

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 садіння картоплі з удосконаленням саджалки»

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

Тарасюк Д.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник

Дідух В.Ф.

(прізвище та ініціали)

Гарант ОП

Хомич С.М.

(прізвище та ініціали)

Рецензент

Голій О.В.

(прізвище та ініціали)

Луцьк 2025

**ЛУЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ**

Факультет	<i>аграрних технологій та екології</i>
Кафедра	<i>аграрної інженерії ім. проф. Г.А.Хайліса</i>
Галузь знань	<i>20 Аграрні науки та продовольство</i>
Освітній ступінь	<i>магістр</i>
Спеціальність	<i>208 Агроінженерія</i>
Освітньо-професійна програма	<i>Агроінженерія</i>

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Завідувач кафедри аграрної інженерії  
ім. проф. Г.А.Хайліса

доцент, к.т.н. \_\_\_\_\_ С.М. Хомич  
«01» липня 2025 р.

**ЗАВДАННЯ  
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРАНТУ**

Тарасюку Дмитру Вікторовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Дослідження процесу садіння картоплі з удосконаленням саджалки

керівник роботи Дідух Володимир Федорович, професор, д.т.н.

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

затверджена наказом ЛНТУ від «01» липня 2025 р. № 459/01-07

2. Термін здачі студентом роботи \_\_\_\_\_

3. Вихідні дані до роботи \_\_\_\_\_

4 Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

1. Титульний аркуш .
2. Завдання на роботу магістра.
3. Реферат.
4. Зміст.
5. Вступ.
6. Основну частину.
7. Загальні висновки.
8. Перелік джерел посилань.
9. Додатки

## 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. Планування та результати експерименту з використанням математичного методу планування	1 лист
6. Схема експериментальної установки чи досліджуваної машини (функціональна або принципова)	1 лист
7. Складальне креслення розроблюваного чи удосконаленого вузла	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	01.07. – 16.07.2025 р.	
2	Обґрунтування конструкції і теоретичні дослідження	20.08 – 31.08.2025 р.	
3	Розробка схеми експериментальної установки чи досліджуваної машини	01.09 – 30.09.2025 р.	
4	Розробка програми і методики експериментальних досліджень	01.10 – 15.10.2025 р.	
5	Реалізація та обробка результатів експериментальних досліджень	01.10 – 15.10.2025 р.	
6	Експериментальні дослідження з використанням математичного методу планування	15.10 – 01.11.2025 р.	
7	Розробка креслення розроблюваного чи удосконаленого вузла	01.11 – 15.11.2025 р.	
8	Узагальнення результатів та оформлення пояснювальної записки	15.11 – 25.11.2025 р.	
9	Оформлення ілюстративного матеріалу для захисту магістерської роботи	15.11 – 25.11.2025 р.	
10	Нормоконтроль	до 04.12.2025 р.	
11	Представлення кваліфікаційної роботи на перевірку на плагіат	04.12.– 14.12.2025 р.	

Студент

\_\_\_\_\_ (підпис)

Тарасюк Д.В.

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

\_\_\_\_\_ (підпис)

Дідух В.Ф.

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

Гарант ОПП

\_\_\_\_\_ (підпис)

Хомич С.М.

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

## АНОТАЦІЯ

Тарасюк Д.В. Тема роботи: Дослідження процесу садіння картоплі з удосконаленням саджалки. Рукопис

Кваліфікаційна магістерська робота за освітньої програми Агроінженерія спеціальності 208 Агроінженерія. Луцький національний технічний університет, Луцьк, 2025.

Кваліфікаційна робота магістра складається з анотації, вступу, чотирьох розділів, загальних висновків, переліку джерел посилань, додатків (згідно структури кваліфікаційної роботи бакалавра, представленої в методичних рекомендаціях, затверджених кафедрою аграрної інженерії імені професора Г.А. Хайліса).

Робота направлена на дослідження процесу садіння картоплі та удосконалення саджалки з детальною розробкою дозуючого пристрою.

В кваліфікаційній магістерській роботі проведено детальний огляд джерел посилань та сформульовано завдання досліджень. Зроблено аналіз технології садіння картоплі та запропоновано конструкцію модульного картоплесадильного модуля, проведено обґрунтування запропонованої технології садіння картоплі з одночасним снесенням органічних добрив та визначено технологічні параметри картоплесадильного модуля та теоретично обґрунтовано процес перекочування бульб по різних поверхнях. Було визначено фізико-механічні властивості картоплі, визначено кути тертя картоплі по сталі та кути перекочування для картоплі різних сортів, форми та геометричних розмірів. Проведено планування експерименту з використанням математичного методу планування.

Ключові слова: технологія вирощування, картоплесадильний модуль, саджалка, картопля, органічні добрива, машина, дозуючий пристрій, шнек, ґрунт

## ABSTRACT

Tarasiuk D.V. Topic of work: Research of the process of planting potatoes with improvement of the planter. Manuscript

Qualifying master's thesis under the educational program Agroengineering specialty 208 Agroengineering. Lutsk National Technical University, Lutsk, 2025.

The qualification master's thesis consists of an abstract, introduction, four sections, general conclusions, a list of reference sources, appendices (according to the structure of the bachelor's qualification thesis, presented in the methodological recommendations approved by the Department of Agricultural Engineering named after Professor G.A. Khailis).

The work is aimed at studying the process of planting potatoes and improving the planter with a detailed development of a dosing device.

The qualification master's thesis provides a detailed review of reference sources and formulates research tasks. The technology of planting potatoes was analyzed and the design of a modular potato planting module was proposed, the proposed technology of planting potatoes with simultaneous removal of organic fertilizers was substantiated, the technological parameters of the potato planting module were determined, and the process of rolling tubers on different surfaces was theoretically substantiated. The physical and mechanical properties of potatoes were determined, the friction angles of potatoes on steel and the rolling angles for potatoes of different varieties, shapes and geometric sizes were determined. The experiment was planned using the mathematical planning method.

Keywords: cultivation technology, potato planting module, planter, potatoes, organic fertilizers, machine, dosing device, auger, soil

## ЗМІСТ

АНОТАЦІЯ.....	3
ABSTRACT.....	4
ЗМІСТ .....	5
ПЕРЕЛІК ТЕРМІНІВ.....	7
ВСТУП.....	8
<b>1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ ЗА ТЕМОЮ ТА ФОРМУВАННЯ</b>	
<b>ВИХІДНИХ ДАНИХ.....</b>	<b>12</b>
1.1 Історичні аспекти, роль картоплярства та особливості технологій вирощування картоплі .....	12
1.2 Аналіз технічних засобів для садіння картоплі.....	19
<b>Висновки до розділу 1.....</b>	<b>25</b>
<b>2. ОБГРУНТУВАННЯ КОНСТРУКЦІ І ТЕОРЕТИЧНІ</b>	
<b>ДОСЛІДЖЕННЯ.....</b>	<b>26</b>
2.1 Обґрунтування технології садіння картоплі з локальним внесенням твердих органічних добрив.....	26
2.2. Технологічний розрахунок картоплесадильного модуля.....	33
2.3 Теоретичні дослідження процесу кочення картоплі кулястої форми по робочій поверхні .....	34
2.4. Обґрунтування конструктивних параметрів картоплесадильного модуля.....	39
<b>Висновки до розділу 2 .....</b>	<b>40</b>
<b>3 ПРОГРАМА, МЕТОДИКА І РЕЗУЛЬТАТИ</b>	
<b>ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ .....</b>	<b>42</b>
3.1. Програма експериментальних досліджень.....	42
3.2 Прилади, апаратура та спеціально виготовлене лабораторне обладнання для проведення дослідів.....	44

3.3 Методики проведення дослідів з визначення фізико-механічних властивостей картоплі та визначення основних параметрів запропонованої машини.....	49
<b>Висновки до розділу 3.....</b>	<b>53</b>
<b>4 РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ</b>	
<b>МЕТОДОМ МАТЕМАТИЧНОГО ПЛАНУВАННЯ .....</b>	<b>54</b>
4.1 Методика визначення раціональних конструктивних параметрів садильного апарату картоплесаджалки .....	54
<b>Висновки до розділу 4.....</b>	<b>57</b>
<b>ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....</b>	<b>58</b>
<b>ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ .....</b>	<b>59</b>
<b>ДОДАТКИ.....</b>	<b>62</b>

## ПЕРЕЛІК ТЕРМІНІВ

**Саджалка** - сільськогосподарська машина або знаряддя для механічного садіння бульбових (наприклад, картоплі) чи цибулинних рослин (наприклад, тюльпанів), розсади (капусти, селери, тютюну, рису), сіянців дерев.

**Пристрій** - це сукупність технічних засобів, окремий технічний засіб або його складова частина, які призначені для виконання однієї або кількох заданих функцій. Штучний об'єкт, що має внутрішню структуру, створений для виконання певних функцій, зазвичай в галузі техніки (технічний пристрій).

**Дослід (або експеримент)** - це процес відтворення певного явища або спостереження за ним у контрольованих умовах з метою вивчення, перевірки гіпотези, отримання нових знань чи встановлення причинно-наслідкових зв'язків, що є ключовим елементом наукового пізнання. Це активна взаємодія з об'єктом дослідження, на відміну від пасивного спостереження, і може бути частиною ширшого дослідження.

**Машина** (від лат. *machina*, від дав.-гр. *Μηχανή* - пристрій, засіб, знаряддя) - технічний об'єкт, який складається із взаємопов'язаних функціональних частин (деталей, вузлів, пристроїв, механізмів та ін.), що використовує енергію для виконання покладених на нього функцій. Традиційно, під машиною розуміють технічну систему, яка виконує або допомагає у виконанні якогось виду роботи.

**Органічні добрива** - добрива, що містять елементи живлення рослин переважно у формі органічних сполук. До них відносять гній, компости, торф, тирса, солома, зелене добриво, мул (сапропель), промислові та господарські відходи та ін.

**Картопля** - (*Solanum tuberosum*), діал. б'ульба, бараболя - вид рослин родини пасльонових, поширена сільськогосподарська культура, яку в народі називають «другим хлібом»; одна з найважливіших продовольчих, технічних і кормових культур.

## ВСТУП

**Актуальність теми** Основою сталого розвитку суспільства – є його забезпечення якісними продуктами харчування. Тому створення високоефективного агропромислового комплексу та постійне вдосконалення та впровадження новітніх технологій вирощування сільськогосподарських культур неможлива продовольча безпека. Ці критерії повинні займати важливе місце в розвитку народного господарства України, тому, що при якісному веденні сільського господарства можна до надходження третини національного доходу. В аграрному секторі сконцентровано до 17,5% основних фондів матеріального забезпечення України.

Україна - одна з провідних країн де вирощують картоплю. Вирощування картоплі повинно бути реалізоване з застосуванням методів органічного землеробства в Україні набуває великого значення, тому що споживачі надають перевагу екологічно чистим видам продуктів і надають перевагу при споживанні.

Картопля – це одна з небагатьох культур, що широко використовується в харчовій промисловості (для приготування їжі для людей, корму для тварин) та широко використовується, як сировина в інших галузях промисловості [1,2,3]. Картопля – культура, яку можна одночасно віднести до овочевих, технічних і кормових культур. Картоплю вирощують більш як 160 країн світу майже на всіх континентах. Найбільше картоплі вирощують в Китаї – до 99,1 млн. т, а це складає 21% від загальної кількості вирощеної картоплі. Індія вирощує 43,8 млн. т картоплі, чи 9%, При аналізі джерел, які дають статистику по виробництві Україна (до 15 % європейського та 6% світового об'єму) постійно потрапляє до 5 країн - найбільших виробників картоплі.

Картопля - це одна з культур в Україні, яку в основному вирощують на власних присадибних ділянках. До 98% виділених площ під дану культуру припадає на малі приватні господарства. При чому вони є основними виробниками картоплі в Україні через постійне самозабезпечення приватних господарств та пошук додаткового прибутку та низький рівень життя населення. Розвиток малих

приватних сільськогосподарських підприємств суттєво не вплинув на загальний обсяг виробництва картоплі через їх низьке технічне забезпечення, низький рівень впровадження новітніх технологій вирощування картоплі та не достатнє використання якісних сортів картоплі.

Вирощування картоплі та рівень його технічного забезпечення вкрай незьке. В Україні галузь картоплярства відкинута до рівня городництва, де в основному найбільше використовується ручна праця.

Проте для забезпечення високих врожаїв картоплі навіть в невеликих фермерських господарствах має бути забезпечене ефективне використання спеціалізованої техніки, використання сортів картоплі, які дадуть хороший врожай, забезпечення кваліфікованими кадрами, та організації підходів роботи, що часто не дотримується.

При вирощуванні картоплі варто зауважити, що сорти картоплі бувають технічного призначення (крохмаль, спирт); від їх кулінарного використання (смаження, супів, для пюре, салатів,), терміну їх дозрівання (ранньостиглі, середньостиглі, пізньостиглі -на зберігання), вмісту крохмалю в бульбах(низькокрохмальні - для смаження, висококрохмальні - для пюре), для приготування кормів худобі, для вирощування на певних ґрунтах (на піщаних ґрунтах). При виборі сортів, варто враховувати вміст крохмалю в бульбах та термін дозрівання.

Україна займає третє місце в світі за споживанням картоплі на душу населення та становить 136 кг. Але це скоріше вказує не так любов до споживання картоплі, як низький рівень життя населення. Завдяки цьому картоплю можна вважати як продукт щоденного споживання та другим хлібом. Але при цьому варто пам'ятати, (згідно з редакцією журналу «Агросвіт України») вважається, що понад 90% картоплі на ринках України - непридатна для споживання. Тому варто досліджувати та впроваджувати технології вирощування картоплі з застосуванням органічних добрив, що якість отриманої продукції, сприятимуть збереженню родючості ґрунтів та підвищать собівартість вирощеної продукції.

В зв'язку з занепадом галузі тваринництва і як наслідок нестачу органічних добрив, використання інтенсивних технологій при вирощуванні картоплі не дозволяє вирощувати органічну картоплю. Найбільш ефективним добривом є підстилковий гній ВРХ, який має необхідні макро - і мікроелементи для підвищення родючості ґрунтів, але його кількість недостатня. Тому вести пошук виробництва нових видів органічних добрив та розробляти технології внесення їх в ґрунт. Найбільш ефективним та раціональним методом є локальне внесення. Для Волинської області саме такими добривами мають стати озерні сапропелі – донні відкладення прісноводних озер. Застосування цих добрив вимагає впровадження в технологію вирощування використання нових машин для підготовки полів під посадку картоплі, садіння картоплі з одночасним внесенням забезпечуючи всі агротехнічні вимоги.

Саме тому тема кваліфікаційної роботи є досить актуальною а проведені дослідження мають наукове та практичне значення.

**Мета роботи та завдання досліджень.** Удосконалити технологію вирощування картоплі та розробити конструкцію картоплесадильного модуля з одночасним внесенням органічних добрив.

Завдання досліджень:

- провести аналіз існуючих технологій вирощування картоплі;
- провести аналіз технічного забезпечення технологічного процесу садіння картоплі;
- провести обґрунтування конструктивних параметрів картоплесаджалки та дозуючого пристрою;
- запропонувати методику проведення експериментальних досліджень;
- розробити функціональну картоплесадильного модуля та принципову схему картоплесаджалки;
- розробити конструкцію дозуючого пристрою.

**Об'єкт дослідження.** Процес садіння картоплі з застосуванням шнекового дозуючого пристрою.

**Предмет дослідження.** Технологія вирощування картоплі, вплив конструкції висаджувального робочого органу на якість висаджування картоплі.

