

ЗАКЛАД ВИЩОЇ ОСВІТИ
«ПОДІЛЬСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»
Інженерно-технічний факультет
Кафедра агроінженерії і системотехніки імені Михайла САМОКИША

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ТЕМУ:
**„ДОСЛІДЖЕННЯ І ОБГРУНТУВАННЯ ВИКОПУЮЧИХ
РОБОЧИХ ОРГАНІВ ЛЕМІШНОГО ТИПУ
БУРЯКОЗБИРАЛЬНИХ МАШИН”**

Виконав:

здобувач освітнього ступеня „Магістр”
освітньо-професійної програми
„Агроінженерія” спеціальності 208
„Агроінженерія” денної форми навчання

Ілля ГЛАБАЙ

Керівник:

професор,

Борис КОТОВ

Оцінка захисту:

Національна шкала _____

Кількість балів _____

Шкала ECTS _____

«___» грудня 2025 р.

Допускається до захисту:

„___” грудня 2025 р.

Гарант освітньо-професійної програми
„Агроінженерія” спеціальності
208 „Агроінженерія”, доцент

Василь ДУГАНЕЦЬ

ЗМІСТ

	Стор.
ЗАВДАННЯ.....	4
АНОТАЦІЯ.....	6
РЕФЕРАТ.....	7
ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ, ТЕРМІНІВ СИМВОЛІВ, ПОЗНАЧЕНЬ.....	8
ВСТУП.....	9
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ І ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ВИКОПУВАННЯ КОРЕНЕПЛОДІВ	11
1.1. Викопувачі робочі органи бурякозбиральних машин.....	11
1.2. Аналіз конструктивних схем коливних викопувачих органів бурякозбиральних машин.....	17
1.3. Класифікація викопувачих робочих органів бурякозбиральних машин	20
1.4. Агротехнічні вимоги до коренезбиральних машин.....	22
1.5. Особливості технологічного процесу викопування цукрових буряків.....	24
Висновки до першого розділу.....	27
РОЗДІЛ 2. ПЕРЕДУМОВИ КОПАННЯ КОРЕНЕПЛОДІВ ЦУКРОВИХ БУРЯКІВ	28
2.1. Обґрунтування напряму досліджень фізико-механічних властивостей системи "коренеплід-грунт"	28
2.1.1. Методика досліджень фізико-механічних властивостей системи " коренеплід-грунт"	28
2.1.2. Результати досліджень фізико-механічних властивостей системи "коренеплід-грунт" та їх аналіз.....	30
2.2. Задачі експериментальних досліджень	33
2.3. Методика експериментальних досліджень.....	34
Висновки до другого розділу.....	38

	Стор
РОЗДІЛ 3. ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ КОПАННЯ ЦУКРОВИХ БУРЯКІВ КОЛИВАЛЬНИМИ РОБОЧИМИ ОРГАНАМИ	39
3.1. Математична модель руху лемішів коливальних робочих органів бурякозбиральних машин	39
3.2. Визначення нормальних зусиль під час викопування цукрових буряків лемішними копаками	43
3.3. Дослідження руху вороху коренеплодів цукрових буряків в міжлемішному просторі коливних копачів.....	46
Висновки до третього розділу.....	49
РОЗДІЛ 4. РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ	50
4.1. Лабораторно-польова установка для дослідження процесу викопування	50
4.2. Результати експериментальних досліджень та їх аналіз	52
4.2.1. Дослідження впливу вологості ґрунту на якісні показники збирання цукрових буряків	52
4.2.2. Дослідження впливу конструктивно-кінематичних параметрів робочого органу на якісні показники збирання цукрових буряків.....	54
Висновки до четвертого розділу.....	64
РОЗДІЛ 5. РОЗРАХУНОК ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ БУРЯКОВИКОПУЮЧИХ РОБОЧИХ ОРГАНІВ.....	65
5.1. Загальні відомості.....	65
5.2. Вихідні дані для розрахунку.....	66
5.3. Розрахунок техніко-економічної ефективності.....	67
Висновки до п'ятого розділу.....	71
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ І ПРОПОЗИЦІЇ	72
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	75
ДОДАТКИ.....	80

Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»
Інженерно-технічний факультет
Кафедра агроінженерії і системотехніки імені Михайла САМОКИША
Освітній ступінь «Магістр»
Спеціальність 208 «Агроінженерія»

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри,
професор **Анатолій РУДЬ**
„4”квітня 2025 р.

ЗАВДАННЯ
на кваліфікаційну роботу здобувачу вищої освіти

ГЛАБАЮ
Іллі Сергійовичу

Тема роботи: «ДОСЛІДЖЕННЯ І ОБГРУНТУВАННЯ
ВИКОПУЮЧИХ РОБОЧИХ ОРГАНІВ ЛЕМІШНОГО ТИПУ
БУРЯКОЗБИРАЛЬНИХ МАШИН»

Керівник роботи: професор КОТОВ Борис Іванович

Затверджено наказом по Закладу вищої освіти «Подільський державний університет» від «4»квітня 2025 року №355с.

Строк подання закінченої кваліфікаційної роботи 2 грудня 2025 року.

Вихідні дані до роботи:

1. Науково-технічна література, авторські свідоцтва і патенти на винаходи робочих органів бурякозбиральних машин
2. Протоколи випробування бурякозбиральних машин.
3. Прототипи досліджуваних робочих органів лемішного типу бурякозбиральних машин

Зміст пояснювальної записки:

Вступ

1. Аналіз технічних засобів і технологічних процесів викопування коренеплодів.
2. Передумови копання коренеплодів цукрових буряків.
3. Теоретичні дослідження процесу копання цукрових буряків коливальними робочими органами.
4. Результати експериментальних досліджень.
5. Розрахунок техніко-економічної ефективності буряковикопуючих робочих органів.

Загальні висновки і пропозиції.

Список використаних джерел.

Додатки

Перелік презентаційного матеріалу

1. Мета роботи.
2. Завдання дослідження.
3. Виколючі робочі органи бурякозбиральних машин.
4. Копачі лемішного типу.
5. Віброкочачі вильчасного і дискового типу.
6. Геометричні розміри коренеплоду.
7. Результати досліджень системи «Коренеплід-грунт».
8. Розрахункові схеми.
9. Схема лабораторно-польової установки.
10. Забрудненість коренеплодів цукрових буряків.
11. Техніко-економічні показники.
12. Загальні висновки і пропозиції

Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Нормоконтроль та захист прав інтелектуальної власності	Корчак М. М., доцент	04.04.2025	04.04.2025

Дата видачі завдання 4 квітня 2025 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва розділів кваліфікаційної роботи	Строк виконання	Підпис керівника
	Вступ	11.04.2025	
1	Аналіз технічних засобів і технологічних процесів викопування коренеплодів.	02.05.2025	
2	Передумови копання коренеплодів цукрових буряків	21.05.2025	
3	Теоретичні дослідження процесу копання цукрових буряків коливальними робочими органами.	05.06.2025	
4	Результати експериментальних досліджень.	27.08.2025	
5	Розрахунок техніко-економічної ефективності буряковиколючих робочих органів.	25.09.2025	
	Загальні висновки і пропозиції	07.10.2025	
	Список використаних джерел	12.11.2025	
	Додатки	27.11.2025	

Здобувач вищої освіти

Ілля ГЛАБАЙ

Керівник кваліфікаційної роботи,
професор

Борис КОТОВ

АНОТАЦІЯ

В кваліфікаційній роботі магістра Глабая І. С. представлено технічне рішення, щодо підвищення ефективності роботи бурякозбиральної машини за рахунок використання оновлених викопуючих робочих органів лемішного типу і обґрунтування режимів роботи та конструктивно-технологічних параметрів викопуючих робочих органів лемішного типу бурякозбиральної машини.

Позитивний результат досягається завдяки встановленню викопуючих робочих органів лемішного типу.

ABSTRACT

The qualification work of master's Glabay I. S. presents a technical solution to increase the efficiency of the beet harvester by using updated digging working bodies of the share type and justification of the operating modes and design and technological parameters of the digging working bodies of the share type of the beet harvester.

A positive result is achieved through the installation of digging working bodies of the share type.

РЕФЕРАТ

УДК 631.31

Глабай Ілля Сергійович. «Дослідження і обґрунтування викопуючих робочих органів лемішного типу бурякозбиральних машин». Робота на здобуття вищої освіти освітнього ступеня «Магістр» освітньо-професійної програми «Агроінженерія» спеціальності 208 «Агроінженерія».

Метою кваліфікаційної роботи є підвищення ефективності роботи бурякозбиральної машини за рахунок вдосконалення процесу викопування цукрових буряків оновленими викопуючими робочими органами лемішного типу і обґрунтуванню режимів роботи та конструктивно-технологічних параметрів.

За результатами проведених лабораторно-польових досліджень отримані залежності якісних показників роботи бурякозбиральної машини від конструктивно-технологічних параметрів робочих органів та режимів роботи бурякозбиральної машини з викопуючими робочими органами лемішного типу і швидкості руху машини. Лабораторно-польові випробування бурякозбиральної машини з експериментальними викопуючими робочими органами лемішного типу підтвердили підвищення якості збирання коренеплодів цукрових буряків і техніко-економічну ефективність бурякозбиральної машини з експериментальними викопуючими робочими органами лемішного типу.

Ключові слова: *грунт, цукрові буряки, робочий орган, леміш, режими роботи, конструктивно- технологічні параметри, економічний ефект..*

**ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ, ТЕРМІНІВ,
СИМВОЛІВ, ПОЗНАЧЕНЬ**

Скорочення	Розшифровка скорочень
KPM	Кваліфікаційна робота магістра
EK	Екзаменаційна комісія
КС-6Б	Коренезбиральна машина
ВРО	Викопуючий робочий орган
MT3-80	Трактор класу 1,4.
δA	Елементарна робота активних сил на переміщеннях системи
G	Вага вороху, кН
f	Коефіцієнт тертя ґрунту по поверхні лемеша
ϕ	Кут між напрямком руху ґрунту по поверхні лемеша і віссю, град.
A	Амплітуда коливань вимушеної сили лемішів,
X_{max}	Числове значення верхнього рівня, мм
X_{io}	Натуральне значення i -го фактору на нульовому рівні, мм
D_{Ymax}	Числове значення максимальної дисперсії в d -й точці, мм
Y_{Uj}	Числове значення j -го відгука u -го дослідів, мм
D_{Ya}	Оцінка дисперсії адекватності
Y_{pi}	Розрахункове значення відгуку в u -му досліді отриманого регресійного рівняння.
b_i	Коефіцієнти рівняння регресії
E_d	Економія за рахунок зменшення домішок у воросі
E_b	Економія за рахунок зменшення втрат коренеплодів
ТЕП	Техніко-економічні показники

ВСТУП

Цукрові буряки є важливою технічною культурою і їх вирощують більше як в 40 країнах світу, на загальній площі більш як 7,6 млн. га. Вони є одним із основних джерел сировини для одержання цукру, життєво необхідного продукту харчування, фізіологічна норма споживання якого становить 38 кг в рік на душу населення. Дуже цінними є також кормові властивості коренеплодів і гички цукрових буряків, а побічні продукти їх переробки: патока і жом - є необхідною сировиною для харчової промисловості і незамінним легкозасвоюваним кормом для тварини [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 15, 17, 23, 24, 25, 26, 28, 31, 36, 39, 40, 42, 44, 45].

Найбільшим виробником цукру є країни Європейської співдружності (ЄС), які виробляють більше 17 млн. т на рік у розрахунку на цукор-сирець. Більша частина з цієї кількості виробляється з цукрових буряків і лише невелика частина - із тростини. За країнами ЄС йдуть такі країни - виробники цукру, як Індія (12,6 млн. т), Бразилія (9,5 млн. т), Китай (8,3 млн.т), США (6,3 млн. т), Таїланд (5,3 млн. т) та Україна (2 млн. т.).

Ґрунтово-кліматичні умови України є досить сприятливими для вирощування цукрових буряків, тому вона була і залишається однією із провідних країн світу за площею посіву, обсягом виробництва цукрових коренеплодів та виробітку з них цукру. Збільшенню обсягів виробництва цукрових буряків поряд із виробництвом зернових сільськогосподарських культур у нашій державі приділяється дуже велика увага, при цьому, дуже актуальними і важливими задачами залишаються підвищення продуктивності праці та зменшення собівартості продукції.

Завдання дослідження. Збільшення обсягів виробництва цукрових буряків за рахунок підвищення рівня механізації їх виробництва взагалі та процесів вирощування і збирання коренеплодів, зокрема, створення більш досконалих машин, в тому числі і бурякозбиральних, що забезпечують якісну роботу при довільному стані бурякової плантації.

Дуже важливим є питання зменшення долі ручної праці і втрат на всіх стадіях технологічного процесу вирощування цукрового буряку

Актуальність теми. Забезпечення конкурентоспроможності виробленого в Україні цукру на внутрішньому й зовнішньому ринках та підвищення ефективності вітчизняного виробництва кристалічної фруктози є актуальними завданнями сьогодення. В Україні єдиним джерелом для виробництва цукру є цукрові буряки. Тому розробка нових і подальше вдосконалення існуючих способів і технічних засобів виробництва цукрових буряків на всіх його етапах залишається в центрі уваги вітчизняних та зарубіжних науково-технічних спеціалістів, як одне з найважливіших завдань [12, 14, 15, 16, 23, 28, 30, 34, 41, 42, 45]

Збирання цукрових буряків є вирішальним етапом технологічного процесу їх виробництва і на даний час залишається одним з найбільш трудомістких та енергозатратних в сільському господарстві. При досягнутому рівні розвитку бурякозбиральної техніки якість збирання цукрових буряків, в значній мірі, залежить від вологості й твердості ґрунту, урожайності плантації, рельєфу поля, засміченості посівів, діаметра й розміщення коренеплодів в лінії рядка, бокових відхилень коренеплодів від осової лінії рядка і виступання їх головок над рівнем ґрунту. Сучасні вітчизняні коренезбиральні машини РКМ-6, КС-6Б та інші, при роботі на важких ґрунтах, недостатньо ефективно руйнують зв'язки коренеплодів з ґрунтом, в результаті чого погіршується відділення домішок, збільшуються втрати і пошкодження коренеплодів. Тому проблема зниження питомих ресурсозатрат при збиранні коренеплодів цукрових буряків, яка пов'язана із зменшенням їх втрат, пошкоджень і забрудненості, зменшення матеріаломісткості та енерговитрат на виконання технологічного процесу є особливо актуальною на сучасному етапі розвитку вітчизняної бурякозбиральної техніки.

