

Луцький національний технічний університет
(повне найменування вищого навчального закладу)
Факультет аграрних технологій та екології
(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))
Кафедра аграрної інженерії ім. проф. Г.А.Хайліса
(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до кваліфікаційної роботи

магістра

на тему: «Дослідження процесу сепарації бороху бульб картоплі з удосконаленням приводу коливної поверхні»

Виконав: студент 2 курсу, групи АІм-21 спеціальності 208 Агроінженерія за освітньо-професійною програмою «Агроінженерія»

Федорів Т.Г.

(прізвище та ініціали)

Керівник Хомич С.М.

(прізвище та ініціали)

Гарант ОП Сацюк В.В.

(прізвище та ініціали)

Рецензент Панасюк С.Г.

(прізвище та ініціали)

Луцьк 2023

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

	к-сть листів
1. Вихідні дані	1 лист
2. Теоретичні положення	1 лист
3. Апаратура та обладнання для експериментальних досліджень	1 лист
4. Результати експериментальних досліджень	1 лист
5. Принципова схема досліджуваної машини	1 лист
6. Складальне креслення розроблюваного чи удосконаленого вузла	1 лист
7. Схема удосконаленої технології	1 лист

6. Консультанти розділів проекту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Нормоконтроль	Юхимчук С.Ф., доцент		

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Огляд літератури за темою, формування завдань досліджень	15.06. – 01.07.2023 р.	
2	Обґрунтування конструкції і теоретичні дослідження	22.08 – 31.08.2023 р.	
3	Розробка схеми експериментальної установки чи досліджуваної машини	01.09 – 30.09.2023 р.	
4	Розробка програми і методики експериментальних досліджень	01.10 – 15.10.2023 р.	
5	Реалізація та обробка результатів експериментальних досліджень	01.10 – 15.10.2023 р.	
6	Експериментальні дослідження з використанням математичного методу планування	15.10 – 01.11.2023 р.	
7	Розробка креслення розроблюваного чи удосконаленого вузла	01.11 – 15.11.2023 р.	
8	Узагальнення результатів та оформлення пояснювальної записки	15.11 – 25.11.2023 р.	
9	Оформлення ілюстративного матеріалу для захисту магістерської роботи	15.11 – 25.11.2023 р.	
10	Нормоконтроль	до 09.12.2023 р.	
11	Представлення кваліфікаційної роботи на перевірку на плагіат	09.12.– 19.12.2023 р.	

Студент

(підпис)

Федорів Т.Г.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Хомич С.М.

(прізвище та ініціали)

Гарант ОПІ

(підпис)

Сацюк В.В.

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота магістра присвячена дослідженню сепарації бульб картоплі у картоплекопалці.

У роботі представлені дослідження і теоретичні розрахунки сепарації вороху бульб і експериментальні дослідження для визначення конструктивних та технологічних параметрів картоплекопалки.

Пояснювальна записка містить відомості про призначення та принцип роботи машин-аналогів. На основі відмінностей та удосконалень яких, запропоновано оновлену конструкцію картоплекопалки і представлено її опис. Представлені відомості про технологічний процес роботи машини та властивості технологічного матеріалу, що обробляється. Наведена функціональна схема машини та обґрунтований технологічний процес її роботи.

У роботі представлені методики досліджень та проведені дослідження по визначенню фізико-механічних властивостей бульб картоплі. Виконані дослідженні щодо моделювання процесу сепарації на прутковій поверхні та теоретичні обґрунтування математичного моделювання процесу сепарації.

Проведені експериментальні дослідження з використанням математичного методу планування експерименту та подані висновки.

Ключові слова: бульби, картопля, машина, сепарація, ворох, картоплекопалка, коливна пруткова поверхня, гребені, врожайність, підрізання, транспортування, тертя, кочення.

ABSTRACT

The master's thesis is devoted to the study of the separation of potato tubers in a potato digger.

The paper presents studies and theoretical calculations of the separation of a pile of tubers and experimental studies to determine the structural and technological parameters of a potato digger.

The explanatory note contains information about the purpose and principle of operation of analog machines. Based on the differences and improvements of which, an updated design of the potato digger is proposed and its description is presented. Information about the technological process of the machine and the properties of the processed material is presented. The functional scheme of the machine and the justified technological process of its operation are presented.

The work presents research methods and carried out research on determining the physical and mechanical properties of potato tubers. Conducted research on the modeling of the separation process on the rod surface and theoretical justifications of the mathematical modeling of the separation process

Experimental studies were conducted using the mathematical method of experiment planning and conclusions were presented.

Key words: tubers, potatoes, machine, separation, pile, potato digger, oscillating rod surface, combs, yield, cutting, transportation, friction, rolling.

ЗМІСТ

АНОТАЦІЯ.....	
ЗМІСТ.....	
ВСТУП.....	
ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ ЗА ТЕМОЮ, ФОРМУВАННЯ ЗАВДАНЬ ДОСЛІДЖЕНЬ	
1.1 Характеристики оброблюваного матеріалу та технологічного процесу.....	
1.1.1 Властивості оброблюваного матеріалу.....	
1.1.2 Характеристики технологічного процесу роботи однорядної картоплекопалки.....	
1.2 Аналіз існуючих конструкцій машин та робочих органів, що вдосконалюються.....	
1.3 Огляд теоретичних досліджень.....	
1.4 Обґрунтування вихідних даних.....	
1.5 Висновки до розділу 1 і задачі досліджень.....	
ОБґРУНТУВАННЯ КОНСТРУКЦІЇ І ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	
2.1 Обґрунтування функціональної схеми.....	
2.2 Обґрунтування кінематичної схеми.....	
2.3 Обґрунтування принципової схеми.....	
2.4 Розробка конструкції складальних одиниць і деталей однорядної картоплекопалки.....	
2.5 Обґрунтування процесу переміщення волоху бульб на прутковій коливній поверхні.....	
2.6 Проектний розрахунок шліцьового з'єднання.....	
2.7 Висновки до розділу 2.....	

3 НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ РОЗДІЛ.....	
3.1 Вибір напрямку дослідження.....	
3.2 Дослідження коефіцієнтів тертя кочення та ковзання бульб картоплі...	
3.3 Методика визначення засміченості вороху бульб картоплі.....	
3.4 Результати дослідження визначення засміченості вороху бульб.....	
3.5. Методика досліджень режимних параметрів картоплекопалки	
3.6. Результати дослідження сепарування вороху бульб.....	
3.7. Висновки до розділу 3.....	
4 РЕКОМЕНДАЦІЇ З ЕКСПЛУАТАЦІЇ МАШИНИ.....	
4.1 Організація робіт із застосуванням машини.....	
4.2 Характеристики робочих органів картоплезбиральної машини.....	
4.3 Заходи по підготовці машин до роботи	
3.4 Агротехнічні вимоги до збирання картоплі.....	
3.5 Правила експлуатації і регулювання.....	
3.6 Технічне обслуговування машини.....	
4.7 Підготовка поля до роботи.....	
4.8 Висновки до розділу 4.....	
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ.....	
ДОДАТКИ.....	

ВСТУП

В Україні картопля є однією з основних продовольчих культур. Її вирощують в усіх ґрунтово-кліматичних зонах. Щорічне виробництво картоплі в останні роки становить 20-23 млн. т.

За валовим виробництвом картоплі Україна входить у п'ятірку країн світу. Натомість її урожайність залишається ще досить низькою – 16,6 т/га (2016 р.), незважаючи на значний потенціал сортів (до 320-330 т/га).

Важливою умовою одержання високих урожаїв картоплі є використання високопродуктивного насінневого матеріалу сортів, адаптованих до зовнішніх умов певної ґрунтово-кліматичної зони, що за всіх інших рівнозначних умов та заходів, забезпечує приріст урожаю до 25%, а за використання нових сортів від 20 до 40% [1-5].

Водночас важливим у галузі картоплярства є значне сортове різноманіття. Зокрема тільки до Державного реєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні станом на квітень 2017 р. занесено 160 сортів картоплі. Саме ці сорти, згідно існуючого законодавства, є об'єктом насінництва [6].

Тобто, одним із актуальних завдань реалізації потенційної спроможності сорту, є визначення його адаптивної здатності та вихід насінневих бульб за вирощування в певних ґрунтово-кліматичних умовах з метою подальшого включення їх в насінницький процес.

Використання у виробництві насінневого матеріалу високих категорій досліджуваних сортів дозволить значною мірою реалізувати генетичний потенціал і стабілізувати врожайність картоплі та вихід насінневих бульб. Поряд з цим, необхідно визначитися з критеріями, які б дозволили виявити сорти з високим потенціалом адаптивної здатності за якісними та кількісними ознаками дослідження критеріїв для виявлення зазначених ознак та включення даних сортів в насінницький процес. Дані дослідження актуальні

для галузі картоплярства, як в науковому так і виробничому плані, що й зумовило актуальність та тему дисертаційної роботи.

Зважаючи на зазначене та зміну кліматичних умов щодо зони Полісся дослідження було спрямовано на вивчення сортів з підвищеною адаптивною здатністю в мінливих умовах років за врожайністю, виходом насінневих бульб, ураженістю, грибними і бактеріальними хворобами рослин та бульб. До цього відносяться і науково обґрунтовані процеси вирощування, а також збирання плодів картоплі.

При збиранні врожаю бульб слід дотримуватись унеможливлення пошкоджень особливо це стосується насінневого матеріалу високих категорій, який потрібно зберігати на протязі зимового періоду.

Актуальність теми. В Україні картоплю вирощують переважно у фермерських і особистих селянських господарствах, де врожайність в середньому становить 13 т/га. Одним із важливих резервів збільшення продуктивності картоплярства є розробка планомірних заходів захисту культури проти хвороботворних організмів, шкідливість яких може сягати 30–50 %.

Картоплю уражує понад 50 різних шкідливих організмів грибної, бактеріальної, вірусної, фітогельмінтозної та змішаної таксономії, які викликають зниження продуктивності і погіршення якості, що призводить до значних втрат бульб картоплі у процесі зберігання врожаю [12].

Однією із важливих проблем щодо отримання високих стабільних врожаїв картоплі є своєчасне копання бульб у визначені агротехнічні терміни [26, 40, 42]. Великих втрат виробництву картоплі завдають пошкодження під час копання та механічні втрати.

Тому створення картоплекопалок для ведення власного господарства з унеможливленням наведених недоліків є актуальним і своєчасним, в порівнянні з вітчизняними аналогами.

Наукове та практичне значення. На базі теоретичних і експериментальних досліджень розроблено і виготовлено експериментальний

зразок се паруючої пруткової поверхні однорядної картоплекопалки. Розроблено методику і відповідне обладнання для дослідження процесу сепарації машини. Дане обладнання використовується у навчальному процесі Луцького НТУ.

Матеріали дослідження опубліковані у збірниках наукових праць Студентської науково-технічної конференції «Сучасні технології у агровиробництві та природокористуванні» Луцьк: ФАТЕ, ЛНТУ

Об'єкт дослідження – процес сепарації вороху бульб картоплі з використанням коливної пруткової поверхні.

Предмет дослідження – встановлення взаємозв'язку між параметрами коливної пруткової поверхні та ефективністю її роботи у складі однорядної картоплекопалки і дослідження фізико-механічних властивостей вороху бульб.

Мета роботи і завдання дослідження. Мета дослідження – підвищення ефективності сепарації вороху бульб картоплі та унеможливлення їх пошкодження шляхом застосування коливної пруткової поверхні.

Для досягнення вказаної мети необхідно було вирішити наступні завдання:

– провести аналіз відомих технологічних процесів викопування бульб та на цій основі розробити теоретичні передумови проектування нових картоплекопалок з урахуванням недоліків існуючих;

– обґрунтувати конструктивну схему та технологічний процес роботи однорядної картоплекопалки з коливним механізмом та прутковою сепаруючою поверхнею;

– розробити математичну модель процесу розподілу вороху бульб на окремі фракції;

– розробити відповідне оснащення для дослідження процесу викопування бульб картоплі і сепарації вороху;

– дослідити вплив коливної пруткової поверхні на пошкодження бульб;

– провести експериментальні дослідження та техніко-економічну оцінку

ефективність використання розробленої однорядної картоплекопалки.

Методи та способи дослідження. Теоретичні дослідження проведені із застосуванням положень механіко-математичного моделювання, методів диференціального числення. Експериментальні дослідження проводились з використанням галузевих і розроблених методик на стандартному та виготовленому обладнанні і приладах, Проведені дослідження з використанням методик планування багатофакторного експерименту. Аналіз математичних моделей та обробка експериментальних даних здійснювалась за допомогою прикладних програм на ПК.

Новизна дослідження полягає в тому, що:

- набули подальшого розвитку дослідження низки фізико-механічних властивостей бульб картоплі, які впливають на процес сепарації вороху;
- вперше розроблена математична модель процесу розподілу вороху бульб на окремі фракції;
- вперше проведені експериментальні дослідження та визначена техніко-економічна оцінка ефективності використання розробленої однорядної картоплекопалки.

Структура роботи. Кваліфікаційна робота магістра складається із вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків.

1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ ЗА ТЕМОЮ, ФОРМУВАННЯ ЗАВДАНЬ ДОСЛІДЖЕНЬ

1.1 Характеристики оброблюваного матеріалу та технологічного процесу

1.1.1 Властивості оброблюваного матеріалу

Картопля – рослина помірного клімату, забезпечує максимальні прирости врожаю при середньодобовій температурі 17 - 18°C. Як низькі, так і високі температури шкідливо впливають на ріст і розвиток картоплі.

В Україні районовано близько 70 сортів картоплі. Середня врожайність картоплі в Україні у сприятливі роки 125 -130 ц/га. Досвід кращих господарств показує, що її урожайність в основних районах вирощування може бути в 2 - 3 рази вищою. У вегетації картоплі виділяють три періоди: від сходів до початку цвітіння; від початку цвітіння до закінчення росту бадилля; від закінчення росту бадилля до його в'янення. Зберігають картоплю у спеціалізованих, типових картоплесховищах та кагатах.

Бульби картоплі являються одним з головних продуктів харчування людей у звареному вигляді, вони містять дуже багато корисних вітамінів та клітковини, які швидко засвоюються організмом та приносять йому поживну користь.

Також бульби широко використовуються для годівлі тварин у сирому й запареному вигляді. Мають певне значення силос із зеленого бадилля (картоплиння) та відходи промислової переробки бульб – барда, жмаки та ін. За поживністю 100 кг сирих бульб оцінюються 29,5 корм. од., силосу – 8,5, сушених жмаків – 52 корм. од.

При вирощуванні картоплі на корм вихід кормових одиниць з 1 га може перевищувати 5 – 6 тис.

Картопля є цінною сировиною для виробництва спирту, крохмалю, глюкози, декстрину й іншої важливої продукції для господарства.