**Методи дослідження.** Теоретичні дослідження з визначення основних параметрів машини проводили з застосування методів з врахуванням елементів теоретичної механіки, фізики, вищої математики та математичної статистики. Експериментальні дослідження проводились за стандартними методиками в лабораторії кафедри аграрної інженерії імені професора Г.А.Хайліса. Для проведення експериментального дослідження викирстовувавсь метод математичного планування експерименту.

**Практичне значення одержаних результатів.** Запропоновано конструкцію картоплесадильного модуля, теоретично визначено основні технологічні та конструктивні параметри картоплесаджалки,

**Апробація роботи.** Результати досліджень було представлено на всеукраїнських конкурсах наукових робіт, студентських науково-технічних конференціях ЛНТУ, опубліковано статтю Дослідження садильного апарату картоплі пасивного типу. Зб. наук. статей «Сільськогосподарські машини», 2020 р., Тези XXI МНК «Сучасні проблеми землеробської механіки», присвяченні 90-річчю ХНТУСГ та 120-й річниці з дня народження академіка П.М. Василенка, «Механізація садіння картоплі для виробництва органічної продукції» м. Харків. 2020р., отримано патент на КМ України №143095 "Машина для садіння картоплі з одночасним внесенням органічних і мінеральних добрив " опубл. 10.07.2020, бюл. №13, опубліковано тези науково-технічної конференції присвяченій пам'яті проф. Б.М. Гевка «Картоплесаджалка для вирощування органічної картоплі», м. Тернопіль, 2021 р.

## РОЗДІЛ 1.

### ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ ЗА ТЕМОЮ ТА ФОРМУВАННЯ ВИХІДНИХ ДАНИХ

1.1 Історичні аспекти, роль картоплярства та особливості технологій вирощування картоплі

Перша поява картоплі в Європі датується 1553 роком. Вона стала вирощуватися в Італії, Іспанії, Австрії, Бельгії та інших країнах Європи. На теренах України картопля вперше появилась на Лівобережжі Дніпра, а згодом - у Волинській, Київській та Подільській губерніях. Вирощування її широко розповсюджувалось територіями та вплив на розвиток сільського господарства та економіку.



Рисунок 1.1 – Насадження картоплі гребневим способом

Вирощування картоплі стало позитивним ресурсом для селян. Забезпечуючи високу врожайність та здатність адаптуватися до природньо-кліматичних умов, різних типів ґрунтів, вона зайняла стійке місце при вирощуванні різних культур в селянських господарствах. Вона стала основним джерелом харчування та важливим продуктом, який закладався на зберігання на зиму. Можливість до зберігання картоплі стало значним чинником в боротьбі з голодом, забезпеченні продуктами харчування в зимовий період та при низькому врожаї інших культур.

Бульби картоплі багаті вітамінами, вуглеводами та мінералами, роблять її важливим джерелом енергії для людей та тварит. Бульби вміщують в собі вітаміни групи В, вітаміни групи С, елементи фолієвої кислоти та мінерали – калій, магній. Складники бульб забезпечують нормальну роботу організму та підвищують імунітет людей. Вони є чудовими постачальниками калію та інших мінералів, які підтримують роботу серця, нервової системи, нормалізують водний баланс. Магній, - сприяє зміцненню кісток, покращує роботу м'язів . Вміст клітковини забезпечує здорове травлення та роботу кишечника, нормалізує рівень цукру та зменшує появу захворювань травної системи. Споживання картоплі роблять картоплю однією з ключових складових збалансованого харчування та здорового способу життя.

Споживання картоплі стало важливим при харчуванні людей, відгодівлі в тваринництві та набуло технічного використання в інших галузях промисловості. Картоплю широко використовують в тваринництві, згодовують її в сирому чи запареному стані. Відходи від переробки картоплі, мають велике кормове значення. Для прикладу - 100 кг сирої картоплі відповідає 29,5 кормових одиниць, сушених вичавків – 52, силосу отриманого від переробки – 8,5 кормових одиниць. При її вирощуванні для згодовування забезпечує понад 5,5...6 тис. к. о. з 1 га.

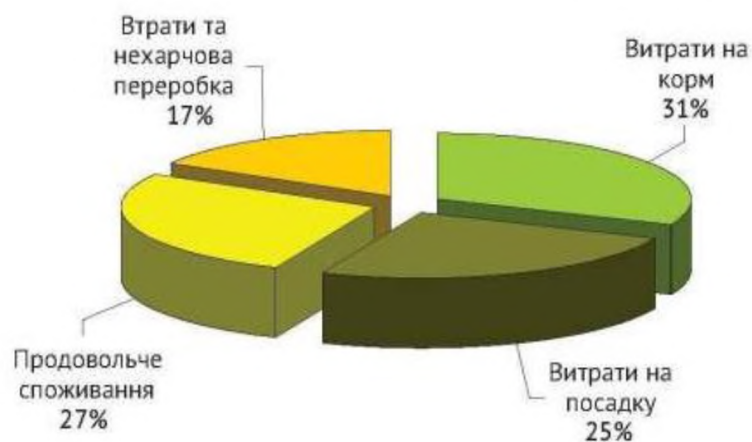


Рисунок 1.1. – Структура споживання картоплі в Україні.

Станом на 2024 рік під посадку картоплі на Україні відведено 47,1 тис. га, а це третина площ, що призначені під висівання коренеплодів, овочів і баштанних

культур. Якщо порівнювати дані за 2021 рік то площі під картоплю знизили на 21%, а виробництво картоплі скоротилось на 11%.

Картопля є була і буде культурою механізаторів . тому варто дотримуватись чітких розроблених технологій та агро вимог до вирощування даної культури

**Місце в сівозміні і удобрення.** Картоплю варто розміщувати після однорічних і багаторічних трав, зернових, зернобобових культур, та коренеплодів (цукрового чи кормового буряка). Так, як зернові та зернобобові культури звільняють заплановані площі раніше, як інші культури, це дає можливість провести дво-, триразове лущення стерні тобто напівпаровий обробіток ґрунту. Дані культури повністю внесених елементів живлення не використовують, тому вони в післядії засвоюються картоплею, вони не мають спільних шкідників та хвороб.

Картопля дуже вимоглива до поживних речовин, та реагує на реакцію ґрунтового розчину. Це варто враховувати при виборі типу ґрунту для посадки, при застосуванні органічних та мінеральних добрив, забезпеченості поживними речовинами. На переважаючих в Волинській області кислих ґрунтах важливим прийомом є його своєчасне вапнування. Якісно провапновані ґрунти для посадки дають приріст врожаю бульб до 18...25 ц/га. Варто врахувати, вапнування ґрунтів з рН 6.0 та вище не сприяє підвищенню урожаю; а в прохолодні і надмірно зволожені роки може спричинити захворювання картоплин паршею. Тому ґрунти з вищою за рН 6.0 рівнем кислотності вапнувати не рекомендують.

Найбільший ефект при внесенні під картоплю являються органічні добрива (гній, чи виготовлені компости (торфогнойові, гноєсапропелєві). В умовах Волинської області при внесенні гною 60 т/га рослини повністю забезпечуються поживними речовинами та всіма мікроелементами.

Оптимальну кількість поживних елементів в ґрунті можна сформувати при сумісному внесенні органічних і мінеральних добрив. Найкраще співвідношення між фосфором, азотом та калієм – 0,8-1,0; 1,0-1,5; 1,0-1,7. Органічні добрива найкраще вносити восени чи під попередник. Допустиме одночасне розкидне чи локальне внесення добрив навесні, але при недостатній кількості машин для

виконання процесів можливе порушення строку садіння. При чому локальне внесення добрив приносить найбільший результат та зменшить норми внесення. При внесенні органічних добрив в зимовий період (по снігу), приведе до зниження ефективності.

Однією із важливих умов при використанні органічних добрив є негайне, після розкидання зароблення їх в ґрунт. В теплий період (14-15°C) при запізненні на 12 годин втрати азоту можуть досягти 60...65 %, а на 24 години – 70...71 %.

На середньозабезпечених чорноземних темно-сірих та сірих-опідзолених ґрунтах органічних добрив вносять 60...80 т/га має поєднуватись з внесенням мінеральних добрив в дозах  $N_{90}P_{60}K_{90}$ , на дерново-підзолистих з  $N_{90-120}P_{60-90}K_{120-150}$ . При недостатньому вмісту рухомих форм основних елементів живлення середні дози варто підвищити, а при високому – зменшити на 25-30 %.

При значному зменшенні органічних добрив та високій вартості мінеральних особливу увагу варто звернути на локальне їх внесення. Це підвищує ефективність основних елементів живлення в два рази, при цьому вартість використаних добрив зменшує вдвічі, а показники картоплі при цьому не погіршуються. Калійні та фосфорні добрива найкраще вносити та заробляти восени чи ранньою весною, азотні краще вносити перед садінням під культивуацію.

Доцільно під картоплю використовувати посів сидеральних культур. Посіяні озимий ріпак, гірчиця чи редька олійна забезпечують (пізно восени) відповідно 33, 45 і 65 т/га зеленої маси. Використання редьки олійної забезпечує не лише вагому прибавку врожаю бульб, але і позитивно впливає на товарну продукцію, поліпшує кулінарні та смакові якості картоплі.

**Обробіток ґрунту.** Головною вимогою до обробітку ґрунту під садіння картоплі є якісне розпушення, знищення бур'янів, заробка добрив, нагромадження та зберігання вологи, забезпечення оптимального теплового і повітряного режиму для росту і розвитку рослин. Система обробітку та використовувані знаряддя залежить від структури ґрунту, наявності шкідників, хвороб, попередника,

забур'яненості полів, видового складу бур'янів тощо. Вчасно проведені операції з обробітку ґрунту покращує його агрофізичні та агрохімічні властивості.

**Підготовка і садіння бульб.** Для садіння слід брати лише фізіологічно здорові, типові для даного сорту бульби. Краща садивна фракція – 50-80 г. Можна використовувати і дрібніші, середньою масою 25-30 г.

Високі врожаї забезпечує чітке дотримання оптимальної густоти посадки картоплі. Важливо дотримуватись сортування насінневого матеріалу на фракції: 25...30, 30...50, 50...80 та понад 80 г. Обов'язково проводити – прогрівання матеріалу для садіння. Сортовані бульби в засіки постійних сховищ та вентилують повітрям з температурою 18...20°C протягом 7...10 днів. Прогрівати можна в контейнерах чи кагатах під поліетиленовою плівкою протягом 12...14 днів.

Садіння картоплі варто починати в першій-другій декаді квітня, при постійній температурі ґрунту +3...5°C на глибині загортання бульб (5..7см). Спочатку варто садити ранні сорти, тоді – середньоранні чи середньостиглі та пізні. Різані дольки картоплі варто садити найпізніше, після того щоб ґрунт добре прогрівся. Різання картоплі на дольки варто проводити не раніше як 4...5 днів до садіння, при цьому ножі варто дезінфікувати розчином марганцевокислого калію. Встановлено, що при розрізанні гнилої бульби, наступні 12...15 картоплин заражуються цими ж гнилями.

Для одержання високих врожаїв посадку картоплі варто закінчити не пізніше 3 декади квітня.

В волинській області найкраще підходить гребеневий спосіб посадки бульб, тому що створює сприятливі умови для прогрівання ґрунту в гребенях і, цим стимулює швидке їх проростання. При посадці картоплі гребневим способом є можливість розпочати догляд за насадженнями раніше, та забезпечити розпушений стан гребенів на протязі всього вегетаційного періоду росту рослин, та проводити механічне знищення від бур'янів.

Посадку картоплі варто проводити по схемі 70-25 см – на товарні цілі, та 70 x 15 см – на насінницькі. Глибина заробки бульб має становити не більше 5...7 см.



Рисунок 1.2 – Параметри гребенів після першого нагортання

Від посадки бульб в рядку рівномірності їх розкладки залежить врожайність .  
Вимоги до садіння картоплі:

1. Відібрати якісний посадковий матеріал. Для висаджування мають бути цілі та здорові бульби вагою 50...60 г; паростки довжина яких більша 3 см варто обламати.

2. Висаджування бульб має бути рівномірне по всій площі, в гніздо не має падати більше двох бульб; при потребі в рядки одночасно можна вносити мінеральні добрива.

3. Ширину міжрядь встановлювати із вимогами до ґрунтового - кліматичних умов, наявної техніки та цілей вирощування картоплі, з врахуванням потреб в ґрунті при багаторазовому нагортанні гребенів;

4. Відхилення від ширини поздовжніх міжрядь повинно складати до 2 см, стикових до 10 см; Відхилення від прямолінійності рядрів при локальному внесенні добрив не більше 5 см.

5. Бульби варто висаджувати на однакову глибину - при гребеневій посадці на 8...10 см з відхилення від глибини загортання - до 2 см.

**Догляд за посівами.** Догляд за насадженнями картопляного поля варто проводити вже на 5...7 день після посадки. Це приведе до створення в ґрунті оптимального поживного та водно-повітряного режимів, повного механічного знищення бур'янів. Для проведення міжрядного обробітку ґрунту використовують спеціальні просапні культиватори, обладнані стрічатими триярусними лапами, які призначені для розпушування міжрядь, знищення бур'янів та нагортання висоти гребеня в процесі обробітку.

При появі сходів варто проводити розпушування міжрядь та їх одночасне підгортання. Ці роботи варто виконувати до початку фази бутонізації. Варто запам'ятати, що чим більше сформований гребінь, тим більш утвориться бульб під кушем. Висота від низу гребеня до його вершини має складати 22...25 см.

При голландської технології вирощування для догляду за насадженнями застосовують спеціалізовані фрезерні культиватори. Фрезерний обробіток міжрядь варто проводити на 7...9 день після її посадки. При застосуванні цієї технології формуються високооб'ємні гребені (до 30...32 см). Міжрядні обробітки рекомендують проводити до змикання рослин в рядках. Проте варто пам'ятати, що після обробітку протизлаковими гербіцидами міжрядні обробітки призупиняються на 12...14 днів.

**Сорти картоплі.** Основна вимога до сортів картоплі полягає в забезпеченні високих і стабільних врожаїв бульб потрібної якості. Вони різняться за скоростиглістю, врожайністю, вмістом крохмалю та сухих речовин, стійкістю до хвороб та шкідників.

За скоростиглістю сорти поділяються на п'ять груп: ранні, середньоранні, середньостиглі, середньопізні та пізньостиглі

До ранніх належать ті, в яких період від садіння до відмирання картоплиння становить в середньому 90-100 днів, середньоранніх –101-115, середньостиглих – 116-130, середньопізніх 131-140, і пізньостиглих – понад 140 днів. Безперечно,

кращими сортами є районовані для даної зони. В кожному господарстві, незалежно від форми власності, доцільно мати два-три сорти різного строку стиглості.

В області районовані і користуються попитом такі сорти: Тайфун, королева Анна, Рів'єра, Слов'янка, Ред Скарлет, Повінь, Дніпрянка, Аносте, Обрій, Санте, Фантазія, Тирас, Поляна.

**Збирання та зберігання врожаю.** За 10...14 днів до початку збирання картоплі варто провести збирання бадилля картоплі. Після підсихання ґрунту на гребенях та утворенню щільної шкірки на бульбах, що запобігатиме надмірному травмуванню бульб. Перед збирання варто перевірити і якщо ґрунт щільний, тоді за 2...3 дні до збирання міжряддя розпушують на 5...6 см глибше від залягання бульб долотоподібними лапами, встановивши їх на секцію культиватора. При збиранні це сприяє кращій сепарації ґрунту, зменшує механічні пошкодження бульб робочими органами картоплезбиральних машин. Після викопування рекомендовано поміщати у тимчасових буртах 12..14 днів після чого їх перебирають, сортують та закладають на зберігання. Для запобігання погіршення продовольчих та насінних якостей картоплі, при зберіганні варто дотримуватись оптимальних умови лежкості.