Одним із напрямків, що дозволяють покращити показники процесу викопування коренеплодів цукрових буряків, є застосування коливної дії на шар ґрунту під час збирання цукрових буряків і перспективним, з цієї точки зору, є використання лемішно-коливних викопуючих робочих органів (ВРО) бурякозбиральних машин.

РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ І ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ВИКОПУВАННЯ КОРЕНЕПЛОДІВ

1.1. Викопуючі робочі органи бурякозбиральних машин

Під час механізованого збирання цукрових буряків технологічний процес викопування коренеплодів умовно можна розділити на дві фази: порушення зв'язку коренеплодів з ґрунтом (підкопування) і вилучення коренеплодів із ґрунту, з подальшою подачею їх на очисні органи [14, 15, 16, 17, 18, 19, 23, 28, 34, 40, 41, 45].

Першими засобами механізованого збирання буряків слід вважати використання для підкопування коренів звичайного плуга зі знятою полицею. Тому замість корпусу плуга стали використовувати спеціальну лапу, яка складається з лемеша і опорної п'ятки, або польової полиці, для забезпечення стійкого ходу знаряддя [31]. Заглиблена в ґрунт лапа піднімала при русі пласт і порушувала тим самим зв'язки коренеплодів з ґрунтом. Такі робочі органи мали значний тяговий опір і тому, з метою його зменшення, була створена велика кількість робочих органів цього типу.

На перших бурякопідіймачах вітчизняного виробництва, що випускались заводом "Серп и Молот" 3-ТС, 6-ТС, 3-НС, 6-НС встановлювались лапи Кляузінга, вдосконалені Харківським філіалом ВІСГОМа (рис. 1.1).

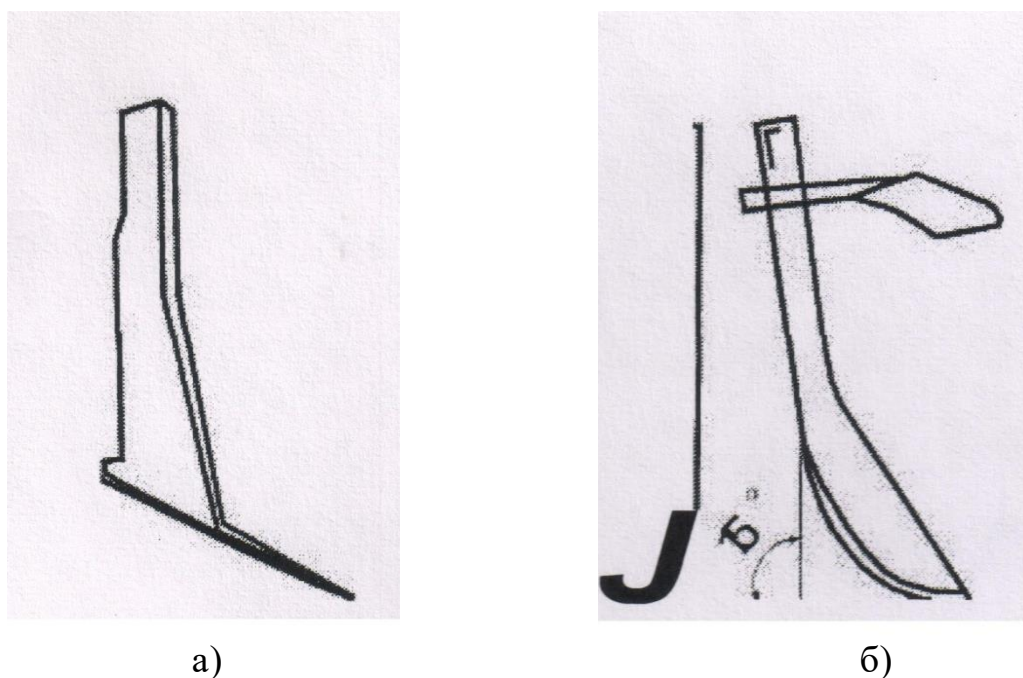


Рисунок 1.1. – Лапи бурякопідіймачів: а – «Дейл»; б – «лапа Кляузінга».

Робочі органи бурякозбиральних машин, які випускають в теперішній час, доцільно розділити, за виконанням технологічного процесу, на дві групи. До першої групи слід віднести робочі органи, які витискають корені та подають їх разом з пластом ґрунту на очисні й транспортуючі робочі органи; до другої - системи двох робочих органів: одного - для порушення зв'язків кореня з ґрунтом другого - для захвату, вилучення і транспортування кореня.

Викопаючі робочі органи першої групи, які отримали назву копачів, за формою робочої поверхні поділяються на три основних типи: вильчасті, лемішні і дискові. Кожен із цих типів копачів має свої переваги і недоліки. Для вилучення коренеплодів другої групи, технологічний процес яких ґрунтується на принципі вилучення коренеплоду за його тіло або за гичку встановлюються, на так званих, бральних машинах. На цих машинах руйнування зв'язків коренеплоду із ґрунтом здійснюється підкопуючою лапою.

Проте, робочі органи, які вилучають корені за гичку, при недостатньо розвинутій гичці або поганому її стані (20...40% лежачих листків), не задовольняють агротехнічним вимогам. Агрегати з робочими органами такого типу втрачають 8... 10% коренеплодів. Незадовільно працюють бральні апарати при збиранні поля цукрового буряку високої врожайності (350...450 ц/га і вище), так як при цьому втрачається 12... 15% коренів. Затрати праці на підбір таких втрат складають 15... 16 люд.-год./га. Бральні колеса з голками для наколювання коренеплодів, також, допускають значні втрати коренів (8,1...24,7%) і, окрім того, вони пошкоджують тіло кореня [7, 8, 9, 11, 14, 18, 22, 27, 33, 35, 36, 38, 40, 41]

Викопаючі робочі органи першої групи, а також і підкопуючі лапи робочих органів другої групи, є найбільш енергомісткими вузлами бурякозбиральних машин. За даними відомих досліджень, 60...75% тягового опору бурякозбирального комбайна, складає опір копачів, і 70...80% - підкопуючих лап. Від потужності, необхідної для роботи бурякозбиральної машини, це складає 32...48%.

Викопаючими робочими органами бурякозбиральних машин були лемішні копачі, які складаються з двох симетрично розміщених лемешів (рис. 1.2), що встановлені під кутом до напрямку руху коренезбиральної машини. Викопаючі робочі органи лемішного типу бурякозбиральних машин можуть бути замкнутими

Дискові (ротаційні) копачі встановлені під кутом два плоских або сферичних диски, вертикальні вісі яких утворюють кут розвалу, а горизонтальні - кут атаки, і характеризуються радіусом сфери і диска. Типові конструктивні схеми дискових копачів зображені на рисунку 1.5. Вони виконуються у версіях з обома пасивними, одним або двома активними дисками. Головною перевагою дискових викопуючих органів є те, що збиральна машина, оснащена ними, може працювати при більшій поступальній швидкості, ніж машина із лемішними або вильчастими копачами, при однаковій якості роботи.

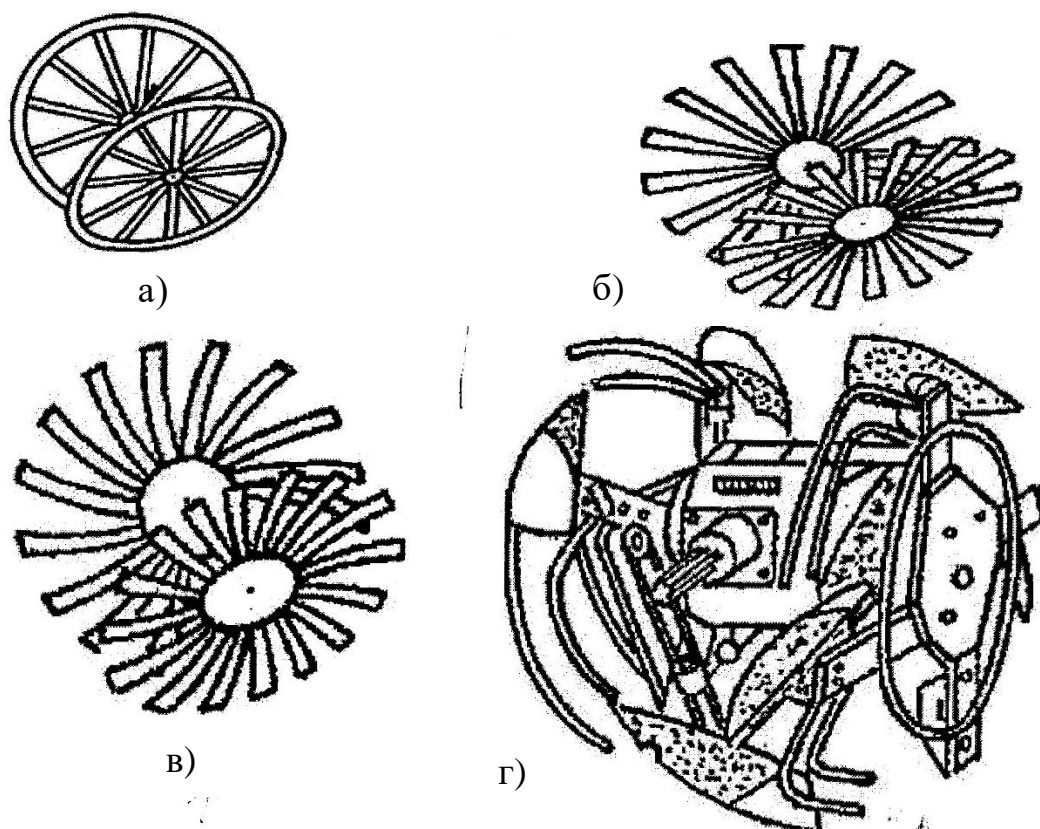


Рисунок 1.5 - Дискові викопуючі робочі органи бурякозбиральних машин:
 а - дискові із кільцевим лезом; б - дискові долотоподібні; в - дискові пальцеві;
 г - ротаційні з пружинами і виштовхуючими башмаками

Проте, поряд із вказаними перевагами, дискові копачі мають і ряд недоліків. Серед існуючих робочих органів вони є найбільш енергомісткими, на важких ґрунтах, твердість яких 3,0...4,5 МПа, погано заглиблюються, допускають попадання грудок землі в купи зібраних коренеплодів, обривають хвости коренів, на вологих ґрунтах (25...28%) коренеплоди сильно забруднюються землею. Окрім того, дискові копачі, які також відносяться до витискуючих, більш складні за конструкцією і у виготовленні, та мають більшу матеріаломісткість.

На закордонній техніці часто застосовуються колісно-пальцеві викопуючі робочі органи (рис. 1.7), які забезпечують їм необхідний рівень технологічних і експлуатаційних показників. Однак, недостатня пристосовуваність копачів цього типу до змін умов роботи приводить до підвищення втрат і, особливо, пошкоджень коренеплодів, і тому з цієї причини даний тип робочих органів широкого застосування не знайшов [7, 8, 9, 13, 18, 22].

Таким чином, аналізуючи результати досліджень з точки зору якості виконання технологічного процесу викопування коренеплодів цукрового буряка сучасними викопуючими робочими органами, можна зробити висновок, що актуальною залишається задача створення нових конструктивних схем викопуючих робочих органів, які забезпечували б необхідну якість і низьку трудомісткість збирання коренеплодів при будь-якому стані ґрунту, бурякової плантації, і задовольняли б вимогам зменшення матеріало- та енергомісткості бурякозбиральної техніки.

1.2. Аналіз конструктивних схем коливних викопуючих органів бурякозбиральних машин

Одним із напрямів підвищення технічного рівня бурякозбиральних машин є дослідження, розробка і впровадження нових робочих органів, які б забезпечили зменшення втрат коренеплодів, їх забрудненості в різних умовах. Відомо, що якість і надійність процесу викопування цукрових буряків можна значно підвищити, якщо робочий орган буде забезпечувати витягування коренеплодів без землі. Одним з таких напрямків є використання вібраційного принципу впливу на ґрунтовий пласт, зокрема, з допомогою робочих органів, що вимушено коливаються.

Вібраційні викопуючі органи в теперішній час отримали широке розповсюдження за кордоном. Вони використовуються на бурякозбиральних комбайнах і коренезбиральних машинах багатьох західних фірм, таких як "Stoll", "F.Kleine" (Німеччина), "Moreau", "Herriau", "Matrot", (Франція), "Vicon" (Голландія) та ін., в основному, в ролі змінних копачів на важких ґрунтах [11, 12, 14, 17, 18, 19, 20, 21]

На коренезбиральних машинах, які випускаються вітчизняною промисловістю, коливні викопуючі органи до цих пір широкого використання не

i
i
i
o
i
i
i

b
c
i
i
)
o
o
r
c

коренезбиральних машинах. Широке застосування вібраційні ВРО дискового типу знайшли на бурякозбиральних комбайнах зарубіжних фірм, наприклад, "Vicon" (Нідерланди).

Основним недоліком лемішних копачів, що використовуються в якості базової схеми для розробки вібраційних робочих органів, є низька технологічна надійність, тобто під час роботи відбувається нагромадження технологічних мас і забивання копачів, налипання ґрунту, намотування і напресовування рослинних залишків навіть під час роботи на легких ґрунтах.

Таким чином, результати досліджень використання вібрацій робочих органів при вилученні коренеплодів цукрових буряків з ґрунту показують, що цей прийом дозволяє значно інтенсифікувати процес викопування і покращити показники якості виконання технологічного процесу викопування коренеплодів, особливо при роботі віброкопачів на твердих ґрунтах, зменшити енерго- та матеріаломісткість технічних засобів.