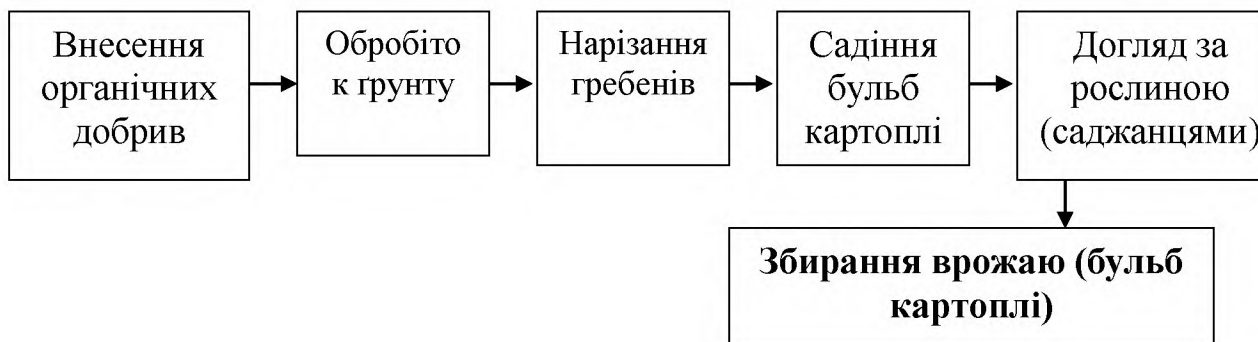
Картопля як просапна культура має агротехнічне значення: є добрим попередником для ярих культур, а ранні сорти – і для озимих.

1.1.2 Характеристики технологічного процесу роботи однорядної картоплекопалки

Машина (картоплекопалка, картоплекопач, копач, копалка тощо) призначена для збирання картоплі на всіх видах ґрунтів при гребеневій посадці з шириною міжряддя 60см.

Відомості про технологічні процеси, в яких приймає участь машина є основою даних для визначення пропускнуої здатності, продуктивності машини, в залежності від режиму руху картоплекопача. Оскільки картоплекопач призначений для ведення власного присадибного господарства наведемо технологічний процес який потрібно використовувати, завжди, але у підприємницьких цілях на великих ділянках землі.

Технологія вирощування картоплі включає такі процеси:



Внесення органічних добрив. На місці завантаження машина МТО-6 наповнюється добривами масою до 6 тон і слідує до місця їх внесення в ґрунт. Під час механізованого завантаження змерзлі шматки не повинні бути розміром більше 15 см.

На полі тракторист встановлює необхідну дозу внесення добрив і, ввімкнувши ВВП, в русі проводить їх внесення.

Тракторист з кабіни візуально повинен періодично контролювати роботу машини. Якщо потоку маси немає, значить, не працює розкидач або транспортер. Після вивантаження цикл повторюється.

Обробіток ґрунту. Оранку на глибину 22-25 см виконують після лушення агрегатами, що складається з плугів ПЛН-4-35, ПЛН-5-35, ПТК-9-35, а на торфяно-болотних ґрунтах ПКБ-75, ПБН-75, і тракторів К-700, Т-150, Т-74 та ін. Боронування або культивуацію проводять ранньою весною, щоб зберегти зимові запаси вологи. Широкого застосування набув фрезерний обробіток, що дозволяє більш якісно розпушувати ґрунт. Використовують фрези ФБН-1,5, ФБН-2, фрезерний культиватор КГФ-2,8 та ін. В останні роки широко використовують попереднє нарізання гребенів. Цю операцію виконують за 3-4 дні до садіння картоплі при допомозі культиваторів КРН-4,25, КОН-2,8 ПМ з обгортанням.

Садіння картоплі. Для садіння картоплі використовують начіпні чотирьохрядні картоплесаджалки СН-4Б, а також картоплесаджальні машини СКС-4 і СКМ-6. Останні агрегуються з тракторами Т-74, ДТ-75, Т-150.

Догляд за саджанцями. Догляд включає знищення бур'янів і забезпечення пухкого шару ґрунту на вершині гребенів і в міжряддях. До появи сходів посіви обробляються культиваторами-обгортачами з одночасним боронуванням. Перший обробіток такими агрегатами проводять через 5-7 днів після садіння на глибину 14-16см. Друге боронування з одночасним обгортанням і розпушуванням ґрунту в міжряддях проводять через 6-8 днів після першого обробітку на глибину 10-12 см. Третій обробіток на глибину 6-8 см виконують вже по сходам при висоті рослин 5-6см без боронування. Культиватори агрегуються з тракторами типу "Беларусь."

Збирання врожаю. Збирання картоплі починається з підготовки ділянок: розбивають поле на загінки, визначають напрям руху агрегатів, відбивають поворотні смуги і збирають з них врожай. Для цього можна використовувати і розроблювану в проекті машину. Копач повинен виконувати такі процеси. Під час роботи машини, леміш підкопує один рядки картоплі, частково руйнуючи

бульбовий шар, подає масу на швидкісний прутковий вібротранспортер, який закінчує руйнування бульбового шару, і подає ворох на боковий прутковий вібротранспортер з подальшим відділення бульб від ґрунту і маленьких домішок.

З бокового пруткового вібротранспортера бульби скидаються на поверхню поля у вал між рядки. Картопля з поверхні поля збирається людиною та сортується для збереження.

При технологічній схемі збирання, що передбачає попереднє скошування бадилля для полегшення роботи картоплекопача

На великих ділянках 0,3...0,5га спеціальна бадилезбиральна машина повинна збирати врожай бадилля в бункер і вивантажувати його в транспортні засоби, або скидати в кінці гону в кагат.

Також можливий варіант розкидання подрібненого бадилля по полю.

При збиранні бадилля не допускається м'яття рядків картоплі робочими органами пристрою, руйнування бульбових гнізд, виривання і викидання бульб на поверхню поля, або їх пошкодження.

Картоплекопач повинен викопувати бульби при глибині їх залягання до 22см., ширині бульбових гнізд до 40см. Також картоплекопач повинен викопувати не менше 99% врожаю бульб. При визначенні втрат картоплі, бульби масою до 20г. не враховуються.

При роботі машини допускається пошкодження бульб не більше 3% по їх масі. До пошкоджених відносяться бульби: роздавлені, розрізані і надрізані, з тріщинами довжиною по хорді 20см., з виривами і потемніннями м'якоті від ударів глибиною більше 5мм і зідраною шкіркою більше ніж з 1/4 поверхні бульби.

Копач повинен агрегатуватися з малогабаритною технікою, а саме тракторами класу тяги 0,4...0,9кН – це Т-25, Т-30, Агромаш-30ТК (ВТЗ-2032), ВТЗ-45АТ, Т-40 (трактор), ЛТЗ-55/А/АН, ТТЗ-80.10 и Т-28Х4М з потужністю двигунів 12-50к.с. та системою ВВП.

Підйом і заглиблення леміша картоплекопача повинно здійснюватись від гідросистеми трактора (навіски) як при русі агрегату, так і при його зупинці.

Підкопуючий орган повинен бути добре пристосований до мікрорельєфу поля і повинні забезпечувати рівномірну глибину руху при різних заглибленнях. Відхилення глибини руху лемешів від встановленого значення допускається не більше ± 2 см.

Робочі органи картоплекопача повинні мати запобіжні пристосування, які запобігають їх поломці при попаданні каміння і інших сторонніх предметів.

Продуктивність однорядного копача повинна бути не менше 0,05 га/год змінного часу.

Термін служби картоплекопача повинен бути не менше 7 років. Без заміни деталей, що швидко спрацьовуються, картоплекопач повинен зібрати урожай без полумок не менше 100 га.

Показники надійності і довговічності однорядного тракторного картоплекопача сформовані в табл. 1.

Таблиця 1 – Показники надійності і довговічності картоплекопача

	Найменування	Показник
	Коефіцієнт готовності	0,95
	Коефіцієнт надійності технологічного процесу	0,97
	Коефіцієнт технічного використання	0,9
	Коефіцієнт використання експлуатаційного часу	0,7

Машина повинна відповідати “єдиним вимогам до конструкції тракторів і сільськогосподарських машин по безпеці і гігієні праці”.

Робочі органи копалки, що проектується взаємодіють з ґрунтом. Ґрунт складається з твердих частинок, ґрунтової води, ґрунтового повітря, рослинних решток і живих організмів.

При розробці таких сільськогосподарських машин необхідно враховувати механічний склад, пористість, вологість, значення коефіцієнта тертя, липкості і опору зсуву ґрунту, а для машини що розробляється в цій роботі, особливо

важливо вивчити абразивні властивості, каменястість, а також питомий опір при обробці.

Вологість ґрунту значним чином впливатиме на роботу нашої машини. Зміна вологи по різному впливає на властивості різних ґрунтів.

Сухий пісок не характеризується зв'язаністю і являє собою сипке тіло. При вологості, яка близька до капілярної вологості, він має найбільшу зв'язність, яка обумовлена дією капілярних сил. У перезволоженому стані пісок, особливо дрібний, втрачає зв'язність.

У безструктурних глинистих ґрунтів із зменшенням вологості, зв'язність завжди зростає. Вологість ґрунту істотно впливає як на витрату енергії при обробці ґрунту, так і на якість роботи, що виконується. Найбільш сприятливі умови для роботи знарядь, якщо ґрунт знаходиться у стані "стигlosti", тобто при його відносній вологості 50...70%.

На подолання сил тертя, які виникають на поверхні робочих органів машини, а це розкопувальні лемеші витрачається значна частина потужності трактора. Величина коефіцієнта тертя залежить від механічного складу, шорсткості робочої поверхні матеріалу, який використовується для виготовлення робочого органа, а також від питомого тиску на поверхні контакту і швидкості ковзання ґрунту.

Найбільше значення коефіцієнта тертя при ковзанні сталюї пластини по поверхні піщаного ґрунту, яка має зв'язність, спостерігається при малій вологості. Питомий опір ґрунту при обробці в значній мірі залежить від його механічного складу. Найбільшого значення питомий опір набуває при сильному пересиханні ґрунту, коли у ньому міститься лише гігроскопічна вода. Із збільшенням вологості ґрунту і появою в ньому капілярної води, питомий опір зменшується, оскільки при цьому знижується зв'язність і твердість ґрунту. При середній вологості (фізичної стигlosti) ґрунт має мінімальний опір, добре кришиться. При поступовому збільшенні вологості ґрунту виникає прилипання до поверхні робочого органу і тому питомий опір зростає.

1.2 Аналіз існуючих конструкцій машин та робочих органів, що вдосконалюються

Питання механізації процесів збирання картоплі розглядалися у багатьох наукових працях [3-11]. У [3-7] висвітлюються процеси функціонування картоплезбиральних машин, обґрунтовуються параметри конструкції та роботи картоплезбиральної техніки і окремих робочих органів. У [8-9] розглянуто конструкційні особливості картоплезбиральних комбайнів та картоплекопачів-навантажувачів. В [10] проаналізовано показники якості виконання технологічного процесу, проведено розрахунок експлуатаційно-технологічних показників та визначено ефективність застосування картоплезбиральних машин на різних площах посадок картоплі.

У публікації [11] висвітлено ефективність різних способів і технологій збирання картоплі. Технології та машини для збирання картоплі впроваджуються у сільське господарство багатьма світовими фірмами-виробниками техніки для збирання коренебульбоплодів, серед яких відомі Grimme, AVR, WMKartoffeltechnik (Німеччина), DeWulf» (Бельгія), IMAC (Італія), Juko (Фінляндія), Agrifac, Ploeger (Нідерланди), Lockwood (США), Unia (Польща), Kverneland (Норвегія) та ін.

Машиною-аналогом для даної розробки є картоплекопач КСТ-1.4А (рис 1.1.).

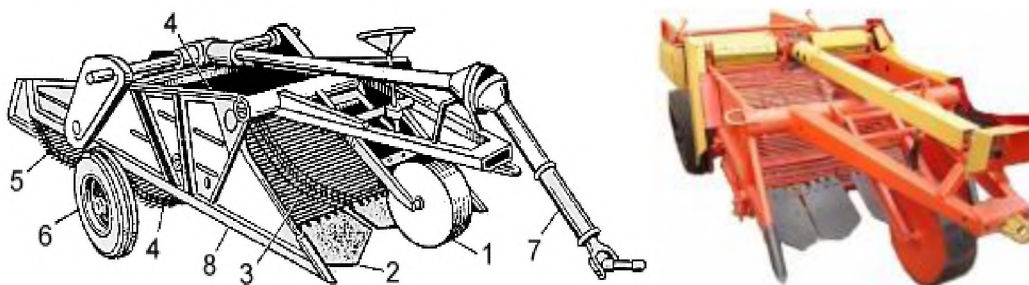


Рисунок 1.1 – Картоплекопач КСТ-1.4А. 1 – польове колесо; 2 – леміш; 3,4,5 – елеватори очистки; 6 – опорні колеса; 7 – карданний вал.

Призначений для викопування картоплі на тяжких і середніх ґрунтах, часткового відділення бульб від домішок і вкладання їх на поверхні поля

суцільною вузькою стрічкою для наступного збирання вручну. Може використовуватись при збиранні на торфовиськах. Картоплекопач обслуговується однією людиною-трактористом. Конструкція картоплекопача забезпечує продуктивність в межах 0,25...0,5 га/год.

В картоплярських господарствах застосовуються однорядкові та дворядкові картоплекопалки виробництва вітчизняних та зарубіжних підприємств: КМ-2 (ВАТ “Завод Львівсільмаш”) (рис. 1.2); КМГ-1 (ПП “Корунд”) (рис. 1.3), ККН-0,7 (ВАТ “Ковельсільмаш”), КН-1 (ПП Бартошук А.Г) (рис. 1.4), Z-641 (КРМР, Польща), Z-632, (АКРІЛ, Польща), ККН-1,4, Z609/02 (“ROLMET”, Польща), GVR 1700 і 1500 (Grimme, Німеччина) тощо.

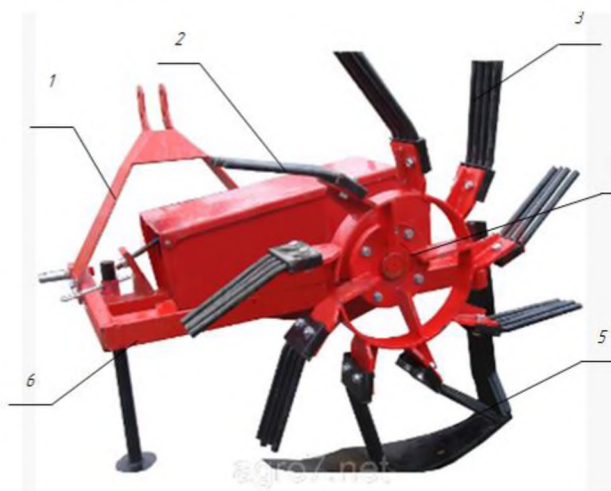


Рисунок 1.2 – Картоплекопалка моноблочна лопатева КМ-2



Рисунок 1.3 – Картоплекопач КМГ-1 для агрегування з мототракторами



Рисунок 1.4 – Картоплекопач КН-1, з прутковим транспортером і приводом від опорного колеса

Та для ведення домашнього господарювання і полегшення ручної праці практикуються використовувати використання однорядних мала габаритних картоплекопалок. Під час застосування таких машин механізована тільки операція викопування бульб, а підбирання і завантаження їх в кузов транспортних засобів виконується вручну, що вимагає значних затрат праці.