Оптимальна температура зберігання картоплі: для ранньо- та середньоранніх сортів 1,2...2°C; для середньо- та пізньостиглих 3...4°C.

## 1.2. Аналіз технічних засобів для садіння картоплі

За способом агрегування картоплесаджалок з енергетичним засобом саджалки поділяють на начіпні і причіпні, за типом садильного апарата – елеваторні (ланцюговий садильний апарат), ложково- голчасті, дискові, барабанні та дискові.

При садінні картоплі на невеликих ділянках о основному застосовують картоплесаджалки дворядні, агрегуються з тракторами класу тяги 0,6 кН. Найбільше поширення отримали наступні картоплесаджалки:

Картоплесаджалка КСТ-2 складається: механізму навіски, двох опорно-приводних коліс, механізму приводу ,рами, двох сошників, бункера, трьох

борознозагортачів, двох висаджувальних апаратів та механізму регулювання глибини ходу загортачів. Рама зварена з квадратних труб зварених між собою до



Рисунок 1.3 – Картоплесаджалка КСТ-2.

Неї прикріплюються всі вузли машини. Бункер для картоплі виготовлений з листової сталі в вигляді зрізаної піраміди. Висаджувальний апарат виготовлений з втулково-роликового ланцюга до якого прикріплені ложечки. Вона обладнана трьома клиноподібними сошниками з тупим кутом входження в ґрунт та механізмом регулювання глибини садіння.

На теренах України широко застосовується картоплесадилька машина Л-202

Це навісна дворядна картоплесаджалка для висаджування непророщених бульб при добре обробленому. Складається вона з бункеру, з двох ложкових апаратів для висаджування, сошників, дисків, механізмів приводу робочих органів та системи приєднання до трактора. В бункері є заслінка, для регулювання шару бульб, поступають до висаджувальних апаратів. В таблиці 1.1 представлено її характеристики.

Таблиця 1.1.- Технічна характеристика картоплесадильної машини Л-202

Продуктивність за одну годину основного часу га/год.: для міжрядь шириною 70 см	1,26 – 2,4
Тип	навісна
Кількість рядків	4
Глибина посадки, см	6 – 14
Ширина міжрядь, см	70
Висота завантаження, мм	450
Робоча швидкість, км/год	4 – 10
Об'єм бункеру, кг,	600
Габаритні розміри, мм	1600 x 2950 x 1700
Маса, кг	760

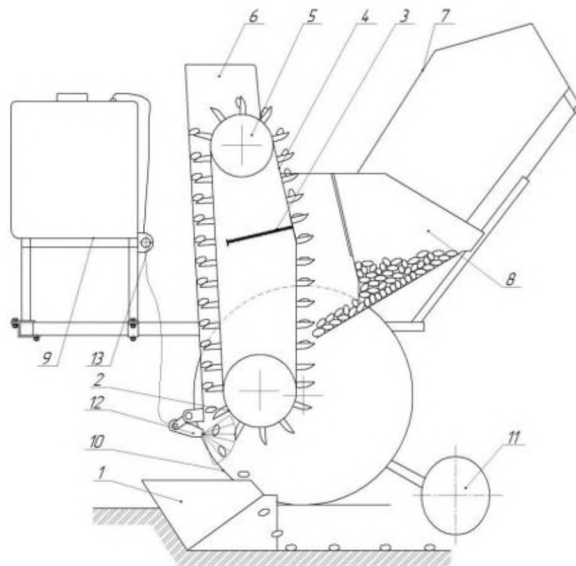


Рисунок 1.4 - Картоплесадилька машина Л-202.

В Україні поширення набули картоплесаджалки вітчизняного виробництва КСМ-6, КСМ-4.

Проте на даний момент на Укараїні доступна техніка для садіння картоплі закордонного виробництва, яка передбачає пасадку картоплі в попередньо нарізані міжряддя.



Рисунок 1.5. - Посадковий комплекс Grimme на базі картоплесаджалки GL430 та фрези GF400.

Картоплесадильні комплекси Grimme створені на базі картоплесаджалок GL430 та фрез GF400, вони одночасно (тобто за один прохід поля) виконують сім операцій: фрезування ґрунту на глибину до 30 см, подрібнення ґрунту, протруєння картоплі (нанесення розчину протруювача), посадку картоплі в рядки, внесення добрив при садінні, внесення засобів захисту рослин, нагортання гребенів (загортання картоплі).

Моделі GL 430 оснащена системою індивідуального комплектування основних вузлів при посадці та системою автоматичного управління посадковими секціями. Привід посадкових секцій приводиться в рух за допомогою гідравлічного двигуна, на кожному валу посадковому механізму встановлено електромагнітну муфту. Посадкові механізми швидко та легко вмикаються і вимикаються з кабіни трактора. Активація механізмів для висаджування може здійснюватись автоматично завдяки системам управління механізму для висаджування картоплі та може управлятись згідно до положення GPS.

Для захисту ґрунтів від ерозії дані чотирирядні машини для висаджування картоплі GB 430 додатково, як опція оснащуються системою TerraProtect Pro для створення мікрогребенів. Дана система складається з заглиблювального зубця та

має захист робочих органів від попадання каміння кожного ряду висаджувальних апаратів. Підґрунтові зуби розпушують ґрунт та збільшує його здатність до поглинання води. Формувачі гребенів пристосовуються до їх контурів та утворюють додаткові мікрорегбені для зберігання води що запобігає ерозії ґрунтів при сильних опадах.

На Україні широко використовується чотирирядна картоплесаджалка Grimme GL 34 T, що розроблена для посадки картоплі на відносно малих площах насаджень та може використовуватись в невеликих господарствах. Використовувати її можливо як для посадки бульб в попередньо нарізані гребені ґрунту так і на рівну поверхню. Дана машина складається з бункера що вміщує 1,7 т картоплі. Ємності для препаратів агрохімії на 500 л. Постійний потік картоплі у грядку здійснюється за допомогою вібрацій днища бункера. Агрегатується з тракторами класу тяги 1.4. Експлуатація покращується на схилах за допомогою вертикального пружинного диска діаметром 600 мм

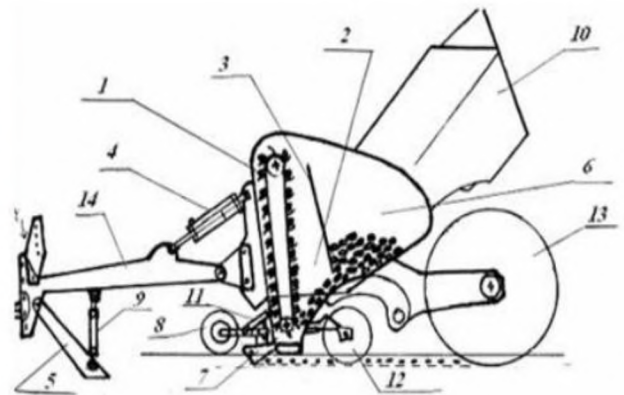


Рисунок 1.6 - Чотирирядна картоплесаджалка Grimme GL 34 T.

ложковий елеватор 1, живильне відділення 2, заслінка 3, гідравлічний циліндр 4, опорна стійка 5, бункер 6, борозноутворювач 7, – копіювальне колесо 8, регульована опора 9; перекидаючий бункер 10; регулюючий гвинт 11; диски 12, опорне колесо 13, сниця 14.

Профіль коліс спроектований так що залишає чіткий слід, та є хорошим орієнтиром при нарізці гребенів. Передбачений розпушувач колії дає змогу не

залишати ущільнений ґрунт після проходу комбайна. Контроль якості виконання процесу садіння здійснюється з допомогою відеокамер та монітора. Швидкість руху агрегату в полі досягає 8 км/год. Глибину посадки бульб можна відрегулювати гвинтом вручному режимі.

Картоплесаджалка Cramer marathon Jumbo 4 R 4x75 – начіпна, чотирирядною, призначена для посадки картоплі в попередньо сформовані гребені. Технічні характеристики наведені в табл. 1.2 .

Таблиці 1.2. Технічна характеристика картоплесадильної машини Cramer marathon Jumbo 4 R 4x75

Тип машини	Причіпна
Кількість рядів, які одночасно обробляються	4
Продуктивність за одну годину основного часу, га/год: при швидкості, км/год	2,2
Ширина міжрядь, см	75
Глибина посадки, см	5-15
Робоча швидкість, км/год	5
Висота завантаження, мм	1.5
Об'єм бункеру, кг,	
Робоча швидкість руху машини км/год	
Маса машини, кг	1600
Габаритні розміри, мм	3500-1600-3500

Схему картоплесадильної машини представлено на рис 1.7

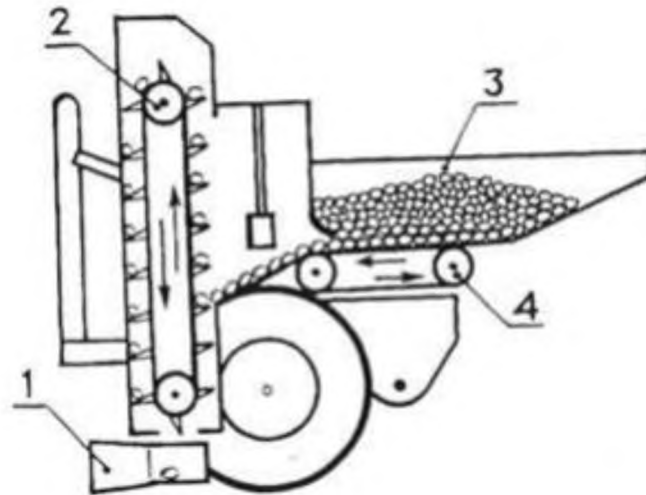


Рисунок 1.7- Компонувальна схема картоплесадильної машини Cramer marathon Jumbo 4 R 4x75: сошник -1; садильна частина -2; контейнер -3; рухома частина бункеру -4.

### Висновки до розділу 1

В першому розлілі кваліфікаційної роботи магістра було проведено огляд літературних джерел та патентної літератури. На основі проведеного аналізу можна зробити наступні висновки:

1. Для отримання хороших врожаїв картоплі необхідно дотримуватись агровимог до підготовки насінневого матеріалу
2. При підготовці поля до садіння картоплі варто проводити якісне розпушування ґрунту.
3. Для застосування твердих органічних добрив в технології вирощування картоплі, варто використовувати якісно підготовлені до внесення добрива.
4. В технологію вирощування картоплі з використанням картоплесадильного модуля покладено ідею попереднього нарізання гребенів.

## РОЗДІЛ 2

### ОБГРУНТУВАННЯ КОНСТРУКЦІЇ І ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1. Обґрунтування технології садіння картоплі з локальним внесенням твердих органічних добрив.

Запропонована технологія вирощування картоплі передбачає використання модульної саджалки. Одночасне внесення твердих органічних добрив при посадці картоплі створює умови, що забезпечуватимуть її поживними речовинами на протязі всього періоду вегетації насаджень. Застосування даної розробки дасть змогу утримувати вологу в смугах внесення довший період. Органічні добрива відносяться до добрив тривалої дії. Можливість застосовувати дану розробку в якості машини для нарізання гребенів на зиму дасть змогу її більшому використанню, а зокрема смуговому внесенню органічних добрив з одночасним загортанням їх ґрунтом. Запропонована технологія підготовки поля під посадку картоплі показана на рис 2.1.

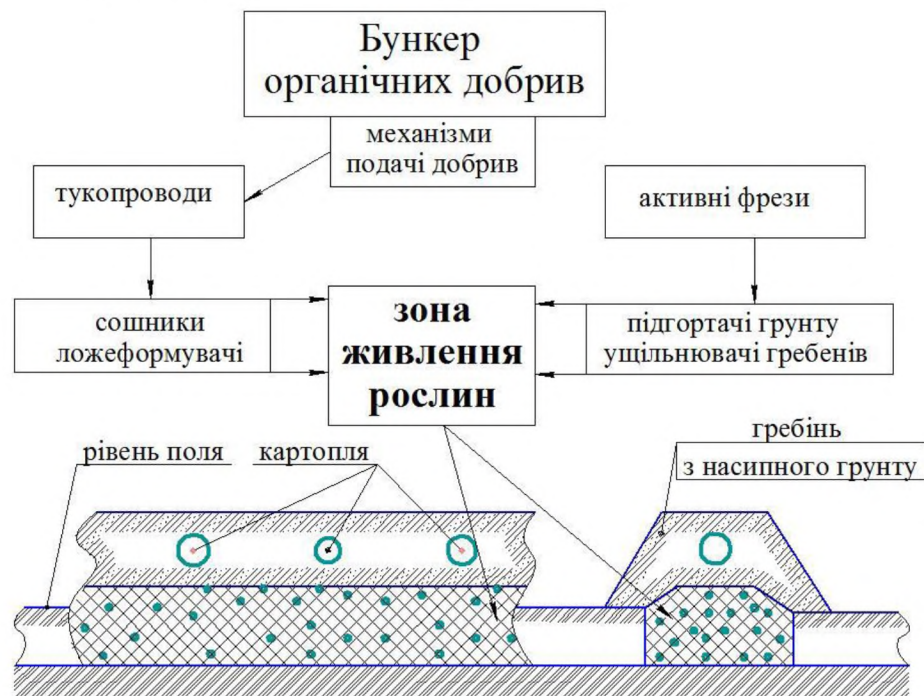


Рисунок 2.1 – Технологія підготовки поля для посадки картоплі

Для ефективного застосування органічної сировини і тривалого претворення їх у добрива доступні рослинам варто їхвносити восени та досягти перетворення їх в доступну рослинам форму в зимовий період та збільшити ефект при отриманні врожаю. При розробці даної технології висаджування картоплі варто надати особливу увагу проведенні наступних технологічних операцій:

- провести якісну осінню підготовку ґрунту з шириною міжрядь не менше 60 см;
- за необхідності провести смугове закладання добрив з розрахунку 20..30 т/га;
- необхідно забезпечити закриття добрив ґрунтом висотою 5...8 см до рівня нарізаного гребеня;
- рівномірність вкладання бульб картоплі провести в відповідності з агротехнічними вимогами зверху над над половою закладених добрив;
- провести рівномірне загортання насіння шаром ґрунту.

В процесі росту рослин до змикання кущів в рядках, проводити 3...5 разове нагортання гребнів. Операція з нагортання гребенів дасть змогу знищувати бур'яни механічним способом та створить сприятливі умови росту з достатнім доступом кисню та підвищить можливість регулювання водного балансу в рядках. Технологія може мати традиційний підхід до посадки картоплі це коли бульби картоплі розміщуються нижче рівня поля. Проте використання способу посадки картоплі в гребені дасть змогу отримувати достатню тепла. Запропоновано

Запропонована схема модульного агрегату для смугового внесення твердих органічних добрив представлена на рис. 2.2. при формуванні машино-тракторного парку для забезпечення операцій з нарізання гребенів на зиму та посадки картоплі з одночасним локальним внесенням добрив в рядки достатньо мати один агрегат та використовувати його з наявним в господарстві трактором. Запропонована машина дасть змогу використовувати її при нарізанні гребенів на зиму з одночасним внесенням органічних добрив, весняне внесення органічних добрив смугами з одночасним висаджуванням картоплі, може бути використана як фрезерний культиватор для обробітку міжрядь в вегетаційний період.

