досліджень – де відбувається процес вирощування коренеплодів і блокуючий робочий орган для викопування ДСК

Предмет досліджень – розглянуто взаємодію робочого органу з навколишнім середовищем, а також залежність якості робіт та енерговитрат на копання dsc від конструктивних параметрів активного приводу робочого органу та режиму роботи.

Ключові слова: столові коренеплоди, роздільний спосіб збирання, двоярусний робочий орган, ріжуче-деформуєча поверхня, деблокатор, додаткове кришення ґрунту.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
РОЗДІЛ 1 СТАН ПИТАННЯ І ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	9
1.1 Аналіз розвитку машин для збирання столових коренеплодів	9
1.2 Тенденції створення конструкцій робочих органів для викопування довгоплідних столових коренеплодів	18
Висновки	23
РОЗДІЛ 2 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА ПАРАМЕТРІВ РОБОЧОГО ОРГАНА ДЛЯ ВИКОПУВАННЯ ДОВГОПЛІДНИХ СТОЛОВИХ КОРЕНЕПЛОДІВ	24
2.1 Моделювання і проектування де блокувального робочого органа	24
2.2 Обґрунтування технологічної схеми та конструкційних параметрів робочого органа	31
2.2.1. Визначення кількості зубів на динаміку процесу деформації кореневмісного шару ґрунту.....	32
2.2.2. Визначення розвалу та сходження двох дисків на робочому органі, та їх вплив на деформацію ґрунту.....	33
2.3. Моделювання і проектування підрізувального леміша копача	33
2.4. Опис конструкції експериментальної установки.....	41
Висновок.....	41
РОЗДІЛ 3 ЛАБОРАТОРНО-ПОЛЬОВІ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	42
3.1. Польові дослідження.....	42
3.2. Результати лабораторно-польових досліджень	44
Висновки.....	46
РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ.....	47
4.1 Організація умов та заходів з охорони праці при роботі на запропонованій машині	47
4.2 Психологічна підготовка та контроль за здоров'ям працівників.....	49
Висновок	51

РОЗДІЛ 5 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ НОВИХ РОБОЧИХ ОРГАНІВ ПРИ ВИКОПУВАННІ СТОЛОВИХ КОРЕНЕПЛОДІВ.....	51
5.1. Виробнича перевірка експериментальної машини для викопування довгоплідних столових коренеплодів.....	49
5.2 Економічна ефективність впровадження технологічного процесу викопування довгоплідних столових коренеплодів	53
Висновок	60
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	61
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	62
ДОДАТКИ	

ВСТУП

Актуальність теми. Згідно з розрахунками Міністерства охорони здоров'я, науково обґрунтована річна норма споживання овочів однією людиною в Україні має становити 161 кг, з яких 15,5 кг припадає на столову моркву. За останній період 86% овочів вирощувалося дрібними виробниками.

Така ситуація вимагає створення технічних засобів для агрегування з малопотужними тракторами, які використовуються в невеликих фермерських господарствах, що спеціалізуються на виробництві овочів.

При виробництві столової моркви найбільш трудомісткою операцією є збирання врожаю. Частка трудовитрат на збирання врожаю в структурі витрат становить близько 70%. Для викопування використовуються картоплекопалки, бурякопідйомники і скоби, які вимагають великих витрат енергії і можуть пошкодити коренеплоди столової моркви, особливо довгоплідних сортів і гібридів.

Відсутність відповідних технічних засобів призводить до різкого подорожчання ручної праці, в результаті чого зменшуються посівні площі столової моркви.

У зв'язку з цим розробка низькоенергетичних технічних засобів для викопування столових коренеплодів, які забезпечать зниження споживання енергоресурсів і псування коренеплодів, є актуальною науково-технічною проблемою.

РОЗДІЛ 1 СТАН ПИТАННЯ І ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕНЬ

1.1 Аналіз розвитку машин для збирання столових коренеплодів

Для зменшення затрат ручної праці на виробництво сільськогосподарської продукції було розроблено систему машин для комплексної механізації сільськогосподарського виробництва. Перша система почала працювати в 1955-1965 рр. В 1961-1964 рр. науковими працівниками і спеціалістами сільськогосподарського виробництва була розроблена система машин на 1966-1970 рр. яка дала можливість досягти в порівнянні з попередніми роками більш позитивних результатів у комплексній механізації сільського господарства. Однак ще багато машин для механізації сільського виробництва не було створено, багато галузей залишались слабо механізованими, в тому числі і овочівництво [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].

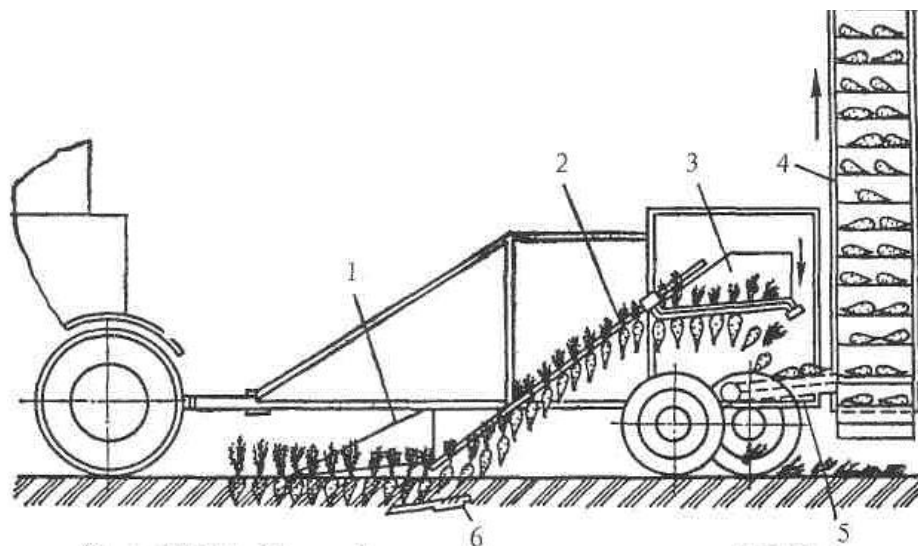
В системі машин на 1976-1980 рр. були скомплектовані комплекси машин для збирання столових коренеплодів [20]. Застосування машини ЕМ-11 дало можливість механізувати підкопування коренеплодів, транспортувати їх до апарата, який відминав гичку і транспортував коренеплоди в транспортний засіб. Машина ЕМ-11 задовільно працювала на полях з легким ґрунтом і при збиранні коренеплодів з добре розвиненою 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.

У період 1981-1990 рр. для збирання столових коренеплодів промисловість освоїла виробництво вітчизняних однорядних машин ММТ-1 (рис. 1.2) [21, 22]. Вони мали замінити машину ЕМ-11 виробництва НДР.

Основними енергетичними засобами для агрегування 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) [22, 23].



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



1 – стеблопідіймач; 2 – бральний апарат; 3 – гичковідокремлювальний апарат; 4 – вивантажувальний елеватор; 5 – поздовжній конвеєр; 6 – підкопувальний ніж

Рисунок 1.2 – Функціональна схема машини ММТ-1

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

* В – було налагоджено виробництво і серійно випускалось;

Н – була нова розробка;

ДВ – проводились державні випробування;

Р – рекомендувалось до постановки на виробництво.

У системі машин до 1995 року для збирання столових коренеплодів було передбачено організувати випуск дворядних машин брального типу Е-825 (до тракторів кл. 1,4-2), але ввезені із НДР ці машини залишились в одиничних зразках [6].

Корнеклубнезбиральний комбайн Е-825 використовується для збирання 2 рядів моркви, столового буряка та інших коренеплодів. Він складається з підйомної гусениці 7 (рис. 1.3), Лемеші 8 для бурового струга, підйомного пристрою 6, підйомного пристрою 5, вертикального конвеєра 3, стрічкового конвеєра 1, горизонтального конвеєра 4, розвантажувального підйомника 2, опорного колеса, рами, приводного механізму з управлінням [22].

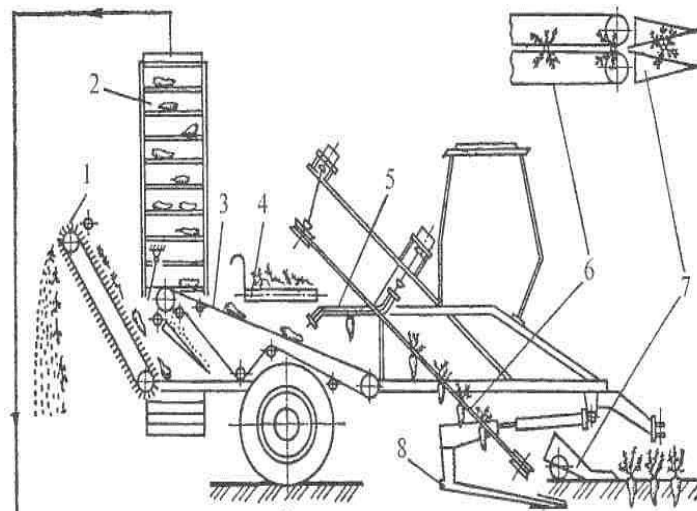
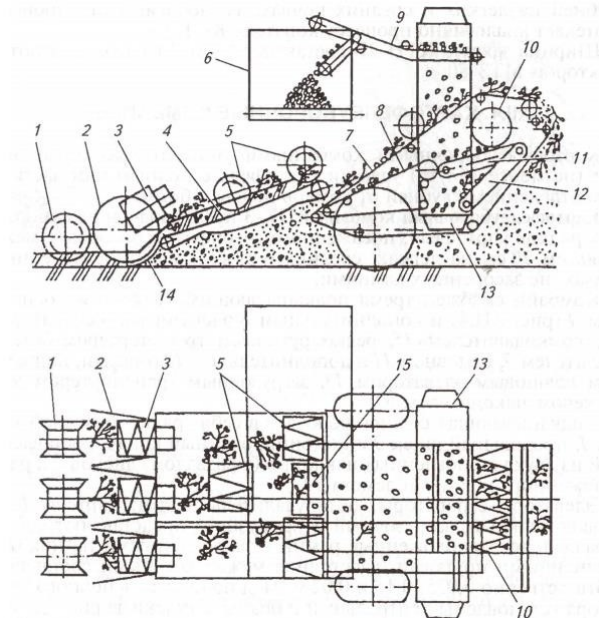


Рисунок 1.3 – Схема корнезбиральної машини Е-825

Поки машина рухається вздовж колони, підйомник Powerlift 7 піднімає візок і направляє вас до ігрової машини Play Machine 6, яка являє собою клиноподібну доріжку. Внутрішні ланки цих доріжок захоплюють коренеплід за верхівку. Одночасно з цим коренеплоди викопуються лемешем 8. Підбирач витягує коренеплоди з ґрунту і переміщує до нижньощелепного пристрою 5 у формі повідця, зубило відламується і потрапляє на транспортер 4, а коренеплоди потрапляють на транспортер 3. Останній переміщує коренеплід на палацовий транспортер 1, який видаляє залишки бадилля, грудки та інші домішки, а коренеплід потрапляє на елеватор 2 і завантажується в транспортний засіб.

У системі машин до 1995 р. з'явилися нові розробки потужних машин: копач-завантажувач коренеплодів КПК-3 до тракторів кл. 1,4 (рис. 1.4, 1.5), самохідні трирядні машини МУК-1,8 для збирання на рівній поверхні, МУК-1,8-01 для гряд, МУК-1,8-0,2 для гребенів потужністю двигуна 78–110 кВт (рис. 1.6) [22].



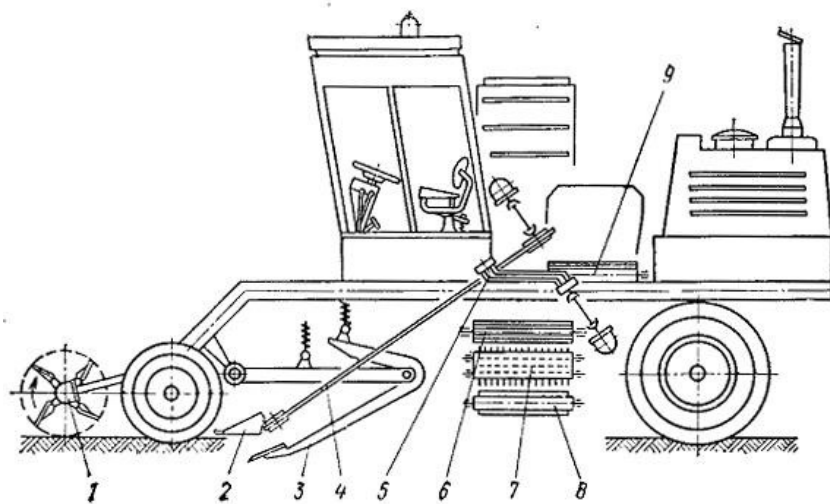
1 – котки опорні; 2 – диски викопувальні; 3, 5, 10 – шнеки; 4, 8 – елеватори-сепаратори; 6 – бункер накопичувач; 7 – рідкопрутковий конвеєр; 9 – завантажувальний конвеєр; 11, 12 – гірки; 13 – підйомний ковшовий елеватор; 14 – леміш; 15 – грудкороздавлювач

Рисунок 1.4 – Принципова схема картоплезбирального трьохрядного комбайна КПК-3

Широко використовували і виконували роздільний спосіб збирання столової моркви в дослідному господарстві ННЦ «ІМЕСГ» «Мар'янівка», де використовували картоплезбиральний комбайн Е-665 з пристосуванням ПУМ-2. У ДП ДГ «Оленівське» ННЦ «ІМЕСГ» до останнього часу використовувалось роздільне збирання столової моркви косаркою-подрібнювальною роторною КІР-1,5Б, очисником ОГД-6 і трирядним картоплезбиральним комбайном Е-684 [22].



Рисунок 1.5 – Загальний вигляд картоплезбирального трьохрядного комбайна КПК-3



1 – прокошувач міжрядь; 2 – гичкопідіймач; 3 – підкопуючий пристрій; 4 – бральний механізм; 5 – роторно-планчатий гичковідділяючий механізм; 6 – сепарувальний прутковий конвеєр; 7 – пальчаста гірка; 8 – навантажувальний конвеєр; 9 – конвеєр для відведення бадилля

Рисунок 1.6 – Схема картоплезбирального трьохрядного комбайна КПК-3

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 [3].