1.3. Класифікація викопуючих робочих органів бурякозбиральних машин

На основі проведеного аналізу відомих викопуючих робочих органів бурякозбиральних машин і їх досліджень розроблено класифікацію, яка приведена в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1. Класифікація і принцип дії викопуючих робочих органів бурякозбиральних машин

Тип	Назва викопуючих робочих органів	Принцип дії і конструкція викопуючих органів
Лемішні	Лемішні замкнуті	Коренеплоди викопуються шляхом витискання двосторонньою замкнутою лапою, що закріплена на одному стояку.
	Лемішні розімкнуті	Коренеплоди викопуються шляхом витискання двосторонніми роз'ємними лемішами, закріпленими на окремих стояках
Вилчасті	Вильчасті замкнуті	Коренеплоди викопуються шляхом витискання двосторонньою замкнутою вилкою, закріпленою на одному стояку

	Вильчато-дискові	Корені підкопуються та витягуються на поверхню вилчатим копачем, а прутковими дисками, захоплюються за головки й піднімаються наверх
	Лемішний колісно-пальцевий механізм	Леміші з обох боків рядка руйнують зв'язки коренеплодів з ґрунтом, а пальці (шпильки), що розміщені на колесі, впроваджуються в головку коренеплоду і витягують його із землі
	Колісно - пальцеві	Колесо з ножами підрізає пласт ґрунту, а пальці захоплюють з обох боків пласт ґрунту з коренеплодами і піднімають його
Із примусовими коливаннями	Лемішні віброкопачі	Коренеплоди розхитуються, захоплюються та витягуються з ґрунту валками, що обертаються зустрічно і коливаються
	Вилчасті віброкопачі	Корені підкопуються, розхитуються в поперечному напрямку та витягуються з ґрунту дисками, що коливаються
	Дискові віброкопачі	Корені підкопуються і витягуються з ґрунту розхитуванням і витискуванням лемішками, що коливаються

1.4. Агротехнічні вимоги до коренезбиральних машин

Синтез робочих органів для викопування коренеплодів цукрових буряків та забезпечення відповідної якості виконання технологічного процесу неможливі без аналізу відомостей про такі характеристики фізичного стану ґрунту, як абсолютна вологість, твердість, густина, фрикційні, пружні й міцнісні властивості, зв'язки коренеплодів із ґрунтом та інші.

Особливості структурно-біологічного середовища коренеплід-ґрунт впливають на основні технологічні показники процесу викопування, оскільки якість розділення вороху, в значній мірі, залежить саме від фізико-механічних властивостей його компонентів.

До міцнісних характеристик цукрових буряків, крім зусилля в'язів коренеплоду з ґрунтом, відноситься і тимчасовий опір згину (150...300 Н/см). Сильні пошкодження коренеплоди цукрових буряків отримують при падінні з висоти 1,5 м, що відповідає швидкості удару 5,4 м/с. При збиранні гички зріз

Отже враховуючи фізико-механічні властивості коренеплодів цукрових буряків і робочого середовища, а також агротехнічні вимоги до технологічного процесу збирання, необхідно розглянути та всесторонньо обґрунтувати найбільш прийнятні конструктивні рішення й відповідні технологічні схеми викопування коренеплодів цукрових буряків.

1.5. Особливості технологічного процесу викопування цукрових буряків

Збирання цукрових буряків є вирішальним етапом технології їх виробництва. Від правильно! і чіткої організації цього процесу, раціонального використання збиральної техніки й транспортних засобів залежить повнота збору врожаю та забезпечення цукрової промисловості доброякісною сировиною [15. 17].

За формою і організацією розрізняють три способи збирання цукрових буряків: потоковий, перевалочний і потоково-перевалочний.

При поточковому способі коренеплоди й гичку навантажують в транспортні засоби та відвозять на місця складування або переробки. При перевалочному - коренеплоди також завантажуються в транспортний засіб, але відвозяться не на завод, а на край поля, де складаються в кагати. З кагатів вони поступово, по мірі забезпеченості транспортом, відвозяться на цукрові заводи.

Основним способом збирання цукрових буряків є потоковий спосіб, який має ряд переваг:

- зменшення пошкоджень коренів і втрат цукристості;
- зменшення працевтрат на виконання допоміжних вантажно-транспортних робіт;
- відсутність потреби у завантажувачах;
- звільнення поля для виконання наступних робіт.

Однак, при цьому способі потрібна значна кількість транспортних засобів, яка тим більша, чим більша відстань від цукрового заводу. Необхідна також чітка організація збирання й розвантаження коренів на цукрових заводах.

Перевалочний спосіб більш трудомісткий та менш економічний, чим потоковий, але практичне здійснення його спрощується із-за менших вимог до ритмічності виконання збирально-транспортних робіт.

системами. Самохідні комбайни цього типу в останні роки випускаються практично всіма провідними фірмами "Moreau", "Matrot" і "Herriau" (Франція), "Kleine", "Holmer'VStoll" (ФРН) та ін.

На площах 80... 150 га більш ефективна валкова технологія збирання, яка може бути дво- або три фазною. Трифазна технологія забезпечує при першому проході машини зріз та збирання гички, при другому - викопування та вкладання у валок коренеплодів і при третьому - спеціальною машиною (підбирачем) здійснюється підбір валка, його очистка і навантажування в транспорт.

В нових конструкціях, як правило, перша і друга фаза об'єднані в одному агрегаті, що забезпечує збирання коренеплодів в дві фази. На першій фазі машина, у вигляді гичкозрізуючого агрегату в комбінації із коренезбиральним, вкладає коренеплоди у валок, а на другій - підбирач навантажує в транспортний засіб [19, 23, 27, 34, 38, 40, 44].

Можливі й інші варіанти двофазної технології збирання цукрових буряків. Наприклад, за перший прохід - тільки збирання гички, а за другий - викопування й навантаження коренеплодів у транспортний засіб. Такий двофазний спосіб знайшов широке розповсюдження в Україні.

Для цього використовують комплекс 6-рядних машин - причіпну гичкозбиральну машину БМ-6А, БМ-6Б, начіпний двовалковий очисник ОГД-6 в агрегаті з тракторами ЮМЗ-6АЛ або Т-70С, МТЗ-80 і самохідні коренезбиральні машини КС-6Б, КС-6В, РКМ-6, МКК-6-02 та інші їх модифікації. Відвозять зібрані коренеплоди в тимчасові польові катати тракторними причепами типу 2 - ПТС-4-887Б, ПСЕ-12,5, які агрегують з тракторами типу ЮМЗ, МТЗ. Вантажать коренеплоди з кагатів навантажувачем типу СПС-4,2А.

Комбайнове збирання коренеплодів цукрових буряків менш трудомістке і більш економічне. Машини для роздільного збирання, як правило, більш прості, надійні та більш продуктивні.

Викопуючі робочі органи є основними технологічними вузлами коренезбиральних машин, від компоувальних схем, конструктивних та кінематичних параметрів яких, у відповідності до ґрунтово- кліматичних умов, суттєво залежить якість викопування коренеплодів, їх пошкоджуваність і втрати при збиранні, ефективність роботи машин в цілому.

Висновки до першого розділу

На основі проведеного аналізу літературних джерел можна зробити наступні висновки:

1. Якість збирання коренеплодів сучасними бурякозбиральними машинами, залишається недостатньою, а самі бурякозбиральні машини, з огляду на недосконалість викопуючих робочих органів для викопування коренеплодів, є енергомісткими і недостатньо продуктивними. Цим обумовлюється, зокрема, гостра необхідність у вдосконаленні існуючих, пошукові й розробці нових технічних засобів і прийомів збирання цукрових буряків та викопування коренеплодів з ґрунту зокрема.

2. Викопуючі робочі органи бурякозбиральних машин, основними типами яких є лемішні, дискові і вильчасті, за весь час їхнього застосування не зазнали вагомих конструктивних змін.

3. Сучасні технічні засоби дозволяють механізувати процес викопування коренеплодів цукрових буряків з ґрунту, але вони не завжди забезпечують потрібну якість виконання цього процесу. Окрім того, сучасні технічні засоби мають високу енергомісткість.

Виходячи з вищесказаного, в дипломній роботі поставлені наступні задачі:

- розробити вдосконалену модель динаміки руху коливних викопуючих робочих органів бурякозбиральних машин із врахуванням їх конструктивно-кінематичних параметрів;

- розробити нову конструкцію коливного викопуючого органу лемішного типу бурякозбиральних машин і визначити основні його конструктивні, кінематичні й технологічні параметри;

- розробити механіко-математичну модель руху вороху коренеплодів цукрових буряків в міжлемішному просторі коливних копачів із врахуванням напружено-деформованого стану системи "коренеплід-ґрунт" під дією технологічних навантажень;

- зпрогнозувати економічну ефективність від використання нового лемішного викопуючого органу.

РОЗДІЛ 2. ПЕРЕДУМОВИ КОПАННЯ КОРЕНЕПЛОДІВ ЦУКРОВИХ БУРЯКІВ

2.1. Обґрунтування напряму досліджень фізико-механічних властивостей системи "коренеплід-грунт"

Властивості цукрових буряків, вирощених з одноросткового насіння при механізованому способі обробітку, наступні: розміщення коріння в рядку, розмірні характеристики їх головок, а також деякі фізико-механічні властивості коріння і гички [9, 12, 14, 16, 17, 21].

Характеристики цукрових буряків залежить від багатьох факторів: вологості, його фізико - механічних властивостей, від типу і якості обробки ґрунту, від глибини внесення добрив, котрі з року в рік змінюються в широких межах, тобто є випадковими величинами. У вказаних працях відсутні дані про характер зміни вказаних властивостей при різній врожайності і, що особливо важливо, при різному стані ґрунту в період збирання. Не встановлені також статистичні характеристики таких властивостей. У відомих дослідженнях відсутні дані про властивості системи "коренеплід - ґрунт".

Необхідність подальшого вдосконалення процесів збирання буряків потребує проведення більш глибокого дослідження фізико - механічних властивостей коріння цукрових буряків. В межах задач даного дослідження виникає потреба в отриманні додаткових відомостей, зокрема: характеру розміщення коріння в рядку, розмірних характеристик коренів, фізико - механічних характеристик зв'язку кореня з ґрунтом.

2.1.1. Методика досліджень фізико-механічних властивостей системи "коренеплід-грунт"

Як було вказано вище, в якості об'єктів досліджень, від яких суттєво залежать агротехнічні експлуатаційно-економічні показники роботи бурякозбиральної техніки були вибрані наступні характеристики коренеплодів та їх зв'язків з ґрунтом:

2.1.2 Результати досліджень фізико-механічних властивостей системи "коренеплід-грунт" та їх аналіз.

Робоче середовище або система "коренеплід-грунт" складається з ґрунту, випадково розміщених в ньому коренеплодів цукрових буряків і, створених в процесі їх росту, ущільнених осередків. Утворення ущільнених осередків ґрунту супроводжується збільшенням його деформації до значень, котрі визначаються величиною великих скінчених деформацій конусності тіла коренеплоду. Це призводить до ґрунту, котрі сприяють його значному і нерівному ущільненню у білякореневій зоні, виникненню тріщин різних розмірів. Отримані розмірно-масові характеристики заносились в таблицю і оброблялись методом кореляційного і регресивного аналізу. Результати визначення технічної довжини і діаметра коренеплодів X подані на рисунку 2.2. На рисунку 2.3 представлений кореляційний зв'язок відхилення коренеплодів від умовної осьової лінії рядка Y і віддаллю між ними в рядку X .

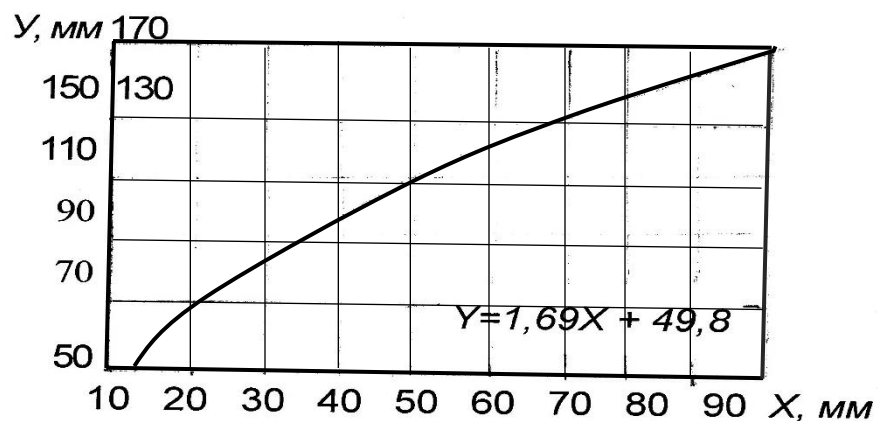


Рисунок 2.2 - Залежність технічної довжини від діаметру коренеплодів.

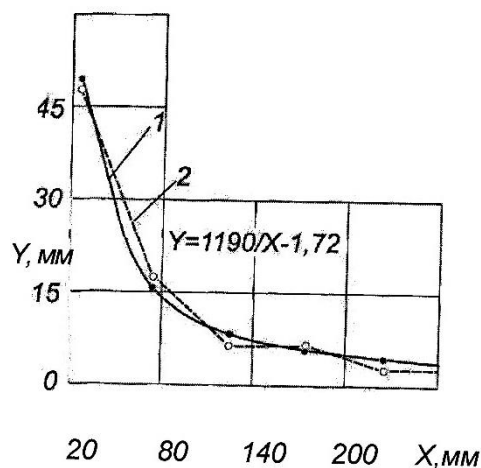


Рисунок 2.3 - Залежність відхилення від осьової лінії рядка від віддалі між коренеплодами: 1 - лінія регресії; 2 - експеримент.

грунтом і поверхнею кореня. Одночасно з цим обриваються дрібні коріння першого ярусу. Якщо міцність зв'язків кореневої системи більша ніж зусилля зчеплення, то в процесі їх руйнування має місце подальше зростання вертикально прикладеної сили. На ділянці часу 0,4...0,6 с руйнуються зв'язки, обумовлені найбільш другою міцною кореневою системою ярусу, на ділянці часу 0,6...0,8 с обривається головний корінь кореневої системи. Сила P залежить, також, від товщини підкопаного шару ґрунту (рис. 2.4.) Коли в ґрунті під дією навантаження виникають пластичні деформації, опір кореня горизонтальному переміщенню зростає незначно.