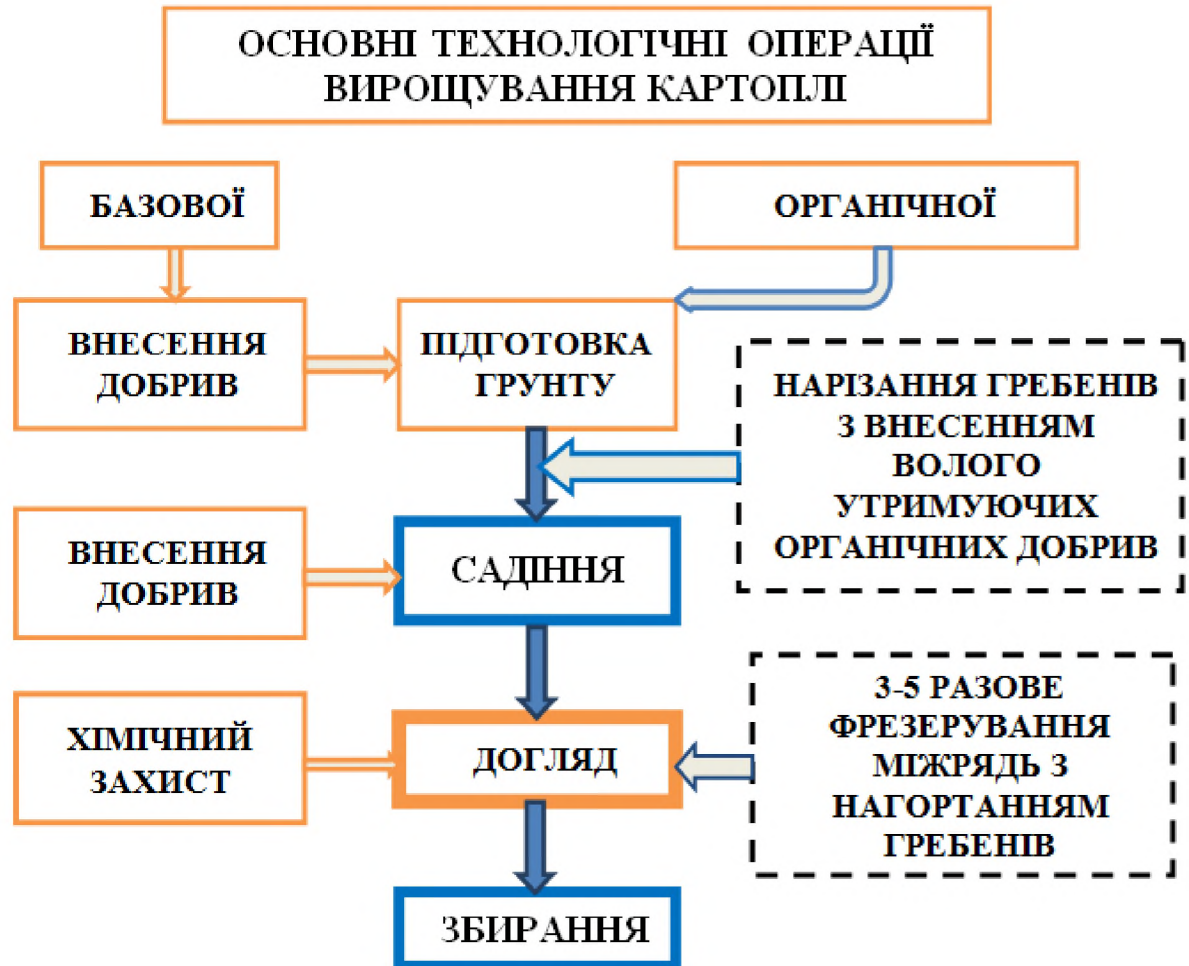


Рисунок 2.2 – Запропонована технологія вирощування картоплі

Дана технологія передбачає, як осіннє внесення добрив так і весняне одночасно з висаджуванням бульб в ґрунт.

Для проведення обґрунтування схем запропонованого картоплесадильного модуля призначеного для нарізання гребенів з одночасним внесенням органічних добрив та висаджування картоплі в рядки, варто визначити та обґрунтувати черговість виконання операцій. Згідно запропонованої схеми (рис.2.3) машина має забезпечити ряд операцій та показників виконання технологічного процесу садіння картоплі:

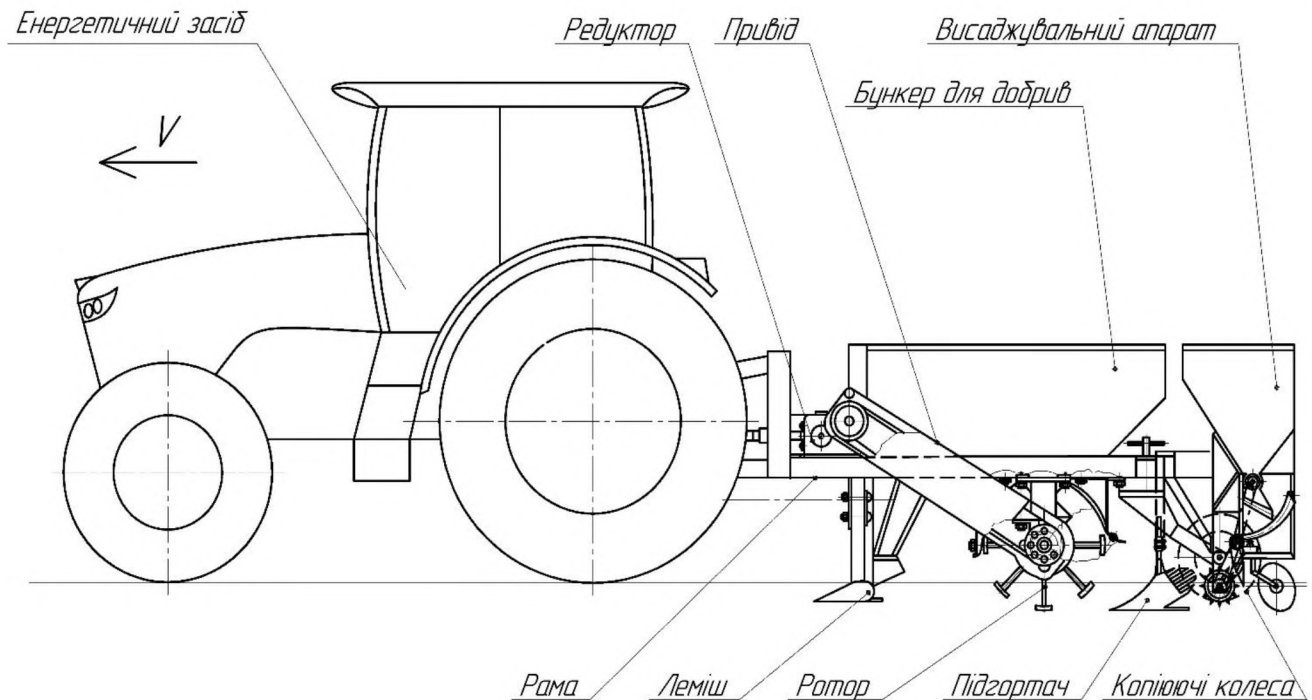


Рисунок 2.3 – Функціональна схема картоплесадильного модуля

- формувати рихлий шар ґрунту в міжряддях;
- формувати ложа розміром 20x10 для вкладання шару добрив
- забезпечувати вкладання смуги добрив та норми внесення органічних добрив на нерозрихлену поверхню в рядку;
- загортання смуги добрив шаром розпушеного ґрунту попередньо подрібненого фрезами з міжряддя з незначними гребенями;
- ущільнення ложа для вкладання картоплі;
- - забезпечувати можливість комплектування фрезами для рихлення міжрядь та чотирьох рядною картоплесаджалкою;
- забезпечити якісні показники стану ґрунту при вирощуванні картоплі та сприяти збереженню родючості ґрунту;
- тяговий опір машини має дозволити її використання в складі агрегату з трактором класу тяги 1,4.

Відповідно до запропонованої схеми вирощування картоплі картоплесадильний модуль має забезпечувати посадку картоплі з шириною міжрядь 70 см. Запропоновано функціональну (рис 3.2) та компоновальну (рис. 3.3) схему

картоплесадильного модуля. Даний картоплесадильний модуль складається з рами на якому розміщено всі вузли та агрегати, Зверху на рамі розміщено бункер для органічних добрив. Внизу бункера розміщено дозувальні шнеки добрив, які слугують для подачі добрив до утвореного ложа та забезпечують норму внесення та смугове вкладання їх в рядках. Внизу рами з обох боків розміщуємо опорно-копіювальні колеса, що забезпечать глибину ходу сошників та пересування по полі. На початку рами, внизу, розміщуємо стрільчасті лапи для формування ложе для вкладання шару органічних добрив. За стрільчастими лапами розміщуємо лотки що служать рівномірному вкладанню добрив на ложе утворене стрільчастими лапами. За ними по середині міжрядь розміщуємо ґрунтообробні фрези (ротори), які слугуватимуть для забезпечення якісного подрібнення ґрунту в міжряддях. Далі для забезпечення процесу вкладання добрив та загортання їх ґрунтом розміщуємо лапи Є які будуть формувати невисокі гребені та забезпечуватимуть загортання добрив на глибину 6-8 см. Процес садіння картоплі розпочинається з вирівнювання гребеню та формування твердого ложе для вкладання картоплі в рядок. Для цього на рамі саджалки внизу спереди розміщуємо притискне колесо шириною 8 см. Регулювання тиску на гребінь проводимо в залежності від геометричних розмірів попередньо нагорнутого гребеня. За ним розміщуємо горловину каскадного висаджувального апарату. Зверху на рамі саджалки встановлюємо бункер для садильного матеріалу. Внизу бункера розташовуємо дозувальний шнек, який навивкою шнека захоплюватиме картоплю рівномірно розподілятиме їх в навивці та транспортуватиме її до вивантажувального вікна. Звідки картоплини попадають на каскадний висаджувальний апарат та з якого скочуватимуться на попередньо підготовлене ложе.

За представленою схемою картоплесадильного модуля він є начіпною машиною. До основних частин можна віднести: модуль для внесення та загортання добрив, модуль для підготовки транспортування добрив до ложе та садиний модуль – саджалка картоплі.