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) [27].

При чищенні за допомогою збирача немає необхідності попередньо знімати верх. Якщо збір врожаю проводиться на комбайні, необхідно провести попереднє видалення бадилля. У будь-якому випадку вам потрібно переконатися, що на врожаї немає бур'янів. Ці машини працюють в автоматичному режимі, стежачи за рядами рослин, і при наявності бур'янів копіювальний апарат для колонок може відхилитися в сторону, тому машина для збору врожаю не потрібно. [23].

Із вітчизняних машин для викопування ДСК поширений комбайн «Веста» (рис. 1.7).

Із заграничних комбайнів брального типу часто зустрічаються машини фірми Asa-Lift, яка випускає начіпні, напівначіпні та причіпні комбайни для збирання моркви (рис. 1.8). Комбайн для збирання моркви Asa-Lift збирає моркву 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 [11].

Вибір комбайна для збирання моркви залежить від обсягів збирання і можливості господарств по вивезенню продукції. Також поширений випуск машин інших зарубіжних та вітчизняних фірм: комбайн для збирання моркви Алина, машина для збирання моркви фірми Dewulf VeconRVL-WR2C, морквозбиральний комбайн Grimme Varitron 270, комбайни для збирання моркви фірми SIMON, машина фірми EUROPA та ін [11].

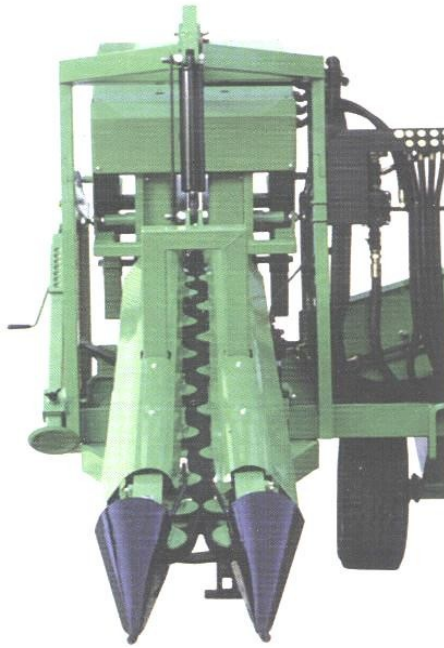


Рисунок 1.7 – Загальний вигляд комбайна для збирання моркви Веста-1



Рисунок 1.8 – Загальний вигляд комбайна для збирання моркви Asa-Lift

Другий прийом збирання моркви здійснюється за допомогою насадки для проколювання картоплезбирального комбайна (короткий коренеплід потовщеної форми шантинського типу для промислової переробки).

Картоплезбиральні комбайни мають високу врожайність, але завдають більшої шкоди коренеплодів.

Здорова високоякісна морква може бути отримана тільки при дотриманні принципів інтегрованої організації виробництва, суворого дотримання всіх аспектів вирощування моркви. Чіткий контроль за станом ґрунту, добір сортів, догляд за посівами, контроль за бур'янами, шкідниками та хворобами – всі ці заходи лежать в основі збереження якісної продукції. Збирання моркви

здійснюється в стадії повної зрілості, оскільки в цей час морква менш чутлива до потемніння, викликаного кисневим надлишком [33-36].



Рисунок 1.9 – Загальний вигляд копалки для молодої картоплі, моркви, столового буряка PYRUS II

Копалка (рис. 1.10) призначена для викопування картоплі та інших кореневих культур (буряк, морква, цибуля тощо) з одного ряду.

Найбільший ефект роботи досягається за умови чистого від бур'янів та каміння поля, на м'яких та щільних ґрунтах. Агрегатується з тракторами потужністю понад 10 кН, які мають триточковий пристрій кріплення, а також стандартизований ВВП.



Рисунок 1.10 – Загальний вигляд копалки навісної КН-1

Викопувальні робочі органи (далі для стислості - копачі) призначені для вилучення коренеплодів з ґрунту і передачі їх на очисні робочі органи. Під копачами ми тут будемо розуміти тільки викопувальні робочі органи для машин, побудованих за принципом попереднього обрізування бадилля на корені.

Підкопувальні лапи застосовувалися тільки на бурякопідіймачах і комбайнах теребильного типу і мають тільки історичний інтерес, оскільки бурякопідіймачі і бральні комбайни в даний час вже не застосовуються для збирання буряка але застосовуються при збиранні столових коренеплодів, наприклад моркви [12].

1.2 Тенденції створення 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.

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 вильчасто-лемішних копачів (від ручного копання до знаряддя на кінській робочій силі) нами

представлено на рисунку 1.11. Істотна різниця між бурякопідійомниками і копачами з'явилася тоді, коли виникла необхідність одночасно з викопуванням коренеплодів підбирати їх з поверхні поля і передавати на конвеєр-очищувач коренекопача або комбайна [14].

У початковий період довгий час (1930-1960-і роки) широке поширення знаходили зазначені вище різного роду пасивні вильчаті і лемешні копачі. Перший патент на вильчастий коренепідіймач був отриманий у 1878 році. Замкнуті ззаду вилки та лемеші (рис. 1.11) зазвичай закріплювали на несучій рамці за допомогою горизонтальної балки (для багаторядних машин) [14, 18].

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.

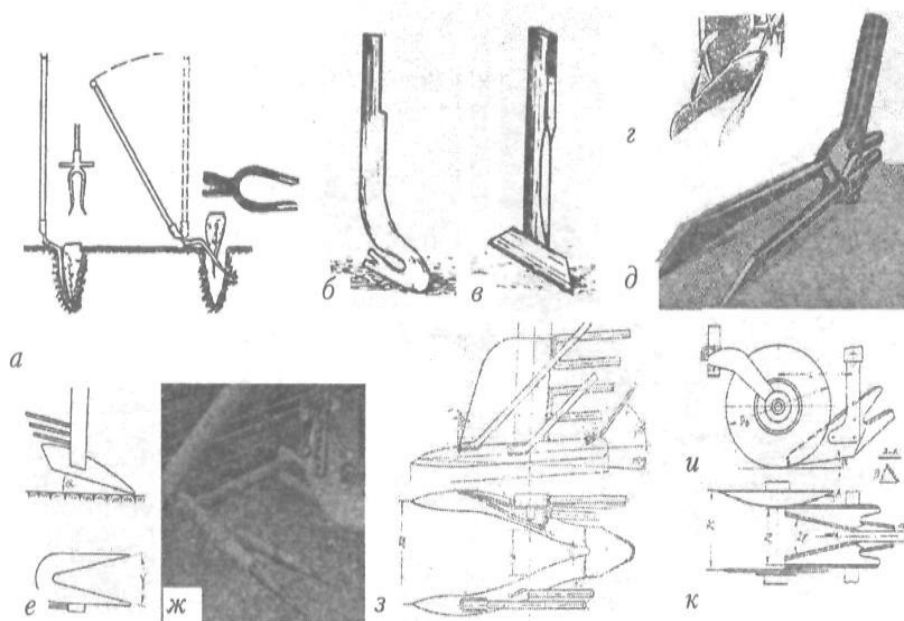


Рисунок 1.11 – Розвиток конструкцій вильчато-лемішних копачів: *а, б, г, д, ж, з* – еволюція ручного копача у вильчастий копач; *в, е, и, к* – еволюція одностороннього лемішного бурякопідіймача в 2-х лемішний замкнутий (*з*) і роз'ємний (*и*) копач

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.1.12) 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 коренеплодів 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 [14, 18, 19].

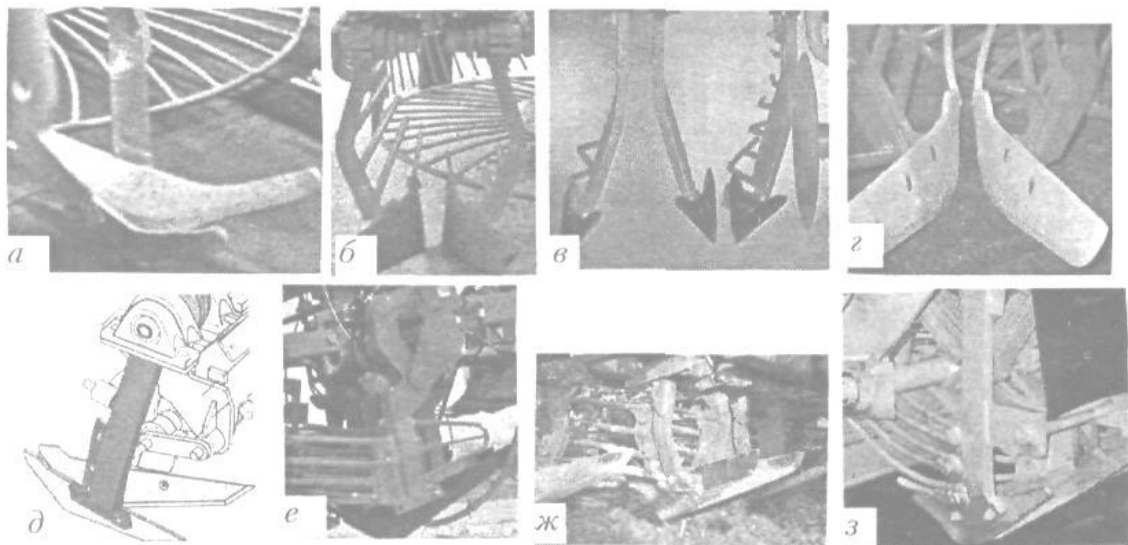


Рисунок 1.12 – Розвиток конструкцій лемішного копача європейського типу: *a* – пасивний копач; *б-д* – коливально-лемішні копачі; *е, з* – копачі з додатковим пристроєм; *і* – копач фірми "Рона" (ФРН) з підпружиненими лемешами і опорними колесами

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. 1.13 а-г).

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. 1.13 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 малоприсадибні для використання, тому що сприяють обламуванню хвостової частини і засміченню грудками ґрунту.

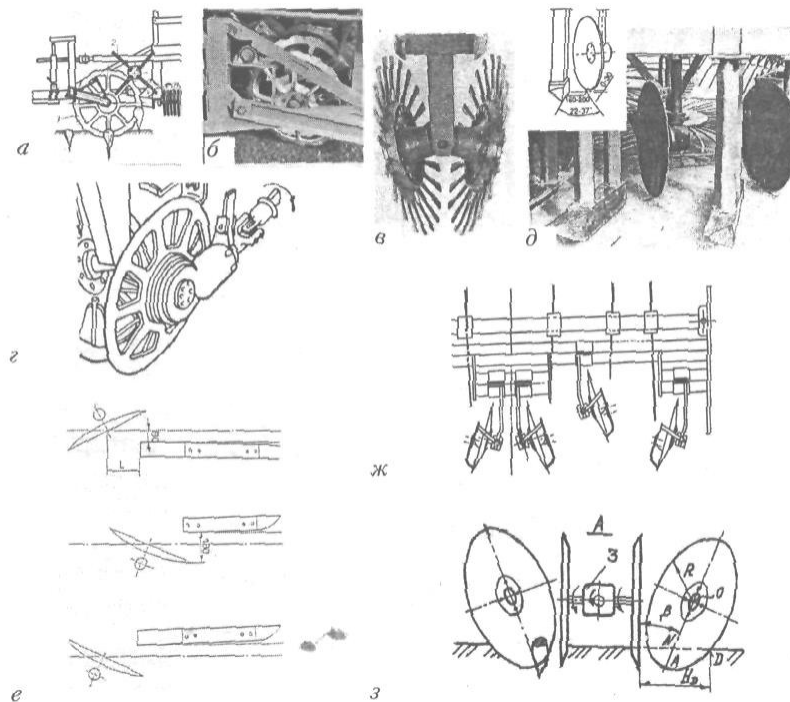


Рисунок 1.13 – Розвиток конструкцій дискових копачів: а, б – конструкція пасивних дискових копачів з бітером; в – дисковий променевої копач (США); г – приводний дисковий копач; д, ж – комбінований дисково-полозовий копач ("євродиск"); з – комбінований дисковий копач (Р. Гевко)

Ще одне істотне джерело втрат пов'язане з поперечним відхиленням коренеплоду в момент його викопування від осі симетрії копача. Причинами відхилень є помилки в управлінні копачами по рядках коренеплодів і природні зміщення коренеплодів від осі рядка (± 5 см), які носять випадковий характер. Для ослаблення впливу цього чинника в Голландії в 1970-ті роки лемішні копачі були забезпечені механізмом поперечної самоустановки щодо направлення до рядка коренеплодів (рис. 1.14 а). Рамка з лемішами була встановлена на несучій рамі викопувального пристрою з можливістю обмеженого зсуву в поперечному напрямку по полозках або валу з двостороннім підпружуванням.