Українські виробники техніки виготовляють, прості за конструкцією однорядкові картоплекопалки. Продуктивність за годину змінного часу – від 0,12 га/год до 0,18 га/год.

Для того, щоб картоплесаджалка працювала з такою продуктивністю, необхідно залучити ще фізичну працю людей, які підбирають картоплю.

1.3 Огляд теоретичних досліджень

Дослідженням процесів та розробкою конструкцій картопле копальних машин присвятили свої праці наступні дослідники: П.М. Василенко, Л.В. Погорілий, Б.П. Шабельник, Г.А. Хайліс, І.І. Ревенко, Б.М. Гевко, В.М. Рогатинський, Р.Б. Гевко, Б.Ф. Пасаман та інші. В більшості вони займались обґрунтуваннями параметрів машин та дослідженням взаємодії коренебульбоплодів з робочими органами.

Тому огляд теоретичних досліджень з даного питання проведемо на основі розробленої методики визначення дальності польоту складових бульбо-вороху роторною картоплекопалкою та енергетичних витрат на подолання опору машиною при копанні бульб.

Початкову швидкість v_0 можна визначити виходячи з емпіричної залежності:

$$v_0 = w r , \quad (1.1)$$

де w – кутова швидкість роторного робочого органа, с-1;

r – радіус ротора, м.

Рекомендована кількість обертів роторного робочого органа в залежно від умов роботи картоплекопача [1] становить $n = 70 \dots 110$ об/хв.

На основі розрахунків було встановлено, що передня стінка бункера картоплекопача повинна знаходитись від осі ротора на відстані, яка не перевищує 0,93 м, а довжина бункера має бути не меншою як 0,54 м.

Бункер картоплекопача у процесі роботи перебуває під дією наступних сил:

- сила власної ваги;
- додаткові навантаження;
- нерівномірність завантаження.

Бункер, який розробляється, відноситься до бункерів малої висоти, для яких тиск на стінки визначається за формулою:

$$P = k_c \gamma H , \quad (1.2)$$

де k_c – коефіцієнт, який характеризує стійкість вантажу;

γ – об'ємна вага, Н/м³;

H – висота вантажу.

Коефіцієнт k_c визначаємо за формулою:

$$k_c = 1 - \sin \varphi / 1 - \cos \varphi \quad (1.3)$$

де φ – кут природного відкосу бульб.

Швидкість вивантаження картоплі з бункера залежить від площі вихідного отвору.

Площа вихідного отвору становить:

$$F = \Delta h b, \quad (1.4)$$

де b – ширина бункера; Δh – висота бульб розміщених в бункері.

Виходячи з того, що:

$$P \Delta h = m v_0^2 / 2, \quad (1.5)$$

і підставляючи загальне значення маси бульб розміщених в бункері отримаємо:

$$m = \gamma \Delta h F, \quad (1.6)$$

Замінюючи співвідношення тиску на стінки та площі вихідного отвору на (напруження у поперечному січенні висоти бульб в бункері), одержуємо формулу для визначення швидкості вивантаження:

$$v = v_0 \lambda, \quad (1.7)$$

де λ – коефіцієнт виходу загальної маси бульб з повного отвору площею F (коефіцієнт витікання), який враховує вплив сил внутрішнього тертя, тертя по стінкам отвору (для картоплі становить $\lambda = 0,55 \dots 0,66$, приймаємо $\lambda = 0,6$).

Значення тиску бульб на стінки бункера σ визначаємо за формулою:

$$\sigma = x g \gamma R_m, \quad (1.8)$$

де x – коефіцієнт, який залежить від виду матеріалу ($x = 1,6$).

Підставляючи σ у формулу для визначення швидкості вивантаження:

$$v = x \sqrt{3,2 g R_m} = 5,62 \lambda \sqrt{R_m}, \quad (1.9)$$

де R_m – відношення площі вихідного отвору до його периметру.

Величину R_m визначаємо за формулою:

$$R_m = 0,5 a b / (a + b), \quad (1.10)$$

де a, b – розміри сторін вихідного отвору бункера, м.

На основі проведених розрахунків було встановлено, що швидкість вивантаження для бункера розробленого роторного картоплекопача укладача має становити $v = 1,05$ м/с.

Згідно [4] при кидку картоплини необхідно, щоб картоплина падала на дно бункера під кутом, який є не меншим, ніж 15° , щоб забезпечити не ушкодження бульб.

Розрахунками встановлено, що за кутової швидкості роторного робочого органу $\omega_1 = 7,3 \text{ с}^{-1}$, дальність польоту становить $l = 0,93 \text{ м}$ і відповідно кут падіння $\alpha = 28^\circ$. При кутовій швидкості роторного робочого органу $\omega_2 = 11,5 \text{ с}^{-1}$, дальність польоту становить $l = 1,47 \text{ м}$ і відповідно кут падіння $\alpha = 28^\circ$.

Отже, при роботі роторного картоплекопача картопля не буде пошкоджуватись при падінні на дно бункера.

1.4 Обґрунтування вихідних даних

Картоплекопач призначений для збирання картоплі на всіх видах ґрунтів при гребеневій і напівгребеневій посадках з міжряддям 60 см., повного відділення бульб від землі, домішок і вкладання їх на поверхню поля суцільним валком для наступного збирання вручну.

Даний картоплекопач розробляється для виконання такого завдання: модернізація існуючої машини КСТ-1 шляхом встановлення вібромеханізму та скиданням картоплі вбік у валки.

Машино-тракторний агрегат у складі повинен містити наступні основні вузли і агрегати: енергетичний засіб, основний прутковий механізм, каскадний прутковий механізм, центральний основний і два бокових лемеші, пристрій для вивантаження, вібромеханізм, опорні колеса.

Габаритні розміри картоплекопалки не повинні перевищувати:

Довжина – 1400 мм., ширина – 1600 мм., висота – 840 мм., маса – 140 кг.

Картоплекопалка повинна комплектуватися запасними деталями з числа куплених, якщо їх термін служби менший гарантованого терміну.

1.5 Висновки до розділу 1 та задачі досліджень

1. Аналіз і узагальнення результатів наукових досліджень та практичного досвіду використання картопле копальних машин свідчить про те, що найбільш перспективні з точки зору експлуатації та найменшого унеможливлення пошкодженості бульб є використанні пруткових транспортерів та пруткових коливальних механізмів. В сукупності це забезпечує підвищення ефективності викопування бульб.

2. Більшість картопле копальних машин не дозволяють працювати на малих ділянках посадки картоплі, тому найбільш перспективним у цьому плані слід розглядати однорядні копалки для малогабаритної техніки. Але для покращення умов роботи та якості викопування плодів картоплі доцільно їх удосконалювати в напрямку інтенсифікації процесу та зменшення операційності.

3. Відсутність достовірних відомостей про властивості ґрунтів та принципи вирощування бульб картоплі, для конкретних регіонів України, не дозволяють обґрунтувати параметри конструкції картоплекопалки, що здатна забезпечити виконання висунутих вимог до машини. Тому необхідно проводити експериментальні дослідження для їх удосконалення.

Для досягнення вказаної мети необхідно вирішити наступні завдання:

- провести аналіз відомих технологічних процесів викопування бульб картоплі та на цій основі розробити теоретичні передумови проектування нових машин;
- обґрунтувати конструктивну схему та технологічний процес роботи однорядної картоплекопалки з приводом від ВВП трактора та коливальною сепаруючою системою;
- розробити математичну модель процесу сепарування вороху картоплі;
- розробити відповідне оснащення для дослідження процесу сепарації;
- провести експериментальні дослідження та обґрунтування техніко-економічних показників ефективності використання розробленої машини.

2 ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ І ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНІЧНОГО ЗАСОБУ

2.1 Обґрунтування технологічного процесу, схем машини та розробка модернізованого вузла

Удосконалений технологічний процес з застосуванням розробленої машини представлений на рис. 2.1.

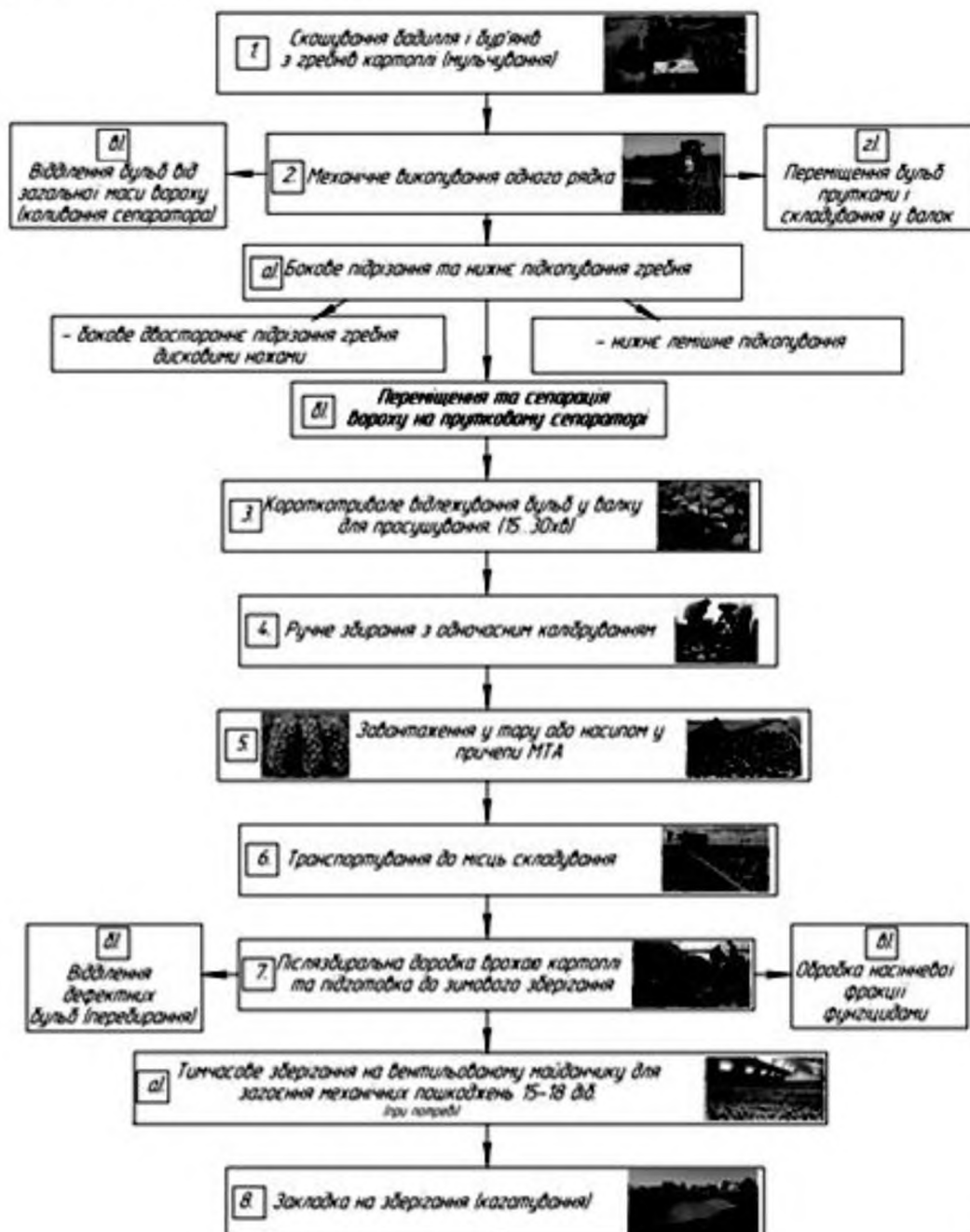


Рисунок 2.1 – Удосконалена технологія з застосуванням картоплекопалки

Основні операції це підкопування одного рядка картоплі, з одночасним боковим підрізанням, відділення бульб від ґрунту (сепарація) та вивантаження вбік на поверхню поля у сторону де був зібраний рядок картоплі.

Під час робочого ходу лемеші підкопують рядок картоплі, частково руйнуючи цей пласт, за рахунок коливань пружної балки до якої кріпляться лемеші. Дещо розпушену масу (ґрунт, бульби, бадилля) подають на швидкісну пруткову коливну поверхню. Верхні вітки поверхні переміщуються в протилежному відносно руху машини, напрямку і одночасно коливаються при допомозі шатунів. Такий рух верхньої вітки транспортера сприяє руйнуванню грудок та брил ґрунту, проходженню їх між прутками віток транспортера.

Розпушуванню ґрунту на швидкісній коливній поверхні сприяє різниця між швидкістю надходження маси вороху на пруткову поверхню і швидкістю самого АТА. Швидкість коливання пруткової поверхні більша від швидкості надходження маси на нього, внаслідок чого скиба, відрізана лемешами, розривається, що сприяє дальшому її руйнуванню тобто сепарації вороху бульб, відділення їх з загального масиву та вкладання у валки

Ворох картоплі з викопного лемеша поступає на коливну поверхню. На поверхні компоненти упорядковуються, розподіляються по поверхні тонким шаром і сепаруються. Залежно від ідентифікованого предмету (бульба, грудка, камінець), що у вільному падінні проходять зону коливання і змінюють траєкторії руху каміння і грудок ґрунту. Бульби картоплі падають на похилий транспортер в той же час каміння і грудки ґрунту відділяються від суцільного потоку і падають на задню частину поверхні поля де було викопано рядок бульб картоплі.

Відповідно технології була побудована кінематична (рис. 2.2) та принципова схема (рис. 2.3).