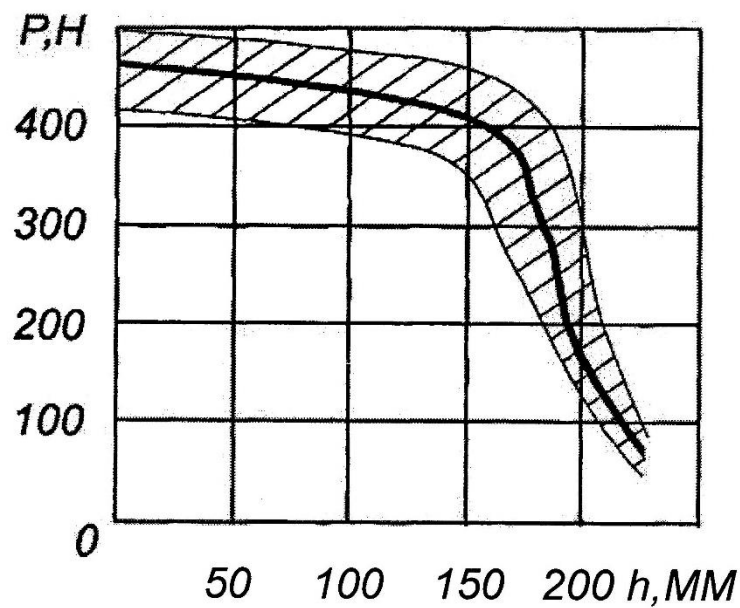


Рисунок 2.4 - Залежність сили зв'язку коренеплоду з ґрунтом P від товщини підкопаного шару ґрунту h .

Дослідження процесу вилучення коренеплоду показали, що він є випадковим, нестационарним, як за математичним очікуванням, так і за дисперсією. Випадковість його обумовлена різними розмірними характеристиками і формами коренів, різною потужністю їх кореневої системи, станом ґрунту та інші.

2.2. Задачі експериментальних досліджень

Задачі досліджень. Теоретичне вивчення процесу копання коренеплодів цукрових буряків модернізованими лемішно-коливними робочими органами спрощень, супроводжується введенням ряду що в певній мірі спотворює реальність. Тому результати, отримані теоретичним шляхом, часто відрізняються від експериментальних даних.

Для уточнення ряду параметрів, котрі входять в розрахункову модель для визначення ефективності і працездатності викопувальних робочих органів, були проведені експериментальні дослідження, основними задачами яких були наступні:

- Перевірка аналітичних залежностей, отриманих за результатами проведених теоретичних досліджень.

- Встановлення параметрів, що уточнюють і доповнюють теоретичні дослідження.

- Розробка і дослідження конструкції модернізованого лемішно-коливального викопувального органу.

Програма досліджень. Якість копання коренеплодів цукрових буряків лемішно-коливними робочими органами в значній мірі залежить конструктивно-кінематичних параметрів викопувальної системи.

З позиції системного аналізу викопувальний робочий модуль коренезбиральної машини можна представити у вигляді багатомірної системи "вхід-вихід", вихідними параметрами якої є показники якості копання буряків, а вхідними - узагальнені параметри, що характеризують технологічну масу, робоче середовище, змінні конструктивно - кінематичні параметри робочих органів та швидкість коренезбиральної машини.

Головною задачею дослідження є обґрунтування раціональних конструктивно-кінематичних параметрів $X_1, X_2, x\%$ з метою доведення показників y_1, y_2, y_3, D° оптимальних значень в діапазоні варіювання вхідних факторів.

2.3. Методика експериментальних досліджень

Для виконання задач, поставлених програмою експериментальних досліджень, на основі стандарту була розроблена методика проведення досліджень.

Перед проведенням оцінки агротехнічного фону і характеристик умов випробувань вибиралась ділянка поля з рівним мікрорельєфом довжиною 30 м і вручну зрізалась гичка з коренеплодів. Після цього визначалися наступні показники:

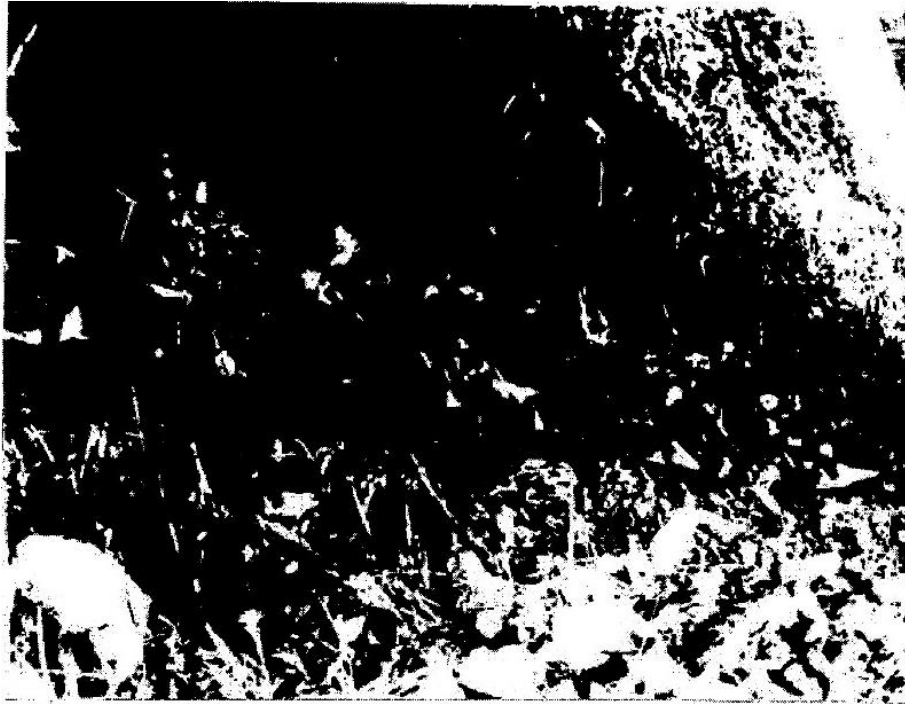


Рисунок 2.5 – Вид проби вороху після проходження лабораторно-польової установки

Кількість викопаних коренеплодів - Q_e . Визначалось шляхом підрахунку коренеплодів у валку викопаної технологічної маси;

Кількість невикопаних коренеплодів - Q_{He} . Визначалось шляхом підрахунку коренеплодів, що залишились в землі після перекопування ділянки вручну.

Кількість сильно пошкоджених коренеплодів - Q_n . Встановлювалось шляхом огляду викопаних коренеплодів, за нижче приведеними критеріями. За ступенем пошкодження коренеплоди поділялись на:

а) слабо пошкоджені - бокові зрізи і надриви зовнішньої ділянки глибиною менше 10 мм без задівання глибоких шарів, а також обламування хвостової частини діаметром більше 15 мм, але менше 30 мм;

б) сильно пошкоджені - зачеплені глибинні частини, глибина проникнення більше 10мм або відламані хвости на діаметрі більше 30 мм. Повторюваність дослідів 4-5 кратна.

Визначення показників якості виконання технологічного процесу досліджуваними викопувальними робочими органами, проводилось шляхом проведення за загальноприйнятою методикою.

Статистична обробка експериментальних даних проводилась на ЕОМ з використанням методу регресивного аналізу (додаток А).

Висновки до другого розділу

1. Проведено обґрунтування методики дослідження характеристик фізико-механічних властивостей системи "коренеплід-ґрунт".

2. Фізико-механічні властивості системи "коренеплід-ґрунт" дуже мінливі і, в силу великої кількості випадкових факторів, для їх опису необхідно використовувати теорію ймовірності.

3. Твердість ґрунту бурякового поля неоднакова. Найбільш високу твердість ґрунт має в зоні рядка і в безпосередній близькості від коренеплоду. Крім того, ґрунт в зоні рядка порізаний орієнтованими тріщинами, котрі утворюються в процесі росту кореня.

4. Виявлено, що середнє значення сили витягування коренеплоду нелінійно залежить від товщини підкопаного шару ґрунту, причому інтенсивне зменшення зусилля спостерігається при товщині підкопаного шару більше 170 мм.

5. Процеси витягування коренеплоду з ґрунту можна розділити на такі основні етапи:

- руйнування дрібних коренів першого ярусу;
- руйнування найбільш міцної кореневої системи другого ярусу;
- обрив головного кореня і остаточне звільнення коренеплоду від ґрунту.

6. Наведені задачі та програма досліджень, розроблені загальні методики проведення теоретичних і експериментальних досліджень.

РОЗДІЛ 3. ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ КОПАННЯ ЦУКРОВИХ БУРЯКІВ КОЛИВАЛЬНИМИ РОБОЧИМИ ОРГАНАМИ

3.1 Математична модель руху лемішів коливальних робочих органів бурякозбиральних машин

Більшість типів вібраційних викопувальних робочих органів представляють собою систему з примусовим приводом, характер руху якого повністю визначається приводом. Найчастіше використовуються ексцентрикові або кривошипно-шатунні приводи. Ексцентриковий привід раціонально використовувати в низькочастотних коливальних системах. Цей тип здатний створювати великі вимушені сили при невисоких частотних коливаннях. Приводи з жорстким шатуном забезпечують підтримування постійної амплітуди коливань робочого органу у всіх діапазонах частоти роботи машини [17, 23, 24, 31, 37, 38].

Розглянемо викопувальний робочий орган з ексцентриковим приводом, спрощена розрахункова схема якого представлена на рисунку 3.1.

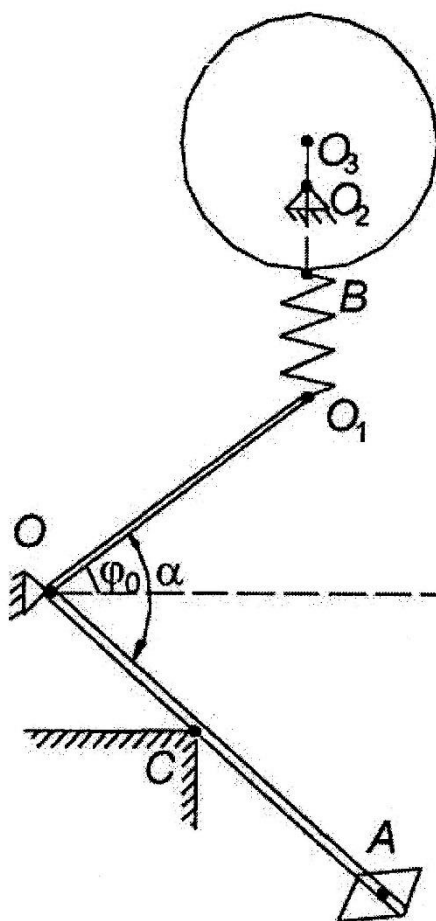


Рисунок 3.1 - Схема приводу копача.

Знаходимо узагальнену силу з умови, що її робота на можливому переміщенні $\delta\psi$ дорівнює сумі робіт всіх сил, що діють на точки системи.

Надамо системі можливе переміщення $\delta\psi$ в додатному напрямку зміни кута ψ (рис. 3.3). Тоді узагальнена сила буде рівна

$$Q = \delta A / \delta\psi_1 \quad (3.1)$$

де δA - елементарна робота активних сил на переміщеннях системи, коли узагальненій координаті надається можливе переміщення $\delta\psi$.

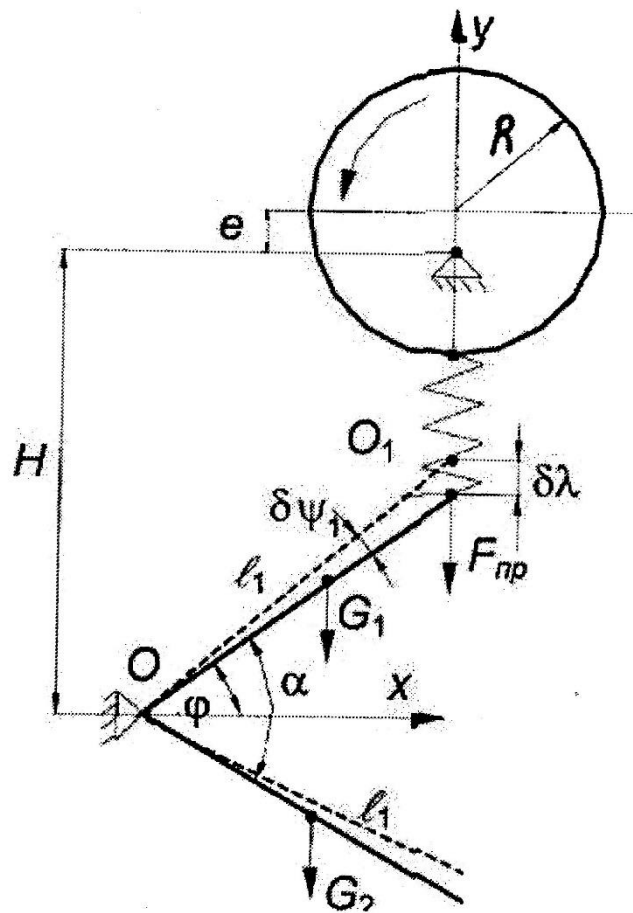


Рисунок 3.3 - Розрахункова схема для визначення узагальненої сили

Знаходимо елементарні роботи від сили пружності пружини, сил тяжіння елементів копачів, а також від сили витягування P_e і сили опору P_m :

- елементарна робота сили ваги леміша з ворохом

$$\delta A_1 = -G\delta h = -Gl_2\delta\psi\cos(\alpha - \varphi_1) \quad (3.2)$$

де G - вага вороху, що знаходиться в міжлемішному просторі;

3.2. Визначення нормальних зусиль під час викопування цукрових буряків лемішними копачами

Функціональне призначення викопуючих робочих органів полягає у вирізанні шару ґрунту разом з коренеплодами, подрібненні ґрунту, відділенні його від коренеплодів викопаної технологічної маси з наступним їх переміщенням [12, 14, 18, 23].

На процес викопування коренів з ґрунту впливає дуже багато факторів, а саме: фізико-механічні властивості коренеплодів, вологість і твердість ґрунту, урожайність плантації, рельєф поля, засміченість посівів та інші, тому доцільно вивчати його з використанням методів математичного моделювання. В роботі розроблена математична модель процесу викопування коренеплодів цукрових буряків лемішними викопуючими робочими органами.

Основним і визначальним робочим елементом викопуючих органів є робоча поверхня, яка безпосередньо діє на вирізаний шар ґрунту. Таких поверхонь є дві, які розміщені симетрично відносно вертикальної площини, що в свою чергу проходить вздовж рядка цукрових буряків (рис. 3.5.).