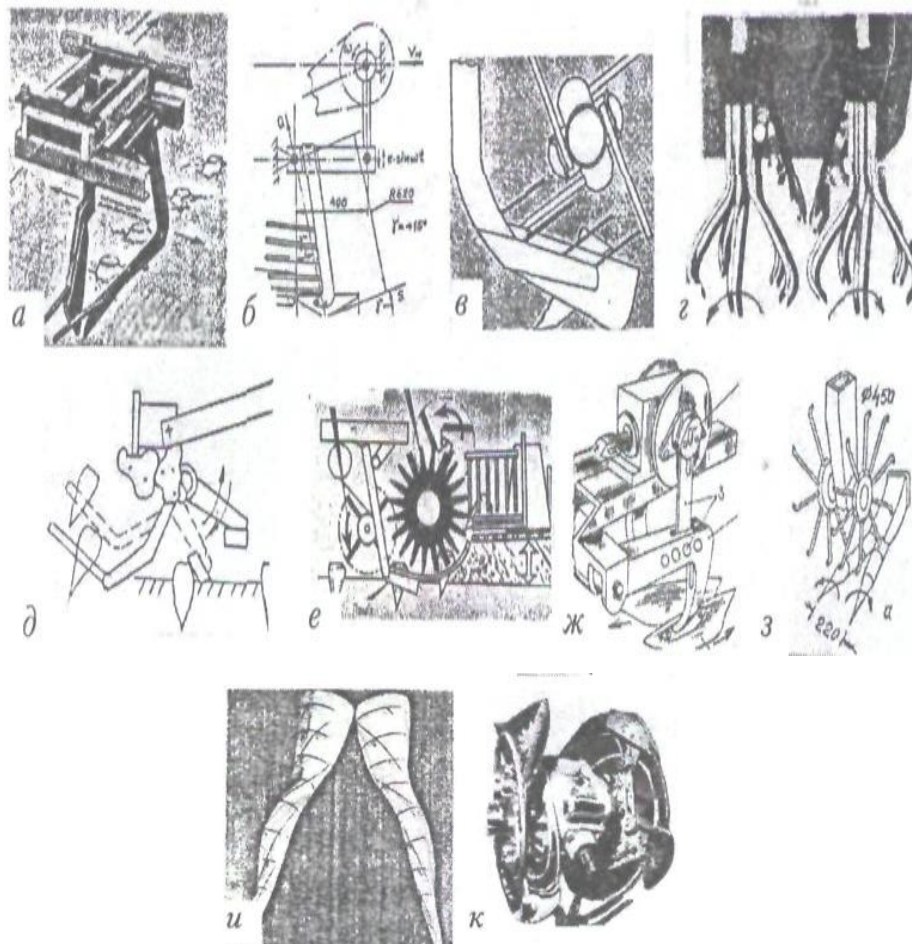


Рисунок 1.14 – Технічні способи активації в конструкціях копачів: а – лемішній копач з поперечним пристосованим для запобігання відхиленню коренеплодів від лінії рядка ("Flugelchar"), б, в – лемішно-коливальний копач з позитивним ($\gamma = +15$) ("Аесуре", Іспанія) і вертикальним нахилом стійки і подаючим бітером ("Кляйне", ФРН); г-з – з протифазним коливанням лемішків і ротаційними забірниками-доочисниками ("Холмер", ФРН); д – коливальний з ударним механізмом; е-з – з протифазним коливанням лемішків (патент

США № 3433928 "Роталіфт"); е-з – з прогумованим коренезбірником (патент фірм "Мерседес" і "Штоль"); з – (ротаційно-вильчатий) копач з активними металевими забірниками; і – рогоподібні вилки копача (В. Корабельський); к – ротаційний копач фірми "Вікон" (Голандія)

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.1.13., 1.14.). При цьому частота коливань завдяки вдосконаленню привідних механізмів зросла за останні 45 років з 2,5-3,0 Гц до 10-12 Гц. В сучасних західноєвропейських бурякозбиральних машинах найбільшого поширення отримали активні ("рюттельшар") лемішні копачі, в яких здійснюються низькочастотні (~ 10 Гц) коливання з амплітудою 10-20 мм уздовжньо-вертикальній площині з різною кінематикою (рис. 1.13., 1.14) .

Висновки

1. Понад 80% столових коренеплодів в Україні мають невеликі посівні площі, де технічні засоби для виробництва овочевих культур не передбачені через високу вартість закордонного обладнання.
2. Визначено перспективність дослідження технологічного процесу роздільного збирання столових коренеплодів довжиною до 35 см.
3. Для зниження втрат при збиранні ДСК довжиною до 35 см, особливо в період після заморозків, можна використовувати інший спосіб, використовуючи технічні засоби з перспективними робочими органами запропонованої нами конструкції.
4. Обґрунтовано вибір конструкційної схеми робочого органа для викопування ДСК.

РОЗДІЛ 2

АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА ПАРАМЕТРІВ РОБОЧОГО ОРГАНА ДЛЯ ВИКОПУВАННЯ ДОВГОПЛІДНИХ СТОЛОВИХ КОРЕНЕПЛОДІВ

2.1. Моделювання і проектування де блокувального робочого органа

В якості первинної основи системного моделювання форми робочих поверхонь виконавчих органів приймаються синергетичні дослідження самоорганізації структури для біологічних систем природного походження як об'єктів, що безпосередньо спостерігаються і описуються взаємопов'язаними логічними елементами (рис. 2.1, 2.2).

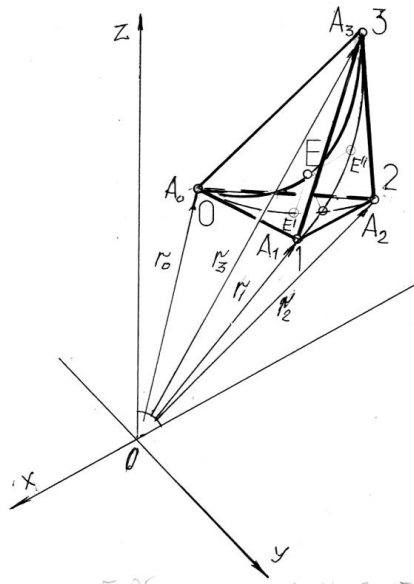


Рисунок 2.1 – Обернена модель системи «всієї геометрії» (проективний координатний тетраедр 0123 в афінному просторі, зокрема в евклідовому $Oxyz$)

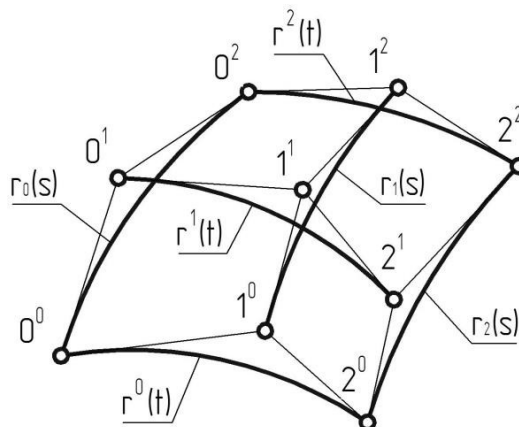


Рисунок 2.2 – Приклад конструювання простого «куска» поверхні, визначаючих поверхню простих дуг кривих, кожна із яких має три базові

У залежності від точки зору на предмет математики та її методи, в основному, можна поділити на змістовну, формальну і прикладну. Змістовна математики вивчає системи абстрактних об'єктів, що наділені конкретним змістом і названих конструктами, яким може бути множинімірний симплекс, де множини можна представити відповідно точкою, відрізком, трикутником і тетраедром, відображуючи одноелементні підмножини вершинами, двоелементні – ребрами, триелементні – гранями і чотириелементні – геометричним тілом (тетраедром), який може слугувати синергетичною моделлю біологічної системи – насінини соняшника, об'єм якої формувався умовами ліній ковзання (логарифмічними спіралями) в середовищі, обмеженому уповільненим зростанням головки у порівнянні з ростом насінини і приймається як об'ємна проективна координата [7-10, 14].

Загальні принципи моделювання дозволяють звести дослідження реального «нематематичного» об'єкта землеробської механіки до розв'язку математичної задачі.

Приклад концептуального моделювання і конструювання (з базами знань) виконавчих органів як агрегаційних систем землеробської механіки [7-10, 14]. Так, *K*-модель або метаопис задається рівнянням:

$$r = \frac{r_0(s) + a_1 t r_1(s) + a_2 t^2 r_2(s)}{1 + a_1 t + a_2 t^2}, \quad (2.1)$$

де t, s – змінні параметри поверхні,

$$r_i(s) = \frac{r_i^0 + a_1 s r_i^1 + a_2 s^2 r_i^2}{1 + a_1 s + a_2 s^2},$$

$i = 0, 1, 2$

Якщо в рівнянні 2.9 надати $s = 0$ і $s = \infty$, то отримаємо відповідно рівняння кривих $r^0(t)$ і $r^2(t)$ (рис. 2.7), до яких можуть бути введені фізичні характеристики. Тоді маємо рівняння критеріальної *K*-моделі або метаопису емпіричних показників:

$$\sigma_{\text{відр}}^{v_e} = \sigma_{\text{відр}}^{(0)} (1 + k v_e \sin \alpha), \quad (2.2)$$

де, $\sigma_{відр}^v$ – тимчасовий опір відриву як деякої відносної швидкості прикладення навантаження – v_e ;

$\sigma_{відр}^0$ – тимчасовий опір відриву для швидкості $v_e = 0$.

З іншого боку в якості моделі цієї ж теорії можна розглядати деякі абстрактні множини з відношеннями фізико-механічного характеру (силову характеристику робочих поверхонь виконавчих органів), що описуються K -моделями або метаописами співвідношень фізичної механіки і приймаються як функціональна модель:

$$R_x = \rho_0 v_e^2 \left(\sin 2\alpha + \frac{\sin 2\alpha}{2} \operatorname{tg} \varphi \right), \quad (2.3)$$

$$R_y = \rho_0 v_e^2 \left(\frac{\sin 2\alpha}{2} - \sin 2\alpha \operatorname{tg} \varphi \right), \quad (2.4)$$

де ρ_0 – початкова щільність ґрунту, $\text{г}\cdot\text{см}^{-3}$; v_e – відносна швидкість руху по поверхні, $\text{м}/\text{с}$; α – характеристичний кут деформації, рад; φ – кут зовнішнього тертя, рад.

Наведені моделі однаково втілюють в собі одну теорію, але мають принципову різницю – вони існують в різних значеннях (математичному, аналітичному, фізичному і механічному) і складають універсальну K -модель або метаопис.

Модель ґрунтового середовища, яка б мала достатньо високий ступінь адекватності і лягла б в основу моделювання і конструювання функціональної форми робочих поверхонь виконавчих органів за допомогою ЕОМ, можна побудувати тільки шляхом урахування повного комплексу визначаючих характеристик. Для ґрунтового середовища такі характеристики не піддаються формалізації і, як правило, можуть бути описані тільки логіко-евристичним шляхом, який започатковують наведені K -моделі або метаописи [7-10, 14].

Приклад концептуального моделювання і конструювання (з базами знань) мінімальноенергодостатнього робочого органа копача коренеплодів двоярусного типу за допомогою ЕОМ наведено далі.

В якості прикладу застосування наведеної вище методики на рисунках 2.3, 2.4 приведені результати проектування зубів деблокатора, які мають робочих 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 [7, 8, 9, 10, 14].

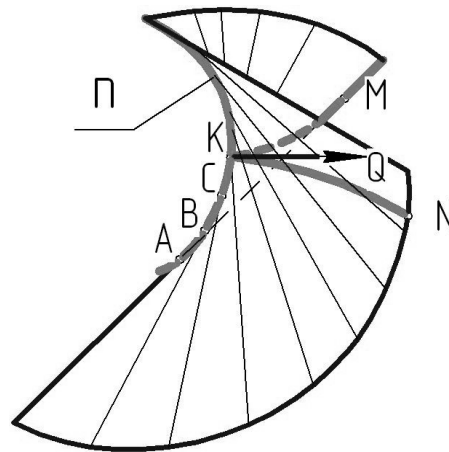


Рисунок 2.3 – Поверхня торсу дотичних з ребром звороту та її переріз площиною, перпендикулярною до ребра звороту – Q

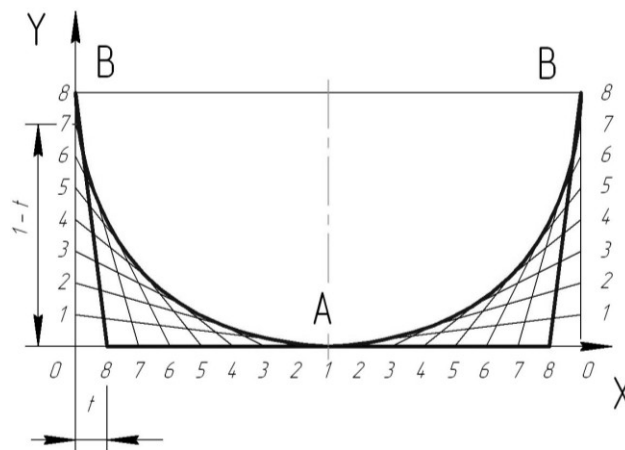
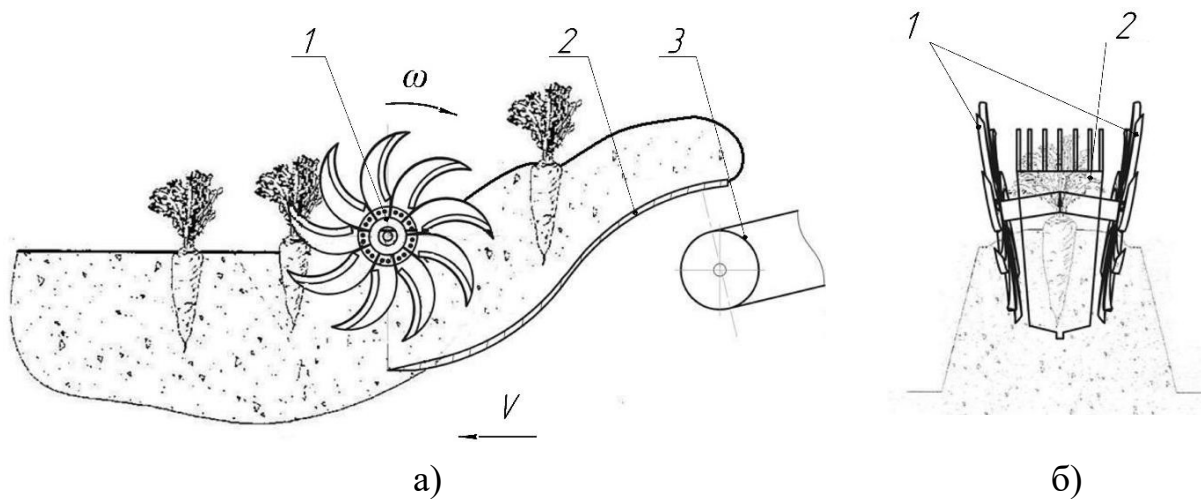


Рисунок 2.4 – Поверхня переносу криволінійного лемеша. Поперечний переріз – побудова пропорційної кривої за допомогою відрізків прямих

Це дозволяє при конструктивному виконанні пристрою для випуску технічної рідини у вигляді дискового де блокатора, розташованого по обидві сторони від осі ряду коренеплодів, отримати загальну деформуючу поверхню тиску, дія якої охоплює велику кількість коренеплодів з обох сторін.

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. 2.5) [17].



а – вид збоку; б – вид спереду

Рисунок 2.5 – Схема загального вигляду викопувального робочого органа двоярусного типу

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 органа 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. 2.6), 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 [7-10, 14].

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.