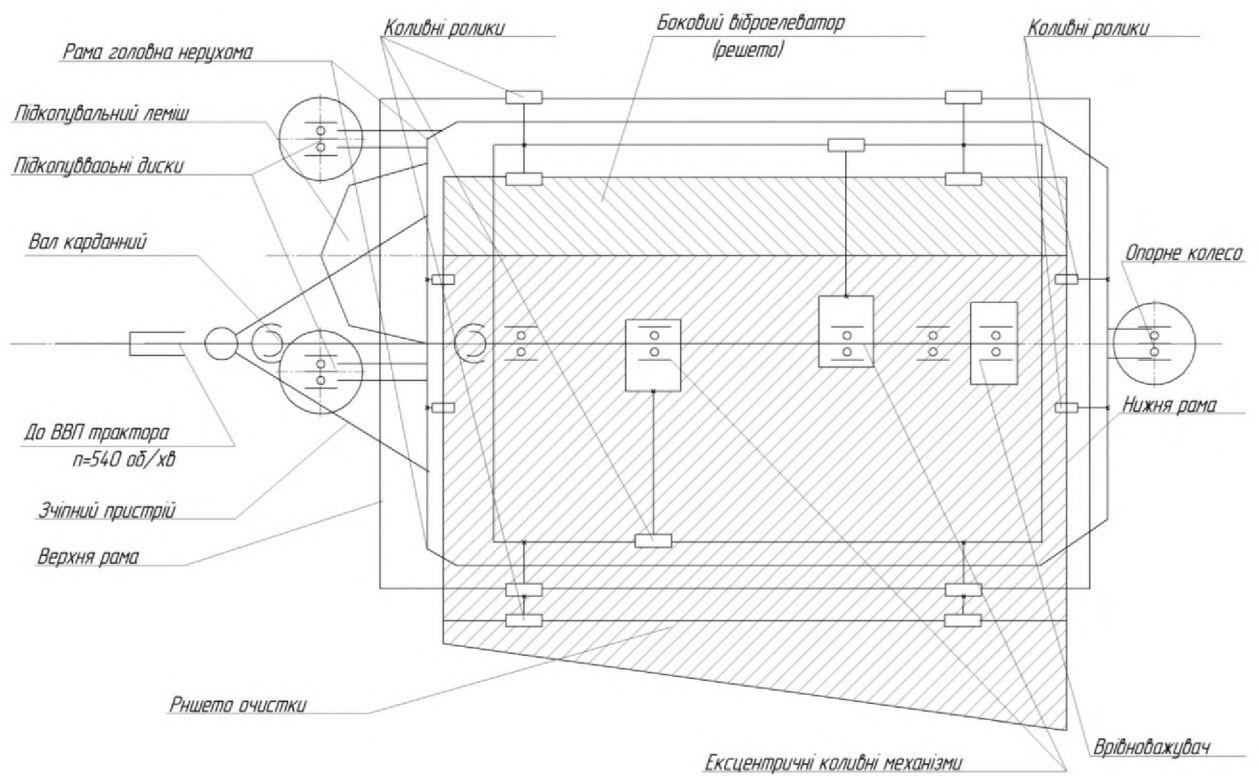


Рисунок 2.2 – Кінематика картоплекопалки

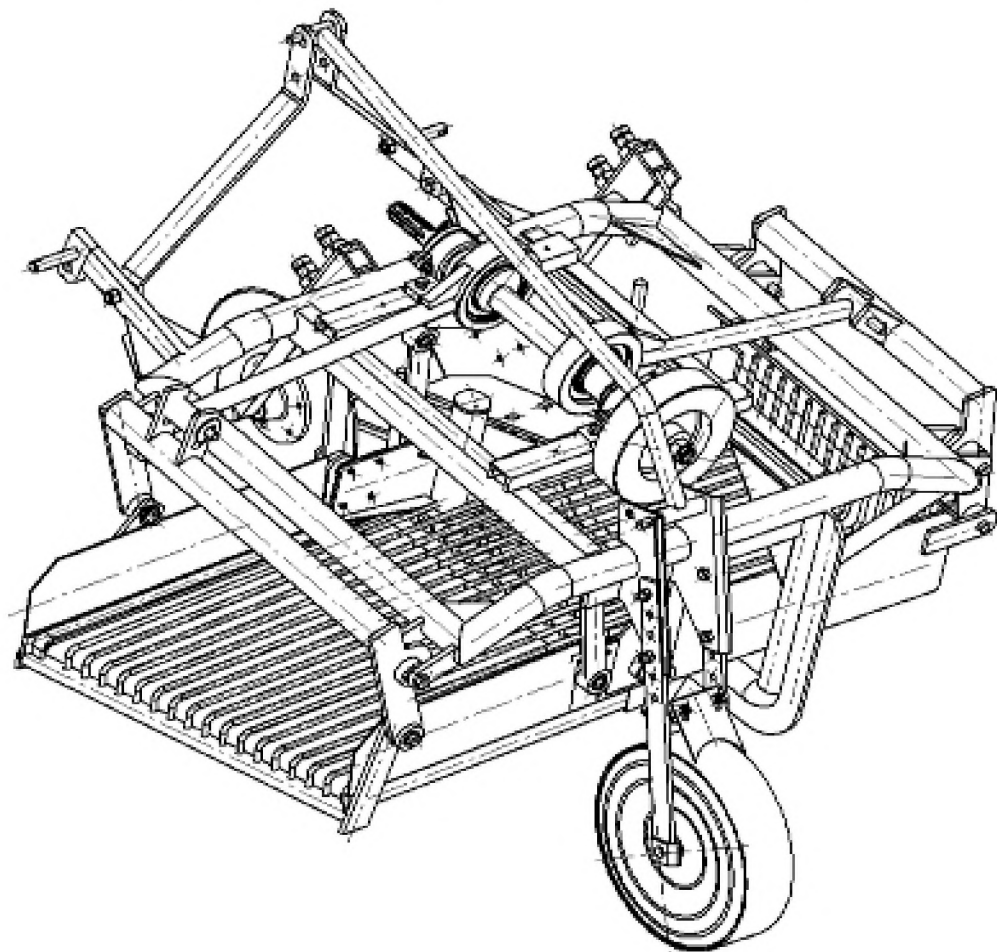


Рисунок 2.3 – Принципова схема (3-Д модель)

З аналізу відомих досліджень сепарації вороху бульб картоплі, найбільшого застосування знайшов спосіб сепарування прутковими транспортерами та розподіл бульб картоплі і вороху за їх лінійними розмірами.

Дослідженням таких процесів проводили В.П. Горячкін, Г.Д. Петров, Н.Н. Колчин, Л.В. Погорілий, Б.М. Юн, І.Н. Зуєв, Е.А. Сміхунов, Д.А. Арсен'єв, Н.М. Заворотний, В.А. Макаров, , А.Н. Степанов та ін.

При обґрунтуванні конструкції картоплекопалки необхідно враховувати не тільки її продуктивність і точність роботи, але й необхідність зменшення пошкодження бульб картоплі. Для підвищення ефективності викопування необхідно створити сталий рух компонентів вороху, що забезпечується постійним контактом бульб картоплі з робочим органом та постійністю розмірів пруткових поверхонь машини. Відомі картоплекопалки мають недоліки: складну конструкцію, хаотичне переміщення компонентів вороху, забивання механізмів домішками, пошкодження бульб картоплі. Для підвищення ефективності процесу шляхом забезпечення швидкого скпарування та зменшення пошкодження бульб розглянемо процеси з вібросепарувальними поверхнями.

Внаслідок однобічності зв'язків контакт бульб із віброуючими прутками має місце при певних умовах. Позначивши через n_e одиничну нормаль до бульби (умовної кулі) в точці К, умови збереження зв'язку мають вигляд:

$$\bar{R}_e \cdot \bar{n}_e > 0; N_M > 0; N_N > 0; \quad (2.1)$$

Дослідження руху бульб на прутувій віброповерхні виконували в два етапи. На першому етапі вивчали кінематику руху центра кулі, знаходили закон її руху: $x_s = x_s(t)$, $y_s = y_s(t)$, $z_s = z_s(t)$, момент проходу t_k , координати центра кулі $x_s^o = x_s(t)$, $y_s^o = y_s(t)$, $z_s^o = z_s(t)$, і її швидкість v_s^o в момент проходу. Потім на основі диференційних рівнянь динаміки твердого тіла визначали вектор миттєвої кутової швидкості кулі ω і сили реакцій зв'язку, $R_K N_M N_N$, та перевіряли умови (2.1). Зобазимо схему розрахунку (рис. 2.5)

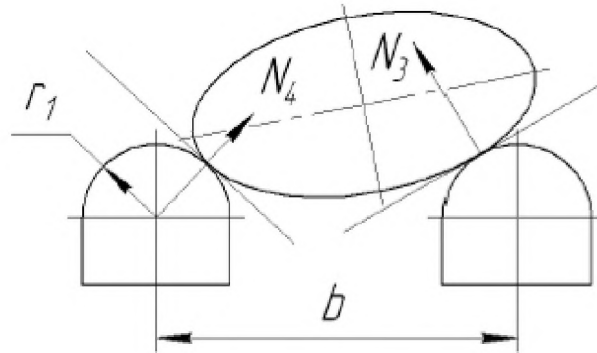


Рисунок 2.5 – Схема взаємодії бульби з сепаруючим робочим органом (прутковою поверхнею).

На другому етапі розглядали вільний рух бульби після проходу через напрямні до моменту падіння на горизонтальну площину сепаратора.

Рівняння поверхні в параметричному вигляді можна записати таким чином:

$$\begin{aligned} x = x(s, \varphi) &= -s \sin \varphi; & y = y(s, \varphi) &= s \cos \varphi; \\ z = z(s, \varphi) &= \frac{h_c}{2\pi} (\Omega t - \varphi), & (R_0 \leq s \leq R_1), & & -\infty < \varphi < \infty \end{aligned} \quad (2.2)$$

де s – відстань від осі Oz до точки контакту з прутком, що розглядається;

φ – кут системи координат, пов'язаної з віссю Oz ;

h_c – крок розміщення прутків;

R_0, R_1 – внутрішній і зовнішній радіуси прутка;

Ω – кутова швидкість коливної поверхні. Рівняння поверхні кулі і напрямних AB, DC визначаються співвідношеннями:

$$(x - x_s)^2 + (y - y_s)^2 + (z - z_s)^2 = R_s^2; \quad (2.3)$$

$$x = x(z) = h + z \operatorname{tg}(\beta - \gamma), \quad y = y_0; \quad (2.4)$$

$$x = x(z) = -h - z \operatorname{tg}(\beta + \gamma), \quad y = y_0. \quad (2.5)$$

Тут h – відстань між точками A, D , напрямних AB і DC .

Координати точок зіткнення кулі з прутком точка $K(x_K, y_K, z_K)$ і напрямними AB – точка $M(x_M, y_M, z_M)$, DC – точка $N(x_N, y_N, z_N)$ знаходяться із

умов належності цих точок, до прутків, які виконують зворотно – поступальний рух.

Між координатами, y_s, z_s має місце зв'язок:

$$y_s = y_0 - \sqrt{R_s^2 - \left[h \cos(\beta - \gamma) + z_s \frac{\sin \beta}{\cos \gamma} \right]^2}. \quad (2.6)$$

Звідси визначається певне значення $z_s = z_s^*$, яке обумовлює проходження кулі через напрямні у вигляді:

$$z_s^* = \left[R_s - h \cos(\beta - \gamma) \right] \frac{\cos \gamma}{\sin \beta}. \quad (2.7)$$

Швидкість руху центра кулі знаходили із вимог рівності проєкцій швидкостей центра кулі точки S і точки K поверхні прутка на напрямок радіуса кулі $n = (r_K - r_S) / (r_K - r_S)$.

$$(V_K - V_S) n = 0 \quad (2.8)$$

Звідси тримаємо значення

$$V_{sz} = \dot{z}_s = \frac{h_c}{2\pi} \Omega s_K \left[s_K + \frac{h_c}{2\pi} \left(\operatorname{tg} \gamma \cos \varphi_K - \frac{dy_s}{dz_s} \sin \varphi_K \right) \right]^{-1};$$

$$V_{sx} = \dot{x}_s = -\dot{z}_s \operatorname{tg} \gamma, \quad V_{sy} = \dot{y}_s = \frac{dy_s}{dz_s} \dot{z}_s, \quad (2.9)$$

де $y_s = y_s(z)$, знаходиться співвідношенням (2.6).

Скориставшись зворотною залежністю $t = t(z_s)$, співвідношення (2.9) можна переформулювати як звичайне диференціальне рівняння відповідно до цієї залежності:

$$\frac{dt}{dz_s} = \left[\frac{h_c}{2\pi} \Omega s_K \right]^{-1} \left[s_K + \frac{h_c}{2\pi} \left(\operatorname{tg} \gamma \cos \varphi_K - \frac{dy_s}{dz_s} \sin \varphi_K \right) \right], \quad (2.10)$$

де s_K, φ_K – визначається з використанням співвідношень (2.2)–(2.5).

Розглянувши для (2.10) задачу в інтервалі $z_s \in [0, z_s^*]$ з початковими умовами $t(0) = 0$, що дозволяє знайти залежність $t = t(z_s)$, а потім, використовуючи монотонність цієї залежності і обертаючи її, знайдемо

$$z_s = z_s(t).$$

При дослідженні руху бульби по напрямних враховано вплив сил тяжіння з прискоренням вільного падіння g , в точці контакту K відсутнє ковзання і діє сила реакції зв'язку R_K , в точках контакту MN , бульби з напрямними діють, як сили тиску напрямних на кулю, $N_M N_N$ і сили тертя з динамічним коефіцієнтом тертя f_m .

Тоді рівняння динаміки бульби, як твердого тіла одержано у вигляді:

$$m\vec{w}_S = \vec{R}_K + m\vec{g} - N_M \left[\frac{\vec{r}_M - \vec{r}_S}{|\vec{r}_M - \vec{r}_S|} + f_m \frac{\vec{V}_{M\tau}}{|\vec{V}_{M\tau}|} \right] - N_N \left[\frac{\vec{r}_N - \vec{r}_S}{|\vec{r}_N - \vec{r}_S|} + f_m \frac{\vec{V}_{N\tau}}{|\vec{V}_{N\tau}|} \right]; \quad (2.11)$$

$$J \frac{d\vec{\omega}}{dt} = (\vec{r}_K - \vec{r}_S) \cdot \vec{R}_K - f_m \left[N_M (\vec{r}_M - \vec{r}_S) \cdot \frac{\vec{V}_{M\tau}}{|\vec{V}_{M\tau}|} + N_N (\vec{r}_N - \vec{r}_S) \cdot \frac{\vec{V}_{N\tau}}{|\vec{V}_{N\tau}|} \right], \quad (2.12)$$

де $J=2mR_s^2/5$ – тензор інерції кулі;

m – маса;

w_S – прискорення центра маси бульби.

Таким чином, система рівнянь (2.11), (2.12) включає чотири невідомих: R_K , N_M , N_N , ω .

Для замикання системи залучимо кінематичні співвідношення:

$$\vec{V}_M \cdot (\vec{r}_M - \vec{r}_S) = 0, \quad \vec{V}_N \cdot (\vec{r}_N - \vec{r}_S) = 0, \quad (2.13)$$

які відображають умови перпендикулярності швидкостей V_M , V_N точок кулі до відповідного радіуса. Замкнута система рівнянь (2.11)–(2.13) вирішується сумісно з застосуванням числових методів. Закон руху центра маси бульби після проходження через напрямні розглянуто як задачу Коші за значеннями координат центра кулі точки S (x_S^0, y_S^0, z_S^0), і її швидкості $v_S^0 = (x_{Sx}^0, y_{Sy}^0, z_{Sz}^0)$, що одержані на попередньому етапі:

$$m \frac{d^2 \vec{r}}{dt^2} = m\vec{g}, \quad \vec{r}(0) = (x_S^0, y_S^0, z_S^0). \quad (2.14)$$

Рішенням поставленої задачі визначені координати точки падіння бульби на горизонтальну площину, що обумовлює шлях від початкового положення бульби на напрямних до точки падіння у пробовідбірники L_S .

Величина L_S фактично визначає середнє значення переміщення бульб певної фракції до пробовідбірників.

За одержаними залежностями розрахунковим шляхом досліджено вплив конструктивних і кінематичних параметрів копалки, фізико-механічних властивостей картоплі на точність сепарації, що зумовлюється сталістю руху бульб по напрямних при взаємодії їх із прутковою поверхнею. Викопування бульб визначається залежністю кутової швидкості переміщення прутка ω , кутом їх встановлення до горизонту δ , та відстані L_S –падіння бульби у рядок.