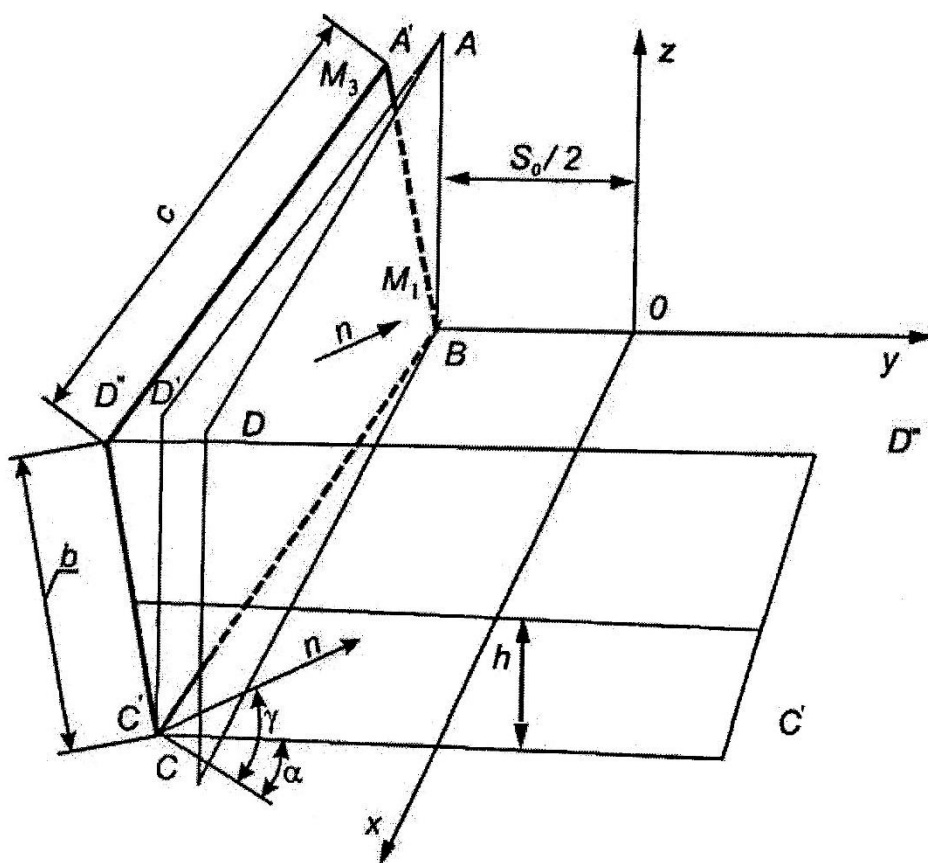


Рисунок 3.5 - Розрахункова схема для визначення нормальних зусиль

параболічній залежності, тобто із збільшенням глибини h вони різко збільшують свою величину.

Таким чином, аналізуючи теоретичні дослідження можна зробити висновок, що найбільш оптимальними кутами нахилу лемешів, з точки зору зменшення енерговитрат, є $\alpha = 15^\circ \dots 20^\circ$ і $l = 2QR \dots 25^\circ$.

3.3. Дослідження руху вороху коренеплодів цукрових буряків в міжлемішному просторі коливних копачів

Одним із найбільш поширених викопуючих робочих органів бурякозбиральних машин, які відзначаються пониженою енергомісткістю та високими експлуатаційними показниками, є вібраційні (коливні) копачі.

Визначення енергосилових параметрів вібровикопування коренеплодів пов'язане із складною взаємодією копача із ґрунтом та коренеплодами і передбачає визначення напружено-деформованого стану ґрунту в міжлемішному просторі.

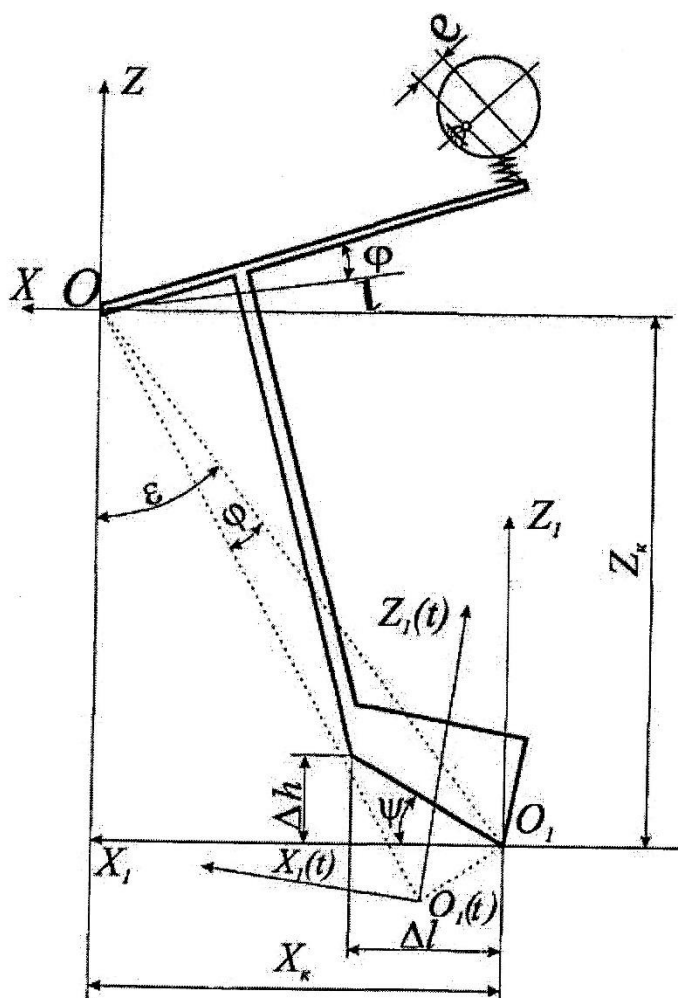


Рисунок 3.6 – Розрахункова схема лемішно-коливного копача

Розглянемо роботу вібраційного копача (рис.3.6), який складається із закріплених на стійці лемешів, які обертаються відносно осі, нерухомо розміщеній на машині. Коливний рух копачу надається ексцентриком, який діє на важіль копача через пружний елемент.

Виберемо за базову систему координат машини O_{xyz} вісь Oy якої співпадає із віссю обертання копача, вісь Ox - напрямлена горизонтально, по ходу машини, при цьому копач розміщений симетрично площині Oxz . Окрім цього, виберемо систему координат $O_1X_1Y_1Z_1$, що нерухомо зв'язана із копачем (лемешами), центр якої O_1 розміщений рівновіддалено від лемешів в найнижчій їх точці, а осі O_1X_1 , O_1Y_1 , O_1Z_1 , в момент часу $t=0$ (коли відхилення копача в коливальному русі $cp = 0$) направлені паралельно осям системи координат O_{xyz} .

В системі копача поверхні лемешів утворюють клин і кут між ними в горизонтальній площині ($O_1X_1O_1Y_1$) становить 2α та у вертикальній відповідно 2β (рис. 3.6), де $\tan\beta = \tan\alpha / \cos\alpha$.

В системі координат $O_1X_1Y_1Z_1$ кут нахилу площини, яка проходить через передні ріжучі кромки і яка відділяє деформований і недеформований ґрунт, до горизонтальної площини становить $\gamma = \arctg(A_n/A_t)$, де A_n та A_t відповідно вертикальна та горизонтальна проекція ріжучого леза.

Тоді відповідно рівняння площини, що обмежує деформований ґрунт і задає початкові параметри деформаційної моделі, буде мати вигляд

$$Z_1 - X_1 f g^2 = 0 \quad (3.12)$$

Система координат машини O_{xyz} із системою координат копача (лемешів) $O_1X_1Y_1Z_1$ зв'язана перетвореннями, які в матричному вигляді в однорідній системі координат приймають вигляд

$$r = R_y T r_b \quad (3.13)$$

де R_y та T - відповідно матриці повороту відносно осі Oy базової системи та лінійного переміщення рухомої системи координат $O_1X_1Y_1Z_1$.

Особливостями викопування буряків копачами лемешного типу є те, що стиснення ґрунту, тобто пружна деформація, відбувається в основному до зони

Висновок до третього розділу

1. Проведено дослідження руху коливних робочих органів бурякозбиральних машин методом математичного моделювання, на основі виведених аналітичних залежностей, з використанням диференціальних рівнянь Лагранжа II роду. Одержані диференціальні рівняння дають можливість визначити деякі кінематичні і конструктивні параметри лемішних коливних викопуючих органів (амплітуду і частоту коливань, лемешів і кутові розміри лемешів).

2. Теоретично встановлено і експериментально підтверджено, що збільшення амплітуди коливань лемешів до 0,09 рад в умовах нормальної твердості ґрунту (2,2...3,0 МПа) істотно впливає на ефективність руйнування в'язів коренеплоду з ґрунтом. Збільшення амплітуди коливань вище вказаної границі майже не впливає на ефективність звільнення коренеплоду від в'язів з ґрунтом, а приводить до пошкоджень коренеплодів у виді зламу хвостової частини.

3. За результатами чисельного розв'язування задачі моделі взаємодії робочих поверхонь з ґрунтом встановлено залежності нормальних зусиль від конструктивних і кінематичних параметрів робочих органів. Зміна нормальних зусиль в часі має гармонічний характер, амплітуда яких залежить від кінематичних і конструктивних параметрів копача.

4. На основі чисельного моделювання на ЕОМ взаємодії робочих поверхонь лемеша з ґрунтом, встановлені оптимальні конструктивні і кінематичні параметри:

- колова частота вимушеної сили рівна 50... 100 рад/с
- кут розкриття лемешів $\alpha = 15^\circ \dots 20^\circ$
- кут нахилу площини $\beta = 20^\circ \dots 25^\circ$.

5. Побудована апроксимаційно-деформаційна модель руху вороху коренеплодів цукрових буряків в міжлемішному просторі коливальних копачів із врахуванням об'ємної деформації ґрунту, яка узгоджується з результатами експериментальних досліджень.

РОЗДІЛ 4. РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

4.1. Лабораторно-польова установка для дослідження процесу викопування

Для проведення лабораторно-польових досліджень використовувалася експериментальна установка на базі коренезбиральної машини МКП-4 (рис. 4.1), яка складається із рами 1, на якій змонтований викопувальний модуль 2 (рис. 4.2), трансмісія 5 та пристрій 6 для навішування модуля на енергетичний засіб [9, 11, 14, 15, 17, 23].

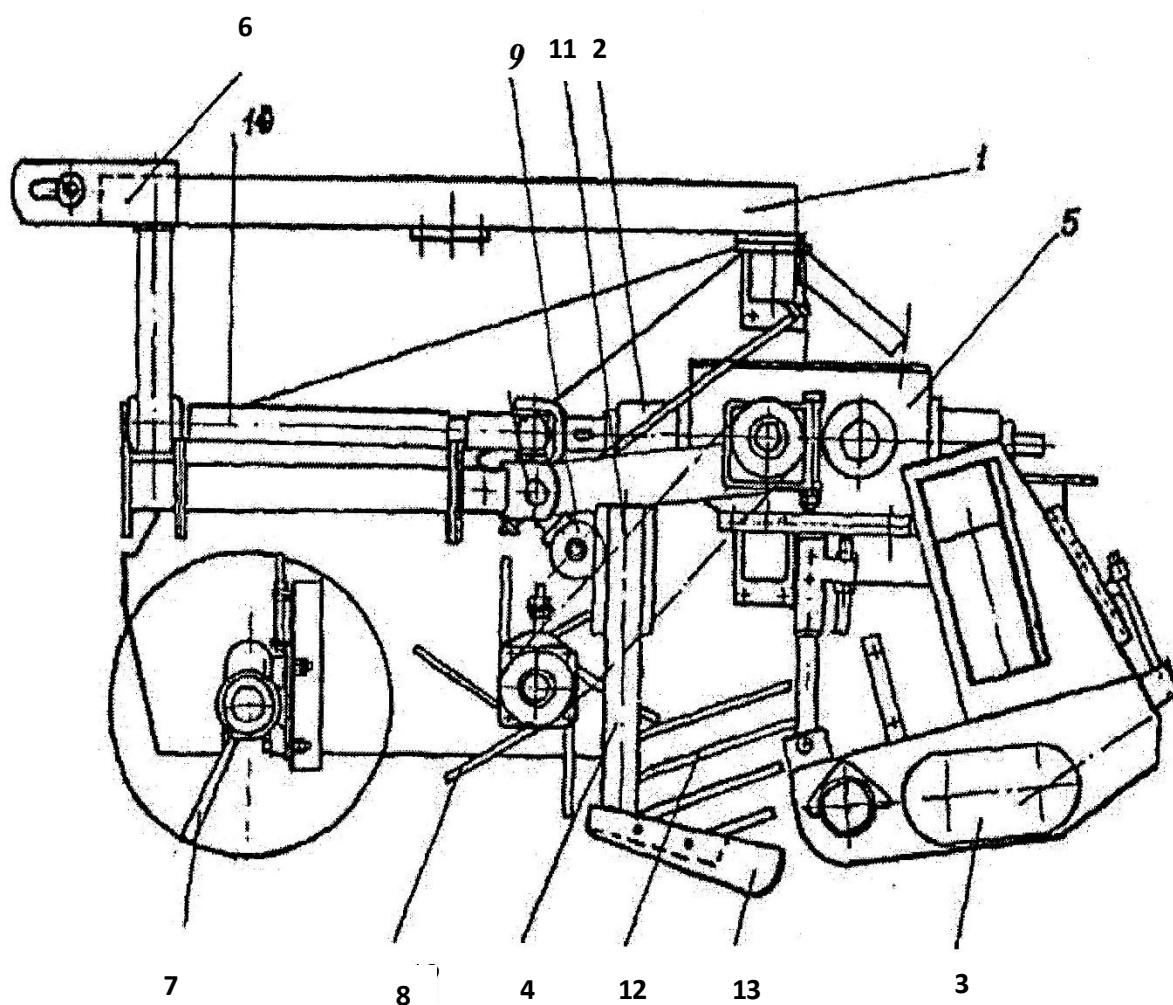


Рисунок 4.1 - Принципова схема лабораторно-польової установки:

1 - рама ; 2 - викопувальний пристрій; 3 - пристрій розмотування плівки;
4 - копач лемішний; 5 - трансмісія; 6 - пристрій для навішування; 7 - опорне колесо;
8 - бітер-подавач; 9 - важіль; 10 - привідний вал; 11 - стояк; 12 - прутки направляючі;
13 - леміші.