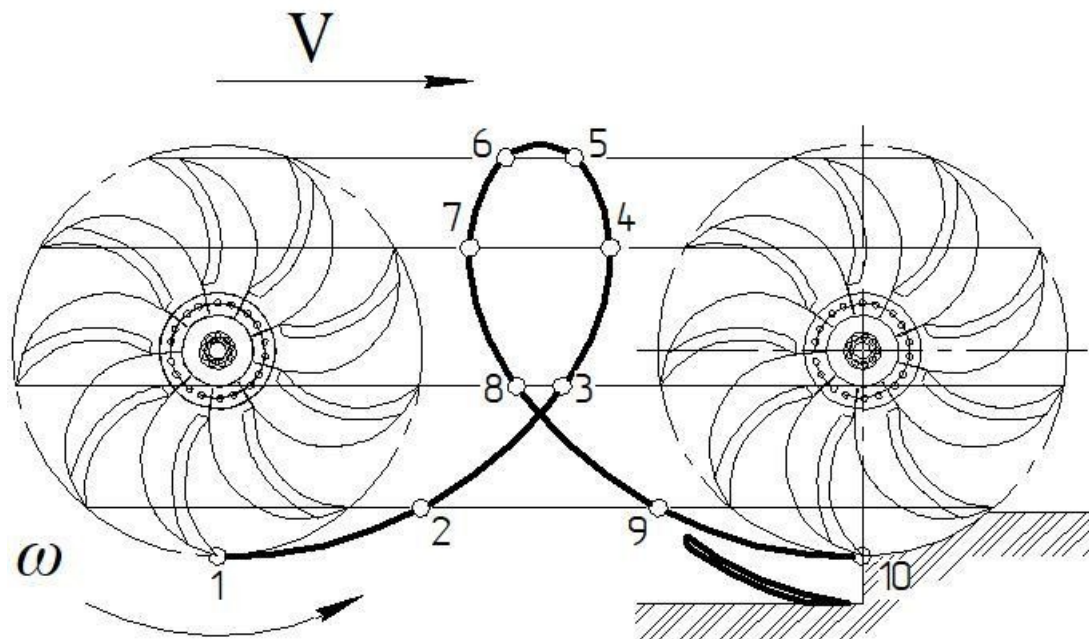


Рисунок 2.7 – Траєкторія руху точок зубів де блокатора у вигляді стислої циклоїди (супутнє фрезерування)

Зустрічне фрезерування має перевагу на щільних, важких ґрунтах при недостатності вологості, а також, при потребі, в додатковому русії. 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.

Більш детальна інформація на новий робочий орган міститься в заявці на винахід.

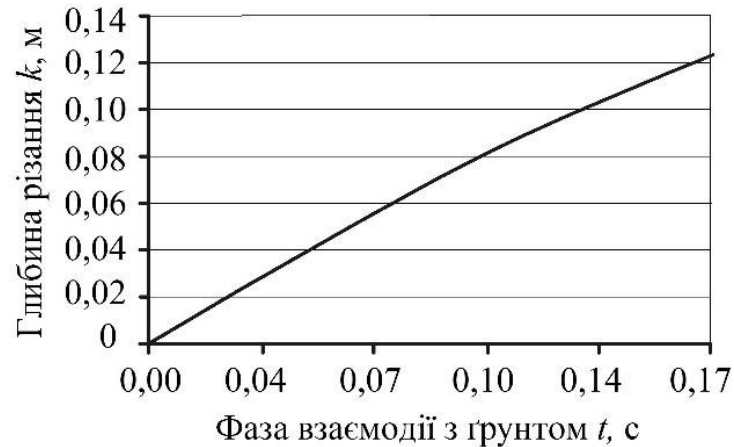


Рисунок 2.8 – Залежність глибини різання зуба де блокатора відносно фази взаємодії його з ґрунтом

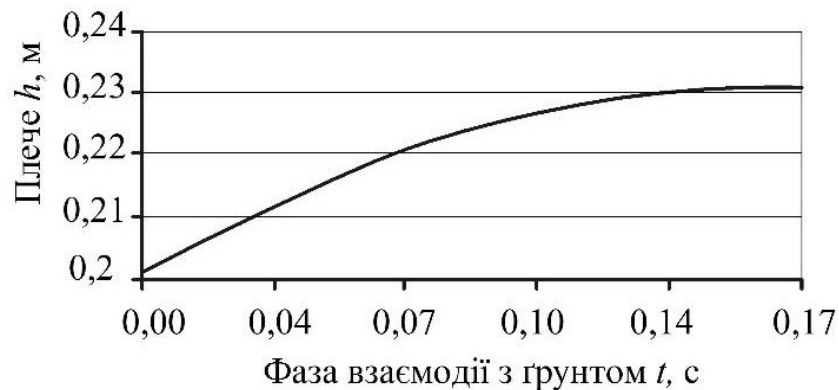


Рисунок 2.9 – Залежність рівнодійної сили різання зуба деблокатора відносно фази взаємодії його з ґрунтом

У той же час передбачалося, що питомий опір ґрунту розтягування становить 6700 Нм^{-2} . В результаті моделювання була побудована поверхня відгуку, що відображає кутову швидкість ω споживаної зубами деблокатора потужності і залежність взаємодії з ґрунтом від фази в момент часу t від початку контакту з ґрунтом до виходу з ґрунту [4, 11, 16, 17].

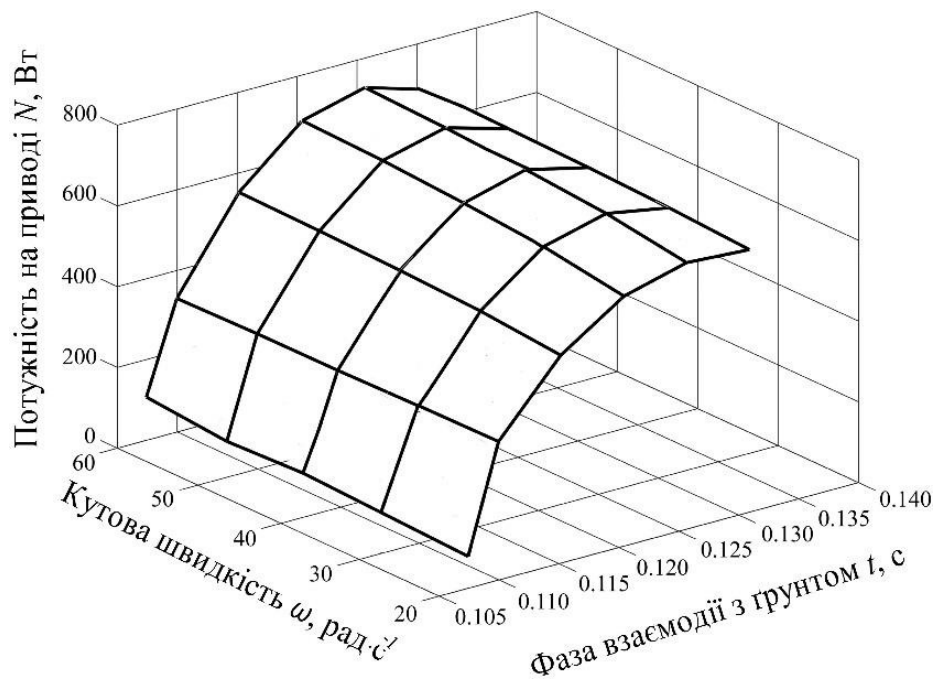


Рисунок 2.10 – Отримана залежність від фази взаємодії зуба з ґрунтом і кутової швидкості обертання ротора де блокатора в момент t потужності N , споживаної зубом ω

На малюнку 2.10 показано, як збільшується споживана потужність при обертанні зуба у вертикальному напрямку, що пояснюється збільшенням глибини проникнення зуба в ґрунт і, отже, обсягу ґрунту, з якою взаємодіє його поверхня. Зниження потужності на кінцях перед тим, як зуби залишають робочу зону, відбувається через зменшення заплечика сили впливу ґрунту на зуби. У міру збільшення кутової швидкості з $20 \text{ рад}=\text{з-1}$ до $60 \text{ рад}=\text{з-1}$ потужність кожного приводу деблокатора збільшується з 600 до 700 Вт. Щоб визначити середню потужність деблокатора, визначте добуток інтеграла від функції $N(t)$ і кількості зубів на ґрунті і визначте зміну споживаної потужності в залежності від кута нахилу в радіальному напрямку робочої зони зуба. [4].

2.2. Обґрунтування технологічної схеми та конструкційних параметрів робочого органа

На рисунку 2.11 представлена схема двохярусного робочого органа 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.

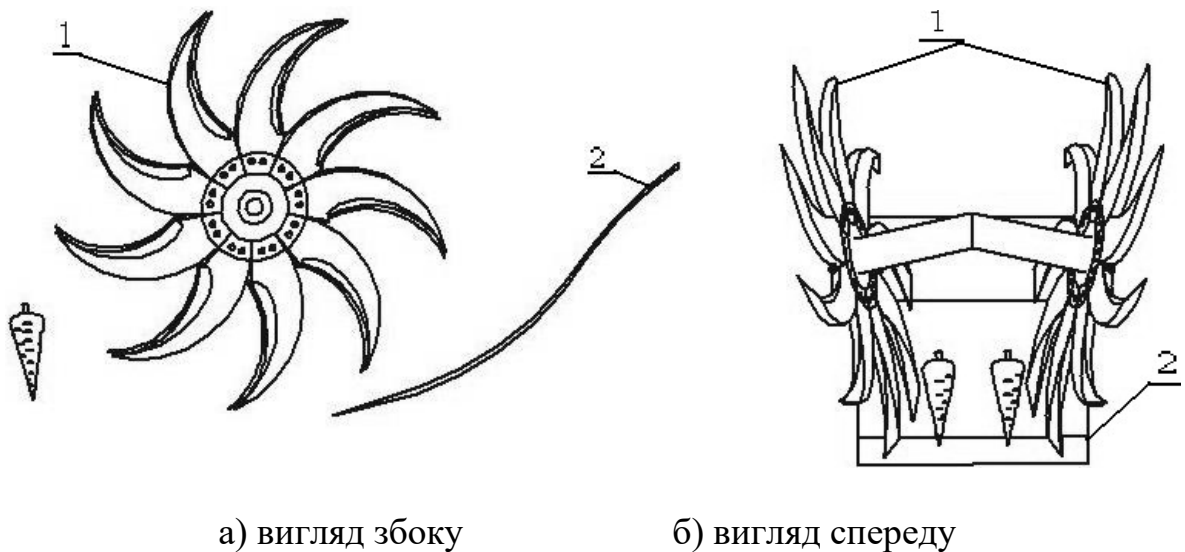


Рисунок 2.11 – Конструкційна схема робочого органа для викопування довгоплідних столових коренеплодів: 1 – довгозубий деблокатор; 2 – криволінійний підкопувальний леміш

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

2.2.1. Визначення кількості зубів на динаміку процесу деформації кореневмісного шару ґрунту

Кількість зубів залежить від обраних кінематичних параметрів Z і подачі S вона визначається за формулою:

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

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 [11, 16, 17].

2.2.2. 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 агрегата.

2.3. Моделювання і проектування підрізувального лемеша копача

Умови раціонального деформування ґрунтового шару на основі агротехнічних вимог знаходяться в розподілі операцій вирізання шару ґрунту, кришення в напівблокованому стані та рихлення за місцем його залягання [7-10, 14].

Для конструювання вирізальної частини робочої поверхні скоби наперед заданими умовами являються:

- доведення пластичних деформацій в ґрунті на лінії різання до руйнування з мінімальними деформаціями всього об'єму шару;
- одержання мінімальної поверхні тертя шару, що обробляється, по робочій поверхні;
- додержання принципу найменшого опору руху при вирізанні всього шару ґрунту.

Геометричною моделлю перших двох заданих умов є:

1. Дія в поздовжньовертикальній площині системи елементарних сил із змінним кутом відхилення від вертикалі;
2. Мінімальний периметр поперечного перерізу шару.

Третя умова геометрично інтерпретується наступним чином: різальна крайка повинна мати форму лінії найменшого опору: якою на робочій поверхні буде геодезична лінія або пряма на розгортці, якщо робочою поверхнею є прямий круговий циліндр.

Отже, різальна крайка циліндричної вирізувальна частини робочої поверхні повинна бути виконана по гвинтовій лінії, яка виникає в перетині основного циліндра допоміжним синусоїдальним циліндром з віссю, перпендикулярною площині напрямку руху скоби.

Процес деформації ґрунту з розділом операцій різання і кришення є перспективним, можна чекати, що різальний елемент, відділений від основної робочої поверхні і висунутий вперед на зону активного впливу елемента поверхні, що кришить, буде давати менший опір при роботі в ґрунті.

Через зміну знаку кривизни робочої поверхні на початковій і кінцевій ділянках при русі скоби утворюється динамічна дія, що значно збільшує загальну зону деформації ґрунту в області змінних напрямків нормалей до поверхні.

Сучасні коренезбиральні комбайни оснащені в основному екскаваторами плоскої форми робочої поверхні, здатними якісно розпушувати ґрунт на значній глибині при низькому енергоспоживанні. Ґрунт на вигнутій робочій поверхні рухається зі змінною швидкістю, але окремі шари ґрунтових мас взаємодіють один з одним, тому вони рухаються по-різному. Це обумовлює ефективну дію механізму деформації ґрунту і інтенсивність руйнування внутрішніх зв'язків в ньому. Механізм деформації особливо ефективний при різних ознаках кривизни робочої поверхні, які можна класифікувати як ґрунтоутворювальні агротехнологічні поверхні (АТП).

«Функціональну» геометрію поверхонь можна одержати, зв'язавши геометричний принцип формоутворення з технологічним принципом її взаємодії із ґрунтом. Наприклад, відомо, що ґрунтова маса m рухається під дією змінної сили $R(t)$ на робочій поверхні з уповільненням (тобто відносна швидкість V_e прямує до нуля), тому виходячи з другого закону Ньютона, маємо:

$$V(t) = \frac{1}{m} \int_{t_0}^{t_1} R(t) dt, \quad (2.6)$$

де: t – час;

m – маса ґрунту.