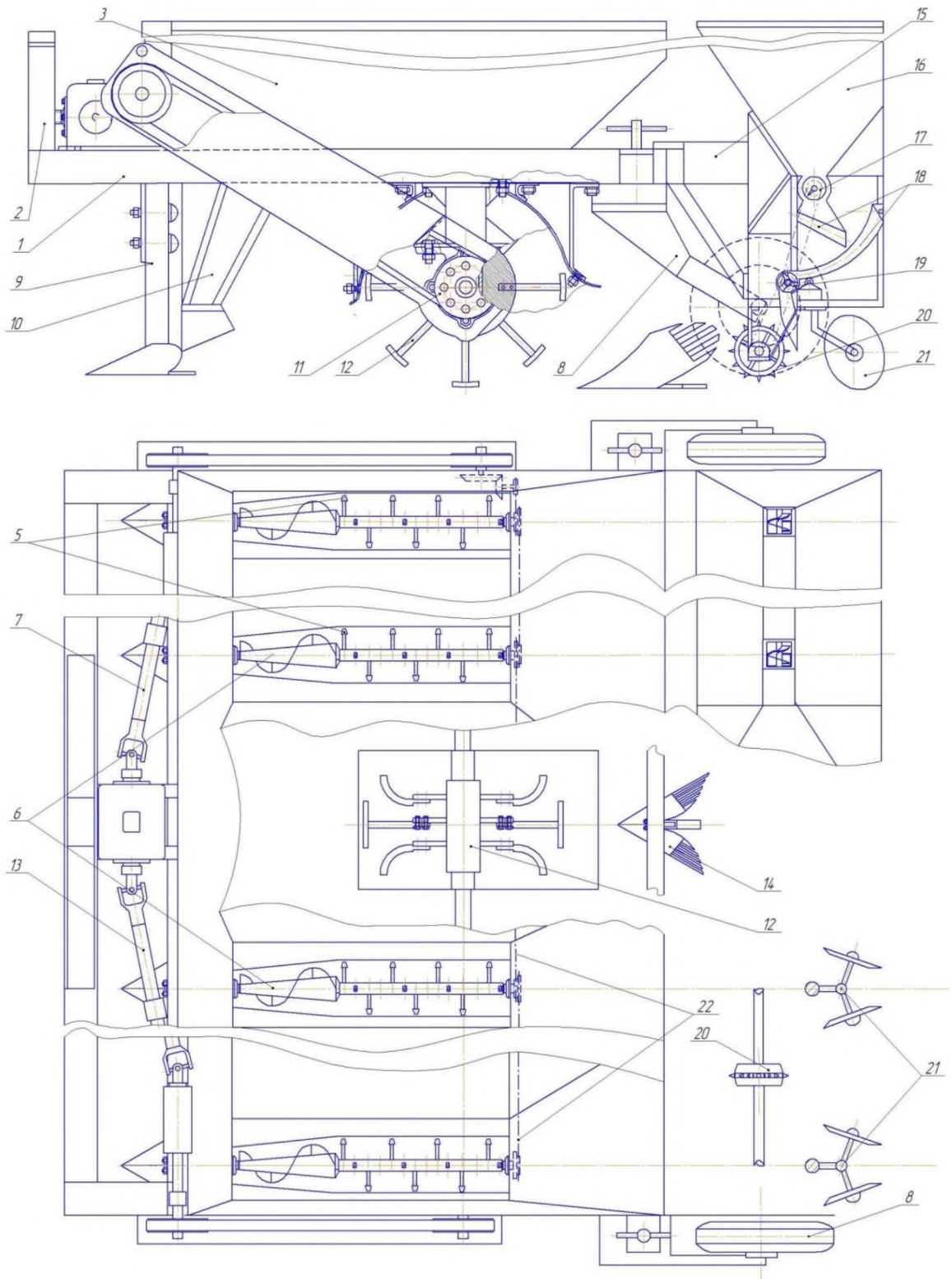


Рисунок 2.4 - Конструктивна - компоновальна схема картоплесадильного модуля

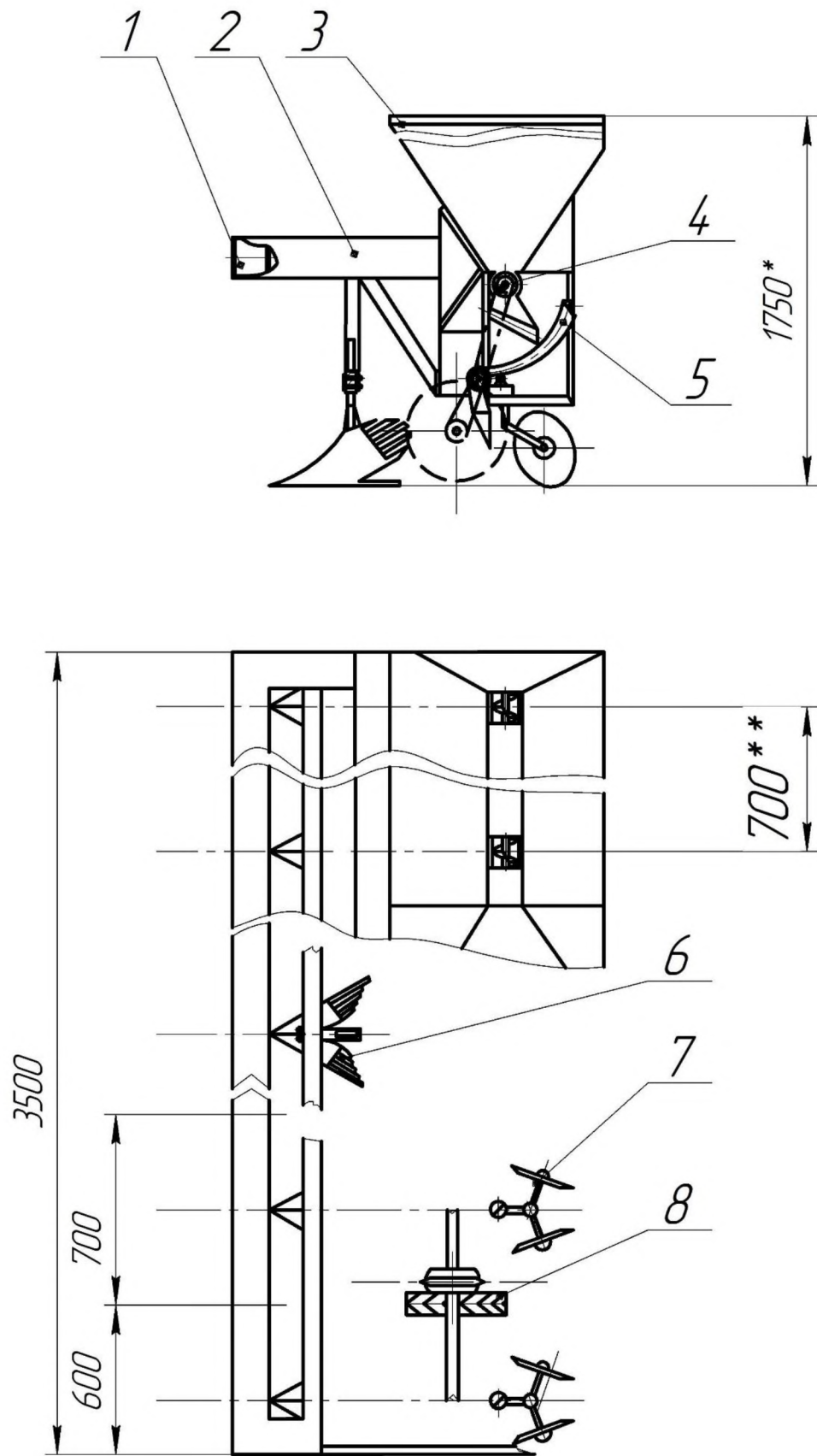


Рисунок 2.5 – Принципова схема картоплесаджалки

Він складається з таких основних вузлів (рис. 2.4): 1 – рама картоплесадильного модуля; 2 - навісний пристрій; 3 - секційний бункер органічних добрив, 4 - механізми подачі добрив; 5 - пальці; 6 - конічні гвинти; 7 – приводи; 8 - опорні-ходові колеса, 9 – сошники; 10 - спрямовувачі потоків органічних добрив; 11 – фрези; 12 – ножі фрез 13 – привод фрез; 14 - нагортачі гребнів, 15 – рама саджалки; 16 - секційний бункер для картоплі; 17 – шнекові дозатори, 18 - гравітаційними поверхні; 19 - трьох ложкові котушки, 20 - мірні колеса саджалки; 21 - загортачі картоплі, 22 -ланцюгові передачі.

Запропонований ґрунтообробний модуль працює наступним чином: причепивши модуль на навіску трактора та попередньо налаштувавши норму внесення органічних добрив та норму висаджування картоплі. Тракторист розпочинає завантаження в бункер добрив для внесення та завантажує посадковий матеріал – картоплю. Далі тракторист рухається до відведеної ділянки поля. Ввімкнувши вал відбору потужності та вибрав необхідну передачу відпускає щеплення та розпочинає рух по полі.

## 2.2. Технологічний розрахунок картоплесадильного модуля

Площа, що відводиться під вирощування картоплі в господарстві становить 100 га. При проведенні розрахунків визначимо необхідну продуктивність картоплесадильного модуля.

Згідно вихідних даних розраховуємо продуктивність картоплесадильного модуля за формулою:

$$Q = \frac{S}{D \cdot T \cdot \tau}, \text{га / год} \quad (2.1)$$

де: Q - продуктивність картоплесадильного модуля, га/год;

T=10 год- тривалість робочого дня;

$\tau$  =0.85 - коефіцієнт використання робочого часу;

S= 100 га –площа земель в господарстві відведених під вирощування

картоплі.

$D=5$  днів – кількість днів, що відводиться для посадки картоплезбирального модуля.

Згідно за формули (2.1) одержимо:

$$Q = \frac{100}{5 \cdot 10 \cdot 0,85} = 2,35 \text{га} / \text{год.}$$

Продуктивність картоплезбирального модуля забезпечує участь в технологічному процесі садіння картоплі в поєднанні з іншими машинами.

Потужність, що затрачається на привід картоплезбирального модуля.

$$P = k \cdot B_m, \text{кВт} \quad (2.2)$$

$k= 10000$  Н/м -питомий опір картоплезбирального модуля. Згідно ( ) стор.307  
 $k=8000.....12000$  Н/м.

$$B = n \cdot v_p, \text{м} \quad (2.3)$$

$v_p$ - ширина міжрядь для посадки картоплі  $v_p=0,7$  м

$n=4$  – кількість рядків, що обробляється одночасно

$$B = 4 \cdot 0,7 = 2,8 \text{м}$$

Отже згідно формули 2.2 одержимо:

$$P = 10000 \cdot 2,8 = 28000 \text{Н} = 28 \text{кН}$$

Запропонований картоплезбиральний модуль може бути агрегований з запропонованими тракторами класу тяги 1.4 кН.

2.3 Теоретичні дослідження процесу кочення картоплі кулястої форми по робочій поверхні

Для забезпечення режиму кочення картоплі по плоскій похилій поверхні (рис.2.6) мають виконуватись умови: похила площина шорстка; бульба котиться без проковзування.

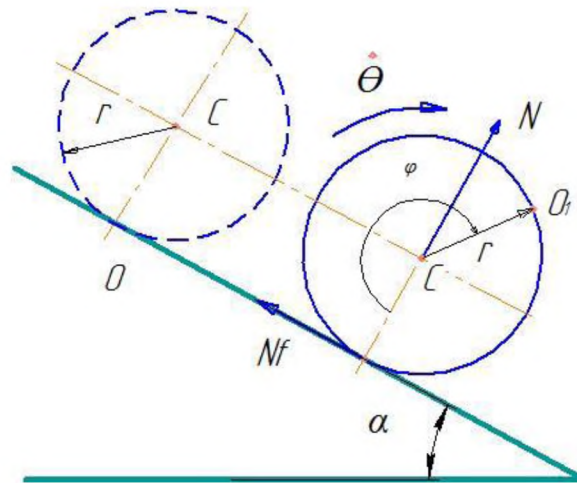


Рисунок 2.6 – Переміщення бульби кулястої форми по плоскій похилій поверхні в режимі кочення

Якщо припустити, що картоплина котиться по лотку без тертя по бокових поверхнях, то для даних умов руху варто врахувати наступні параметри руху: прискорення, швидкість та час переміщення. Картоплина вважається кулею, тому розподіл маси в її об'ємі є рівномірним, відношення радіуса сил інерції  $\rho$  до радіуса кулі  $r$  є рівним -  $\rho/r = 0,4$ .

Так, як картоплина котиться по лотку в режимі кочення без тертя, то швидкість точки контакту  $O$  рівна нулю, і вона вважається миттєвим центром швидкостей.

$$V_o = V_c - r\dot{\theta}, \quad (2.4)$$

де:  $V_c$  - лінійна швидкість центра мас, її напрямлення вздовж похилої площини, м/с;

$\dot{\theta}$ , - кутова швидкість обертання картоплі,  $c^{-1}$ ;

$r$  – радіус картоплини, м.

Кінетичну енергію картоплини при русі по похилій площині визначимо за формулою:

$$T = m \frac{V_c^2}{2} + I_c \frac{\dot{\theta}^2}{2} \quad (2.5)$$

де:  $I_c$  – момент інерції картоплини відносно центральної горизонтальної вісі обертання, і яка перпендикулярна площині руху, рівний:

$$I_c = m\rho^2 \quad (2.6)$$

З врахуванням (2.6), кінетична енергія картоплини становить:

$$T = m \frac{r^2 + \rho^2}{2} + \dot{\theta}^2 \quad (2.7)$$

Потенційна енергія картоплини рівна:

$$\Pi = -mgS \sin \alpha \quad (2.8)$$

де  $S$  – шлях руху картоплини, або довжина лотка розгону бульби, м.

згідно отриманих формул закон збереження енергії можна записати з врахуванням, що  $\dot{S} = V_c$  та  $\dot{\theta} = \frac{V_c}{r}$  і з відповідними перетвореннями:

$$T + \Pi = \frac{m}{2} \lambda^{-1} \dot{S}^2 - mgS \sin \alpha = c_1 \quad (2.9)$$

де:  $c_1$  - постійна величина, а  $\lambda$  – визначається за формулою:  $\lambda = \frac{r^2}{r^2 + \rho^2}$

З врахуванням отриманих результатів при початковому моменті часу рівному  $t = 0$ , постійна величина рівна:  $c_1 = \frac{mV_0^2}{2\lambda}$ .

Тоді, диференціальне рівняння бульби кулястої форми набере вигляду:

$$\left(\frac{dS}{dt}\right)^2 = 2gS\lambda \sin \alpha + V_0^2 \quad (2.10)$$

Тоді швидкість центра мас картоплини рівна:

$$\frac{dS}{dt} = \sqrt{2gS\lambda \sin \alpha + V_0^2} \quad (2.11)$$

Диференціювання рівняння (2.11), дозволить одержати рівняння, яке характеризує її прискорення по похилій поверхні:

$$\frac{d^2 S}{dt^2} = \frac{\sqrt{2gS\lambda \sin \alpha + V_0^2}}{dS} \frac{dS}{dt} = g\lambda \sin \alpha \quad (2.12)$$

При коченні бульби кулястої форми по криволінійних поверхнях лотків має місце сповільнення її руху. Лоток має форму частини кола радіусом  $R_{\text{пов.}}$ , тоді картоплина буде прискорюватись в нижньому положенні до максимуму, для її сповільнення варто, щоб краї лотка мали загнутий буртик чи відповідну завернуту криволінійну поверхню.

Розглянемо рух картоплини масою  $m$ , знаходиться вона в початковому положенні на криволінійній робочій поверхні (рис. 2.7). В такому разі важливими є кінематичні параметри бульби.

Позначимо  $\theta$  кут між дотичною силою до даної кривої та віссю  $Ox$ , шлях який пройде картоплина через  $S$ . Тоді кут  $PO_1Q$  дорівнює  $\theta$ . Отже: шлях картоплини рівний  $S = R \cdot (\pi/2 - \theta)$ , вертикальне переміщення визначиться за формулою  $Y_p = R \cdot \cos\theta$ . Застосувавши закон збереження енергії тіл при переміщенні по криволінійних поверхнях отримаємо рівняння:

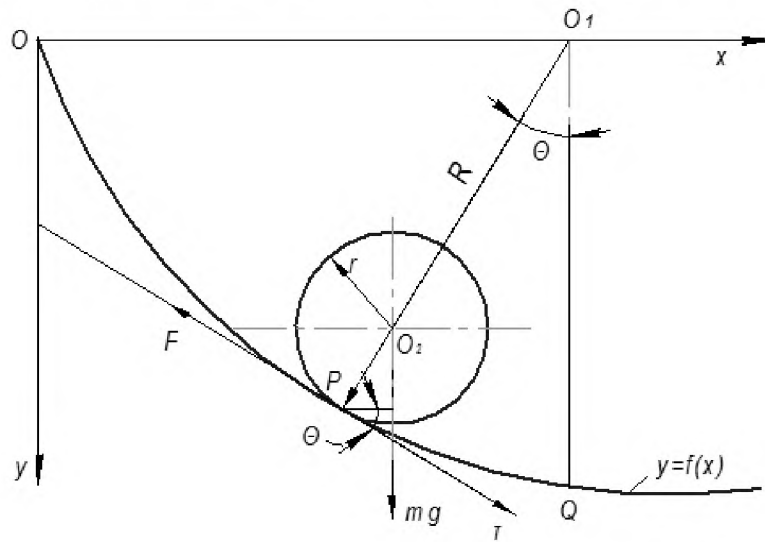


Рисунок 2.7 – Схема переміщення картоплини кулястої форми по криволінійній поверхні лотка

$$\frac{E_0}{m} = \frac{r^2 + \rho^2}{2} \dot{\theta}^2 - gy_p + rg \cos\theta = \frac{r^2 + \rho^2}{2} \dot{\theta}^2 - gR \cos\theta + rg \cos\theta, \quad (2.14)$$

$$\dot{\varphi} = \frac{\dot{S}}{r} + \dot{\theta} = \frac{R}{r} \frac{d}{dt} (\pi/2 - \theta) + \dot{\theta} = \frac{R-r}{r} \dot{\theta}, \quad (2.15)$$

В початковий момент часу руху  $t=0$ , значення константи рівне  $E_0 = 0$ .

$$\frac{1}{2\lambda} = (R-r)^2 \dot{\theta}^2 = g(R-r) \cos\theta, \quad (2.16)$$

Якщо  $\lambda$  прийняти  $\lambda = \frac{r^2}{r^2 + \rho^2}$ , то рівняння 2.16 прийме вигляд:

$$\dot{\theta} = -\sqrt{\frac{2g\lambda}{R-r}} \sqrt{\cos\theta}, \quad (2.17)$$

Підставивши 2.16 в 2.12, одержимо величину кутової швидкості переміщення бульби по криволінійній поверхні лотка рівне:

$$\dot{\phi} = \sqrt{\frac{2g(R-r)}{r^2 + \rho^2}} \sqrt{\cos\theta}, \quad (2.18)$$

Швидкість центра мас картоплини кулястої форми, та проекції її вектора на осі координат визначимо за відомими формулами:

$$V = r\dot{\phi}, \quad V_x = V \cos\theta, \quad V_y = V \sin\theta. \quad (2.19)$$

Величину кутового прискорення картоплини одержимо після диференціювання рівняння 2.17.

$$\ddot{\phi} = \frac{d}{dt} \left[ \sqrt{\frac{2g(R-r)}{r^2 + \rho^2}} \cdot \sqrt{\cos\theta} \right] = \sqrt{\frac{2g(R-r)}{r^2 + \rho^2}} \cdot \frac{\sin\theta}{2\sqrt{\cos\theta}} \frac{d\theta}{dt} = \frac{rg}{r^2 + \rho^2} \cdot \sin\theta, \quad (2.20)$$

При отриманих даних  $r = 0,05$  м,  $R = 0,8$  м,  $\theta = 0$ ,  $V_0 = 0$  максимальна швидкість картоплини та її прискорення в найнижчій точці криволінійної поверхні лотка, буде рівною:

$$\dot{\phi} = \sqrt{\frac{2 \cdot 9,81 \cdot (0,8 - 0,05)}{0,0001 + 0,2294}} \cdot 1 = 8,218 \text{ рад/с}$$

$$\ddot{\phi} = \frac{0,05 \cdot 9,81}{0,0001 + 0,2294} \cdot 0 = 0.$$

Швидкість центра мас бульби кулястої форми та проекції вектора на осі координат рівні, при умові, якщо кут  $\theta = 0$ :

$$V = V_x = 0,01 \cdot 8,218 = 0,082 \text{ м/с},$$

$$V_y = 0.$$

Додаткові параметри каскадних лотків які мають вигляд прямолінійних чикриволінійних поверхонь визначимо проведенням експериментальних досліджень, що дозволять нам вибрати раціональні форми та розміри без ланцюгового садильного апарату.