Бітер-очисник 8 коренеплодів призначений для очищення коренеплодів, витягнутих з ґрунту, і подачі їх по робочому для очищення стояків копача руслу копача на поліетиленову плівку, а також від ґрунту і рослинних залишків. Бітер-очисник складається з суцільного вала, котрий розміщений попереду стояків копачів, на якому проти кожного копача закріплені лопаті. Лопаті в свою чергу призначені для перекидання коренеплодів цукрових буряків по робочому руслі копача на полістиленову плівку [8, 10, 13, 17, 22, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30 33, 34, 35, 37, 45].

Трансмсія машини 5 призначена для передачі крутного моменту від вала відбору потужності трактора до робочих органів машини.

Технологічний процес копання виконується наступним чином. За допомогою опорних коліс встановлюється необхідна глибина ходу лемішних копачів 4, котрі направляються уздовж рядків.

Гичка попередньо зрізується гичкозбиральною машиною. За допомогою опорного колеса 7 встановлюється глибина копання коливальний рух у вертикальній коренеплодів, а копачі 4, здійснюючи площині, витягують коренеплоди з ґрунту. Бітер-подавач 8 обертається, підхоплює своїми лопатями коренеплоди і по робочому руслу лемішів подає їх на поліетиленову плівку, яка розмотується за допомогою пристрою 3.

При обертанні вала профіль гвинтових сегментів копіює русло, яке утворюється лемішами. Завдяки такій конструкції коренеплоди підхоплюються валом, очищуються від землі і рослинних залишків та подаються на транспортуючі робочі органи.

4.2. Результати експериментальних досліджень та їх аналіз

4.2.1 Дослідження впливу вологості ґрунту на якісні показники збирання цукрових буряків.

З метою встановлення зв'язку між вологістю ґрунту та якісними показниками технологічного процесу копання коренеплодів - втратами ($\kappa_{\text{НВ}}$), забрудненості вороху (f_3) та пошкодженнями (κ_n) були проведені лабораторно-польові дослідження робочих органів, результати яких приведені в таблиці 4.1.

4.2.2. Дослідження впливу конструктивно-кінематичних параметрів робочого органу на якісні показники збирання цукрових буряків.

Дослідження роботи лемішно-коливальних робочих органів коренезбиральної машини проводились у відповідності експериментальних досліджень до представленої програми на лабораторно-польовій установці, де при постійній робочій швидкості коренезбиральної машини досліджувались залежності:

$$k_{He} = f(f, A); \quad (4.1)$$

$$f_3 = f(f, A); \quad (4.2)$$

де f - частота коливань вимушеної сили лемішів, Гц;

A - амплітуда коливань вимушеної сили лемішів, мм.

На основі аналізу попередніх досліджень діапазон варіювання значень частоти коливань вимушеної сили f приймався від 18 до 36 Гц, а амплітуда коливань вимушеної сили лемішів A - від 2 до 8 мм.

Для отримання регресійної моделі у вигляді повного квадратичного полінома необхідно вибрати відповідний план експерименту.

В даний час існує ряд різновидностей таких планів, котрі відрізняються критеріями оптимізації регресійних експериментів. Широке практичне симетричні плани з декількома застосування знайшли різновидностями. Найбільш простими у практичному використанні є ортогональні (ОЦКП) та рототабельні (РЦКП) центральні-композиційні плани. Різниця між ними полягає в тому, що перший план будується з врахуванням критерію ортогональності, котрий забезпечує незалежність визначення коефіцієнтів регресії, а інший - критерію рототабельності, котрий забезпечує однаковість дисперсії відгуку у всіх напрямках.

Оскільки, під час проведенні експериментів змінні фактори неоднорідні і мають різні одиниці вимірювання, а числа, що виражають значення цих факторів - різні порядки, приводимо їх до єдиної системи обрахунків шляхом переходу від дійсних значень до кодованих згідно формули

Після закінчення кодування факторів складають план-матрицю повного факторного експерименту згідно для N кількості дослідів.

При реалізації плану досліди рандомізуються, тобто приводяться до випадкової послідовності методом витягання номерів дослідів з урни.

Отриманні результати розрахунків зводяться в таблицю умов проведення експериментів і результатів дослідів.

Результати кодування факторів зводяться в таблицю 4.2.

Таблиця 4.2

Результати кодування факторів експерименту для дослідження залежностей

$$k_{He} = f(f, A), f_3 = f(f, A)$$

Фактор	Натур. позн.	Кодов. позн.	Інтерв. вар.	Рівні варіювання					
				Натуральні			Кодові		
				верх.	ниж.	нуль	верх	ниж.	нуль
Частота коливань вимушеної сили, f Гц	X_1	x_1	9	36	18	27	+1	-1	0
Амплітуда коливань вимушеної сили, A , мм	X_2	x_2	3	8	2	5	+1	-1	0

Обробка експериментальних даних, котрі отримані після реалізації планових експериментів, полягала у наступному. Перевірка відтворюваності дослідів при однаковому числі повторюваностей для кожного дослідів проводилась за критерієм Кохрена

$$G = \frac{D_{Ymax}}{\sum_{U=1}^N D_{YU}} \quad (4.6)$$

де G - розрахункове значення критерію Кохрена;

D_{Ymax} - числове значення максимальної дисперсії в Ц-й точці;

N - число дослідів в плані;

D_{YU} - дисперсія, що характеризує розсіювання результатів в n -му досліді.

Дисперсія відтворюваності визначалась за формулою

Отримані і розрахункові значення втрат коренеплодів

Показники	Номер досліджу								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
в досліді	3,5	3,2	2,9	1,0	3,2	2,1	3,3	1,7	2,4
Y_{pi}	3,544	3,244	2,878	0,978	3,178	2,078	3,211	1,744	2,444

Перевірка адекватності:

$$F = \frac{0,006}{0,0041} = 1,46 \quad (4.15)$$

При $r_1 = 9 - 6 = 3$; $r_2 = 18$, $F_T(0,05; 3; 18) = 3,16 > F = 1,46$.

Таким чином, умова виконується, а отже рівняння регресії адекватно реальному процесу.

Після перевірки адекватності рівняння проводилась оцінка значущості коефіцієнтів регресії за допомогою t-критерію Стьюдента.

Коефіцієнт вважався значущим при виконанні нерівності

$$|b_i| \geq \Delta b_1 = t(0,05; r_2) \sqrt{\frac{D_{Y0}}{\sum_{U=1}^n x_i^2}} \quad (4.16)$$

де b_i - коефіцієнти рівняння регресії ПФЕ;

Δb_1 - довірча границя;

$t(0,05; r_2)$ - критерій Стьюдента при 5% - му рівні значущості та числі ступеней вільності дисперсії відтворюваності r_2 .

Критерій Стьюдента при 5% - му рівні значущості та числі ступенів вільності дисперсії відтворюваності $r_2 = 18$ згідно становить: $t(0,05; 18) = 2,10$. Для нашого випадку при дослідженні залежності $\kappa_{не} = f(f, A)$ розрахунок значущості коефіцієнтів регресії приведений в додатку В.

Отже, рівняння регресії прийме кінцевий вид

$$\kappa_{нв} = 2,44 - 0,55x_1 - 0,73x_2 - 0,4x_1x_2 + 0,18x_1^2 \quad (4.17)$$

Обробка експериментальних залежностей проводилась аналогічно, як при дослідженні залежності $\kappa_{нв} = f(f, A)$, за попередньо викладеною методикою.

За результатами розрахунків і отриманими рівняннями регресії будувались графічні залежності для наочного зображення результатів проведених експериментальних досліджень.

Графічні залежності втрат коренеплодів цукрових буряків $\kappa_{нв}$ від частоти f і амплітуди A : $\kappa_{нв} = f(f, A)$ представлені на рисунку 4.3.

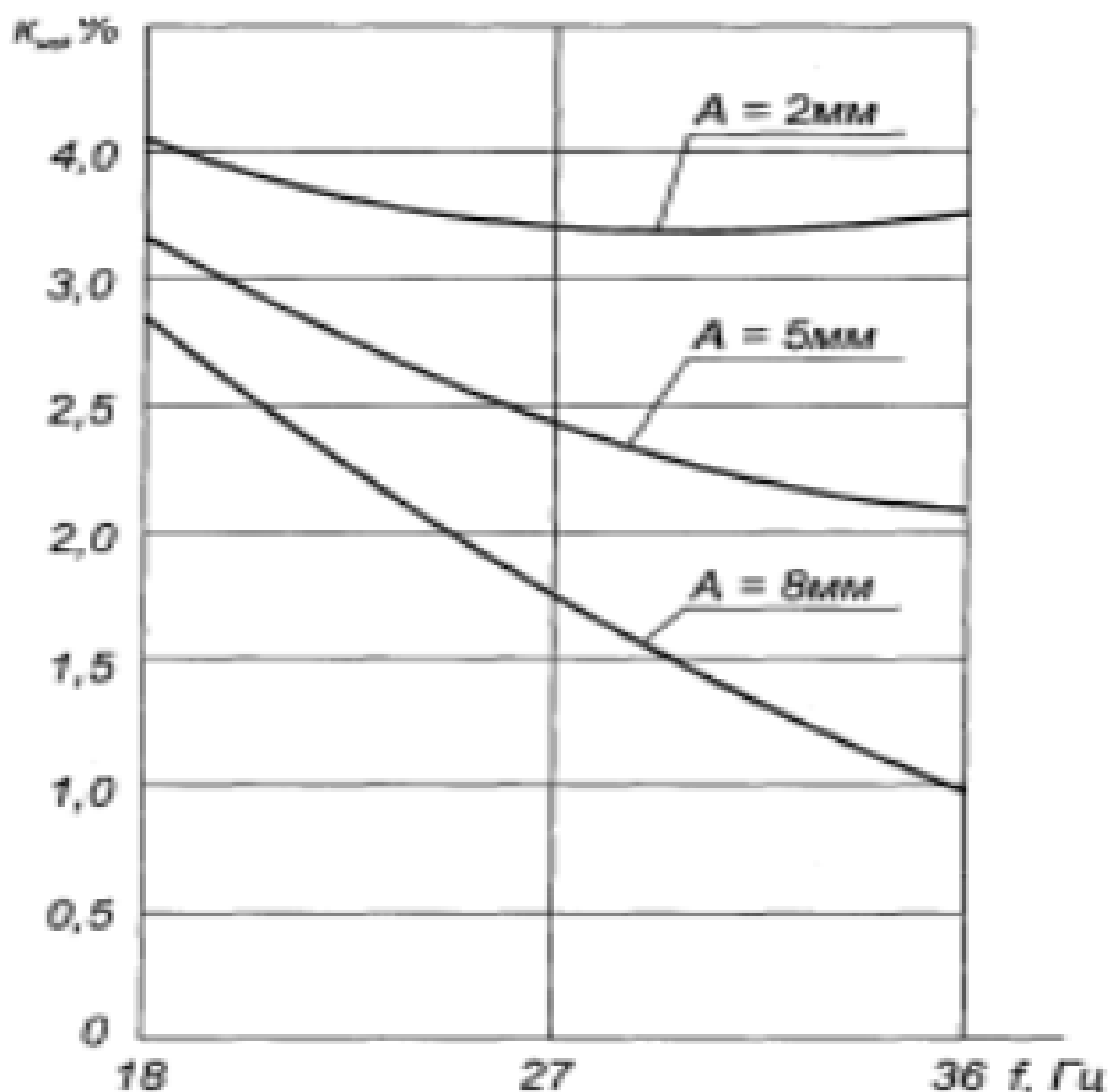


Рисунок 4.4 - Залежність втрат коренеплодів цукрових буряків $\kappa_{нв}$ від частоти коливань вимушеної сили f і амплітуди коливань лемішів A .

Аналіз залежностей втрат коренеплодів цукрових буряків $\kappa_{не}$ і забрудненості коренеплодів цукрових буряків f_3 від частоти коливань вимушеної сили f і амплітуди A показав, що із зменшенням амплітуди забрудненість коренеплодів різко зростає і при частоті $f_3 = 36$ Гц становить 58%. Із зменшенням частоти коливань вимушеної сили f до 18 Гц при мінімальному значенні амплітуди $A = 2$ мм забрудненість становить 30%. Втрати коренеплодів досягають найменшого значення $\kappa_{не} = 0,9\%$ при збільшенні значень амплітуди і частоти коливань вимушеної сили до максимальних значень діапазону варіювання.

Виходячи з результатів досліджень раціональними параметрами викопувального органу необхідно вважати частоту коливань вимушеної сили $f = 18$ Гц і амплітуду коливань лемішів $A = 8$ мм, при яких забрудненість викопаних коренеплодів $f_3 = 17\%$ а втрати коренеплодів становитимуть $\kappa_{не} = 0,9\%$, що повністю відповідає агротехнічним вимогам до бурякозбиральних машин.

Висновки до четвертого розділу

1. Для проведення лабораторно-польових досліджень використовувалася експериментальна установка на базі коренезбиральної машини МКП-4, яка складається із рами, на якій змонтований викопувальний модуль, трансмісія та пристрій для навішування модуля на енергетичний засіб

2. При обертанні вала профіль гвинтових сегментів копіює русло, яке утворюється лемішами. Завдяки такій конструкції коренеплоди підхоплюються валом, очищуються від землі і рослинних залишків та подаються на транспортуючі робочі органи.

3. З метою встановлення зв'язку між вологістю ґрунту та якісними показниками технологічного процесу копання коренеплодів - втратами ($k_{\text{нв}}$), забрудненості вороху (f_3) та пошкодженнями (k_n) були проведені лабораторно-польові дослідження робочих органів/

4. Результати отриманих досліджень показали, що взаємозв'язок між вологістю ґрунту і агротехнічними показниками якості копання коренеплодів цукрових буряків носить явно виражений нелінійний характер. Характер отриманих залежностей дозволяє встановити оптимальне значення вологості, при якій досягаються оптимальні показники якості копання цукрових буряків.

5. Дослідження роботи лемішно-коливальних робочих органів коренезбиральної машини проводились у відповідності експериментальних досліджень до представленої програми на лабораторно-польовій установці, де при постійній робочій швидкості коренезбиральної машини.