Пошкодження бульб картоплі обумовлюється значеннями зусиль контакту бульб з прутками, що визначаються реакціями зв'язку N_M і N_N .

При зростанні цих значень збільшується ймовірність пошкодження бульб. Зменшення значень N_M і N_N до мінімуму (N_M і $N_N=0$) спричиняє порушення стійкості технологічного процесу, що визначається сходом бульб картоплі.

Встановлено, що вплив конструктивно-кінематичних параметрів на точність викопування проявляється через стійкість процесу переміщення бульб по напрямних під дією коливальних прутків. Збільшення кутової швидкості (рис. 2.6) збільшує інтервал проходу бульб між прутками.

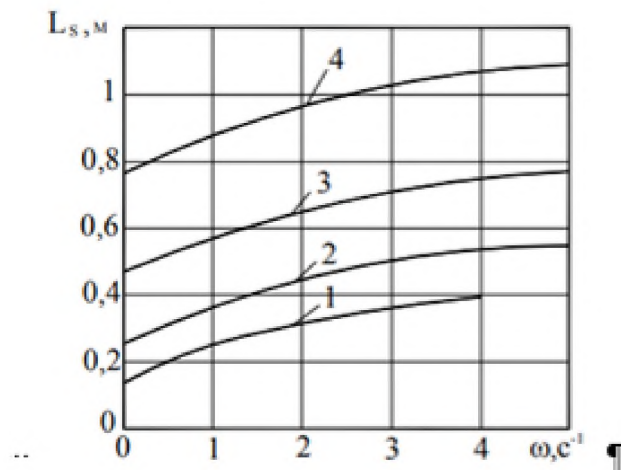


Рисунок 2.6 – Вплив частоти обертання приводу пруткової поверхні на переміщення бульб, при відстані між прутками 1 – $R_S=0,017\text{м}$; 2 – $R_S=0,023\text{м}$; 3 – $R_S=0,035\text{м}$; 4 – $R_S=0,05\text{м}$

2.7 Висновки до розділу 2

На підставі проведених теоретичних досліджень можна зробити наступні висновки:

1. Синтез засобів для викопування коренебульбоплодів дозволив отримати конструкцію однорядної картоплекопалки з коливним сепаруючим механізмом та обґрунтувати процес її роботи, який максимально відповідає вимогам до вихідного завдання.

2. Аналіз конструкції однорядної картоплекопалки і її роботи дозволив розкрити фізичну суть процесів, які відбуваються під час розподілення бульб від ґрунту і теоретично обґрунтувати доцільність використання коливної пруткової поверхні.

3. Отримана математична модель процесу динаміки бульб на коливній прутковій поверхні, дозволяє дослідити вплив конструктивно-технологічних параметрів останньої і процесу сепарації.

3 ПРОГРАМА, МЕТОДИКА І РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

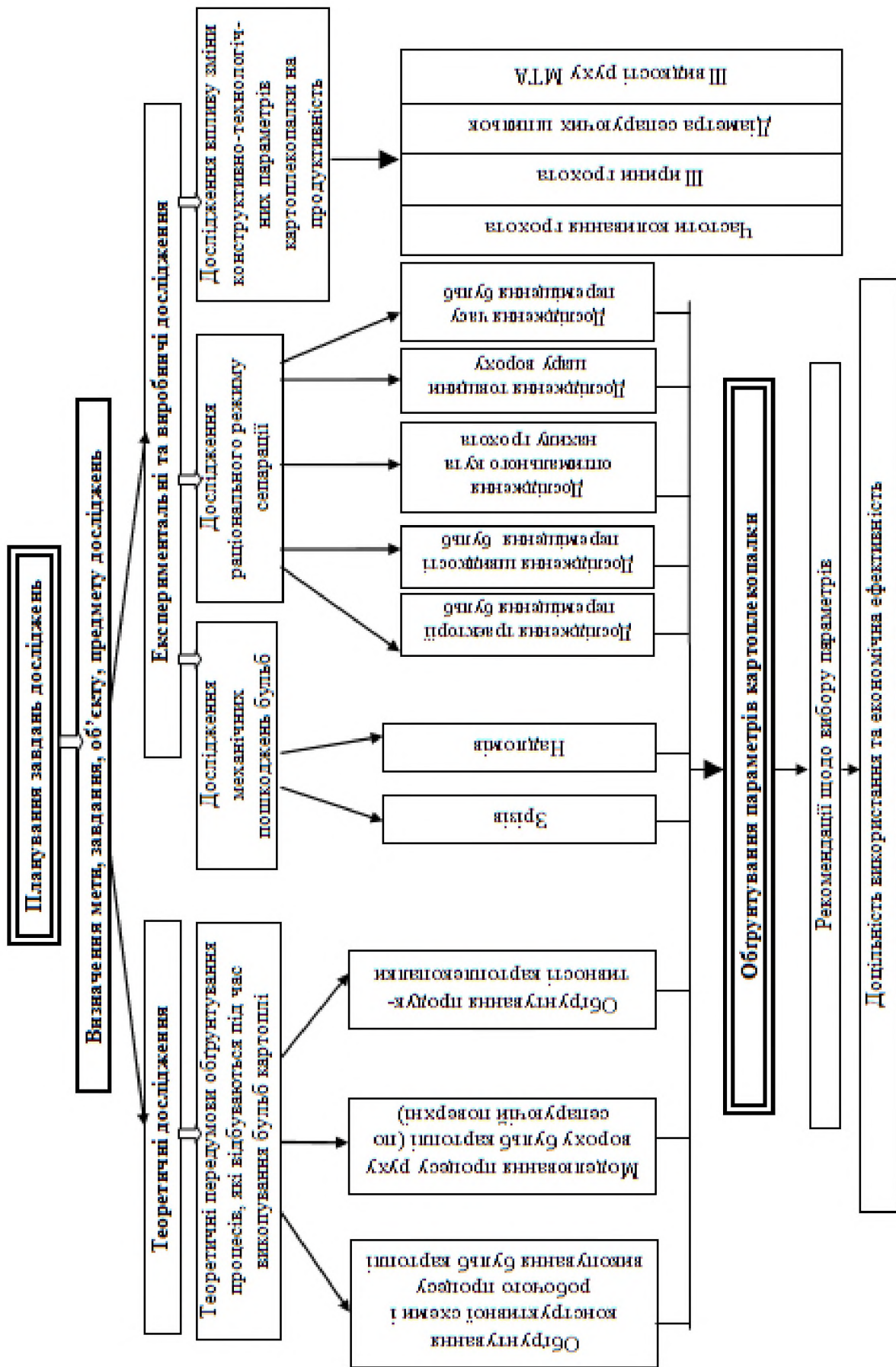
3.1 Вибір напрямку дослідження

Виконання науково-дослідного розділу кваліфікаційної роботи магістра відбувалось шляхом проведення теоретичних та експериментальних досліджень, а також лабораторно-виробничих випробувань, які виконувались поетапно. Так, експериментальні дослідження згідно плану роботи, виконувались в сумісництві з теоретичними.

Технічне рішення, щодо напрямку досліджень, отримали як результат аналізу відомих технологій та процесів які застосовуються при викопуванні бульб картоплі, де звертали увагу на енергозатрати та якість процесу викопування і сепарації. Як підсумок була запропонована нова т конструкції однорядної картоплекопалки, доцільність використання якої обґрунтували теоретичними та експериментальними дослідженнями.

Теоретичні дослідження виконувались після глибокого аналізу відомих наукових праць, у технічній літературі, за напрямком досліджень та проведених лабораторних випробувань лабораторної установки.

Підсумком таких досліджень стало обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів коливного механізму, на основі якого сконструйовано та виготовлено його дослідний зразок а також проведені випробування у виробничих умовах. Випробування коливного механізму підтвердили його роботоздатність, дали очікуваний позитивний результат та низку переваг у порівнянні з іншими відомими розробками. Загальну схему планування та проведення досліджень для вирішення поставлених у роботі завдань наведено на рис. 3.1. Завдання досліджень передбачало визначення мети та вибору методів досліджень об'єктів, що висувались.



3.2 Дослідження коефіцієнтів тертя кочення та ковзання бульб картоплі

Дослідження проводились у лабораторних та польових умовах із використанням приладів «похила площина» та «похила площина з маятником». див. рис. 3 1.



Рисунок 3.1 – Фото установки для дослідження коефіцієнту тертя кочення в польових умовах

Об'єктом дослідження були бульби картоплі різної ваги різного ступеня забруднення, які ковзали по похилій площині з різними накладками: сталева пластина, опукла гума.

Для визначення коефіцієнту тертя кочення було використано маятник, площина коливань якого складала із горизонтальною площиною кут β (рис. 3.2). У ролі маятника була використана картоплина, радіусом $R=15\text{мм}$, яка була підвішена до нитки довжиною $L = 25\text{см}$, де OO - лінія рівноваги, α_0 – кут відхилення від лінії рівноваги, який був рівний 40° , α – кут максимального

відхилення нитки із картоплиною в іншу сторону. При цьому $\alpha_0 > \alpha$, оскільки енергія маятника зменшується за рахунок тертя кочення.

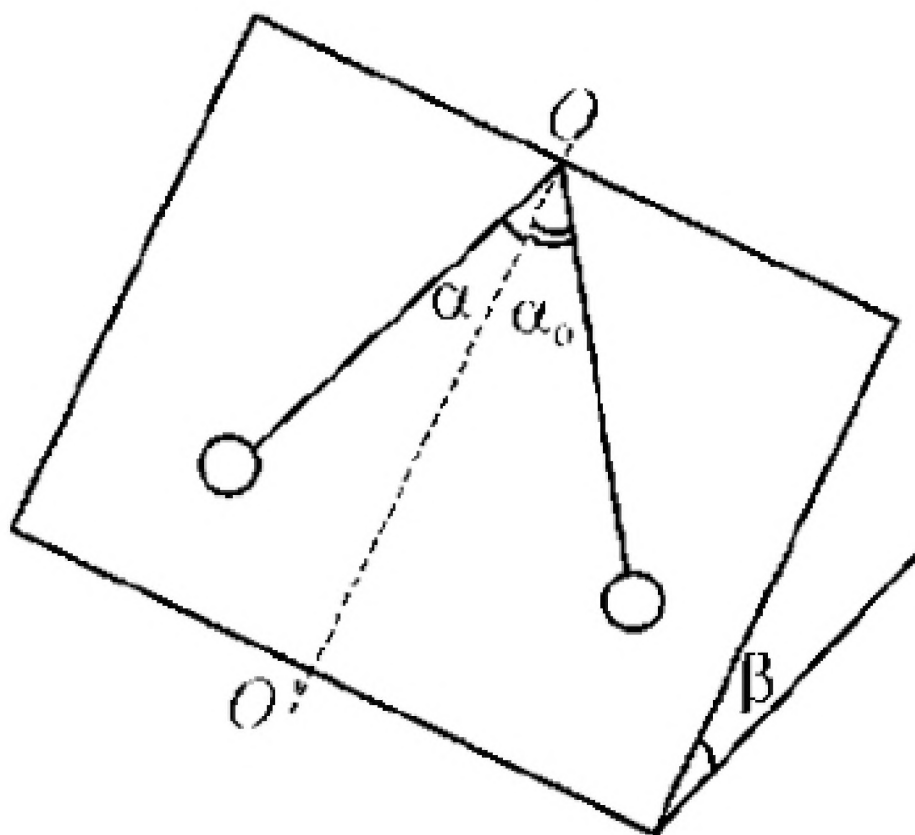


Рисунок 3.2 – Схема установки для дослідження коефіцієнту тертя кочення
Амплітуда коливань за один період:

$$\varphi = \alpha_0 - \alpha \quad (3.1)$$

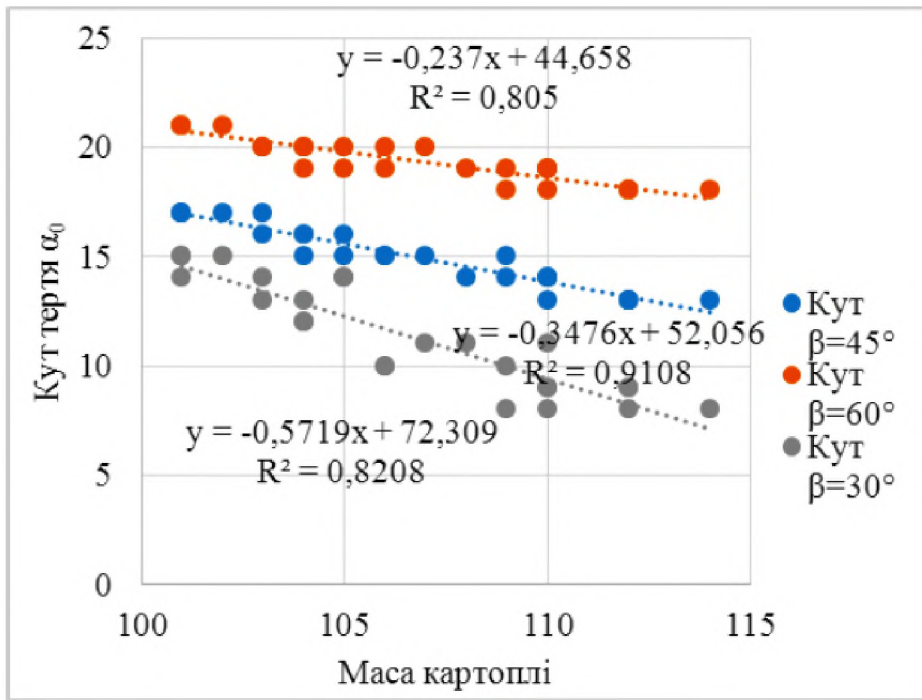
Коефіцієнт тертя кочення:

$$k = \frac{R\psi \operatorname{tg} \beta}{4} \quad (3.2)$$

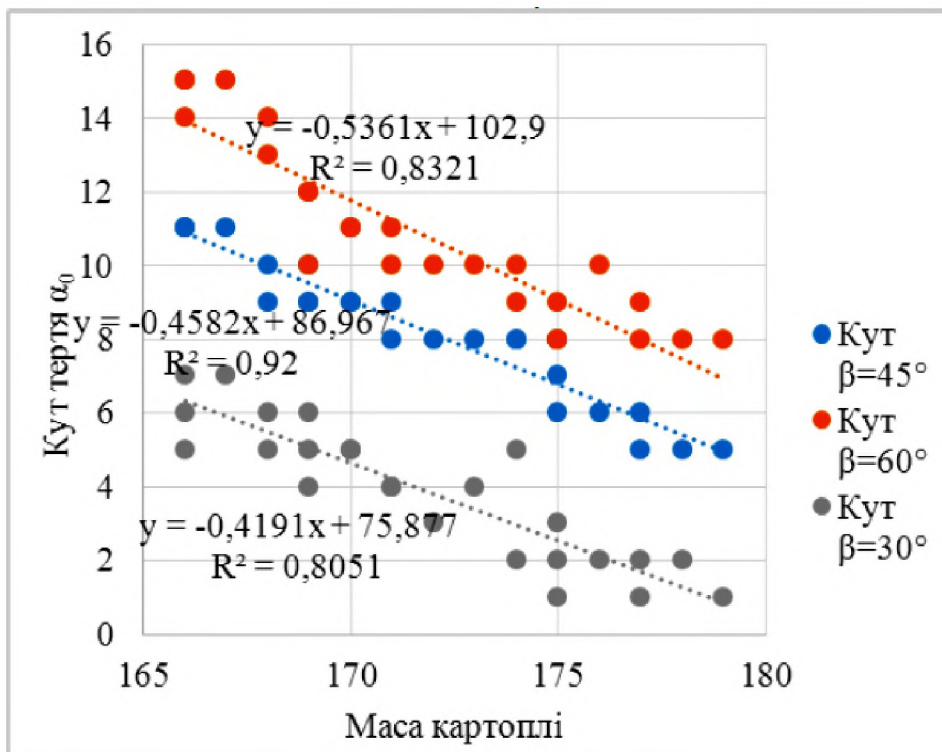
Підставивши рівняння амплітуди коливань для одного періода отримаємо:

$$k = \frac{R(\alpha_0 - \alpha) \operatorname{tg} \beta}{4} \quad (3.3)$$

На рис. 3.3 наведено результати визначення кутів тертя кочення залежно від маси бульб у вигляді ліній тренду та отримані рівняння, які описують дану залежність.