Це може привести до нагромадження ґрунту на робочій поверхні та раптове порушення (розриву) технологічного процесу (стрибку). Вказане вище явище можна описати аналітично за допомогою розривної функції $e(x)$ яка має стрибок, а коли $x=0$. Отже, графік цієї функції – східець, бо якщо $x<0$, маємо $e(x)=0$, а якщо $x>0$, то $e(x)=1$. Звідки інша назва цієї функції – одинична.

Знайдемо аналітичний опис розривної (одиничної) функції за допомогою дельта-функції, яка є математичним аналітичним аналогом змінної сили $R(t)$, що має характер удару:

$$e(x) = \int_{-\infty}^x \delta(x) dx, \quad (2.7)$$

Ця функція дозволяє перетворення: збільшення висоти в n – разів при одночасному зменшенні ширини в стільки ж разів. Тобто, якщо взяти:

$$\Phi(x) = \frac{1}{\pi} \frac{p}{1+(px)^2}, \quad (2.8)$$

де Φ_1 – дельта-функція наближеного представлення як математичний аналог змінної сили $R(t)$;

p – коефіцієнт, який змінюється від 1 до 5.

То одержимо:

$$e(x) = \int_{-\infty}^x \frac{1}{\pi} \frac{p}{1+(px)^2} dx = \frac{1}{\pi} \arctg px = \frac{1}{\pi} \arctg px + \frac{1}{2}, \quad (2.9)$$

Графік цього інтеграла (рис. 10а). Він може бути використаний для моделювання форми координатної кривої, яка демонструє певні технічні характеристики за допомогою змінних параметрів, і може бути використаний при геометричному моделюванні форми поверхні ґрунту як несучої кривої параметра.

Залежно від характеристик ґрунту та швидкості руху робочого органу, Геометричні рішення основних функціональних елементів були знайдені при проектуванні різних робочих органів для інтенсивних та енергозберігаючих методів вирощування з використанням описаних кривих.

Проведені польові випробування засвідчили, що нова форма робочої поверхні сприяє зниженню тягового опору робочих органів та до інтенсифікації технологічного процесу обробітку ґрунту. Це особливо важливо при створенні фермерських машин для викопування ДСК, які агрегуються з малопотужними енергозасобами кл. 0,6 та 0,9 кН.

Далі зазначена крива була використана як направляльна для розроблення геометричних рішень ґрунтодеформувальних поверхонь нульової кривизни, що дало змогу одержати поверхні з новим принципом дії за рахунок простого знакозмінного вигинання ґрунту при викопуванні коренеплодів. Таке геометричне рішення ґрунтодеформувальної поверхні забезпечує змінне за її висотою значення дотичних сил, що дає можливість одержати відносно швидкість V_e руху ґрунту в довільній точці поверхні, яка дорівнює або вища за її швидкість у початковій точці поверхні. При цьому рушійна сила R буде перемінною або зростатиме по висоті поверхні. Проведені дослідження засвідчують: що форма робочої поверхні значною мірою зумовлює напругу в ґрунті, що виникає в зоні його взаємодії з поверхнею. Щоб зменшити цю напругу, необхідно змінювати кут постановки дотичної площини до робочої поверхні відносно dna борозни. Ця зміна виконується в межах від мінімального значення до величини, яка забезпечує потрібну дію на ґрунт. Описана форма «технологічної» кривої геометрично моделює таку дію.

Розподіл нормального тиску по робочій поверхні можна розглядати як функцію впливу або моделювальну функцію тиску:

$$Y = G(x', \xi) = L[\delta(x' - \xi)], \quad (2.10),$$

де G – функція Гріна;

x', ξ – параметри функції.

Тоді за функцією відгуку є можливість моделювати поздовжній переріз оброблюваним ґрунтом.

Наслідком знакозмінного вигинання ґрунту в поздовжньому напрямку на робочій поверхні нульової кривизни є додаткова його деформація в напрямку, що йде вперек і від якої зростає величина зони деформації. Для підвищення дії механізму деформації ґрунту в цьому напрямку необхідно певним чином змінювати форму кривої поперечного перерізу робочої поверхні і перейти до поверхні більш складної форми з додатною або від'ємною кривизною. Форма такої поверхні буде цілком відповідати динамічному характеру обробітку ґрунту, має хвилеподібний вигляд і спричиняє інтенсивні деформації, які сприяють зниженню енерговитрат.

Таким чином, концепція ґрунтодеформувальної форми робочої поверхні дає можливість реалізувати два шляхи зниження енерговитрат на виконання технологічного процесу. Перший – за рахунок використання змінного кута постановки робочої поверхні до дна борозни і другий – за рахунок використання змінної форми кривої поздовжнього перерізу робочої поверхні (за напрямком і величиною кривизни), а також змінної форми кривої поперечного перерізу від вгнутої в зоні функції підрізання до опуклої в зоні дії функцій рихлення і сепарації коренеплодів (рис. 2.13 – 2.15).

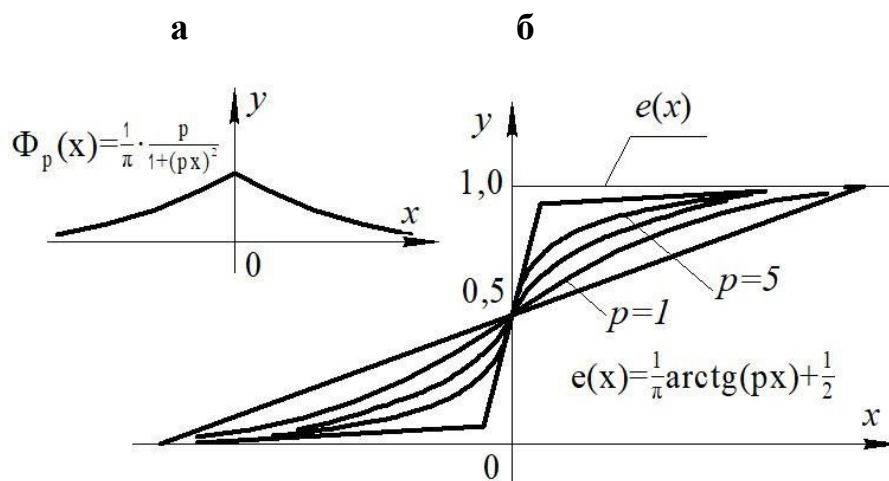


Рисунок 2.13 – Математичні функції та інтегральні криві як вираз деякого диференціального рівняння: а – розривна (одинична функція $e(x)$) і інтегральні криві $E(x)$; б – дельта-функція як математичний аналог змінної сили P

Параметри копача кореневого комбайна, закріпленого на рамі і має форму жолоба, передня частина якого вигнута у вигляді параболічної кривої, виконані у вигляді решітки, що складається з з'єднаних між собою вертикальних і горизонтальних стрижнів, горизонтальні стрижні містять стрижень, встановлений обертовим чином. Горизонтальні смуги, розташовані між вертикальними смугами куца, стають увігнутими в першій деці робочого органу і гладкими в останній його частині. Вертикальна смуга втоплена в її початкову і основну частини. Незважаючи на те, що в останній частині він плавно вигнутий, робочий корпус має кут атаки менше 5° від А до горизонталі, а в основній частині він має кут β підйому маси більше 40° [18-21].

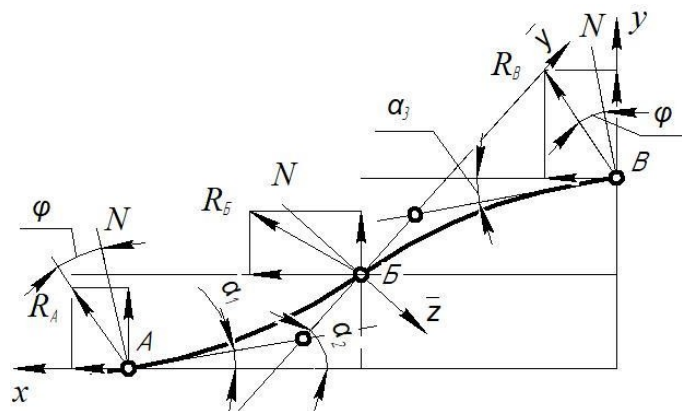


Рисунок 2.14 – Координатна крива агротехнологічної поверхні як носій параметрів, що визначені інтегральною кривою

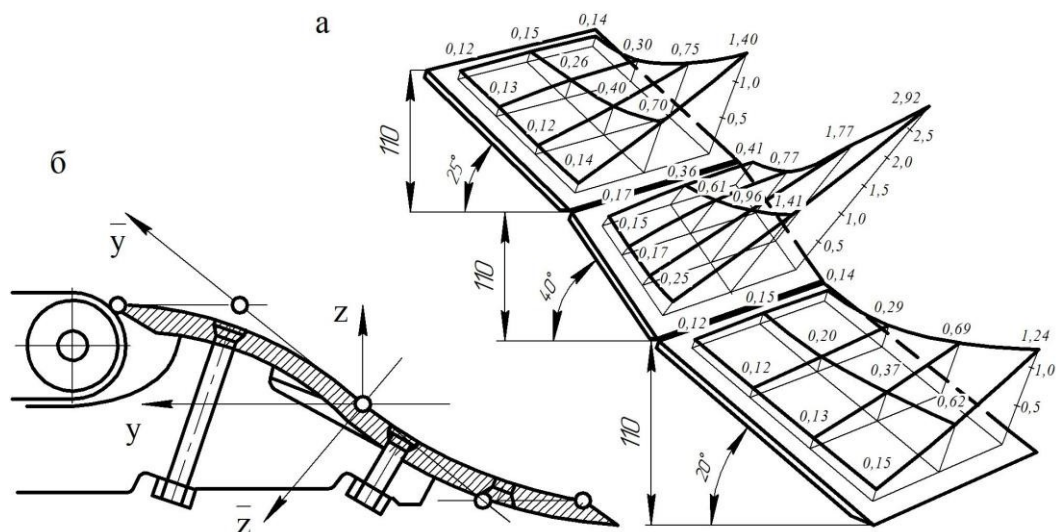


Рисунок 2.15 – Проектне рішення агротехнологічної поверхні (геометрична модель) як конструктивне оформлення технологічного принципу дії: а – фізична модель функціональної структури; б – конструкційна схема агротехнологічної поверхні

Викопувальний робочий орган коренезбиральної машини має вигляд зварених прутів у формі решітки з втулками на поперечних прутах, та змінні форми поперечних прутів в початковій та кінцевій частинах відповідно від вгнутої до рівної, дає можливість деформації ґрунту на самому робочому органі, що сприяє просіванню ґрунту повз робочий орган, зменшуючи при цьому лобовий опір та легше відділення коренеплодів від ґрунту.

Невеликий кут атаки ($\alpha < 5^\circ$) першою частиною робочого тіла стрижня забезпечує руйнування шарів ґрунту в зоні розміщення коренеплодів, а потім ця послідовність дій з кутом β більше 40° гарантує цілісність коренеплодів протягом всієї розкопки.

Варіант технічного рішення робочого органа коренезбиральної машини зображено на рисунках 2.16–2.18.

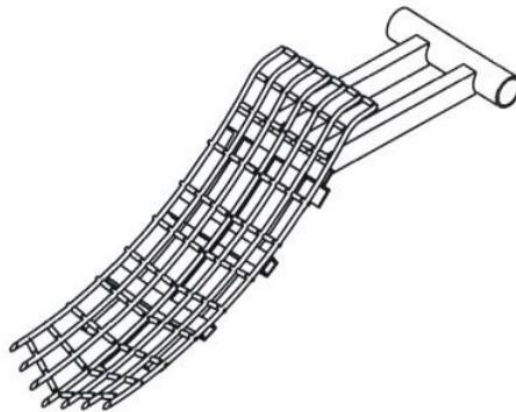


Рисунок 2.16 – Схема викопувального робочого органа

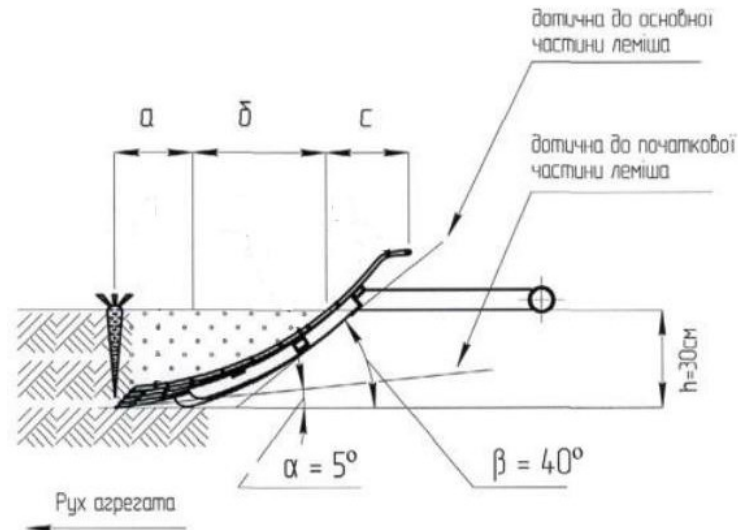


Рисунок 2.17 – Зображення кутів атаки робочого органа

Копач кореневого комбайна складається з рами і кронштейна підрамника, на який встановлюється сам робочий корпус, а Поперечна дека у вигляді решітки, що складається з з'єднаних між собою вертикальних і горизонтальних стрижнів, містить втулку, яка по черзі встановлюється на поперечину і встановлюється між поперечинами. Поздовжні стрижні. Поперечини в першій частині робочого органу виконані увігнутими, а в останній - гладкими. Вертикальна планка виконана увігнутою в першій і основних частинах і забезпечує кут атаки робочого тіла менше 5° А по горизонталі, а кут піднесення β з масою 10° 40° в основних частинах.