6. Розрахункові значення Y_{Pi} в кожному досліді, визначені за допомогою отриманого рівняння регресії.

7. Виходячи з результатів досліджень раціональними параметрами викопувального органу необхідно вважати частоту коливань вимушеної сили $f = 18$ Гц і амплітуду коливань лемішів $A = 8$ мм, при яких забрудненість викопаних коренеплодів $f_3 = 17\%$ а втрати коренеплодів становитимуть $k_{\text{нв}} = 0,9\%$, що повністю відповідає агротехнічним вимогам до бурякозбиральних машин.

РОЗДІЛ 5. РОЗРАХУНОК ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ БУРЯКОВИКОПУЮЧИХ РОБОЧИХ ОРГАНІВ

5. 1 Загальні відомості

Науково-технічний прогрес машинобудування у сучасних умовах характеризується частою зміною об'єктів виробництва і підвищенням їхнього технічного рівня і якості, збільшенням одиничної потужності і продуктивності машин, зниженням їхньої металоємності, використанням якісно нових матеріалів, інтенсифікацією технологічних процесів і режимів роботи устаткування, впровадженням принципово нових технологічних процесів та їхньою автоматизацією.

Моральне старіння машин і приладів найчастіше настає значно швидше їхнього фізичного старіння. Терміни стійкого масового чи серійного виробництва виробів скоротилися до дійсного часу з 10-15 до 3-5 років, а це вимагає підвищення технічного рівня і якості виробів, вдосконалювання методів організації і керування процесами виробництва, розвитку спеціалізації і кооперування при виготовленні як виробів основного виробництва, так і засобів оснащення виробничих процесів [45, 46, 47, 48].

Ці зміни викликають зміну характеру машинобудівного виробництва, перехід від розгляду окремо взятих процесів і явищ до комплексного їх розгляду у взаємозв'язку з іншими процесами і явищами.

Сучасний виробничий процес, успішний розвиток якого обумовлений комплексним рішенням задач на всіх рівнях керування, - це єдиний взаємозалежний комплекс технологічних процесів, устаткування і засобів вимірювання, що охоплює різноманітні сторони - від одержання заготовок до виходу готової продукції.

Технологічні процеси і засоби виробництва органічно зв'язані між собою. Зміна одних викликає зміну інших, тому перехід до таких систем пов'язаний зі створенням нової технології. Поширення набувають нові методи формоутворення, електрофізична й електрохімічна обробка металів; механічна обробка витісняється штампуванням, прокаткою, зварюванням та іншими методами.

Під час розробки і впровадження у виробництво нових виробів широко застосовують принципи уніфікації, методи автоматизованого проектування, проводять відпрацювання конструкцій виробів на технологічність і контрольні іспити досліджуваних зразків та їхніх елементів.

Всебічна оцінка переваг і недоліків виробів машинобудування, тобто техніко-економічний аналіз, вимагає активного і компетентного втручання розробників і технологів, що беруть участь у створенні і освоєнні нової продукції.

Для того, щоб продукція, що випускається відповідала рівню науково-технічного розвитку, була конкурентоздатною і задовольняла різностороннім вимогам споживачів, на всіх етапах циклу створення і освоєння нової техніки потрібне проведення комплексних аналітичних робіт.

5.2. Вихідні дані для розрахунку

Коренезбиральна машина МКП-6А працюватиме в умовах, які дозволить використовувати дану машину для збирання цукрових буряків, з відповідністю до агротехнічних вимог. Проектний механізм приводу викопувальних робочих органів дозволить зменшити травмування коренеплодів під час їх викопування, знизить енергетичні витрати та підвищить продуктивність роботи коренезбиральної машини.

Для розрахунку економічної ефективності задаємося вихідними даними (табл. 5.1)

Таблиця 5.1

Вихідні дані для розрахунку економічної ефективності

№ з/п	Показники	Позначення	Коренезбиральна машина	
			Базова	Проектна
1.	Марка коренезбиральної машини	-	МКП-6А	МКП-6
2.	Оптова ціна коренезбиральної машини, грн.	B_m	81700	84230
3.	Продуктивність, га/год.	$W_{год}$	3,9	4,5
4.	Нормативне завантаження: коренезбиральної машини, днів	$T_{гм}$	30	30

Загальні витрати розраховуємо за формулою

$$B = Z_{\Pi} + S_{\text{оп}} + G_{\text{м}}, \text{ грн/га} \quad (5.4)$$

- базова коренезбиральна машина

$$B = 44,74 + 207,39 + 492 = 744,13 \text{ грн/га}$$

- проєктна коренезбиральна машина

$$B = 38,77 + 185,30 + 450 = 674,07 \text{ грн/га}$$

5.3.4. Визначення питомих капіталовкладень

Капітальні вкладення розраховуємо з урахуванням нормативної завантаженості коренезбиральної машини за формулою

$$S_{\Pi} = \frac{1,1 \cdot B_{\text{зн}}}{T_{\text{ГМ}} \cdot W_{\text{ГОД}}}, \text{ грн/га} \quad (5.5)$$

Підставивши значення у формулу (5.5) отримуємо

- базова коренезбиральна машина

$$S_{\text{п.б.}} = \frac{1,1 \cdot 81\,700}{30 \cdot 3,9} = 768,11 \text{ грн/га}$$

- проєктна коренезбиральна машина

$$S_{\text{п.п.}} = \frac{1,1 \cdot 84\,230}{30 \cdot 4,5} = 686,31 \text{ грн/га}$$

5.3.4. Визначення річного економічного ефекту

Річний економічний ефект визначаємо за формулою

$$E_p = [(B_{\text{б}} + E_{\text{б}} \cdot S_{\text{п.б.}}) - (B_{\text{п}} + E_{\text{п}} \cdot S_{\text{п.п.}})] \cdot T_{\text{ГМ}} \cdot W_{\text{ГОД}}, \text{ грн/га} \quad (5.6.)$$

Підставивши значення у формулу (5.6) отримуємо

$$E_p = [(460,41 + 0,15 \cdot 768,11) - (414,57 + 0,15 \cdot 686,31)] \cdot 30 \cdot 4,5 = 7\,844,85 \text{ грн/га}$$

Висновки до п'ятого розділу

1. Науково-технічний прогрес машинобудування у сучасних умовах характеризується частою зміною об'єктів виробництва і підвищенням їхнього технічного рівня і якості, збільшенням одиничної потужності і продуктивності машин, зниженням їхньої металоємності, використанням якісно нових матеріалів, інтенсифікацією технологічних процесів і режимів роботи устаткування, впровадженням принципово нових технологічних процесів та їхньою автоматизацією.

2. Для того, щоб продукція, що випускається відповідала рівню науково-технічного розвитку, була конкурентоздатною і задовольняла різностороннім вимогам споживачів, на всіх етапах циклу створення і освоєння нової техніки потрібне проведення комплексних аналітичних робіт.

3. Під час розробки і впровадження у виробництво нових виробів широко застосовують принципи уніфікації, методи автоматизованого проектування, проводять відпрацювання конструкцій виробів на технологічність і контрольні іспити досліджуваних зразків та їхніх елементів. Всебічна оцінка переваг і недоліків виробів машинобудування, тобто техніко-економічний аналіз, вимагає активного і компетентного втручання розробників і технологів, що беруть участь у створенні і освоєнні нової продукції.

4. Техніко-економічний розрахунок встановлено, що річний економічний ефект становить майже вісім тисяч гривень на кожному гектарі.

5. Витрати на удосконалення коренезбиральної машини окупиться упродовж одного року її експлуатації, що засвідчує про доцільність впровадження проектного рішення.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ І ПРОПОЗИЦІЇ

Аналіз відомих досліджень технічних засобів для копання коренеплодів та їх конструктивно-кінематичних параметрів показав, що якість збирання цукрових буряків сучасними бурякозбиральними машинами залишається недостатньо високою, а самі бурякозбиральні машини з огляду на недосконалість їх викопувальних робочих органів є матеріаломісткими та енергомісткими. Викопувальні робочі органи бурякозбиральних машин, основними типами яких є лемішні, дискові та вилчасті копачі, за весь час їх застосування не зазнали вагомих конструктивних змін. Тому в даній кваліфікаційній роботі нами ставиться задача дослідити і обґрунтувати викопуючі робочі органи лемішного типу.

1. На основі розробленої математичної моделі динаміки руху коливальних викопувальних робочих органів бурякозбиральних машин з пружним шатуном встановлено вплив конструктивно-кінематичних параметрів (жорсткості шатуна, частоти вимушеної сили зовнішнього навантаження, геометричних параметрів лемішів) і технологічних чинників (швидкості руху машини, фізико-механічних властивостей системи "коренеплід-грунт") на амплітуду коливань лемішів, встановлено, що введення пружного елемента в конструкцію копача збільшує власну частоту коливань лемішів більше, ніж в два рази, що сприяє покращенню роботи бурякозбиральних машин.

2. Виведені рівняння й обчислені траєкторії руху вороху коренеплодів у міжлемішному просторі вібраційних копачів на основі моделювання напружено-деформованого стану системи "коренеплід-грунт" із врахуванням технологічних параметрів, котрі адекватно відтворюють реальний процес, підтверджуються експериментально та можуть бути використані для конструювання робочих органів такого типу.

3. На основі чисельного аналізу з використанням механіко-математичних моделей руху робочих органів і вороху цукрових буряків в міжлемішному просторі визначено раціональні конструктивні та кінематичні параметри розробленого лемішного коливального викопувального органу за основними показниками якості технологічного процесу викопування.

4. Встановлено, що їх значення для ґрунтів із твердістю від 2,2 до 3,1 МПа та швидкістю руху машини від 0,8 до 2,0 м/с знаходяться в таких межах: кутова амплітуда коливань робочих поверхонь - 0,08...0,09 рад; кут вібрації - 17,5°...27,5°; оптимальний кут нахилу лемішів до осьової лінії рядка - 15°...20°; кут нахилу лемішів до вертикальної площини - 20°...25°; частота коливань вимушеної сили лемішів для всіх розмірних груп коренеплодів - 10... 17 Гц; глибина ходу лемішів, під час якої досягається найбільша повнота витягування коренеплодів - 70... 100 мм.

5. Виходячи з результатів досліджень раціональними параметрами викопувального органу необхідно вважати частоту коливань вимушеної сили $f = 18$ Гц і амплітуду коливань лемішів $A = 8$ мм, при яких забрудненість викопаних коренеплодів $f_3 = 17\%$ а втрати коренеплодів становитимуть $k_{\text{вб}} = 0,9\%$, що повністю відповідає агротехнічним вимогам до бурякозбиральних машин.

6. За результатами експериментальних досліджень і польових випробувань досягнуті такі технологічні показники якості виконання технологічного процесу розробленим викопувальним органом: загальні втрати коренеплодів становлять 0,9%, забрудненість - 6,7% і пошкодження - 4,9%, що повністю відповідає агротехнічним вимогам бурякозбиральних машин.

7. Проведені порівняльні господарські випробування підтвердили перевагу лемішно-коливальних викопувальних органів перед серійними. Так, втрати коренеплодів зменшились на 0,5%, забрудненість - на 3,1%, а пошкодження - на 1,3%, а це засвідчує правильність прийнятих рішень щодо розкриття теми кваліфікаційної роботи.

8. Розроблений викопувальний орган із пружним елементом, що дозволяє регулювати величину вимушеної сили відповідно до ґрунтово-кліматичних умов збирання коренеплодів цукрових буряків (технічна новизна розробки підтверджена патентом України на винахід), є працездатним і перспективним в напрямку вдосконалення викопувальних робочих органів. Польові випробування експериментальних зразків показали, що прямі експлуатаційні затрати зменшились

на 4,7% порівняно з базовим варіантом, що в грошовому виразі забезпечить суттєву прибавку коштів товаровиробникам цукрових буряків.

9. Річний економічний ефект від впровадження запропонованого викопувального робочого органу на одній бурякозбиральній машині, розрахований на основі одержаних показників якості копання коренеплодів цукрових буряків становить 79 960 гривень, а враховуючи, що в бурякосіючих господарствах в експлуатації знаходиться три і більше бурякозбиральних машини, то можна отримати додатково прибуток в межах пів мільйона гривень.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Земельний кодекс України. Сільський час. П'ятниця, 16 листопада 2001 року, № 66 (268) - (м. Київ, 25 жовтня 2001 року. № 2768-III).
2. Про внесення змін в Земельний кодекс України: Закон України від 11 липня 2003 року № 1119 - IV // Голос України. 2003. 12 серпня.
3. Про внесення змін до Земельного кодексу України: Закон України від 6 жовтня 2004 року № 2059 - IX // Все про бухоблік. 2004. № 116. С. 11.
4. Дипломне проектування у вищих навчальних закладах Мінагрополітики України: Навчально-методичний посібник / За ред.. Т.Д. Іщенко, І.М. Бендери. Київ: Аграрна освіта, 2006. 256 с.
5. Методичні рекомендації до виконання та оформлення дипломної роботи для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти спеціальності «Агроінженерія»/ А. В. Рудь, В. І. Дуганець, Л. М. Михайлова, Ю. І. Панцир, П. П. Федірко, Ю. Ф. Павельчук. За ред. А. В. Рудя. Кам'янець-Подільський: ПДАТУ, 2019. 51 с.
6. Механізація, електрифікація та автоматизація сільськогосподарського виробництва: підруч. У 2 т: Т. 2 / А.В. Рудь, І.М. Бендера, Д.Г. Войтюк та ін.; за ред. А.В. Рудя. Київ: Агроосвіта, 2012. 434 с.
7. 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. Київ: Агроосвіта, 2012. 584 с.
8. Булгаков В.М., Козіброда Я.І., Закалов І.О. Коливальні викопувальні робочі органи бурякозбиральних машин з пружним шатуном // Вісник Харківського державного технічного університету сільського господарства / Механізація сільськогосподарського виробництва. 2010. Випуск 1. С.176-184.
9. Булгаков В.М., Лінник М.К., Гурченко О.П. Розрахунок основних параметрів технологічного процесу збирання буряків // Збірник наукових праць Національного аграрного університету. "Теорія і розрахунок сільськогосподарських машин". Том 6. Київ, 2017. С.49

10. Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку: Підручник / Д.Г. Войтюк, В.М. Барановський, В.М. Булгаков та ін., за ред. Д.Г. Войтюка. Київ: Вища освіта, 2005. 464 с.