## 2.4. Обґрунтування конструктивних параметрів картоплесадильного модуля

Відповідно запропонованої схеми картоплесадильного модуля, основними операціями при його роботі варто вважати внесення органічних добрив та висаджування картоплі рядковим методом. Так, для оцінки роботи картоплесадильного модуля візьмемо загальні формули, що пов'язують режимні, та конструктивні параметри машин для садіння картоплі з одночасним внесенням органічних добрив.

Техніко - технологічні параметри картоплесадильних машин тісно зв'язані з роботою картоплесадильного модуля та його швидкістю. Візьмемо кількість внесених органічних добрив, що переміщається шнековим дозатором добрив. Кількість внесених добрив можна визначити за формулою:

$$Q_{орг.} = \rho_{орг.} \cdot V_{тр.} \cdot b_{тр.} \cdot H_{орг.} \quad (2.21)$$

де:  $\rho_{орг.}$  – щільність органічних добрив в бункері, кг/м<sup>3</sup>;

$V_{тр.}$  – швидкість руху картоплесадильного модуля, м/с;

$b_{тр.}$  – Конструктивна ширина дозуючих механізмів картоплесадильної машини, м;

$H_{орг.}$  – усереднена висота органічних добрив в бункері, м.

Для встановлення фактичної норми внесення добрив варто врахувати швидкість руху картоплесадильного модуля:

$$Q_{орг.} = 10^{-4} \cdot Q_n \cdot B \cdot V_m, \quad (2.22)$$

де:  $Q_i$  – норма внесення органічних добрив, згідно з агрономогами, кг/га;

$B$  – ширина внесення органічних добрив, м;

$V_m$  – швидкість руху картоплесадильного модуля, м/с.

Процес виконання операцій картоплесадильним пристроєм поділяємо на такі етапи: створення постійного потоку картоплин та подача бульб до сошників, формування ложе сошниками, рівномірне вкладання їх на поверхню ложе та загортання рядків картоплі ґрунтом. В даному випадку для виконання технологічного розрахунку садіння картоплі вихідними даними мають бути: кількість картоплин, що маємо висадити на одному гектарі

$Q_c$  шт/га. Для розрахунків варто врахувати крок розміщення картоплі в рядку  $l_c$  м, та ширину рядків для посадки картоплі  $b$ , м.

При відомій частоті обертання валу відбору потужності трактора  $n_{тр.}$ ,  $хв^{-1}$ , передатне число  $i$  від валу відбору потужності трактора до валу дозуючого пристрою та кількості дозуючих пристроїв  $Z_l$ , тоді швидкість руху саджалки  $V_{agr.}$ , визначиться згідно формули:

$$V_{agr.} = \frac{600n_{тр.}iZ_l}{Q_c b}, \quad (2.23)$$

Кількість картоплин, що буде посаджена на одному гектарі, визначимо згідно формули:

$$Q_c = \frac{10^4 Z_H}{bl_H}, \quad (2.24)$$

Крок посадки картоплі  $l_c$  визначимо з формули:

$$l_c = \frac{50v_{agr.}}{3n_{тр.}iZ_l}, \quad (2.25)$$

При відомій середній масі однієї картоплини  $m_{ср.}$ , г, можливо визначити загальні витрати картоплі  $Q$  кг/га. Загальні витрати картоплі визначимо згідно формули:

$$Q = \frac{0,6n_{agr.}iZ_l m_{ср.}}{bv_{agr.}} \quad (2.26)$$

Застосовані формули для визначення технологічних параметрів саджалки можна використовувати при проектуванні картоплесадильного модуля.

## Висновки до розділу 2

Вдосконалення техніки для забезпечення процесу садіння картоплі полягає в збільшенні її габаритних розмірів, збільшенні металомісткості процесу, що негативно буде впливати на стан ґрунтів та забезпечення регулювання водного балансу полів.

Тому для зменшення кількості проходів при садінні було запропоновано картоплесадильний модуль, використання якого дасть змогу виконувати декілька

операцій за один прохід. Тому на основі вищевикладеного матеріалу можна зробити наступні висновки:

1. Запропонований модуль зменшить навантаження на ґрунт завдяки одночасному виконанні декількох операцій.

2. Проведені розрахунки показали, що картоплесадильний модуль можна експлуатувати в агрегаті з трактором класу тяги 1.4 кН.

3. Запропонований картоплесадильний модуль можливо використовувати при виконанні наступних операцій: нарізанні гребенів восени з одночасним внесенням органічних добрив в рядки; використовувати, як підгортач картоплі для міжрядного обробітку; застосовувати для садіння картоплі весною з одночасним внесенням органічних добрив.

4. Проведені теоретичні обґрунтування дозуючого механізму вказують, що важливим параметром є степінь заповнення шнекової навивки дозуючого пристрою. Крок гвинта та його частота обертання.

5. При визначенні технологічних параметрів саджалки є тяговий опір картоплесадильного модуля. Важливо, що для конструювання робочих органів, які приймають участь безпосередньо при обробітку ґрунту варто застосовувати сучасні методи проектування даних вузлів.

## РОЗДІЛ 3

### ПРОГРАМА, МЕТОДИКА І РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

#### 3.1. Програма експериментальних досліджень

Процес садіння картоплі - затратний та енергоємкий та вимагає особливих вимог до створення технічних засобів для виконання необхідних технологічних операцій. При здійсненні процесу посадки картоплі необхідно виконати ряд операцій: провести підготовку ґрунту з одночасним внесенням органічних добрив, садіння картоплі, догляд за рослинами та провести процес збирання картоплі. Всі ці операції виконуються по чергово та залежні одна від одної.

Підготовку ґрунту для посадки картоплі варто проводити відразу після збирання попередньої культури. Найкращими попередниками вважаються зернові культури та трави. При підготовці ґрунту до посадки картоплі восени проводять заходи направлені на боротьбу з бур'янами, проводять операції з внесення добрив із розрахунку 40...60 т/га приносять їх на глибину 22...24 см.

За обмеженої кількості підстилкового гною постає питання щодо використання органічної сировини – сапропелю, як складника для закладання компостів. Запропонована вище технологія вирощування органічної картоплі включає в себе підготовку та внесення органічних добрив локально (смугами). Це дасть змогу зменшити норму внесення добрив до 10 т/га, не втрачаючи їх ефективності. Запропонований підхід до внесення добрив та одночасної посадки картоплі дозволить сформувати зони живлення рослин та їх підвищить дію на протязі всього періоду вегетації картоплі.

Реалізацію даної пропозиції можливо досягнути при застосуванні запропонованої технології вирощування картоплі та у випадку використання при садінні картоплі запропонованого картоплесадильного модуля, який складається з модуля для внесення добрив за запропонованою технологією та модуля для садіння картоплі гребневим способом. При проведенні аналізу відомих конструкцій машин

та теоретичних досліджень, не дало змоги визначити кінцеві конструктивно-технологічні параметри саджалки. Визначення та підтвердження окремих параметрів саджалки відбувалось на спеціально виготовленій лабораторній установці. На якій було проведено ряд експериментальних досліджень. Для проведення досліджень була запропонована програма проведення досліджень і вона передбачала:

1. Дослідження фізичних властивостей картоплі.
2. Проведення досліджень з визначення кута природнього укосу картоплі при різних геометричних розмірах та формі.
3. Визначення кута кочення картоплі по похилій поверхні.
4. Встановлення кутів нахилу робочих поверхонь першого та другого каскаду та визначення часу перебування картоплі на поверхнях кочення.
5. Визначення оптимальних параметрів роботи дозуючого пристрою методом математичного планування експерименту.
6. Моделювання процесів рядкової посадки картоплі з одночасним внесенням органічних добрив та визначення впливу на врожайність картоплі.
7. Зробити пропозиції щодо вдосконалення технології вирощування картоплі за запропонованою технологією.

Отримані експериментальні дані оброблялись з використанням стандартних методик. Згідно з отриманими результатами проведених досліджень розрахунки проводили за наступними залежностями:

- середнє арифметичне значення отриманих даних визначали за формулою:

$$x_{\text{сеп.}} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}, \quad (3.1)$$

- середню квадратичну похибку визначали за формулою:

$$S_c = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - x_{\text{сеп.}})^2}{n-1}}, \quad (3.2)$$

- середню квадратичну похибку середнього арифметичного значення рівне:

$$\sigma = \frac{S_c}{\sqrt{n}}, \quad (3.3)$$

- коефіцієнт варіації рівний:

$$V = \frac{S_c}{x_{сеп.}} \cdot 100\%, \quad (3.4)$$

- похибку досліду визначили за формулою:

$$\nu = \pm \left( \frac{S_c}{x_{сеп.} \cdot \sqrt{n}} \right) \cdot 100\%. \quad (3.5)$$

3.2. Прилади, апаратура та спеціально виготовлене лабораторне обладнання для проведення дослідів

Згідно з запропонованою програмою при проведенні дослідів використовували: стандартне обладнання і спеціально виготовлені лабораторні установки. Стандартне обладнання включало в себе використання кутоміру, штангенциркуля, електронних ваг та направлене на визначення фізико – механічних характеристик картоплі.

Стандартке лабораторне обладнання представлено на рис 3.1.

Визначення кутів нахилу поверхонь каскадного висаджувального апарату проводили на спеціально виготовленій лабораторній установці, конструкція якої дозволяла змінювати кути в процесі проведення досліджень без додаткового переобладнання даної установки. Схему дослідної установки представлено на рис. 3.1, загальний вигляд установки представлено на рис. 3.2.

При проведенні досліджень за допомогою виготовленого обладнання



а)



б)

Рисунок 3.1. - Стандартне лабораторне обладнання для проведення досліджень

визначили раціональні кути нахилу поверхонь. При визначенні звертали увагу на наступні параметри:

- кути встановлення поверхонь;
- час перебування бульб картоплі на похилих поверхнях з різною формою бульб та вагою;
- висоту подачі бульб на похилі поверхні;

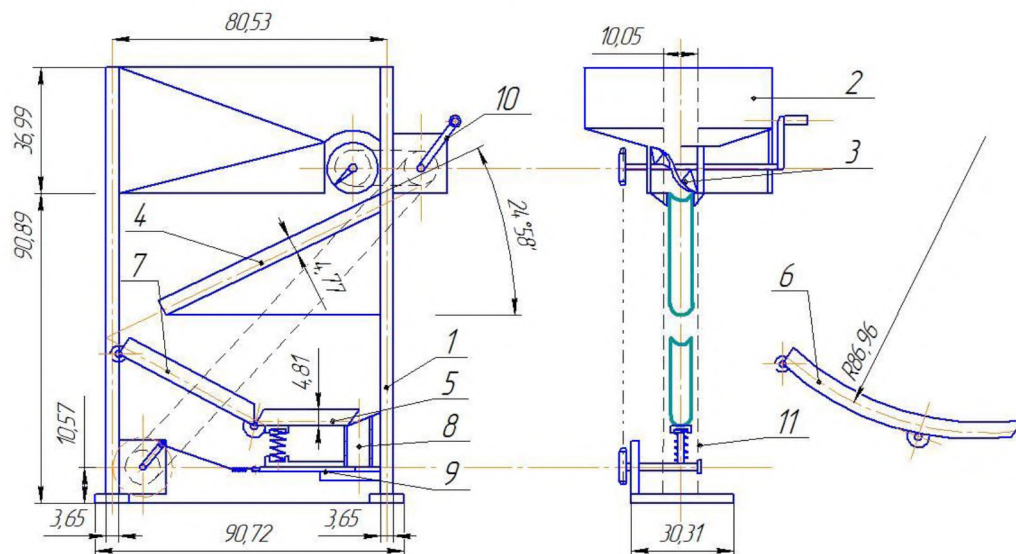


Рисунок 3.2 - Схема лабораторної установки садильного апарату лоткового типу: рама - 1; бункер - 2; 3 – відокремлювач бульб - 3; похилі лотки -4,7; лоток сповільнення - 5; криволінійний лоток -6; вловлювач бульб -8; відсікач -9; привід -10; ланцюгова передача -11.

Лабораторна установка складається: зварну раму 1, на якій розміщено бункер для картоплі 2 з відокремлювачем бульб 3. Під бункером встановлено похилі лотки зі змінним кутом нахилу лотків 4 та 7, горизонтальний лоток для сповільнення бульб картоплі 5, вловлювач бульб 8, відсікачем 9. Для забезпечення стабільної подачі картоплі на лотки забезпечується дозуючим пристроєм 9 що виготовлений в вигляді шнека. Шнекову навивку виготовлено з гуми. В процесі роботи бульби картоплі котяться лотками 4, 7 та 5, далі вони попадають до вловлювача картоплі 8. Для встановлення оптимальної форми лотків для різних геометричних форм бульб (кулястої, еліпсоїдної, та перізаних бульб), форму лотків 7 і 5 використовували як прямолінійну, так і криволінійну (лоток 6). Частоту падіння падіння бульб вкінці лотків поверхню забезпечуємо відсікачем 9. Він за допомогою ланцюгової передачі 11 з'єднаний з відокремлювачем 3.



Рисунок 3.3 – Загальний вид дослідної установки.

Для визначення кутів нахилу робочих поверхонь (лотків) та часу перебування бульб на лотках в залежності від використаної форми лотка було розроблено та виготовлено лабораторну установку, яка зображена на рис 3.3.

Перевагою використання безланцюгового садильного апарату є максимальне зменшення відстані подачі картоплин від бункера до поверхні поля, цим самим оптимізувати розміри саджалки для картоплі.

Так для проведення конструювання робочих органів садильних машин впливатимуть розмірно - масові характеристики сортів картоплі. Для проведення досліджень було проведено їх визначення. Для проведення досліджень було використано свіжовикопана картоплі різних розмірів та маси бульб. Для заміру розмірів та визначення маси картоплин використано штангенциркуль та лабораторні ваги. Результати отриманих досліджень представлено в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1. – Розмірно-масові характеристики картоплі

Розміри бульб	Сорт		
	Лорх	Темп	Лошицький
<b>довжина, мм:</b>			
середня	64,5	60,3	57,0
середнє квадратичне відхилення	18,3	15,4	9,4
коефіцієнт варіації, %	28,4	26,6	16,3
<b>ширина, мм:</b>			
середня	50,9	50,4	43,5
середнє квадратичне відхилення	11,5	11,5	4,8
коефіцієнт варіації, %	22,6	22,8	10,5
<b>товщина, мм:</b>			
середня	49,7	40,4	38,9
середнє квадратичне відхилення	9,1	7,6	4,4
коефіцієнт варіації, %	21,5	18,9	11,2
<b>маса, г:</b>			
середня	87,0	76,2	63,5
середнє квадратичне відхилення	56,7	48,9	6,1
коефіцієнт варіації, %	68,6	64,2	30,4

При проведенні експериментальних досліджень було відбірано картоплю сортів з різними формами бульб та з масою картоплин 50... 60 грам. Зразки поділили на дві частини з кулястою формою та еліпсоїдною. З цих двох груп було відділено

картоплини, які перерізуали на половину так, як часто для садіння картоплі можливе використання перерізаної картоплі.