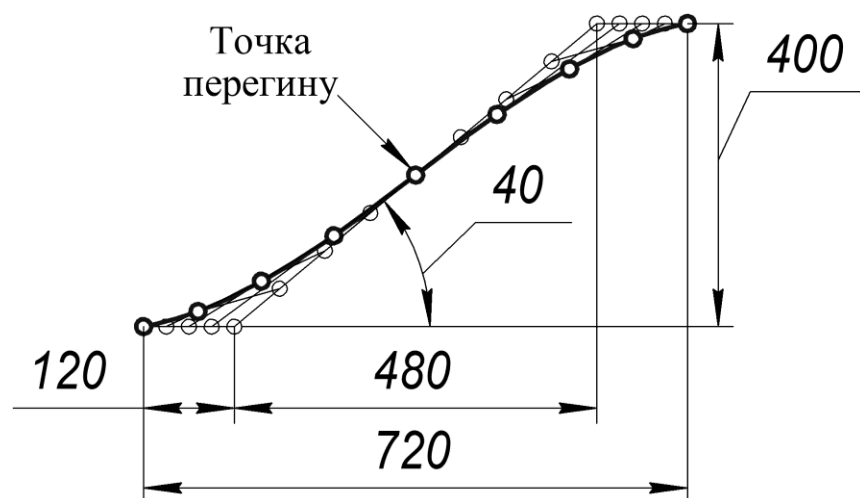
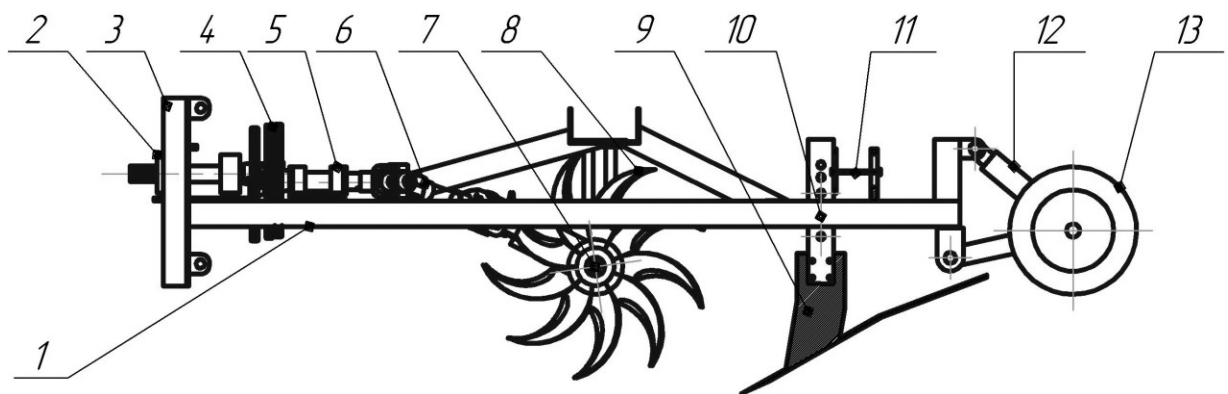


Рисунок 2.18 – Схема конструювання різально-деформувальної поверхні лемеша

Копач коре незбиральної 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. Просипання ґрунту через решітку робочого органу призводить до зменшення тягового опору викопувального органу коренезбиральної машини.

2.4 Опис конструкції експериментальної установки

Після аналізу всіх недоліків попередньої конструкції робочого органу була розроблена і виготовлена польова установка з новим робочим органом для копання ДСК (рис. 2.19), є можливість змінювати режим роботи і конструктивно-технічні параметри робочого органу.



1 – рама; 2 – варіатор для зміни частоти обертання; 3 – навіска; 4 – зірочки; 5 – пара редукторів; 6 пара карданів; 7 – пара конічних редукторів, 8 – пара дисків з зубчастими робочими органами; 9 – підкопувальний леміш; 10 – отвори для регулювання глибини ходу лемеша; 11 – винт для регулювання кута лемеша; 12 – гідроциліндр; 13- колеса

Рисунок 2.19 – Компонувальна схема експериментальної установки для викопування довгоплідних столових коренеплодів

Висновок

Ефективність ґрунтообробних знарядь залежить як від ступеня геометричної досконалості (точності і гладкості) кривих обводів поверхонь, так і від ступеня агротехнічної взаємодії ґрунту з робочою поверхнею.

РОЗДІЛ 3

ЛАБОРАТОРНО-ПОЛЬОВІ ДОСЛІДЖЕННЯ

3.1. Польові дослідження

Особливості умов проведення польових експериментальних досліджень показників якості процесу підкопування 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

Експериментальна установка для дослідження робочого органу для буріння методом DSC включає в себе основну раму 1, Варіатор 2, шарнірний трикутник 3, ланцюгову передачу 4, два редуктора (1:1) 5, карданну передачу. 6, 2 конічні редуктори (1:4) 7, робочий орган 8, риття щілини 9, риття щілини скинути 10 застібка, застібка для регулювання ходу копати щілину 11, налаштовуючи хід

Полеві дослідження викопування ДСК проводились також в агрегуванні з електротрактором ХТЗ-2511Е (рис. 3.4), результати показників датчиків вимірювання тягового зусилля та крутного моменту записувались на комп'ютер через бездротовий зв'язок Bluetooth (рис. 3.5-3.7).



Рисунок 3.4 – Дослідження експериментальної установки в агрегаті з електротрактором ХТЗ-2511Е

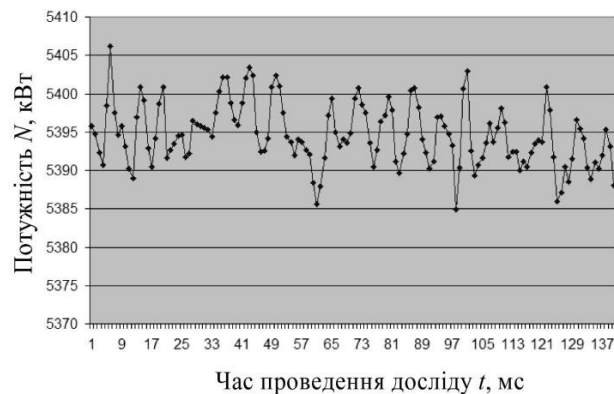


Рисунок 3.5 – Осцилограма експериментальних досліджень деблокувального робочого органа з підкопувальним лемішем при: поступальній швидкості $V=0,9$ м/с і $\omega=40$ рад \cdot с $^{-1}$

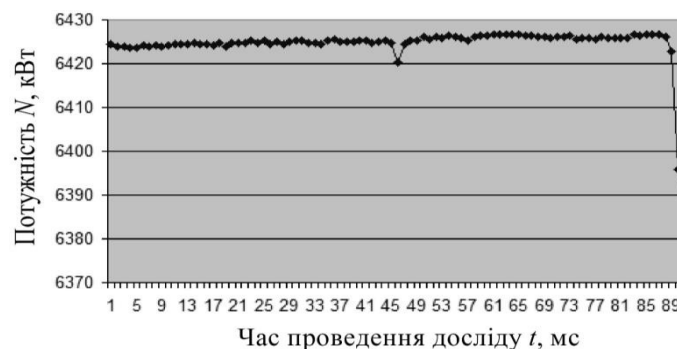


Рисунок 3.6 – Осцилограма експериментальних досліджень деблокувального робочого органа з підкопувальним лемішем при: поступальній швидкості $V=1,1$ м/с і $\omega=60$ рад \cdot с $^{-1}$

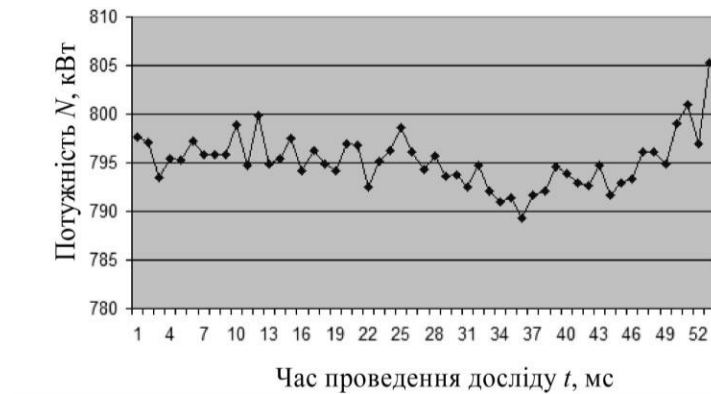


Рисунок 3.7 – Осцилограма експериментальних досліджень деблокувального робочого органа при: поступальній швидкості $V=0,9$ м/с і $\omega=40$ рад \cdot с $^{-1}$ експериментальних досліджень

На рисунку 3.8 представлено процес заглиблення деблокувального робочого органа в ґрунт.



Рисунок 3.8 – Фото зубчатого деблокувального робочого органа в роботі. Після процесу викопування проведено підрахунок та заміри столових коренеплодів (рис. 3.9).

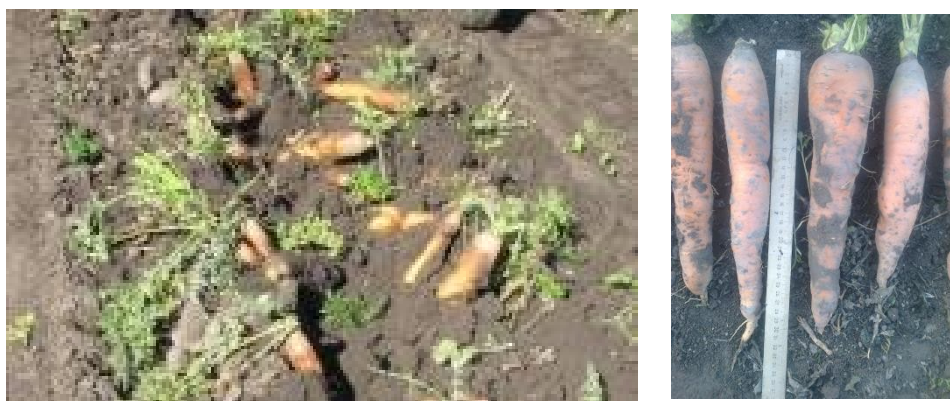


Рисунок 3.9 – Викопані коренеплоди після проходження експериментальною установкою

Робочі органи на польовій експериментальній установці налагоджено так, що вона підкопувала 99 % на глибину до 35 см, вивертала на поверхню ґрунту практично всі коренеплоди. При викопуванні коренеплодів отримано 0,9 % механічних пошкоджень (рис. 3.10). За даними досліджень, експериментальний робочий орган відповідає агротехнічним вимогам до машин для механізованого збирання столових коренеплодів.

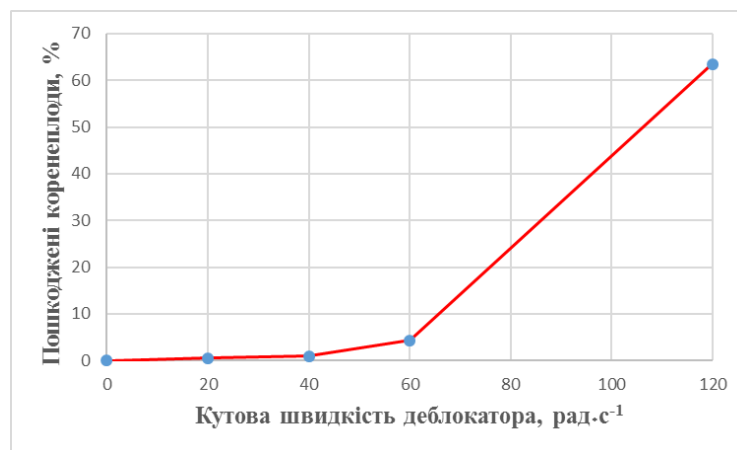


Рисунок 3.10 – Втрати коренеплодів у залежності від зміни кутової швидкості де блокатора

Висновки

1. В результаті аналізу складових загального опору викопувального робочого органна встановлено, що найбільші витрати енергії потрібні на подолання опору деформації ґрунту.

2. При проектуванні підкопувального лемеша наперед заданою технологічною умовою для кришильної частини було піддати шар ґрунту, що обробляється, можливо більшій кількості деформацій з різними знаками.

3. Після проходження де блокувального 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 дослідках 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 умов та заходів з охорони праці при роботі на запропонованій машині

Організація умов та заходів з охорони праці при роботі на бурякозбиральній машині є важливою складовою забезпечення безпеки праці на сільськогосподарських підприємствах. Для цього потрібно врахувати кілька ключових аспектів:

Навчання та інструктажі працівників

- Навчання: Перед початком роботи на бурякозбиральній машині працівники повинні пройти навчання з техніки безпеки та охорони праці. Зокрема, це стосується освоєння конструкції та принципу роботи машини, а також методів безпечного керування.
- Інструктажі: Проводяться вступний, первинний та повторний інструктажі, де працівники ознайомлюються з потенційними небезпеками, специфікою роботи та основними правилами безпеки.

Забезпечення безпеки під час експлуатації техніки

Машина повинна проходити регулярне технічне обслуговування та перевірку. Перевіряти надійність та правильність роботи усіх механізмів, включаючи елементи, що контактують з ґрунтом, а також систему керування.

- Захисні елементи:

Усі обертові та рухомі частини машини повинні бути оснащені захисними огороженнями, щоб уникнути травмування працівників.

Кузов машини повинен мати систему кріплення та затримки для запобігання несанкціонованому руху або підняттю важких частин.

Індивідуальні засоби захисту

Працівники повинні бути забезпечені спецодягом, взуттям та засобами індивідуального захисту, що відповідають стандартам безпеки (рукавички, захисні каски, окуляри тощо).

- Навушники або захист від шуму: Оскільки робота з бурякозбиральною

машиною може супроводжуватись значним рівнем шуму, необхідно використовувати захисні навушники або беруші.

Проведення технічних оглядів і ремонту

- Перевірка технічного стану: Перед початком робіт і після кожної зміни проводиться перевірка технічного стану бурякозбиральної машини. У разі виявлення несправностей робота з машиною повинна бути припинена до усунення дефектів.
- Ремонтні роботи: Ремонт і обслуговування повинні виконуватись лише кваліфікованим персоналом. Ремонтні роботи на техніці повинні проводитись у спеціально відведених для цього місцях із дотриманням вимог безпеки.

Охорона праці на робочих місцях

- Умови освітлення: Робочі місця на бурякозбиральних машинах мають бути добре освітлені, особливо при роботі в нічний час або в умовах обмеженої видимості.
- Організація робочих місць: Робочі місця на полях мають бути організовані так, щоб працівники могли безпечно підходити до машин, а також здійснювати їх контроль і обслуговування.

Врахування умов навколишнього середовища

- Температурні умови: У разі роботи в умовах підвищених чи знижених температур працівники повинні бути оснащені відповідними засобами захисту, такими як утеплений одяг у зимовий період або засоби від сонця і зневоднення влітку.
- Вологість і ґрунтові умови: У випадку високої вологості або сильно забрудненого ґрунту необхідно забезпечити належний захист техніки, а також провести дії для запобігання травмуванню персоналу.