а)



б)

Рисунок 3.3– Графік залежності кута α_0 від маси картоплі: а – бульби без наліпання ґрунту; б – бульби з наліпшим вологим ґрунтом

На продуктивність картоплекопача впливають сім факторів, які можна розділити на три групи: технологічні (V , τ , a , h'), конструктивні (α , b) і фізико-

механічні (γ). Однак детальний аналіз цих факторів, показує, що ними управляти в технологічному процесі важко.

3.3 Методика визначення засміченості вороху бульб картоплі

Засміченість вороху бульб картоплі визначали за двома наважками з кожної партії вороху. Маса наважки – 500г. Наважки вручну розбивали на дві фракції: плоди основної культури і домішки. До насіння основної культури відносять всі плоди бульб. До домішок – ґрунт, залишки бур'янів та бадилля камінці. Після припинення розділення фракції зважували на технічних вагах з точністю до 0,01г. Результати дослідів вважали достовірними, коли сумарна маса двох фракцій була рівна загальній масі початкової наважки, в іншому випадку результати дослідів анулювали.

Відсотковий вміст фракцій визначали за формулою:

$$C = \frac{m_{\phi} \times 100}{m_{\Sigma}} \quad (3.4)$$

m_{ϕ} – маса фракцій, г;

m_{Σ} – сумарна маса початкової наважки, г.

Аналіз вважався закінченим, якщо розбіжність між результатами аналізу двох наважок не перевищував допустимої розбіжності. В іншому випадку слід розібрати третю наважку.

3.4 Результати дослідження визначення засміченості вороху бульб

Допустима розбіжність між результатами аналізу двох наважок вороху бульб наведена в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Засміченість вороху бульб

Матеріал	Середньоарифметичне	Фактична розбіжність між
----------	---------------------	--------------------------

	значення C за двома наважками, %	результатами двох наважок, %
Ворох бульб картоплі	77,01	3,64

3.5 Методика досліджень режимних параметрів картоплекопалки

Складність технологічного процесу сепарації вороху бульб не дозволяє повністю визначити раціональні конструктивні параметри і оптимальні режими роботи пристрою аналітичним шляхом та в умовах лабораторії. Тому, для встановлення впливу технологічних та конструктивних параметрів пруткового коливного сепаратора на продуктивність останнього було проведено випробування у виробничих умовах із застосуванням математичного методу планування експерименту.

Аналіз результатів теоретичного та експериментального дослідження процесу сушіння показав, що визначальний вплив на даний процес мають такі конструктивно-технологічні параметри: відстань між прутками, товщина шару вороху, робочий кут нахилу поверхні, частота коливання, діаметр прутків, довжина скатної поверхні, вологість ґрунту, врожайність, швидкість руху МТА, тощо.

Оскільки спектр впливу досить великий то слід зосередити увагу на основні досить важливі фактори, які на нашу думку матимуть найсуттєвіший вплив на процес сепарації це – товщина шару вороху $T=150; 200; 250$ мм, кут нахилу пруткової поверхні $\alpha=5; 10; 15^{\circ}$, та відстань між прутками $l=15; 20; 25$ мм, при цьому діаметр прутка становив 14мм.

Таким чином, проводили трифакторний експеримент із зміною факторів на рівнях, які наведені у Додатку А таблиця А.1. Під час даних досліджень використовувалась експериментальна установка зображена на рис. 3.1

Для скорочення кількості дослідів та отримання закономірності впливу досліджуваних факторів у вигляді рівняння регресії було застосовано математичний метод планування експерименту та здійснено експеримент за

симетричним некомпозиційним планом Бокса-Бенкіна другого порядку (Додаток А таблиця А 2).

Планування і проведення експерименту включало наступні етапи: кодування факторів; складання плану-матриці експерименту; рандомізація дослідів; реалізація плану експерименту; перевірка відтворюваності дослідів; розрахунок значень коефіцієнтів регресії; оцінка значущості коефіцієнтів регресії; перевірка адекватності моделі.

Кодування факторів здійснювали для переведення їх у безрозмірні величини. Зв'язок між кодованими і натуральними величинами факторів встановлювався залежностями:

$$x_1 = \frac{T - T_0}{\varepsilon_1}; \quad x_2 = \frac{\alpha - \alpha_0}{\varepsilon_2}, \quad x_3 = \frac{l - l_0}{\varepsilon_3}, \quad (3.1)$$

де T_0, α_0, l_0 – значення факторів на основному рівні, відповідно товщина шару, кут нахилу поверхні і відстань між прутками;

$\varepsilon_1, \varepsilon_2, \varepsilon_3$ – інтервали варіювання фактора.

Для три факторного дослідів повне квадратне рівняння має вид:

$$\begin{aligned} \bar{y} = & b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_{11}x_1^2 + b_{22}x_2^2 + b_{33}x_3^2 + \\ & + b_{12}x_1x_2 + b_{13}x_1x_3 + b_{23}x_2x_3. \end{aligned} \quad (3.3)$$

Коефіцієнти регресії визначають за наступними формулами:

$$b_0 = \frac{1}{n_0} \sum_{u=1}^{n_0} y_{0u}, \quad (3.3)$$

$$b_j = \frac{1}{8} \sum_{i=1}^n x_{ji} y_i, \quad (3.4)$$

$$b_{jr} = \frac{1}{4} \sum_{i=1}^n x_{ji} x_{ri} y_i, \quad (3.5)$$

$$b_{jj} = \frac{1}{4} \sum_{i=1}^n x_{ji}^2 y_i - \frac{1}{16} \sum_{j=1}^p \sum_{i=1}^n x_{ji}^2 y_i + \frac{1}{2n_0} \sum_{u=1}^{n_0} y_{0u}, \quad (3.6)$$

де u – номер дослідів в центрі плану;

n_0 – кількість дослідів в центрі плану;

r, j – номери фактору досліджу, причому у формулі (3.16) $r \neq j$;

p – кількість факторів;

i – номер досліджу;

n – кількість дослідів;

y_i – значення функції відгуку в i -му досліді;

x_{ji}, x_{ri} – кодовані значення j -го чи r -го фактору в i -му досліді;

y_{0u} – значення функції відгуку в u -му досліді в центрі плану.

Оскільки експерименти проводились із однаковим числом повторюваностей, то однорідність ряду дисперсій перевіряли за критерієм Кохрена. Для цього визначали розрахункову величину даного критерію:

$$G^{розр.} = \frac{S_{y_i, max}^2}{\sum_{i=1}^n S_{y_i}^2}, \quad (3.7)$$

де $S_{y_i, max}^2$ – найбільша із дисперсій.

$S_{y_i}^2$ – дисперсія, що характеризує розсіювання результатів в i -му досліді.

$$S_{y_i}^2 = \frac{1}{m-1} \sum_{g=1}^m (y_{ig} - \bar{y}_i)^2, \quad (3.8)$$

де m – число повторюваностей в досліді;

g – номер повторності;

y_{ig} – результат g -ї повторності i -го досліді;

\bar{y}_i – середнє арифметичне значення усіх повторностей i -го досліді.

Ряд дисперсій рахували однорідним, якщо:

$$G^{розр.} < G^{табл.}(0,05; n; f), \quad (3.9)$$

де $G^{табл.}(0,05; n; f)$ – табличне значення критерію Кохрена за 5%-го рівня значущості, n – її кількості дослідів та $f = m - 1$ – числа ступенів вільності.

Дисперсію відтворюваності експерименту визначали за результатами дослідів в центрі плану по формулі:

$$S_y^2 = \frac{\sum_{u=1}^{n_0} (y_{0_u} - \bar{y}_0)^2}{f_1}, \quad (3.10)$$

де \bar{y}_0 – середнє арифметичне значення функції відгуку отримане за результатами n_0 дослідів в центрі плану;

$f_1 = n_0 - 1$ – число ступенів вільності дисперсії відтворюваності.

Дисперсії коефіцієнтів регресії та їх коваріації визначали за формулами:

$$S_{b_0}^2 = \frac{1}{n_0} S_y^2; \quad (3.11)$$

$$S_{b_j}^2 = 0,125 S_y^2; \quad (3.12)$$

$$S_{b_{jr}}^2 = 0,25 S_y^2; \quad (3.13)$$

$$S_{b_{jj}}^2 = 0,27083 S_y^2; \quad (3.14)$$

$$cov_{b_0 b_{jj}} = -0,16667 S_y^2; \quad (3.15)$$

$$cov_{b_{jj} b_{rr}} = 0,02083 S_y^2. \quad (3.16)$$

Довірчі інтервали коефіцієнтів регресії знаходили використовуючи табличне значення критерію Ст'юдента $t(0,05; f)$ за 5%-го рівня значущості та $f_1 = n_0 - 1$ – числа ступенів вільності в центрі плану:

$$\Delta b_0 = t(0,05; f) S_{b_0}; \quad (3.17)$$

$$\Delta b_j = t(0,05; f) S_{b_j}; \quad (3.18)$$

$$\Delta b_{jr} = t(0,05; f) S_{b_{jr}}; \quad (3.19)$$

$$\Delta b_{jj} = t(0,05; f) S_{b_{jj}}. \quad (3.20)$$

Якщо коефіцієнт регресії виявлявся меншим довірчого інтервалу, то його вважали статично незначущим. Проте видаляли із моделі лише ті коефіцієнти, які не корелювали ні з яким іншим. Оскільки, у протилежному випадку, рівняння регресії може виявитись неадекватним.

Гіпотезу адекватності отриманої моделі перевіряли за допомогою

F -критерію (критерію Фішера). Його розрахункове значення визначали за формулою:

$$F^{розр.} = \frac{S_{неад.}^2}{S_y^2}. \quad (3.21)$$

Дисперсія неадекватності $S_{неад.}^2$ становить:

$$S_{неад.}^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (\bar{y}_i - y_i)^2}{f_2}, \quad (3.22)$$

де y_i, \bar{y}_i – значення функції відгуку i -го досліду, визначене відповідно експериментально та за рівнянням регресії;

$f_2 = n - k'$ – число ступенів вільності дисперсії неадекватності з врахуванням числа k' залишених коефіцієнтів регресії (у тому числі і b_0).

Гіпотезу про адекватність рівняння приймали у тому випадку, коли розраховане значення F -критерію не перевищувало табличне:

$$F^{розр.} \leq F^{табл.}(0,05; f_2, f_1), \quad (3.23)$$

де $F^{табл.}(0,05; f_2, f_1)$ – табличне значення критерію Фішера за 5%-го рівня значущості і ступенів вільності дисперсії неадекватності f_2 та дисперсії відтворюваності f_1 .

3.6 Результати дослідження сепарування вороху бульб

Для отримання оптимальних параметрів сепарації з меж значень досліджуваних факторів у вигляді рівняння регресії було проведено трифакторний експеримент згідно з методикою, що описана у п. 3.3.

Обробка даних трифакторного експерименту, проведеного за симетричним не композиційним планом Бокса-Бенкіна другого порядку, здійснювалась на ПЕОМ розробленою програмою у середовищі Mathcad. При цьому однорідність ряду дисперсій перевіряли за критерієм Кохрена. Оскільки $G^{розр.} = 0,313 < G^{табл.}(0,05; 15; 2) = 0,335$ то процес відтворюється.

Під час визначення довірчих інтервалів коефіцієнтів регресії використовували критерій Ст'юдента, табличне значення якого за 5-% рівня значущості та числі ступенів вільності дисперсії відтворюваності досліду $f_1=2$ становило $t=4,3$.

Перевірку значущості коефіцієнтів регресії проводили за встановленими їх довірчими інтервалами та коваріаціями.

У результаті, рівняння регресії набуло вигляду:

$$y=12,751+0,4401x_1-5,4x_2-2,049x_3-0,31x_1^2-0,078x_2^2+0,0353x_3^2+0,038x_1x_2+0,143x_1x_3+0,005x_2x_3 \quad (3.24)$$

Перевірку гіпотези адекватності отриманого рівняння регресії проводили за критерієм Фішера. Розрахункове значення даного критерію при дисперсії неадекватності $S_{неад.}^2=3,102$ і дисперсії відтворюваності досліду $S_y^2=0,028$ становило $F^{розр.}=2,189$. Табличне значення критерію Фішера за прийнятого 5% значущості, згідно [19], склало:

$$F^{табл.}(0,05; f_2; f_1) = 19,38,$$

де $f_2 = 7$ – число ступенів вільності дисперсії неадекватності;

$f_1 = 2$ – число ступенів вільності дисперсії відтворюваності досліду.

Оскільки, $F^{розр.}=2,189 < F^{табл.}(0,05; f_2; f_1) = 19,38$, то гіпотеза адекватності рівняння регресії підтверджується.

Остаточне рівняння регресії із факторами у натуральному вигляді набуло вигляду:

$$S=14,751+0,401T-5,31\alpha-2,049l-0,31T^2-0,068\alpha^2+0,053l^2+0,08T\alpha+0,166Tl+0,005\alpha l \quad (3.25)$$

де T – товщина шару вороху мм,

α – кут нахилу пруткової поверхні град;

l – відстань між прутками мм.

Для відслідкування динаміки сепарування вороху бульб картоплі отриманим рівнянням регресії і побудовами поверхню відгуку (рис. 3.5).