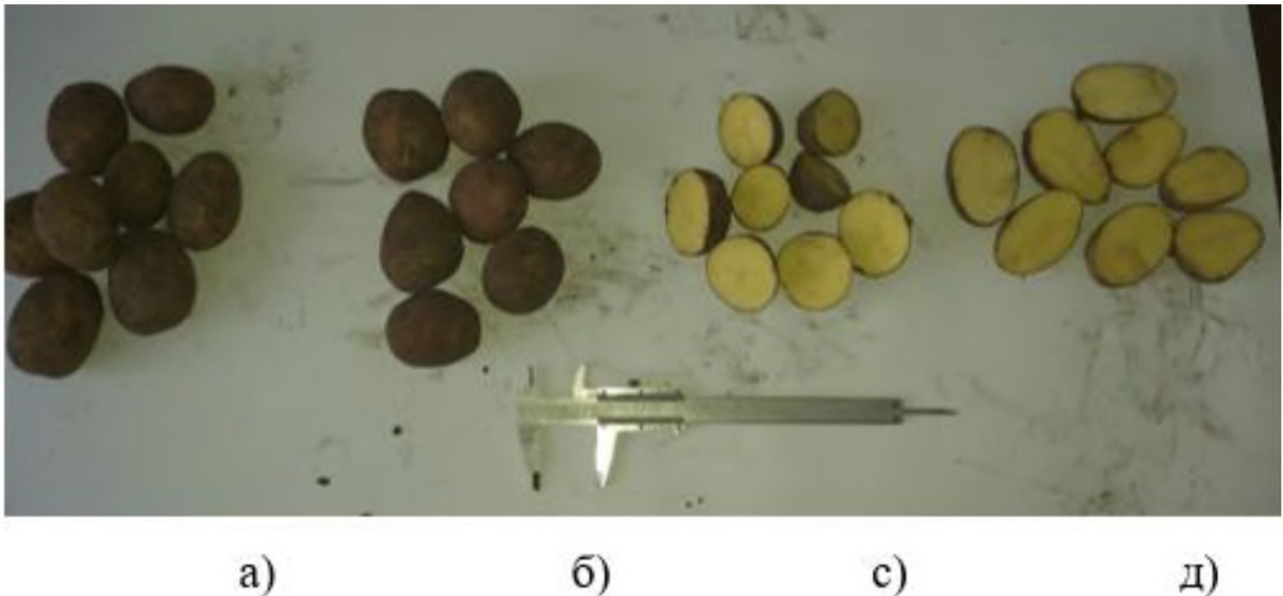


Рисунок 3.4 – Зразки картоплі для експериментальних досліджень: а) - круглої форми; б) – еліпсоїдної; с) – круглої різаної; д) – еліпсоїдної різаної

Проведення досліджень відбувалось в лабораторіях кафедри. При визначенні параметрів та кожним дослідом проводили налаштування лабораторної установки шляхом зміни кутів нахилу верхнього та середнього лотків. Згідно програми досліджень контрольованими параметрами були: кут нахилу верхнього та середнього лотків; висота падіння бульб від дозуючого пристрою до верхнього лотка; час кочення картоплі по лотках до моменту падіння на опорну поверхню. Основним та важливим моментом кочення бульби по лотку, що враховувався, була часткова зупинка картоплини по лотках. Час кочення бульби брали від моменту кидання бульби на лоток до падіння її на опорну поверхню установки. Отримані значення дослідів представлені в табл. 3.1.

Зробивши аналіз результатів експериментів, представлених в таблиці 3.2 вказує, що середній час котіння круглої, еліпсоїдної, круглої різаної та еліпсоїдної різаної картоплі по похилих поверхнях дослідної установки складає 2 с. Оптимальні кути для лотків висаджувального пристрою: верхнього  $15...30^{\circ}$ , середнього –  $30...45^{\circ}$ . Переміщення еліпсоїдної різаної бульби проходить при нахилі верхнього

Таблиця 3.2 – Результати експериментальних досліджень

Форма картоплі		Прямолінійні лотки						Прямолінійний і криволінійний лотки					
		$\alpha_1$ , град.	$\alpha_2$ , град.	S, мм	t, с.			$\alpha_1$ , град.	h, см	S, мм	t, с.		
					1	2	3				1	2	3
Кругла, гр.	50-60	15	15	-	<b>2</b>	<b>2.9</b>	<b>2.3</b>	15	15	-	<b>2</b>	<b>2.2</b>	<b>1.9</b>
	50-60	30	30	-	<b>1.9</b>	<b>2</b>	<b>1.8</b>	30	30	-	<b>1.7</b>	<b>1.9</b>	<b>2.2</b>
	50-60	45	45	-	<b>1.8</b>	<b>1.9</b>	<b>1.8</b>	45	45	-	<b>1.5</b>	<b>1.8</b>	<b>1.8</b>
Еліпсоїдна, гр.	50-60	15	15	-	<b>2.7</b>	<b>2.5</b>	<b>2.8</b>	15	15	-	-	<b>3.2</b>	<b>2.7</b>
	50-60	30	30	-	<b>2.9</b>	<b>2.6</b>	<b>2.4</b>	30	30	-	<b>2.3</b>	<b>2.6</b>	<b>2.6</b>
	50-60	45	45	-	<b>2.2</b>	<b>2</b>	<b>2.4</b>	45	45	-	<b>2.2</b>	<b>1.9</b>	<b>2.4</b>
Розрізана кругла, гр.	40-50	15	15	-	<b>3</b>	<b>2.7</b>	<b>3.4</b>	15	15	-	<b>2.5</b>	<b>2.7</b>	<b>3.0</b>
	40-50	30	30	-	<b>2.5</b>	<b>2.3</b>	<b>2.5</b>	30	30	-	<b>2.2</b>	<b>1.8</b>	<b>2.0</b>
	40-50	45	45	-	<b>2.2</b>	<b>2.5</b>	<b>2.9</b>	45	45	-	<b>1.7</b>	<b>1.75</b>	<b>1.9</b>
Розрізана еліпсоїдна, гр.	30	15	15	50	-	-	-	15	15	20	-	-	-
	40	30	30	40	-	-	-	30	30	15	-	-	-
	50	45	45	-	<b>3.3</b>	<b>3.4</b>	<b>3</b>	45	30	-	<b>2.8</b>	<b>3.4</b>	<b>3.7</b>

лотка більше  $45^\circ$ . Для оптимального використання запропонованої конструкції лабораторної установки важливим моментом є падіння швидкості кочення на нижньому лотку аж до зупинки. З проведених досліджень варто зауважити що для оптимальної роботи (Рівномірність бульби в рядку) даного садильного апарату є правильність встановлення кутів нахилу лотків.

3.3 Методики проведення дослідів з визначення фізико-механічних властивостей картоплі та визначення основних параметрів запропонованої машини

Дослідження кута природнього укусу проводили стандартним методом(рис.3.5). Кутом природнього укусу називають найбільше значення кута, який утворюється між горизонтальною площиною і твірною поверхні вільно відсипаного на цю площину матеріалу.



Рисунок 3.4 Лабораторна установка для визначення кута природнього відкосу картоплі

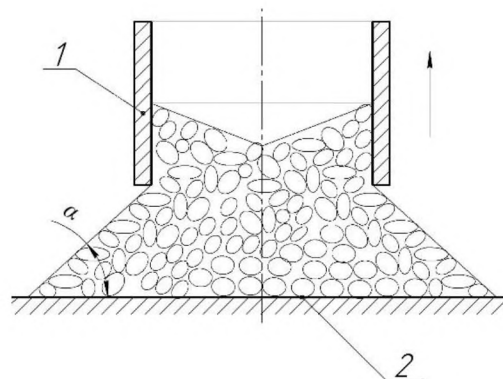


Рисунок 3.5 - Схема установки для визначення кутів природнього відкосу: 1 – лабораторна установка; 2 – висипаний матеріал.

Для визначення кутів природнього відкосу було виготовлено лабораторну установку яка являє собою скріплені між собою доски в вигляді квадрату (рис 3.4) розміром 20-20см, одне ребро для кращого огляду було прозорим. Досліди проводили вручну Дослідження проводили наступним чином. Виготовлену установку 1 розміщували, далі насипали в середину картоплю різних розмірів, потім квадрат піднімали до повного висипання картоплі. Кут контролювали за допомогою кутоміра та транспортира. Наприклад для картоплі кут природнього укосу сорту Тайфун рівний: максимальний кут рприроднього укосу рівний -  $35^{\circ}19'$ . мінімальний кут -  $30^{\circ}20'$ , середній кут природнього укосу рівний -  $32^{\circ}23'$ ,

Дослідження з визначення кута природнього укосу будуть використовуватись для проектування бункера садильної машини для унеможливлення утворення склепів при садінні картоплі.



Рисунок 3.6 – лабораторна установка для вимірювання кута тертя та кута перекошування бульб картоплі

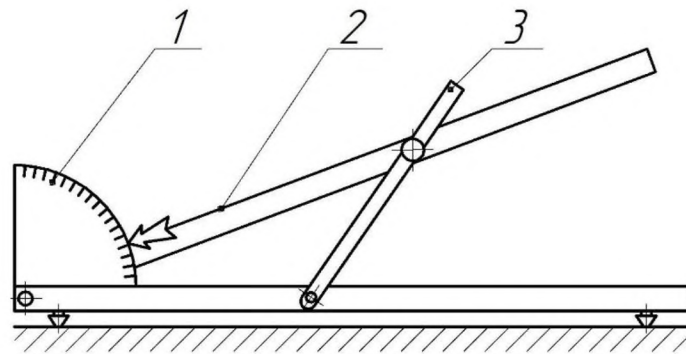


Рисунок 3.7 – Схема установки для вимірювання кутів тертя та кута перекошування бульб картоплі: 1-кутомір, 2 – похила поверхня, 3 – основа.

Дослідження з визначення кута тертя проведемо за допомогою лабораторної установки виготовленої в формі металевого короба прикріпленого однією стороною за допомогою рухомого з'єднання до дерев'яної основи. По центру рухомої опори закріплено кутомір для вимірювання кута кочення та кута тертя картоплі по металевій поверхні.

Для проведення достовірності досліджень для визначення кута тертя кожному бульбю зважували, потім визначали силу тертя, за одержаними даними проведених досліджень розраховували тангенс кута тертя (коефіцієнт тертя). При проведенні досліджень важливо, щоб бульба не прекочувалась а пресувалась з тертям по поверхні. Отримані дані досліджень перераховуємо за відомими формулами та заносимо в табл 3.3. та попередньо оброблені дані

Таблиця 3.3 – Коефіцієнт тертя бульб картоплі

Кут тертя	Число випадків. %		
	Темп	Рівера	Тайфун
16-19	-	-	4.2
19-22	26	4	25
22-25	50	24	31.2
25-28	22	42	33,3
28-31	2	22	2
31-34	-	4	4
34-37	-	2	-
37-40	-	2	-
Середній кут тертя	24,3	25,45	24

Картопля має складну форму поверхні, яка дуже відрізняється навіть в межах одного сорту. Тому якщо бульби розміщувати на металевій поверхні та збільшувати кут нахилу тієї поверхні до початку руху картоплин спостерігатимемо процес переміщення що не можна відносити не до кочення картоплі, як кулі, нідо кочення з ковзанням картоплі по цій поверхні. Це явище сильно впливатиме на час перебування бульб різного розміру та форми на запропонованих в садильному апараті поверхнях. Тому були проведені дослідження з визначення кута перекочування бульб

Дослідження проводили наступним чином брали картоплину клали на металеву поверхню та піднімали за один кінець, коли картоплина починала котитись

по поверхні фіксували візуально кут підняття поверхні. Це і вважали кутом перекочування картоплі. Дані для різних сортів заносили в таблицю. Результати досліджень представлено в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Кут перекочування картоплі різних форм та розмірів.

Кут перекочування	Сорти картоплі		
	Кількість випадків, %		
	Темп	Рівера	Тайфун
4-7	3.1	-	4
7-10	10.5	2.0	16.0
10-13	26.1	10.0	30.0
13-16	30.3	21.0	22.0
16-19	13.6	26.5	8.0
19-22	13.2	19.0	9.0
22-25	2.1	14.5	4.0
25-28	1.1	5.5	8.0
28-31	-	1.5	-
31-34	-	-	1.0
Середнє значення кута	14.2	18.2	13.34

### Висновки до розділу 3

1. Запропоновано програму та методику проведення досліджень для встановлення показників призначених для проектування запропонованого механізму.
2. Розроблено методику проведення досліджень з визначення кутів перекочування бульб картоплі.
3. Розроблено методику з визначення кутів тертя для різних форм та розмірів картоплі.

## РОЗДІЛ 4

### РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ МЕТОДОМ МАТЕМАТИЧНОГО ПЛАНУВАННЯ

4.1. Методика визначення раціональних конструктивних параметрів садильного апарату картоплесаджалки

Для визначення конструктивних параметрів та режимів роботи картоплесадильного механізму варто врахувати основні параметри, які впливатимуть на якість садіння картоплі. Для підтвердження запропонованих параметрів роботи садильного апарату варто врахувати наступні параметри його роботи: швидкість руху машини, частота обертання шнека та кут нахилу робочих поверхонь. За допомогою методу математичного планування експерименту ми пересвідчимось у правильності вибору запропонованих технічних рішень та виберемо оптимальні режими його роботи. Визначимось з перспективами його використання в запропонованій конструкції садильного апарату, підтвердимо достовірність проведення лабораторних досліджень проведених на лабораторній установці. При проведенні даного експерименту важливо поєднати швидкість руху садильного агрегату зі швидкістю подачі бульб картоплі, яке впливатиме на розкладку бульб в рядку та на врожайність картоплі в майбутньому.

Методика з визначення ефективності процесу садіння запропонованим механізмом проходила за стандартною методикою методів планування експериментів та з використанням відомого математичного методу планування експерименту.

Досліджувалось відхилення від рівномірності розкладання бульб в рядку з врахуванням вище приведених факторів:

- Швидкість руху картоплесадильного агрегату;
- Частота обертання дозуючого пристрою картоплі;
- Кут нахилу лотків.

При проведенні досліджень використано симетричний некомпозиційний план Бокса - Бенкіна другого порядку, та розраховано на використання трьох рівнів для кожного з факторів: основного (0), верхнього (+1) та нижнього (-1).

Таблиця 4.1. - Фактори та рівні варіювання

Рівні варіювання	Фактори		
	Кут нахилу лотків $\alpha_{po}$ , град	Швидкість руху картоплесадильного агрегату $V$ , км/год	Частота обертання дозуючого механізму $n$ , об/хв
	$x_1$	$x_2$	$x_3$
Верхній (+1)	15	3	10
Основний (0)	25	4	20
Нижній (-1)	35	0,2	30
Інтервал варіювання $\varepsilon$	10	1	10

При проведенні запланованого три факторного експерименту маємо провести 15 дослідів згідно до матриці планування. Черговість проведення експериментального дослідження проводили та використовували таблицю випадкових чисел.

Функція відгуку (нерозривність потоку органічних добрив при на виході) в області факторного простору подана у вигляді нелінійного рівняння регресії:

$$y = 10 + 5x_1 + 4,375x_2 + 3,125x_3 + 2,5x_1^2 + 1,25x_2^2 + 2,5x_3^2 \quad (4.1)$$

Аналіз рівняння регресії дає можливість оцінити вплив на рівномірність вкладання бульб в рядку запропонованим садильним апаратом.