Надання першої допомоги

- Наявність медичних засобів: На кожному робочому місці повинні бути аптечки першої допомоги, а також спеціально навчений персонал для надання допомоги в разі нещасного випадку.
- План евакуації: Окрім аптечок, необхідно мати чітко прописаний план евакуації у разі аварії або надзвичайної ситуації на машині.

Виявлення та оцінка ризиків

- Регулярно здійснюється оцінка потенційних небезпек і ризиків, пов'язаних з роботою на бурякозбиральних машинах, а також приймаються заходи для мінімізації цих ризиків.

Забезпечення безпеки під час транспортування та зберігання

Безпека при транспортуванні машини: Якщо бурякозбиральна машина транспортується на великі відстані, необхідно забезпечити її належне кріплення та маркування. Транспортні засоби повинні відповідати стандартам безпеки для запобігання аваріям під час руху.

Паркування машин: Після завершення роботи машина має бути припаркована в безпечному місці, з дотриманням усіх вимог до стоянки та розміщення техніки. Особливо це стосується запобігання випадковому запуску машини та доступу сторонніх осіб до рухомих частин.

Дотримання правил охорони навколишнього середовища

Захист від забруднення навколишнього середовища: У процесі роботи бурякозбиральних машин можуть виникати випадки забруднення ґрунту та води рідинами з техніки (наприклад, пально-мастильними матеріалами). Важливо забезпечити правильну утилізацію відходів і запобігання їх потрапляння у навколишнє середовище.

4.2. Психологічна підготовка та контроль за здоров'ям працівників

Психологічне здоров'я: Робота на бурякозбиральних машинах часто вимагає тривалих годин роботи під час жнив, що може вплинути на фізичний і психологічний стан працівників. Регулярні перерви, контроль за стресовими навантаженнями, а також організація комфортних умов для відпочинку є важливими для збереження здоров'я персоналу.

Моніторинг стану працівників: Додатково важливо забезпечити підтримку фізичного здоров'я працівників, наприклад, через регулярне медичне обстеження та оцінку впливу тривалої роботи на техніці, що може призводити до таких проблем, як втома, травми опорно-рухового апарату, порушення слуху тощо.

Аварійні ситуації та евакуація

План дій у разі аварії: Кожен працівник має бути обізнаний з планом дій на випадок аварійної ситуації, включаючи евакуацію з місця події та надання першої допомоги постраждалим. Це включає знання місця розташування пожежних засобів, евакуаційних виходів та аптечок першої допомоги.

Аварійне вимкнення техніки: Всі працівники повинні бути навчання правильному вимкненню техніки в разі надзвичайної ситуації, щоб запобігти додатковим травмам або пошкодженням.

Контроль за здоров'ям працівників

Регулярні медичні огляди важливі для виявлення професійних захворювань та для запобігання їх розвитку. Це включає перевірки слуху, зору, кров'яного тиску та інших фізіологічних показників.

Працівники повинні дотримуватись правил особистої гігієни, щоб запобігти контактному забрудненню та зараженню інфекційними хворобами. Це включає в себе регулярне миття рук, використання захисних засобів для обличчя та шкіри, особливо під час контакту з хімічними речовинами.

Важливо включати працівників у процеси покращення системи безпеки, щоб отримати зворотний зв'язок щодо реальних умов роботи та можливих небезпек, з якими вони стикаються. Це дозволяє швидше реагувати на проблеми та розробляти нові, більш ефективні заходи.

Висновок

У підсумку, організація умов і заходів з охорони праці при роботі на бурякозбиральній машині вимагає комплексного підходу, що включає технічні, медичні та організаційні заходи для забезпечення безпеки та здоров'я працівників. Це не лише знижує ризик травматизму, але й підвищує ефективність і продуктивність робочого процесу.

РОЗДІЛ 5

ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ ЗАПРОПОНОВАНИХ РОБОЧИХ ОРГАНІВ ПРИ ВИКОПУВАННІ КОРЕНЕПЛОДІВ СТОЛОВИХ

5.1. Виробнича перевірка експериментальної машини для викопування довгоплідних столових коренеплодів

Для проведення польових досліджень розроблено і виготовлено експериментально-польову установку (рис. 5.1), що здійснює викопування ДСК. Установка складається з рами, на якій закріплені: варіатор, навіска, зірочки, пара редукторів, пара карданів, дисковий деблокувальний робочий орган, підкопувальний леміш, гідроциліндр з опорними колесами з стійками для регулювання глибини ходу деблокувального робочого органа.

Частота обертання деблокувального робочого органа регулюється змінними зірочками згідно кінематичного режиму. Пласт ґрунту з коренеплодами деблокується робочим органом, який у подальшому піднімається підкопувальним лемешем. Установка працює під час роздільного способу збирання коренеплодів (після скошування гички на коренеплодах). Машина агрегувалась із трактором кл. 0,6.

Порівняльні дослідження якості роботи експериментальної установки для викопування ДСК та копача коренебульбоплодів КРК-2 були проведені на полях фермерських господарств «Зоря степу» та «Світанок»

Урожайність столової моркви сорту складала 60 т/га, твердість ґрунту – 1,2 МПа, вологість ґрунту – 15%. Збирання столової моркви проводилось у першій половині жовтня.

Деблокувальний робочий орган забезпечив розрив зв'язків в ґрунті і забезпечив необхідне розуцільнення (рис. 5.2, 5.3). Дані динаміки щільності ґрунту досліджувались протягом всього вегетаційного періоду та до і після збирання урожаю (табл. 5.1).



Рисунок 5.1 – Експериментальна установка для викопування довгоплідних столових коренеплодів



Рисунок 5.2 – Стан деблокованої канави після проходу експериментальної установки з новим робочими органами

Таблиця 5.1 – Динаміка щільності ґрунту на дослідній ділянці столової моркви, г/см³

№ п/п	Фази розвитку рослин	Дати	Шар ґрунту, см		
			0-10	10-20	20-30
1.	Поява сходів	20.05	0,90	1,15	1,21
2.	Поява 2-3 листочків	05.06	1,22	1,33	1,38
3.	Поява 7-8 листочків	25.06	1,31	1,37	1,43
4.	Змикання гички міжрядь	25.07	1,38	1,50	1,53
5.	Перед збиранням	04.09.	1,40	1,51	1,55
6.	Після збирання	04.09.	0,98	1,11	1,17

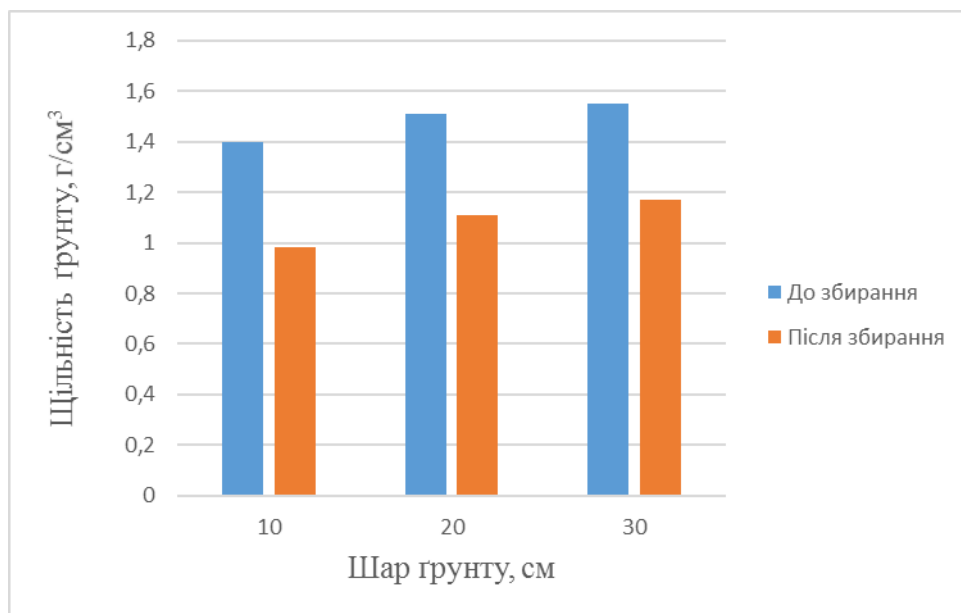


Рисунок 5.3 – Характер зміни щільності ґрунту до і після збирання столової моркви

5.2 Економічна ефективність впровадження технологічного процесу викопування столових коренеплодів

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

- зменшення затрат енергії на викопування ДСК;
- зменшення пошкоджень коренеплодів внаслідок застосування нового робочого органа для відокремлення гички;

– зменшення затрат ручної праці за рахунок збирання з поточним навантаженням в транспортний засіб, що рухається поруч.

Розрахунок економічних показників проводився з використанням визначення Жовтневого додаткового економічного впливу вищевказаних факторів [5]. Вихідні дані для розрахунку показників техніко-економічної ефективності визначаються виходячи з характеристик екскаватора коренеплодів СНУ-3с в порівнянні з прототипом. Вихідні дані для розрахунку показників економічної ефективності наведені в таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 – Вихідні дані для розрахунку економічної ефективності впровадження технічного засобу для викопування столових коренеплодів

№ п/п	Показники	Варіант	
		базові дані	дослідна машина
1	Робоча швидкість V , м/с	0,9	0,9
2	Продуктивність годинна 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 $B_{оп.п.}$, грн/т	500	500
6	Збирання згідно Терміни ДСТУ	20.09.-30.10.	20.09.-30.10.
7	Завантаження річне, год:		
	• трактора, T_T	1500	1500
	• машини, T_M	120	120
8	Вартість балансова, 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 ґрунті, %	2,5	0,1
12	Пошкоджена столова морква, %	2	0,9

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.

$$A_{\text{тр}} = B_{\text{т}} \cdot a_{\text{т}} / 100 \cdot П \cdot T_{\text{т}}, \quad (5.4)$$

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

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

$$A_{\text{м}} = B_{\text{м}} \cdot a_{\text{м}} / 100 \cdot П \cdot T_{\text{м}}, \quad (5.5)$$

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

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

Тоді

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

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

Питомі витрати на поточний ремонт та технічне обслуговування:

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

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

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

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

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

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

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

Тоді

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

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

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:

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

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

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

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

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, %; $B_{он.}$ – оптова вартість столової моркви, $B_{он.}=3000$ 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:

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

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:

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

де N – потужність, $N_B=28$ кВт(38к.с.) і $N_D=25$ кВт(34к.с.); $k_{BП}$ – витрати пального трактора кл. 1,4 (МТЗ-80), $k_{BП}=0,22$ кг/к.с.; B – продуктивність, $B_B=B_D=2,38$ год/га; $k_{П}$ – коефіцієнт переведення пального, $k_{П}=0,85$ кг/л; C – середня ринкова ціна пального в Україні становить 24 грн/л.

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

$$G_D = N_D \cdot k_{BП} \cdot B_D \cdot k_{П} \cdot C = 25 \cdot 0,22 \cdot 2,38 \cdot 0,85 \cdot 24 = 363,17 \text{ грн/га},$$

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

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 4.3.

Таблиця 5.3 – Показники економічної ефективності впровадження технологічного процесу викопування довгоплідних столових коренеплодів

Показник	Значення показника	
	базова	дослідна
Годинна продуктивність, га/год	0,42	0,42
Плата заробітна, грн./га	238	238
Витрати питомі на реновацію, грн./га	440,43	395,83
Відрахування питомі 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		

Доцільно було б використати робочий орган для викопування ДСК на іноземній однорядній машині фірми Simon.



Рисунок 5.4 – Машина іноземного зразка з дисковими деблокаторами для викопування столових коренеплодів призначена для роботи на легких ґрунтах

За результатами виробничих випробувань та розрахункового економічного ефекту розроблено проект механізованого технологічного процесу виробництва довгоплідної столової моркви в системі органічного землеробства.

Висновок

Річний економічний ефект від впровадження технологічного процесу роздільного збору столових коренеплодів з використанням модулів з експериментальними робочими корпусами для викопування довгоплідних столових коренеплодів був досягнутий за рахунок зниження витрати палива приблизно до 42,8 грн./ га, а при стандартному річному навантаженні загальний економічний ефект склав 2500-2700 грн.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Встановлено, що понад 80% столових коренеплодів в Україні виробляється на невеликих фермах, де в основному використовуються трактори тягових класів 0,6 і 0,9, але для їх збору необхідні технічні засоби з низькоенергетичними робочими установками для викопування столових коренеплодів з довгими плодами.

2. Встановлено, що механізований збір врожаю іншим способом з використанням технічних засобів перспективних навчальних закладів та запропонованої нами конструкції ефективний для зниження втрат при збиранні довгоплідних столових коренеплодів, особливо в період після заморозків.

3. Щоб створити в своїй конструкції робочий орган з низьким енергоспоживанням для малопотужних тракторів, було доведено, що доцільно використовувати блокатори ґрунту з обох сторін припуску плуга.

4. Робоча поверхня отпираючого ножа, виконана у вигляді тангенціального стрижня за кромкою обороту, дозволяє отримати загальну деформується притискну поверхню, що покриває велику кількість коренеплодів з обох сторін і забезпечує умови для вбудовування отпирающих зубів в масив. низьке питоме споживання енергії.

5. Після проходження робочого тіла випуску кількість пошкоджених і викопаних коренеплодів не перевищує допустимих меж у грудні в діапазоні швидкості трансляції $V=0,9$ м/сек і кутової швидкості $\omega=40$ град з -1. Кількість пошкоджених коренеплодів у всіх дослідах не перевищувала 3%.