11. Сільськогосподарські та меліоративні машини: Підручник / Д.Г. Войтюк, В.О. Дубровін, Т.Д. Іщенко та ін.; за ред. Д.Г. Войтюка. Київ: Вища освіта, 2004. 544 с.

12. Закалов І., Петрикович Ю. Експериментальні дослідження лемішно-коливального викопувального робочого органу // Матеріали п'ятнадцятої наукової конференції Тернопільського державного технічного університету імені Івана Пулюя. Тернопіль. 2011. С.89.

13. Основи механізації сільськогосподарського виробництва: Навч. Посібник. // І.І. Ріпка, Я.В. Семен, О.М. Крупич, І.М. Бендера, А.В. Рудь Львів: Львівський національний аграрний університет, 2013. 224 с

14. Калетнік Г.М Використання сучасних методів механіки для сільського господарства // Г.М. Калетнік, О.М Черниш, М.Г Березовий / Збірник наукових праць ВНАУ. Вінниця, 2011.Т1 (65). С.8-18.

15. Напрями вдосконалення бурякозбиральної техніки / Р.Б.Гевко, І.Г.Ткаченко, С.В.Синій, В.М.Булгаков, Р.М.Рогатинський, О.Б.Павелчак. Луцьк: Луцький державний технічний університет, 2007. 168 с.

16. Пастухов В. І. Особливості математичного моделювання функціонування МТА з врахуванням критеріїв часу, біопотенціалу, енергоресурсів і екологічної безпеки // Вісник ХДТУСТ, вип. 7 «Механізація сільськогосподарського виробництва». Харків, 2001. С. 341-347.

17. Шмат К. І. Методи і принципи проектування сільськогосподарських машин і агрегатів : навч. посіб. / К. І. Шмат, П. В. Сисолін, О. Є. Самарін [та ін.] ; Міністерство освіти і науки України, Херсон. держ. техн. унт. Херсон : Олдіплюс, 2004. 176 с.

18. Проектування сільськогосподарських машин. Навчальний посібник для виконання курсових проектів з розробки сільськогосподарської техніки при підготовці фахівців напряму 6.100202 „Процеси, машини та обладнання агропромислового аиробництва”. І.М. Бендера, А.В. Рудь, Я.В. Козій та ін. / За

редакцією І.М. Бендери, А.В. Рудя, Я.В. Козія. Кам'янець-Подільський: ФОП Сисин О.В., 2011. 640 с.

19. Експлуатація та ремонт сільськогосподарської техніки Автор Валерій Орлов, Александр Строков, Андрій Головчук Видавництво Грамота, 2009. 336 с.

20. Машина та обладнання в тваринництві: підручник / Іванишин В.В., Грушецький С.М., Рудь А.В. Кам'янець-Подільський: Подільський державний аграрно-технічний університет: ТОВ «Друкарня «Рута», 2021. 468 с.

21. Технічне обслуговування машин і обладнання: підручник / Іванишин В.В., Рудь А.В., Грушецький С.М. Кам'янець-Подільський: Заклад вищої освіти «Подільський державний університет», ТОВ «Друкарня «Рута», 2023. 360 с.

22. Експлуатація машин і обладнання: підруч. / Іванишин В.В., Лабазюк П.П., Рудь А.В., Грушецький С.М. Кам'янець-Подільський: Заклад вищої освіти «Подільський державний університет», ТОВ «Друкарня «Рута», 2024. 576 с.

23. Булигін С.Ю., Вітвіцький С.В., Буланій О.В., Тонха О.Л. Моніторинг якості ґрунтів . Підручник . Київ: Видавництво НУБіП України, 2019. 421с.

24. Оцінка якості ґрунтів: навчальний посібник / С.Г.Чорний. Миколаїв: МНАУ, 2018.233 с

25. Географія ґрунтів з основами ґрунтознавства: Навчально-методичний посібник/ О.В.Арїон, Т.Г.Купач, С.О.Дем'яненко . Київ, 2017. 226 с

26. Вакерич М.М., Кишко К.М., Гедзур Т.І., М.Ю. Глюдзик-Шемота Ґрунтознавство. Навчально-методичний посібник. Ужгород, 2022. 94 с.

27. Ґрунтознавство: навч. пос. / В. І. Аверченко, Н. М. Самойленко. Харків : Мачулін, 2018. 118 с.

28. Механіка ґрунтів, основи та фундаменти : підручник / Л. М. Шутенко, О. Г. Рудь, О. В. Кічаєва та ін. ; за ред. Л. М. Шутенка ; пер. з рос. ; Харків, нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2017. 563 с

29. Фізика ґрунтів. Лабораторний практикум / навчальний посібник / В. Г. Гаськевич., І. Я. Папіш, О. Г. Телегуз. Львів : ЛНУ імені Івана Франка, 2021. 170 с

30. Ґрунтознавство з основами геології та географія ґрунтів: Навч. посібник / Ф.П. Топольний ... [та ін.]^ Кіровоград : В.Ф. Лисенко, 2014. Ш 383 с.

31. Основи агрономії : навчальний посібник / Л.Ю. Забродоцька. Луцьк : Інформ.-вид. відділ Луцького НТУ, 2019. 360 с.
32. Медведев В.В., Булигін С.Ю., Вітвіцький С.В., Пліско І.В. Агрофізика ґрунту . Навчальний посібник . Київ: Видавництво, 2018. 272 с.
33. Землеробство. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт (змістовна частина 1 «Агрофізичні і фізико-механічні властивості ґрунту. Бур'яни та заходи боротьби з ними») - студентами 2-го курсу денної форми навчання агрономічного факультету з галузі знань 0901 - «Сільське господарство та лісівництво» напряму підготовки 6.090101 - «Агрономія» освітньо-кваліфікаційного рівня «Бакалавр», Заболотний Г.М. Дідур І.М. Пелех Л.В, Вінниця, 2017. 86 с.
34. Основи агрономії: навчальний посібник до практичних занять та самостійної роботи / Н. І. Хомик, Г. Б. Цьонь, Т. А. Довбуш, Н. А. Антончак. Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2021. 320 с
35. ҐРУНТИ Визначення щільності ґрунтів методом заміщення об'єму ДСТУ Б В. В.2.1 -21:2009, Київ Мінрегіонбуд України 2010. 12 с.
36. Механіка ґрунтів : консп. лекцій/ уклад.: В. В. Полевецький, Ю. Т. Собко. Чернівці : Чернівец. нац. ун-т ім. Ю. Федьковича. 2023. 56 с
37. Калетнік Г. М. Основи інженерних методів розрахунків на міцність і жорсткість [Текст] : підручник / Г. М. Калетнік, М. Г. Чаусов, В. М. Швайко [та ін.] ... Міністерство аграрної політики України , Вінниц. держ. аграр. ун-т; . Київ : Хай-Тек Прес, 2011. 616 с.
38. Цукрові буряки (вирощування, збирання, зберігання) / Шпаар Д., Драгер Д., Каленська С. та ін.; за ред. Д. Шпаара. Київ : ННЦ ІАЕ, 2005. 340 с
39. Дубчак В.М. Вища математика в прикладах та задачах. Навчальний посібник / В.М. Дубчак, В.М. Пришляк, Л.І. Новицька. Вінниця: ВНАУ, 2018. 254 с
40. Скобло Ю.С., Тіщенко Л.М., Цапко В.Г. Безпека життєдіяльності. Вінниця, Нова книга, 2000. 368 с.
41. Форнальчик Є. Ю. Охорона праці в сільському господарстві.: навчальний посібник. Суми / Є.Ю. Форнальчика: ВТД «Університетська книга», 2007. 456 с

42. Методичні рекомендації щодо підвищення вартості робочої сили в сільському господарстві та подолання міжгалузевої і міжрегіональної диференціації в оплаті праці / І.М. Демчук, Г.М. Адаменко, В.В. Петрик, В.П. Слупський, О.С. Філоненко. Київ: НДІ „Украгропромпродуктивність”, 2010. 32 с.

43. Довідник кваліфікаційних характеристик професій працівників. Випуск 2. „Сільське господарство та пов’язані з ним послуги” / В.В. Вітвіцький, І.М. Демчук, З.С. Жоган та ін. Київ: НДІ „Украгропромпродуктивність”, 2005. 256 с.

44. Довідник кваліфікаційних характеристик професій працівників. Вип. 1, Розділ 2. „Професії робітників, що є загальними для всіх видів економічної діяльності” / Л.М. Бережна, Н.А. Міщенко, Г.В. Овсеєнко та ін. Краматорськ: Центр продуктивності, 2005. 331 с.

45. Тарифікація механізованих та ручних робіт у сільському господарстві / В.В. Вітвіцький, З.М. Метельська, М.Ф. Кисляченко. Київ: НДІ „Украгропромпродуктивність”, 2009. 128 с.

46. Методичні положення та норми продуктивності і витрати палива на збиранні сільськогосподарських культур / В.С. Пивовар, Л.В. Куска, М.Ф. Кисляченко та ін. Київ: НДІ „Украгропромпродуктивність”, 2010. 264 с.

47. Методичні положення та норми виробітку на ручних роботах у рослинництві / І.М. Демчук, М.Ф. Кисляченко, І.В. Лобастов та ін. Київ: НДІ „Украгропромпродуктивність”, 2011. 672 с.

48. Глабай І.С. Дослідження впливу вологості ґрунту на якісні показники збирання цукрових буряків. Всеукраїнська науково-практична конференція «Перші наукові кроки – 2025. Заклад вищої освіти «Подільський державний університет» Кам’янець-Подільський», 2025.

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ВОЛОГОСТІ ҐРУНТУ НА ЯКІСНІ ПОКАЗНИКИ ЗБИРАННЯ ЦУКРОВИХ БУРЯКІВ

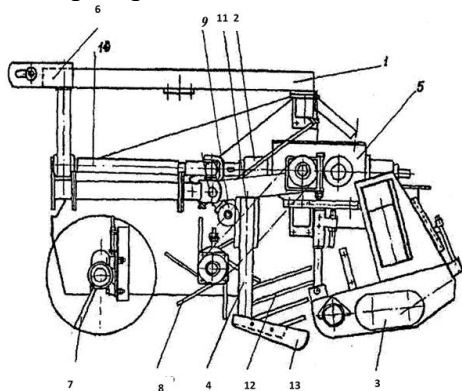
Глабай І.С., здобувач вищої освіти
освітнього ступеня «Магістр» спеціальності 208 «Агроінженерія»

Керівник: професор, Котов Б.І.

Для проведення лабораторно-польових досліджень використовувалася експериментальна установка на базі коренезбиральної машини МКП-4 (рис. 1), яка складається із рами 1, на якій змонтований викопувальний модуль 2, трансмісія 5 та пристрій 6 для навішування модуля на енергетичний засіб

З метою встановлення зв'язку між вологістю ґрунту та якісними показниками технологічного процесу копання коренеплодів - втратами, забрудненості вороху та пошкодженнями були проведені лабораторно-польові дослідження робочих органів, результати яких приведені в таблиці 1.

Таблиця 1 Якісні показники технологічного процесу копання коренеплодів цукрових буряків



Номер з/п	Вологість ґрунту, %	Втрати коренеплодів, %	Сильно пошкоджені, %
1	17,1	1,5	2,4
2	14,5	2,2	3,6
3	12,1	3,2	5,5
4	13,6	2,6	4,5
5	15,8	1,5	3,0
6	25,7	2,4	3,2
7	18,3	1,1	2,2
8	16,3	1,4	2,8
9	19,4	1,2	2,1
10	22,5	1,4	2,3
11	23,8	1,5	2,6
12	20,4	1,0	2,2

Рисунок 1 - Принципова схема лабораторно-польової установки:

1 - рама ; 2 - викопувальний пристрій; 3 - пристрій розмотування плівки; 4 - копач лемішний; 5 - трансмісія; 6 - пристрій для навішування; 7 - опорне колесо; 8 - бітер-подавач; 9 - важіль; 10 - привідний вал; 11 - стояк; 12 - прутки направляючі; 13 - леміші.

За експериментально отриманими значеннями побудовані емпірична і теоретична лінії регресії, що відображають взаємозв'язок між вологістю ґрунту і втратами коренеплодів.

Результати отриманих досліджень показали, що взаємозв'язок між вологістю ґрунту і агротехнічними показниками якості копання коренеплодів цукрових буряків носить явно виражений нелінійний характер. Характер отриманих залежностей дозволяє встановити оптимальне значення вологості, при якій досягаються оптимальні показники якості копання цукрових буряків.

Оптимальною вологістю збирання коренеплодів цукрових буряків необхідно вважати значення $W = 19\%$, при якій забрудненість коренеплодів цукрових буряків становить $f_3 = 4,2$, втрати коренеплодів $k_{нв} = 1,1$, а пошкодження коренеплодів $k_n = 2,2$.

Дослідження роботи лемішно-коливальних робочих органів коренезбиральної машини проводились у відповідності експериментальних досліджень до представленої програми на лабораторно-польовій установці. На основі аналізу попередніх досліджень діапазон варіювання значень частоти коливань вимушеної сили f приймався від 18 до 36 Гц, а амплітуда коливань вимушеної сили лемішів A - від 2 до 8 мм. Для отримання регресійної моделі у вигляді повного квадратичного полінома необхідно вибрати відповідний план експерименту.

В даний час існує ряд різновидностей таких планів, котрі відрізняються критеріями оптимізації регресійних експериментів. Широке практичне симетричні плани з декількома застосування знайшли різновидностями. Найбільш простими у практичному використанні є ортогональні та рототабельні центрально-композиційні плани. Різниця між ними полягає в тому, що перший план будується з врахуванням критерію ортогональності, котрий забезпечує незалежність визначення коефіцієнтів регресії, а інший - критерію рототабельності, котрий забезпечує однаковість дисперсії відгуку у всіх напрямках.

1. І.М. Бендера, А.В. Рудь, Я.В. Козій та ін. Проектування сільськогосподарських машин. Навчальний посібник для виконання курсових проектів з розробки сільськогосподарської техніки при підготовці фахівців напряму 6.100202 „Процеси, машини та обладнання агропромислового аиробництва”. І.М. Бендера, А.В. Рудь, Я.В. Козій та ін. / За редакцією І.М. Бендери, А.В. Рудя, Я.В. Козія. – Кам'янець-Подільський: ФОП Сисин О.В., 2011. – 640 с.