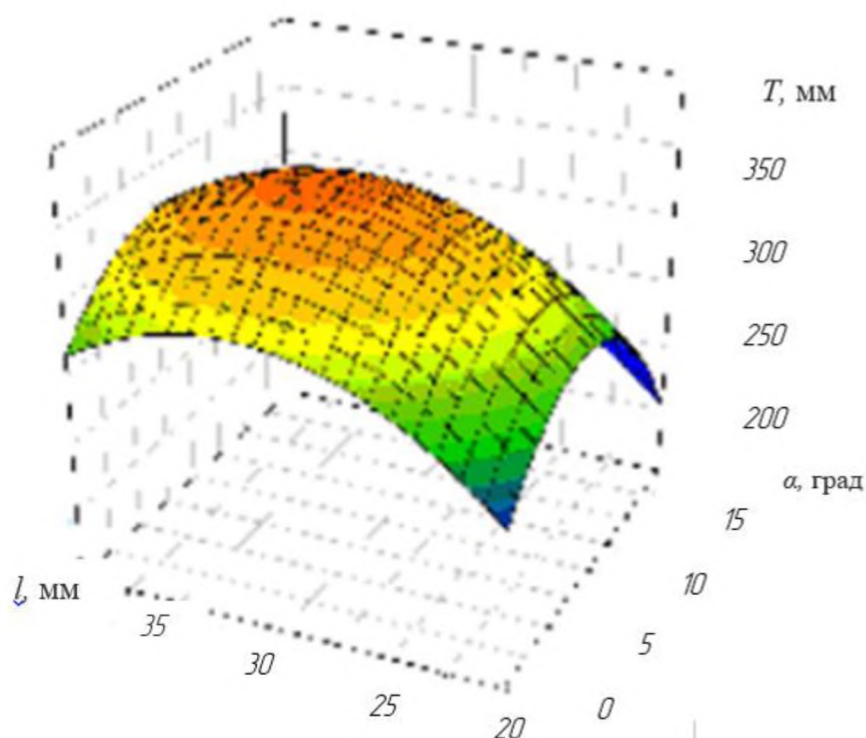


Рисунок 3.3. – Графічна залежність визначення оптимальних конструктивно-технологічних параметрів картоплекопалки для унеможливлення пошкодження бульб: кут нахилу пруткової поверхні α , товщина шару вороху T , та відстані між прутками l

3.5 Висновки до розділу 3

1. Кут тертя кочення зменшується зі зростанням маси бульб, причому цей вплив більш вагомий для бульб із наліпшим ґрунтом;

2. Закономірність впливу маси бульб на величину кута кочення описується лінійним законом із коефіцієнтом рандомізації, близьким до 0,9, що говорить про достовірність;

3. Проведені експериментальні дослідження за методикою багатофакторного експерименту стверджують, що суттєвий вплив на процес сапаратії мають: товщина шару вороху, кут нахилу пруткової поверхні та відстань між прутками.

4 РЕКОМЕНДАЦІ З ЕКСПЛУАТАЦІЇ МАШИНИ

4.1 Організація робіт із застосуванням машини

Експлуатація картоплезбиральної машини – це процес що передбачає і включає в себе використання машини за її призначенням, підтримання роботопридатності (технічне обслуговування) і забезпечення її функціонування (підготовка до використання і технічного обслуговування, технологічне обслуговування, зберігання і транспортування).

Специфіка картоплі, що визначається некомпактним розміщенням у ґрунті бульб та їхньою високою уразливістю, накладає підвищені вимоги до якості збиральних робіт. Особливість збирання картоплі полягає в тому, що вона, як практично і всі овочеві культури, погано зберігається в разі механічних пошкоджень бульб, які можливі за механізованого збирання. Тож перед механізацією збирання картоплі стоять такі вимоги, яких немає до інших культур, зокрема зернових та кормових.

Початок збирання та його тривалість мають бути диференційовані залежно від строків достигання сортів, призначення врожаю та стану посівів. Оптимальним строком початку збирання є підсихання чи відмирання бадилля. Завершити збирання потрібно тоді, коли середньодобова температура повітря не нижче 5°C.

Бульби збирають технічно стиглими з добре сформованим шкірним покривом. Насадження картоплі вважається готовим до збирання з початком природного відмирання бадилля. Якщо умови вегетаційного періоду були несприятливі (в ґрунті кисню менше 17%, несприятливі метеорологічні умови тощо) і шкірка на картоплі тоненька, обдирається, тоді потрібно подбати про її зміцнення. Для цього на ґрунтах суглинкового механічного складу за 10-15 днів до збиральної кампанії треба провести розпушування на глибину залягання бульб. Якщо стиглу картоплю збирали вручну і її не травмовано, то для тривалого зберігання викопані бульби можна відразу закладати в сховище, в якому утримується температура, рекомендована для даного сорту.

4.2 Характеристики робочих органів картоплезбиральної машини

Матеріали, застосовувані для виготовлення машини повинні відповідати вимогам стандартів та технічних умов.

Диски коліс повинні бути щільно притягнуті до маточини. Момент затяжки гайок – не менше 70 Н·м.

Запобіжна муфта на валу привода робочих органів повинна бути відрегульована на передачу крутного моменту 260 Н·м – 400 Н·м.

Приводи сепаруючого органу повинні прокручуватись вільно від руки без заїдання, при цьому полотна сепараторів не повинні чіплятись один одного.

Підшипники коліс, валів, приводів та інші вузли тертя при збиранні необхідно заповнити мастильними матеріалами.

4.3 Заходи по підготовці машин до роботи

Монтаж і складання картоплекопача.

Перед початком експлуатації машини потрібно провести роботу по її розконсервуванню: зняти упаковку, витерти мастило з зовнішніх поверхонь, протирати їх ганчіркою змоченою розчинами по ГОСТ 8505-80, ГОСТ 3134-78. Потрібно перевірити стан підлягаючих складанню збірних одиниць і деталей, виявлені дефекти усунути. Після цього, для перевірки правильності складання і регулювання механізмів, а також для припрацювання частин, які обертаються, необхідно обкатати. Обкатку слід проводити на рівній горизонтальній площині під наглядом досвідченого механіка.

Обкатку картоплезбиральної машини необхідно починати на малих обертах ВВП трактора. При цьому необхідно усувати всі несправності в роботі машини. Обкатку проводять на холостому ході на протязі 3...4 годин неперервної роботи. За час обкатки перевіряється робота всіх вузлів, справність і надійність всіх механізмів. Робочі органи комбайна повинні обертатися

плавно, без стуку поштовхів і ударів. Нагрівання редукторів і підшипникових вузлів після 40 год безперервної роботи повинна бути не більше 30°C вище температури навколишнього середовища.

Перевірка електрообладнання заключається в тому, щоб електролампочки ліхтарів і фар шасі загорілись одночасно з відповідними електроосвітлювальними і сигналізуючими приладами трактора при їх вмиканні.

Роботу ходової частини перевірити в русі на I-VIII передачах трактора.

3.4 Агротехнічні вимоги до збирання картоплі

Збирання картоплі – дуже трудомістка робота. На викопування 1га картоплі кінним плугом і підбирання вручну затрати праці становлять в середньому 18-20 людиго - днів. Використання тракторних картоплекопачів зменшує затрати до 8-10 людино-днів, а при збиранні картоплезбиральними комбайнами затрати праці зменшуються до 3-5 людино-днів. Картоплю необхідно зібрати до початку заморозків. Запізнення приводить до значних втрат.

Початок і продовження збирання картоплі визначають залежно від призначення картоплі, стану культури та наявності збиральної техніки. Для якісного збирання картоплі повинні забезпечуватись певні агротехнічні вимоги.

В період збирання в основному бадилля буває сухим, але при збиранні деяких пізніх сортів приходиться збирати не дочекавшись, поки бадилля висохне. Це значно ускладнює процес збирання. Для збирання і подрібнення бадилля використовують косарки-подрібнювачі (КНР-1,5Б).

При збиранні бадилля картоплі над поверхнею ґрунту, або вершиною гребеня висота зрізу не повинна перевищувати 20 см, повнота зрізування бадилля має складати не менше 80 %.

Картоплезбиральні машини повинні викопувати не менше 97-98 % бульб картоплі, відокремлювати їх від землі, бадилля та рослинних решток. При

цьому пошкодження бульб не повинно перевищувати 3-5 %, а при збиранні комбайнами – 4-10 %. Чистота зібраних бульб, що надходить від збирача, має становити не менше 80 %.

Всі бульби що знаходяться в ґрунті повинні бути викопані, кількість картоплі, що збирається після переорювання і боронування не повинна перевищувати 5-8%. Викопана картоплекопачами картопля повинна розміщуватись по поверхні поля вузькою полоскою. Основна маса бульб повинна бути відірвана від кореневої системи бадилля, що полегшує збирання і підвищує продуктивність праці.

Втрати бульб при викопуванні не повинні перевищувати 3%. Картоплекопачі і комбайни повинні викопувати бульби на глибині їх залягання до 22см та при ширині гнізда до 40см. Відхилення глибини ходу лемешів від встановленого значення допускається не більше ± 2 см.

3.5 Технічне обслуговування машини

Технічне обслуговування забезпечує справний стан і економічну роботу, попереджує зношування і поломку складових частин машин.

Система технічного обслуговування картоплезбиральної машини має планово-попереджувальний характер і включає:

- технічне обслуговування при транспортуванні;
- технічне обслуговування при експлуатаційній обкатці;
- обслуговування при виробничій експлуатації:
 - а) щозмінне технічне обслуговування (ЩТО);
 - б) технічне обслуговування №1 (ТО-1);
 - в) технічне обслуговування №2 (ТО-2);
- технічне обслуговування при зберіганні.

Періодичність технічного обслуговування через напрацювання картоплезбирального комбайна приведена в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Періодичність технічного обслуговування

Назва технічного обслуговування	Періодичність в мото-годинах
Технічне обслуговування при транспортуванні	При транспортуванні комбайна
Технічне обслуговування при експлуатаційній обкатці	При обкатці картоплезбирального комбайна
	10 (на початку кожної зміни)
Технічне обслуговування №1	60
Технічне обслуговування №2	240
Технічне обслуговування при зберіганні	Після закінчення сезону робіт викопування картоплі

В обов'язковому порядку виконуються очисно-мийні, змащувальні і перевірочні роботи, а також усунення несправностей, які знайдені в процесі технічного обслуговування.

При проведенні технічного обслуговування при транспортуванні перевіряють комплектність, технічний стан і надійність зовнішніх кріплень машини, помічені несправності усувають, при необхідності затягують різьбові з'єднання.

Технічне обслуговування при експлуатаційній обкатці починають з очистки машини від пилу, бруду і консерваційного мастила. Потім встановлюють на місце всі складові частини, які були зняті з машини при транспортуванні. Перевіряють комплектність, технічний стан і надійність зовнішніх кріплень машини, усувають знайдені несправності. При необхідності підтягують різьбові з'єднання і укомплектовують картоплекопач.

Перевіряють якість складання, а при необхідності відрегульовують натяги спряжень.

Обкатують копач на різних режимах. При обкатці перевіряють кріплення складальних одиниць, взаємодію рухомих частин та легкість ввімкнення і фіксації робочих органів.

При необхідності регулюють підшипники коліс, підтягують всі зовнішні різьбові з'єднання.

Щозмінне технічне обслуговування включає в себе наступні операції:

1. Очистка від пилу, землі складові частини машини;

2. При огляді перевіряють комплектність, технічний стан і надійність загвинчування зовнішніх кріплень. Знайдені несправності усувають, підтягують різьбові з'єднання;

3. Перевіряють стан підшипників та при необхідності зашприцують літолом або солідолом;

4. Прокручують машину на холостому ході і перевіряють взаємодію всіх складових частин машини та усувають всі несправності;

5. На початку зміни при необхідності проводять остаточне регулювання глибини викопування гребенів бульб.

При технічному обслуговуванні №1 робочі органи МТА очищають від пилу, землі. Оглядають машину для впевнення у відсутності підтікання оливи, вивчають причину, яка викликає підтікання і її ліквідовують. При огляді перевіряють комплектність, технічний стан і надійність зовнішніх кріплень. Перевіряють і при необхідності відрегульовують осьовий проміжок в підшипниках коліс. Нормальний проміжок в підшипниках – 0,2 мм; допустимий без регулювання – 0,5 мм. Відрегульовують натяг спряжень. Перевіряють легкість обертання і при необхідності усувають заїдання валів. Перевіряють, а при необхідності заізолюють пошкоджені місця електропроводки.

Змащують, шарніри карданних передач підшипників. Прокручують копач на холостому ході і перевіряють взаємодію складових частин, а також проводять остаточне регулювання машини.

Технічне обслуговування №2 проводять за наступною схемою:

1. Очищають від пилу, землі робочі органи.

2. Оглядають копач впевнюються у відсутності підтікання.

3. При огляді перевіряють комплектність, технічний стан і надійність затягування зовнішніх кріплень машини та усувають знайдені несправності.

4. Перевіряють і при необхідності регулюють осьовий проміжок в підшипниках.

5. Перевіряють легкість обертання і при необхідності усувають заїдання підтримуючих валів.

6. Перевіряють мащення вузлів.

7. Прокручують машину на холостому ході і перевіряють взаємодію складових частин машини. Проводять технічне обслуговування машини згідно інструкції.

Технічне обслуговування при зберіганні включає в себе наступні операції:

1. Очистка від бруду робочі органи, прутки, диски, шини коліс, леміш.

2. Перевірка зовнішнім оглядом технічного стану машини і придатність її до подальшої експлуатації без ремонту. Якщо машина не потребує ремонту, то її готують до зберігання.

3. Ліквідація всіх несправностей, які були знайдені при огляді.

4. Знімання сепараторів, їх очистка, обдування стисненим повітрям і покриття захисним розчином, після чого встановлення на машину.

5. Знімання шатунів, валу, ексцентриків – очистка, промивання в керосині, просушування і проварювання в оліві. Змотування їх в мотки і здача на склад на зберігання.

6. Знімання опорного колеса і здавання його на зберігання. Зменшення тиску повітря в шинах і їх покриття світлозахисним розчином.

7. Встановлення машини на підставки.

8. Перекривання вентилів коліс ковпаками і обгортання їх ізоляційною стрічкою.

9. Покриття захисним розчином всіх непофарбованих частин картоплекопача.

10. Видалення з деталей пошкодженого шару фарби, зачищення поверхні, після чого відновлення лакофарбового покриття.

11. Перевірка комплектності інструмента, складання опису і передачі на склад для зберігання.

12. Оформлення акту "приймання-здачі" встановленої форми, де вказано інвентарний номер, технічний стан і комплектність машини, здача машини особі, яка відповідає за його зберігання.

Середня тривалість і трудомісткість технічного обслуговування приведено в табл. 3.2

Таблиця 4.2 – Середня оперативна тривалість і трудомісткість технічного обслуговування

№п/п	Види технічного обслуговування	Тривалість, год	Трудомісткість, люд. –год
1.	<i>Технічне обслуговування при транспортуванні</i>	4,5	5,2
2.	Технічне обслуговування при експлуатаційній обкатці	8,1	10,5
3.	Щозмінне технічне обслуговування	0,33	0,41
4.	Технічне обслуговування № 1	1,28	1,77
5.	Технічне обслуговування №2	2,0	2,83
6.	Технічне обслуговування при зберіганні	-	19,0

Технічне обслуговування вузлів і агрегатів картоплекопача проводитимуть в ремонтній майстерні.

Ремонтна майстерня містить стелаж з контейнерами, в яких розміщені діагностичні прилади і пристосування; електро шафу, всередині якої змонтована електроапаратура; точильний апарат; шафи для транспортування кисневих балонів і ацетиленового генератора; тиски; верстаки для розміщення інструменту, пристосувань, запасних частин і матеріалів, слюсарного та ріжучого інструменту; сведильний верстат.