6. Впровадження роздільного технічного процесу збирання довгоплідних коренеплодів річний економічний ефект від використання технічного інструменту з експериментальним робочим органом для викопування довгоплідних коренеплодів досягається за рахунок зниження витрати палива приблизно до 42,8 грн./ га, а при стандартному річному навантаженні загальний економічний ефект становить

2500-2700

грн.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Стан проектування і виготовлення в Україні сільськогосподарських машин сучасного технічного рівня / І. В. Гриник, В. В. Адамчук, Г. М. Калетнік та ін. *Механізація та електрифікація сільського господарства*: міжвідомч. темат. наук / ННЦ «ІМЕСГ». Глеваха, 2014. Вип. 99, т.1. С. 34-39.
2. Механізація, електрифікація та автоматизація сільськогосподарського виробництва: підруч. у 2 т: Т 1/ А.В. Рудь, І.М. Бендера, Д.Г. Войтюк та ін.; за ред. А.В. Рудя. – К.: Агроосвіта, 2012. – 584 с.
3. Система техніко-технологічного забезпечення виробництва продукції рослинництва / за ред. В. В. Адамчука, М. І. Грицишина. К.: Аграр. наука, 2012. С. 366-369.
4. Bulgakov V., Ivanovs S., Safchenko I., Boris A., Rykhlivskiy 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.
5. Грицишин М. І. Наукові основи формування та оновлення техніко-технологічної бази аграрних підприємств. К.: СПД Блохін О. А., 2018. 312 с.
6. Рихлівський П. А. Аналіз розроблення машин для збирання столових коренеплодів. *Механізація та електрифікація сільського господарства* : міжвідомч. наук. зб. / ННЦ «ІМЕСГ». Глеваха, 2013. Вип. 97, т. 1. С. 424-431.
7. Землеробська механіка сучасного рівня сільськогосподарської техніки (інженерний комп'ютерний дизайн кривих і поверхонь) / В. О. Надолинний, А. С. Павлоцький, В. А. Вознюк та ін. *Механізація та електрифікація сільського господарства* : міжвідомч. темат. наук. зб. / ННЦ «ІМЕСГ». Глеваха, 2014. Вип. 99, т. 1. С. 432-445.
8. Сучасний математичний апарат землеробської механіки / В. О. Надолинний, А. С. Павлоцький, В. А. Вознюк та ін. *Механізація та електрифікація сільського господарства* : міжвідомч. темат. наук. зб. / ННЦ «ІМЕСГ». Глеваха, 2014. Вип. 99, т. 1. С. 446-462.

9. Павлоцький А. С., Вознюк В. А., Савченко І. Ф., Рихлівський П. А. Енергодостатні виконавчі органи землеробської механіки: моделювання і конструювання за допомогою комп'ютера. *Механізація та електрифікація сільського господарства* : загальнодерж. зб. / ННЦ «ІМЕСГ». Глеваха, 2015. Вип. 2(101). С. 424-431.

10. 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.

11. 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.

12. Савченко І. Ф., Рихлівський П. А., Кусайко В. С., Гузік І. М. Двофазне збирання моркви. *Плантатор*. 2017. №5(35). С. 129-130.

13. Викопуючий робочий орган коренезбиральної машини : пат. України № 106342, МПК А01D 25/00. / О. О. Коновал, В. І. Дешко, І. Ф. Савченко, П. А. Рихлівський, І. М. Гузік, В. В. Курочкін, А. С. Павлоцький. № (а)2013 15207; заявл. 25.12.2013; опубл. 11.08.2014, Бюл. № 15.

14. Павлоцький А. С., Вознюк В. А., Савченко І. Ф., Рихлівський П. А. Системна аналітика і системна побудова з використанням ПК лемішно-полицевих поверхонь. *Технічний прогрес у сільськогосподарському виробництві* : матеріали XX Міжнародної науково-технічної конференції та VII Всеукраїнської конференції-семінару аспірантів, докторантів і здобувачів у галузі аграрної інженерії (22-24 травня 2012р., смт. Глеваха) / ННЦ «ІМЕСГ». Глеваха, 2012. С. 60-61.

15. 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.

16. 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.

17. 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.

18. Механіко-технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів: навчальний посібник / А. С. Кобець, Т. Д. Іщенко, Б. А. Волик, О. А. Демидов. – Дніпропетровськ: РВВ ДДАУ, 2009. – 84 с.

19. Системний апарат теорії ґрунт деформуючої поверхні / А. С. Павлоцький та ін. *Механізація та електрифікація сільського господарства* : міжвідомчий тематичний науковий збірник / ННЦ «ІМЕСГ». Глеваха, 2011. Вип. 95. С. 72-80.

20. Робочий орган копача коренеплодів: патент № 100803 Україна, МПК А01D 25/04. / А. С. Павлоцький, В. А. Вознюк, І. Ф. Савченко, В. А. Іваненко. № (а) 2011 10958; заявл. 13.09.2011; опубл. 25.01.2013, Бюл. № 2.

21. Вібраційний викопуючий робочий орган: патент № 76588 Україна, МПК А01D 25/04. / В. М. Булгаков, І. В. Головач. № (а) 2004 0705488; заявл. 07.07.2004; опубл. 15.08.2006, Бюл. № 8.

22. Вібраційний копач: патент № 76827 Україна, МПК А01D 25/04. / І. В. Головач. № (а) 2004 0907222; заявл. 02.09.2004; опубл. 15.09.2006, Бюл. № 9.

23. Вібраційний викопуючий робочий орган: патент № 85442 Україна, МПК А01D 25/04. / В. М. Булгаков, І. В. Головач. № (а) 2007 03859; заявл. 06.04.2007; опубл. 26.01.2009, Бюл. № 2.

24. Пристрій для активної сепарації бульбоносної маси : патент № 34335А Україна, МПК А01D 17/00, А01D 21/00. / М. І. Самокиш, П. І. Роздорожнюк, І. М. Бендера, Ю. П. Фірман, Р. В. Ганушкевич. № (а) 99 063613; заявл. 25.06.1999; опубл. 15.02.2001, Бюл. № 1.

25. Морква: вирощування і догляд в Україні. Кращі сорти URL: <https://howtogrow.news/8-gorod/344-morkov-vyrashchivanie-i-ukhod-v-ukraine-luchshie-sorta/ua> (дата звернення: 30.04.2020).

26. Вирощування моркви у різних ґрунтово-кліматичних зонах України URL: <https://www.pro-of.com.ua/viroshhuvannya-morkvi-u-riznix-gruntovo-klimatichnix-zonax-ukra%0d1%97ni/> (дата звернення: 15.09.2020).

27. Технологія вирощування моркви URL: <https://semena.cc/uk/blogicnews/tekhnologiyi-virosshuvannya/tekhnologiya-virosshuvannya-morkvi> (дата звернення: 17.04.2020).

28. Технологія вирощування моркви URL: https://agroukraine.at.ua/index/tekhnologija_viroshhuvannja_morkvi/0-22 (дата звернення: 23.05.2020).

29. Пастухов В. І Довідник з машиновикористання в землеробстві : навч. посіб. – Харків : Веста, 2001. – 344 с.

30. Головчук А.Ф., Марченко В., Орлов В.Ф.,: Експлуатація та ремонт сільськогосподарської техніки. Підручник: УЗ кн./ за ред. А.Ф. Головчука – К.: «Грамота», 2005. – Кн. 3: Машина сільськогосподарські. – 576с.

31. Голінько В.І., Чеберячко С.І. та ін. Безпека людини у надзвичайних ситуаціях. Навчальний посібник Д.: ДНУ, 2008 – 161 с.

32. Закон України «Про охорону праці» <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2694-12#Text>

ДОДАТКИ

Дніпровський державний аграрно-економічний університет
Інженерно-технологічний факультет
Кафедра тракторів і сільськогосподарських машин

**ОБГРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ТА РЕЖИМІВ РОБОТИ
КОПАЧА ДЛЯ СТОЛОВИХ КОРЕНЕПЛОДІВ**

Виконав: магістрант групи МгАІ-2-23
Ільченко Валерій Григорович

Керівник: канд. техн. наук, доц.
Теслюк Геннадій Володимирович

Дніпро, 2024

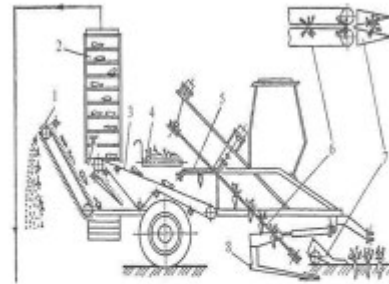
2

МЕТА РОБОТИ

Мета роботи – Зменшення витрат енергії на збирання довгоплідних столових коренеплодів шляхом обґрунтування параметрів робочих органів і створення технічного засобу для мало енергоємного викопування довгоплідних столових коренеплодів.

Предмет досліджень – розглянуто взаємодію робочого органу з навколишнім середовищем, а також залежність якості робіт та енерговитрат на копання dsc від конструктивних параметрів активного приводу робочого органу та режиму роботи.

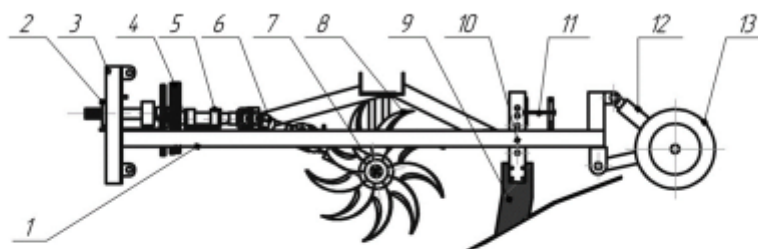
ОГЛЯД КОНСТРУКЦІЙ МАШИН ДЛЯ ЗБИРАННЯ СТОЛОВИХ КОРЕНЕПЛОДІВ 3



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

Корнеклубнезбиральний комбайн Е-825 використовується для збирання 2 рядів моркви, столового буряка та інших коренеплодів.

ЗАПРОПОНОВАНА КОНСТРУКЦІЯ КОПАЧА 4



Компонувальна схема експериментальної установки для викопування довгоплідних столових коренеплодів:

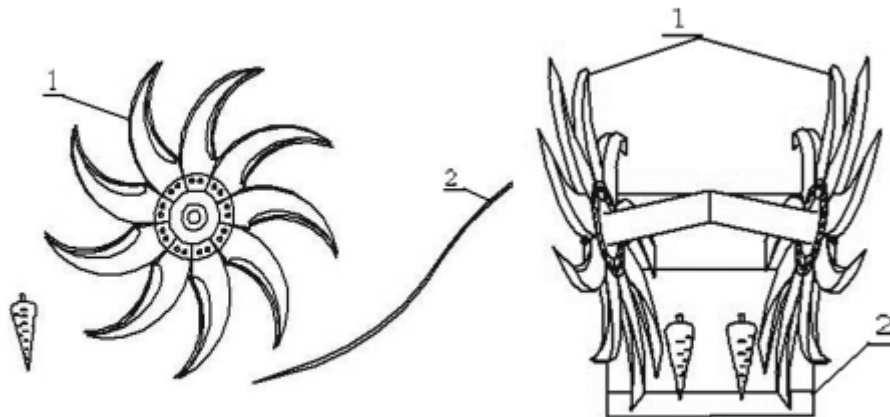
1 – рама; 2 – варіатор для зміни частоти обертання; 3 – навіска; 4 – зірочки; 5 – пара редукторів; 6 пара карданів; 7 – пара конічних редукторів; 8 – пара дисків з зубчастими робочими органами; 9 – підкопувальний леміш; 10 – отвори для регулювання глибини ходу лемеша; 11 – винт для регулювання кута лемеша; 12 – гідроциліндр; 13- колеса



Установка з експериментальними робочими органами

5

КОНСТРУКТИВНА СХЕМА ДОВГОЗУБОГО ДЕБЛОКАТОРА

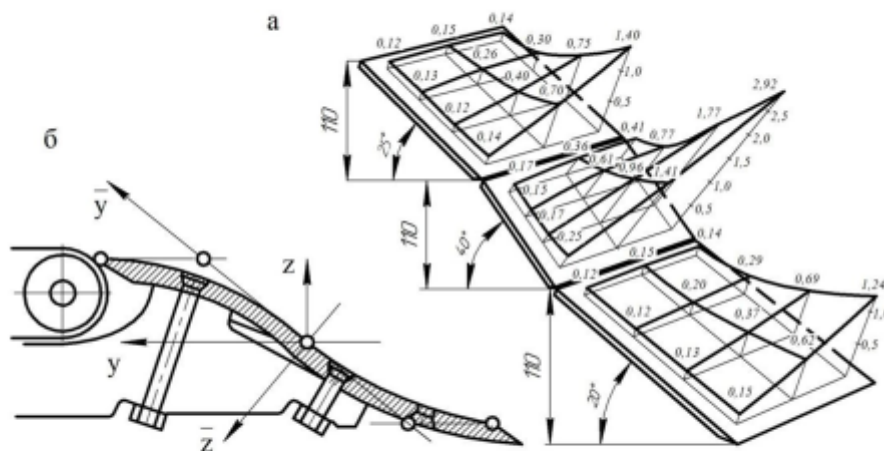


Конструкційна схема робочого органа для викопування довгоплідних столових коренеплодів:

1 – довгозубий деблокатор; 2 – криволінійний підкопувальний леміш

6

РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ КОПАЧА



Проективне рішення агротехнологічної поверхні (геометрична модель) як конструктивне оформлення технологічного принципу дії: а – фізична модель функціональної структури; б – конструкційна схема агротехнологічної поверхні

ЛАБОРАТОРНО-ПОЛЬОВІ ДОСЛІДЖЕННЯ КОПАЧА

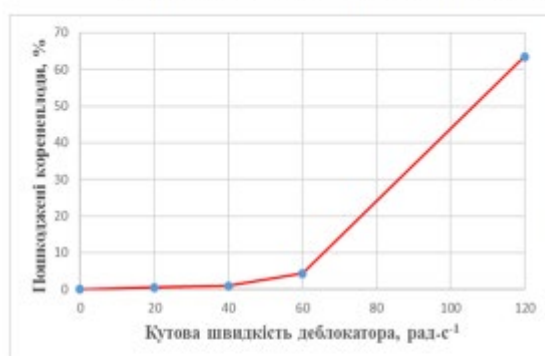
7



Проведення експериментальних досліджень установки з експериментальними робочими органами в агрегаті з трактором МТЗ-80

РЕЗУЛЬТАТИ ПІДКОПУВАННЯ КОРЕНЕПЛОДІВ

8



Втрати коренеплодів у залежності від зміни кутової швидкості де блоатора

Викопані коренеплоди після проходження експериментальною установкою

ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ

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		

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Установлено, 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. Установлено, 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, для якої охоплює з двох боків рядок коренеплодів і забезпечує умови врізання зубів деблокатора в масив з малою питомою енергоємністю.
5. Після проходження деблокувального робочого органа 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 дослідях не перевищувала 3 %.
6. 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.