Всі вимірювальні прилади знаходяться на кришці електрошафи, де розміщені загальні кнопки включення, пускач для вмикання перетворювача частоти, ручка регулятора напруги, кнопка сигналу захисту вмикачі освітлення і вентилятора. Крім того на панелі містяться запобіжники сведильного верстата і точильного апарата.

4.6 Підготовка поля до роботи

Для забезпечення високої якості виконання сільськогосподарських робіт та високопродуктивного використання машино-тракторного агрегату особливе значення має своєчасна і правильна підготовка поля до роботи. Досвід показує, що для роботи агрегатів найвигіднішими є великі ділянки, на яких можна працювати протягом тривалого часу з найвищою продуктивністю і найменшою витратою пального.

При підготовці поля до роботи слід його оглянути з метою усунення перешкод, які негативно впливають на якість виконання операцій і продуктивність агрегатів, а також вибрати напрям і спосіб руху. При цьому враховують агротехнічні вимоги до операції та особливості агрегату.

Поле на загінки потрібно розбивати так, щоб довгі сторони були паралельні і після обробітку загінки не залишалися клини, обробіток яких пов'язаний з великою кількістю поворотів, в наслідок яких перевитрачається паливо. Крім того, непаралельність сторін загінки призводить до збільшення кількості огріхів та до зниження якості роботи і продуктивності агрегату.

При виборі способу руху потрібно врахувати вид робіт, форму поля і довжину гонів. Способи руху поділяють на гоніві діагональні та кругові. Вибраний спосіб повинен забезпечити найбільшу продуктивність і економічність роботи агрегату, а також обов'язкове дотримання агротехнічних вимог. В нашому випадку для ефективної роботи копача спосіб руху вибираємо човниковий і безпетлевий поворот з прямолінійною ділянкою.

При цьому перед початком збирання бульб поле розділяють на ділянки, на кожній з яких виділяють чотири загінки з парною кількістю рядків (16...20). Межі ділянок і загінок повинні проходити по стикових міжряддях (позначають їх кілочками). Якщо немає виїзду для повертання агрегату, відбивають поворотні смуги. Для раціонального використання копача повинен збирати одночасно картоплю із 1 та 3 загінок, а потім із 2 та 4 (рис. 4.1.).

При безпетлевих поворотах (рис. 4.1) ширина поворотної смуги визначається за формулою:

$$E = Y_n + e + 0,5 \cdot d_a, \quad (4.1)$$

де Y_n - ордината повороту, м;

e - довжина ділянки входу в поворот, м;

d_a - кінематична ширина агрегату, $d_a = 1,6$ м.

Ордината повороту рівна:

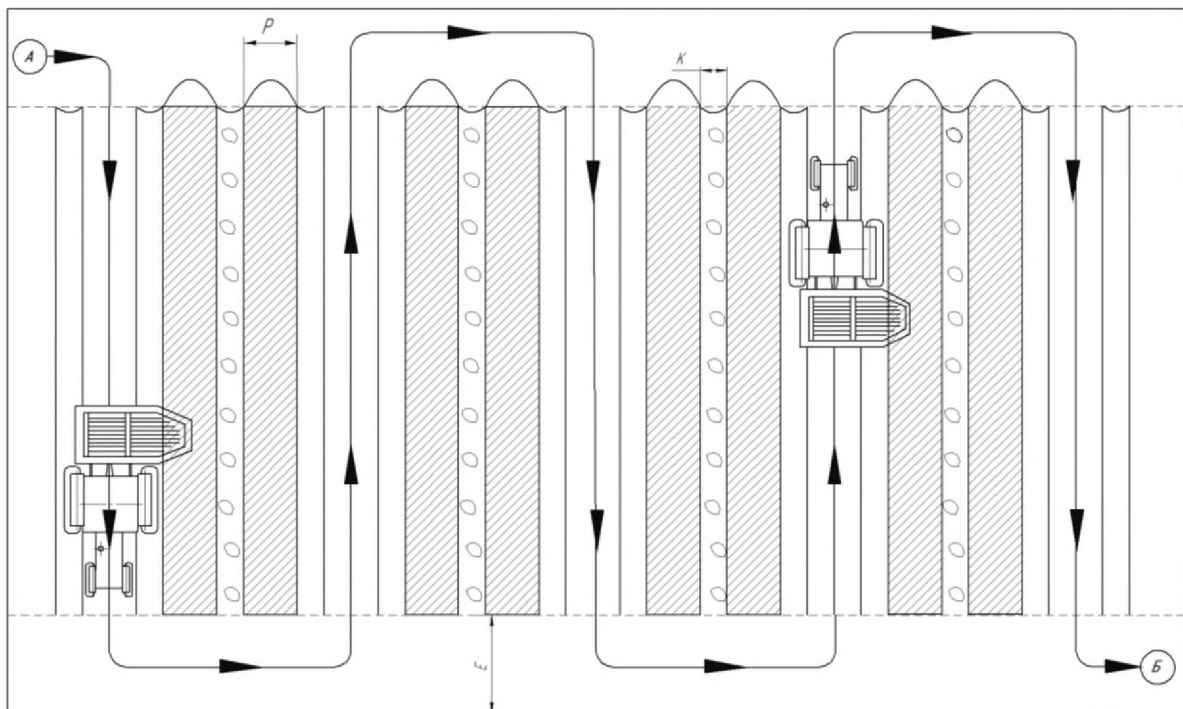


Рисунок 4.1 – Схема організації руху картоплекоплки по полю

$$Y_n = 1,1 \cdot R_\phi, \quad (4.2)$$

де R_ϕ - дійсний радіус повороту агрегату, м.

Дійсний радіус повороту визначають за формулою

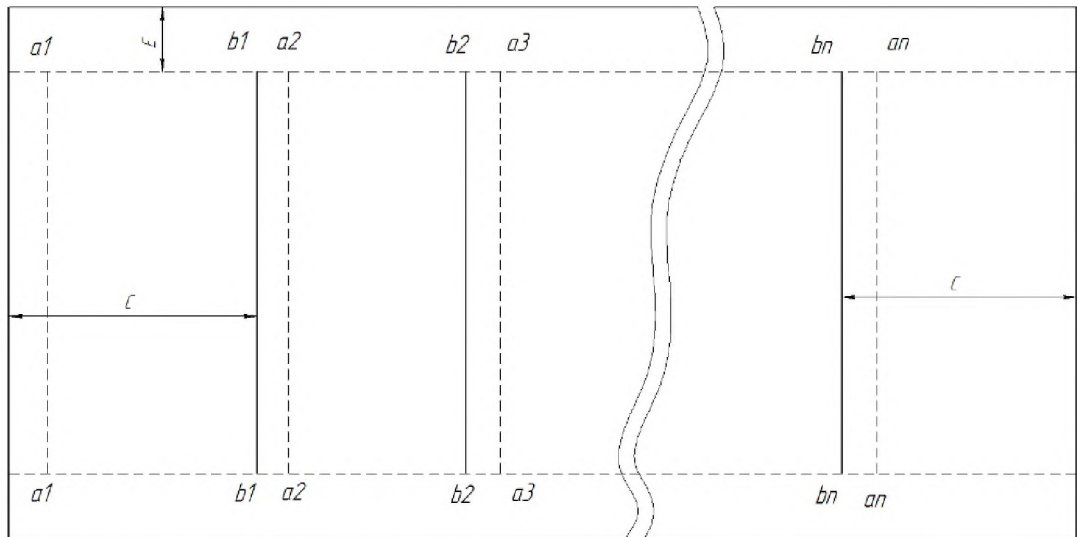


Рисунок 4.2 – Схема розбивки поля

$$R_{\phi} = K_p \cdot R_K, \quad (4.3)$$

де R_K - конструктивний радіус повороту, для тракторів класу тяги 1,4 кН
 $R_K \approx 3\text{ м}$;

K_p - коефіцієнт збільшення конструктивного радіусу.

Коефіцієнт збільшення конструктивного радіусу розраховують за формулою:

$$K_p = 1 + B_p \cdot V_p, \quad (4.4)$$

де $V_p = 1,4\text{ м/с}$ - швидкість руху агрегату;

B_p - коефіцієнт швидкості, при $V_p = 1,4\text{ м/с}$ $B_p = 0,12\text{ с/м}$.

Тому отримаємо

$$K_p = 1 + 0,12 \cdot 1,4 = 1,17,$$

$$R_{\phi} = 1,17 \cdot 3 = 3,51\text{ м},$$

$$Y_n = 1,1 \cdot 3,51 = 3,86\text{ м}.$$

Довжина входу в поворот становить:

$$e = 0,5 \cdot l_a, \quad (4.5)$$

де $l_a = 7,2\text{ м}$ - кінематична довжин агрегату.

Тоді $e = 0,5 \cdot 7,2 = 3,6\text{ м}$

Ширина поворотної смуги становитиме

$$E = 3,86 + 3,6 + 0,5 \cdot 1,6 = 7,39 \text{ м}$$

Визначаємо ширину поворотної смуги у кількості рядків

$$E_p = \frac{E}{B_m} = \frac{7,39}{0,6} = 12,3, \quad (4.6)$$

де $B_m = 0,6 \text{ м}$ - ширина міжрядь картоплі.

Отримане значення заокруглюємо до цілого парного числа. Таким чином ширина поворотної смуги повинна становити 14 рядків, або 8,4 м.

4.7 Висновки до розділу 4

1. Запропоновані кінематична, функціональна і принципова схеми дозволяють виконувати технологічну документацію на проектування однорядної картоплекопалки, а також дають достовірні визначення всіх механізмів і деталей які комплектують дану машину.

2. Інтенсифікувати процес викопування бульб можливий за рахунок використання коливного механізму пруткової поверхні сепаратора.

3. Правильний вибір способу руху агрегату являється основним фактором зменшення витрат палива. Запропонований метод розбивки поля на загінки та вдосконалена схема руху МТА дасть можливість знизити кількість проходів, а також інтенсифікувати процесу викопування бульб.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. У кваліфікаційній роботі магістра представлено теоретичне узагальнення і нове вирішення науково-прикладної задачі, яка полягає у розширенні функціональних можливостей однорядної картоплекопалки.

Дослідження технологічного процесу викопування і сепарації бульб дозволило розкрити його фізичну суть і теоретично обґрунтувати доцільність використання коливної поверхні.

2. Розроблена математична модель процесу сепарації вороху бульб коливною прутковою поверхнею.

3. При проведенні лабораторних досліджень визначали засміченість вороху бульб при викопуванні.

4. Проведені експериментальні дослідження за методикою багатofакторного експерименту стверджують, що суттєвий вплив процес сепарації вороху мають: кут нахилу пруткової поверхні, відстань між прутками і товщина шару вороху. За збільшення кута нахилу, у досліджуваних межах, сепарація погіршується, але не досить активно, тому оптимальний кут нахилу становитиме $9..12^\circ$.

5. На основі комплексу теоретичних і експериментальних досліджень розроблено нову конструкцію однорядної картоплекопалки. Розрахунок економічної ефективності свідчить про доцільність її використання

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Гевко Б.М. Технологія сільськогосподарського машинобудування. / Б.М Гевко - К.: Кондор, 2006. – 486 с
2. Старовойтов В.І., Кулькин А.І. зниження втрат бульб при збиранні // Картопля і овочі –2005 – №4.
3. Боричев С.Н. Машини технології збирання бульб з застосуванням сучасних копачів: автореф. дис д-ра техн. наук: спец. 05.20.01 - „Технології і засоби механізації сільського господарства" С.Н. Боричев - К 2008.
4. Долгов И.А. Посібник сільськогосподарські машини (конструкція, теорія, розрахунок): Посібник. – К: Вид. центр ДГТУ, 2003. – 707 с.
5. Максимов Л. М. Новий мини-комбайн для збирання бульб. // Тракторі і сільськогосподарські машини, 2007. - № 3.
6. Петров Г.Д. Картоплезбиральні машини . - К.: Маш. буде, 1994. - 320 с.
7. Пасаман Б.Ф., Гунько Ю.Л., Пасаман О.Б., Смолінський С.В. Теоретичне дослідження руху бульби картоплі по поверхні робочого органа картоплекопача // Сільськогосподарські машини. Зб. наук. ст., Вип. 13. – Луцьк: ред.-вид. відділ ЛДТУ. – 2005. – С. 147-152.
8. Синій С. В. Тенденції розвитку однорядної картоплезбиральної техніки / С. В. Синій, Р. Б. Гевко // Вісник Львівського національного аграрного університету 2011. –№ 15. С. 379 -390.
9. Думич В. Аналіз конструкцій технічних засобів для комбайнового збирання картоплі / В. Думич, Я. Сало // Техніка і технології АПК. – 2013.
10. Думич В.В. Дослідження ефективності роботи картоплезбиральних машин на різних площах посадок / В.В. Думич, Вісник Львівського НАУ 2011. –№ 15. С. 123 132.
11. Я. Сало, В. Думич Техніко-економічний аналіз способів збирання картоплі // Техніко-техлогічні аспекти розвитку та випробування нової

техніки і технологій для сільського господарства України. Збірник наукових праць. Випуск 8 (22). Книга 1. Дослідницьке 2005.

12. Комарістов В.Ф. Сільськогосподарські машини. В.Ф. Комарістов, М.Ф. Дунай – К.: Вища школа, 1987.

13. Петров Г.Д. Картоплезбиральні машини. Г.Д. Петров – К.: Маш. буд, 1984. – 320 с.

14. Розрахунок і конструювання валів. Навчально-методичний посібник Д.М. Коновалюк, Р.М. Ковальчук. – Луцьк. ЛДТУ, 2003.

15. Сай В. А. Експлуатація сільськогосподарських машин / Методичні вказівки до виконання практичних робіт. В. А. Сай – Луцьк: ЛДТУ, 2002.

16. Теорія, конструкція, розрахунок сільськогосподарські машини / под ред. Е.С. Босого. – К.: Маш. буд, 1997.

17. Листопад Г.Е. Сільськогосподарські машини / Г.Е. Листопад, Г.К. Демидов и др. К.: Агро, 1996

18. Бжезовска, А.И. Дослідження опору клубнів бульб механічні пошкодження, утворювані механічним навантаженням: дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01 / А.И. Бжезовска. – Вінниця, 1998. – 167 с.

19. Голіков, О.О. Удосконалення технологічного процесу і робочого органу сепарації картоплезбиральних машин: дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01 / Голіков О.О. - К, 2014.- 138 с.

20. Константинов, М.М. Обґрунтування параметрів вібраційних картоплекопальних машин [Текст] / М.М. Константинов, С.Н. Дроздов, Д.П. Юхин // К. – 2012.

21. Максимов, Л. М. Розробка і обґрунтування параметрів малогабаритних модульних бульблзбиральних машин роторного типу: дис. д-ра. техн. наук: 05.20.04 / Максимов Леонід Михайлович. - К, 2006.-77с.

22. Саврасова, Н.Р. Визначення максимальних навантажень в області дотику бульб при ударі / Н.Р. Саврасова // Вістник ЛНТУ. - 2012.

ДОДАТКИ