Для отримання математичної моделі рівномірності розподілу бульб в рядку, проведено три факторний експеримент на лабораторній установці, яку представлено в п.3.2. Метою проведення даного експерименту було виявлення відхилень

розкладання картоплин при виході з запропонованого садильного апарату. Вважали, що в реальних умовах, запропонований картоплесадильний модуль забезпечить рівномірність вкладання бульб згідно заданої норми посадки картоплі на один погонний метр. При проведенні дослідів, рівномірність вкладання бульб в рядку вважалась за 100% коли картопля буде поступати одна за одною без преривів.

При обробці результатів три факторного експерименту методом математичного планування та три рівневим планом другого порядку з допомогою програми, яка створена в середовищі Mathcad, дозволила отримати рівняння в розкодованому вигляді:

$$t = 1.25v^2 - 5.625v + 0.025\alpha - 0.9375\omega^2 - 0,5\omega + 20.3125 \quad (4.2)$$

За рівнянням регресії (4.1) було побудовано поверхні відгуку (рис. 4.1).

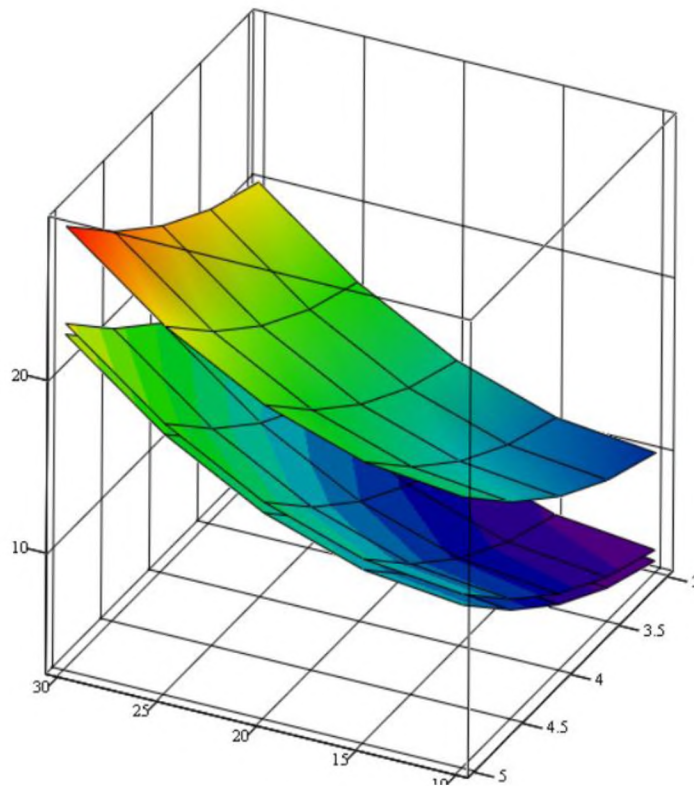


Рисунок 4.1 – Поверхні відгуку рівномірності вкладання бульб картоплі в рядку в залежності від частоти обертання дозуючого пристрою  $n$ , об/хв; кута нахилу лотків  $\alpha$ , град. та швидкості переміщення картоплесадильного агрегату по полі  $V$  м/с: при 1 –  $V = 3.0$  км/год; 2 –  $V = 4.0$  км/год; 3 -  $V = 5.0$  км/год

Одержані результати при проведенні даного експерименту дозволяють зробити наступний висновок: всі три фактори є визначальними для роботи садильного апарату та мають значний вплив на рівномірність вкладання бульб в рядку.

#### **Висновки за розділом 4**

Проведені дослідження з визначення ефективності роботи запропонованого садильного апарату та використанні методу математичного планування даного експерименту в лабораторних умовах вказують на його ефективність при садінні картоплі. Запропонований садильний апарат може бути встановлений на машину та використовуватись при садінні картоплі.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОКИ

Картопля є однією з основних культур, яка використовується при приготуванні їжі для людей, а це напряму впливає на здоров'я населення та сомопочуття. Тому вирощування її в необхідній кількості безпосередньо впливає на добробут держави. Пропозиції з вдосконалення техніки, що використовується при вирощуванні даної культури завжди є актуальною тематикою. В даній кваліфікаційній роботі магістра запропоновано картоплесадильний модуль, який дозволить одночасно виконувати декілька операцій, це в свою чергу зменшить кількість проходів техніки по полі, що приведе до зменшення ущільнення ґрунтів великогабаритною технікою. Модульність запропонованого агрегату дозволить збільшити терміни застосування та збереже витрати на придбання додаткового обладнання.

В даній роботі проведено ряд досліджень, які дозволяють зробити наступні висновки:

1. Картопля є однією з культур, яка вимагає внесення органічних добрив. При зменшенні поголів'я ВРХ його кількість не достатня, щоб забезпечити норму внесення 60т/га. Це вимагає від інженерів створення машин для локального внесення даного виду добрив. Що зменшить норму до 10 т/га.
2. Запропоновано нова технологія вирощування картоплі робить можливе внесення даних добрив восени при нарізанні гребенів чи весною одночасно з висаджуванням бульб картоплі.
3. На основі виконаних досліджень, з забезпечення якості висаджування бульб, запропоновано новий садильний пристрій.
4. При застосуванні запропонованої технології садіння картоплі навесні є можливість з чотирьохрядного картоплесадильного модуля з одночасним внесенням органічних добрив, в даній роботі запропоновано конструктивно – компонувальну схему модуля для садіння картоплі.

**ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ**

1. Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку: Підручник / Д.Г. Войтюк, В.М. Барановський, В.М. Булгаков та ін.; за ред. Д.Г. Войтюка. – К.: Вища освіта, 2005. – 464 с.
2. Рибак Т.І., Попович П.В., Сташків М.Я. Концепція пошукового конструювання мобільної техніки в АПК // Загальнодержавний міжвідомчий наук.-техн. зб. «Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин». – Вип. 39. – Кіровоград: КНТУ, 2009. – С. 40-47.
3. Практикум із машиновикористання в рослинництві: Навч. Посібник / За ред. І.І. Мельника. – К.: Кондор, 2004. – 284 с.
4. Комп'ютерне моделювання систем та процесів. Методи обчислень/ Р.Н. Кветний, І.В. Богач, О.Р. Бойко та ін. / За ред. Р.Н. Кветного. – У двох част. – Вінниця: ВНТУ, 2012.
5. Заїка П.М. Теорія сільськогосподарських машин. Т.1. Машини та знаряддя для обробітку ґрунту. – Харків: Око, 2001. – 444 с.
6. Експлуатація та ремонт сільськогосподарської техніки: Підручник: У 3 кн. / За ред. А.Ф. Головчука. – Кн. 3: Машини сільськогосподарські / А.Ф. Головчук, В.І. Марченко, В.Ф. Орлов. – К.: Грамота, 2005. – 576 с.
7. Сільськогосподарські машини: підручник / Д.Г. Войтюк, Л.В. Аніскевич, В.В. Іщенко та ін.; за ред. Д.Г. Войтюка. – К.: «Агроосвіта», 2015. – 679 с.
8. FiBL IFOAM World of Organic Agricultural 2013 UA final / [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.pdf-archive.com/2013/12/31/fibl-ifoam-world-oforganic-agriculture-2013-ua-final/preview/page/12/>.
9. Наукові основи виробництва органічної продукції в Україні: монографія / за ред. д-ра с.-г. наук, проф., акад. НААН Я.М. Гадзала, д-ра с.-г. наук, проф., чл.-кор. НААН В.Ф. Камінського. – К.: Аграрна наука, 2016. – 592 с.
10. Інформаційний ресурс: <http://agroazbuka.com/uk/sapropel.html>.

11. Машина для локального внесення твердих органічних добрив з одночасною посадкою картоплі. Дідух В.Ф., Поліщук М.М., Сацюк В.В., Бабарика С.Ф. Патент на КМ 84229, опубл. 10.10.2013 р., МПК А 01 С 9/00.

12. Пастухов В. І. Польові дослідження технології вирощування картоплі під соломою / В. І. Пастухов, М. В. Бакум, Д. А. Яшук, І. О. Головін, Д. В. Крохмаль, В. В. Адамчук, В. Г. Присяжний, С. І. Корнієнко, О. М. Могильна, О. В. Мельник // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. - 2015. - Вип. 156. - С. 120-125. - Режим доступу: <http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vkhdusg>.

13. Сільськогосподарські і меліоративні машини: Навчальний посібник / Кошук О. Б., Лузан П. Г., Мося І. А., Герлянд Т. М., Романов Л. А. – К. : ІПТО НАПН України, 2015. – 291 с.

14. Шевчук М. Й. Сапропелі України. Запас, якість і використання органічно-мінеральних добрив // Вісник аграрної науки, 2000, №2. – С. 24 – 28.

15. Дідух В.Ф. Дослідження процесу формування у ґрунті вологоутримуючого шару / В.Ф. Дідух, І. Є. Цизь, В.В. Тарасюк, С.М. Хомич // Зб. наук. статей., Кропивницький - 2023 - с. 110...116.

16. Особливості вирощування картоплі в умовах Полісся з використанням місцевих добрив. /Дідух В,Ф., Цизь І.Є., Тарасюк В.В., Данилюк В.М., Тарасюк Д.В/ Матеріали Всеукраїнської НПК «Технічний прогрес в АПВ» 9 - 10 травня 2023р. / Державний біотехнологічний університет. Харків, 2023. 325 с.(95-100).

17. Дідух В.Ф. Данилюк В.М., Цизь І.Є., Тарасюк В.В., Голій О.В. Спосіб вирощування картоплі. Патент України на корисну модель №154479 А01С14/00, А01С21/00, А01С7/00. Опубл. 15.11.2023 бюл. №46

18. В.І. Пастухов, Р.В. Кириченко, М.В. Бакум та ін.. Обґрунтування вирощування картоплі за технологією Streep-Till. Інженерія природокористування, 2020, № 2(16), с. 25-32.

19. Дідух В.Ф., Тарасюк Д.В. Дослідження садильного апарату картоплі пасивного типу. Зб. наук. статей «Сільськогосподарські машини», вип.. Луцьк. 2020 №44, с.41-45.

20. Патент на КМ № 143095. Машина для садіння картоплі з одночасним внесенням органічних і мінеральних добрив. / Дідух В.Ф., Тарасюк Д.В., Ляшук В.М., Тарасюк В.В., Фомич М.І. Опубл. 10.07.2020, бюл. № 13..

21. Методичні рекомендації щодо проведення досліджень з картоплею. – Немішаєве: Українська академія аграрних наук, Інститут картоплярства, 2002. – 184 с.

22. Дідух В.Ф., Тарасюк Д.В. Перспективи розвитку органічного землеробства. Тези VIII НПК «Іноваційні технології в АПК» м. Луцьк 2021 с 45-47.

23. В.Ф. Дідух, докт. техн. наук, проф., Д.В. Тарасюк, студ Картоплесаджалка для вирощування органічної картоплі. Міжнародна науково-технічна конференція присвячена пам'яті професора Гевка Богдана Матвійовича. Проблеми теорії проектування та виготовлення транспортно-технологічних машин – Тернопіль, 23-24 вересня 2021 р.

[https://elartu.tntu.edu.ua/bitstream/lib/35926/2/MNTK\\_2021\\_Didukh\\_V\\_F-Potato\\_planter\\_for\\_growing\\_50-51.pdf](https://elartu.tntu.edu.ua/bitstream/lib/35926/2/MNTK_2021_Didukh_V_F-Potato_planter_for_growing_50-51.pdf)

# ДОДАТКИ





**Тема кваліфікаційної магістерської роботи:**

**ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ САДІННЯ КАРТОПЛІ З ВДОСКОНАЛЕННЯМ  
САДЖАЛКИ**

**МЕТА РОБОТИ:** Удосконалити технологію садіння картоплі та розробити конструкцію картоплесадильного модуля з одночасним внесенням органічних добрив.

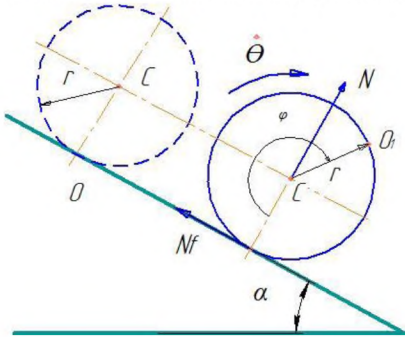
**ОБ'ЄКТ ДОСЛІДЖЕННЯ.** Процес садіння картоплі з застосуванням шнекового дозуючого пристрою.

**ПРЕДМЕТ ДОСЛІДЖЕННЯ.** Технологія садіння картоплі, вплив конструкції садильного робочого органу на якість висаджування картоплі.

Завдання досліджень:

- провести аналіз існуючих технологій вирощування картоплі;
- провести аналіз технічного забезпечення технологічного процесу садіння картоплі;
- провести обґрунтування конструктивних параметрів картоплесаджалки та дозуючого пристрою;
- запропонувати методику проведення експериментальних досліджень;
- розробити функціональну картоплесадильного модуля та принципову схему картоплесаджалки;
- розробити конструкцію дозуючого пристрою.

# ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ КОЧЕННЯ КАРТОПЛІ КУЛЯСТОЇ ФОРМИ ПО РОБОЧІЙ ПОВЕРХНІ



Переміщення бульби кулястої форми по плоскій похилій поверхні

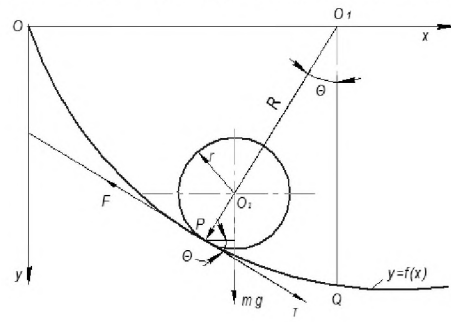


Схема переміщення картоплини кулястої форми по криволінійній поверхні

Для забезпечення режиму кочення картоплі по плоскій похилій поверхні мають виконуватись умови: похила площина шорстка; бульба котиться без проковзування.

Миттєвий центр швидкостей при режимі кочення без тертя.

$$V_o = V_c - r\dot{\theta},$$

де:  $V_c$  - лінійна швидкість центра мас, її направлення вздовж похилої площини, м/с;  $\dot{\theta}$ , - кутова швидкість обертання картоплі,  $c^{-1}$ ;  $r$  - радіус картоплини, м.

Кінетичну енергію картоплини при русі по похилій площині визначимо за формулою:

$$T = m \frac{V_c^2}{2} + I_c \frac{\dot{\theta}^2}{2}, T = m \frac{r^2 + \rho^2}{2} + \dot{\theta}^2$$

де:  $I_c = m\rho^2$  - момент інерції картоплини відносно центральної горизонтальної вісі обертання, і яка перпендикулярна площині руху, рівний:

Потенційна енергія картоплини рівна:

$$\Pi = -mgS \sin \alpha$$

де  $S$  - шлях руху картоплини, або довжина лотка розгону бульби, м.

Закон збереження енергії при  $\dot{S} = V_c$  та  $\dot{\theta} = \frac{V_c}{r}$  буде становити:

$$T + \Pi = \frac{m}{2} \lambda^{-1} \dot{S}^2 - mgS \sin \alpha = c_1$$

де:  $c_1 = \frac{mV_0^2}{2\lambda}$  - постійна величина при  $t = 0$ , а  $\lambda$  - визначається за формулою:

$$\lambda = \frac{r^2}{r^2 + \rho^2}$$

Диференціальне рівняння бульби кулястої форми набере вигляду:

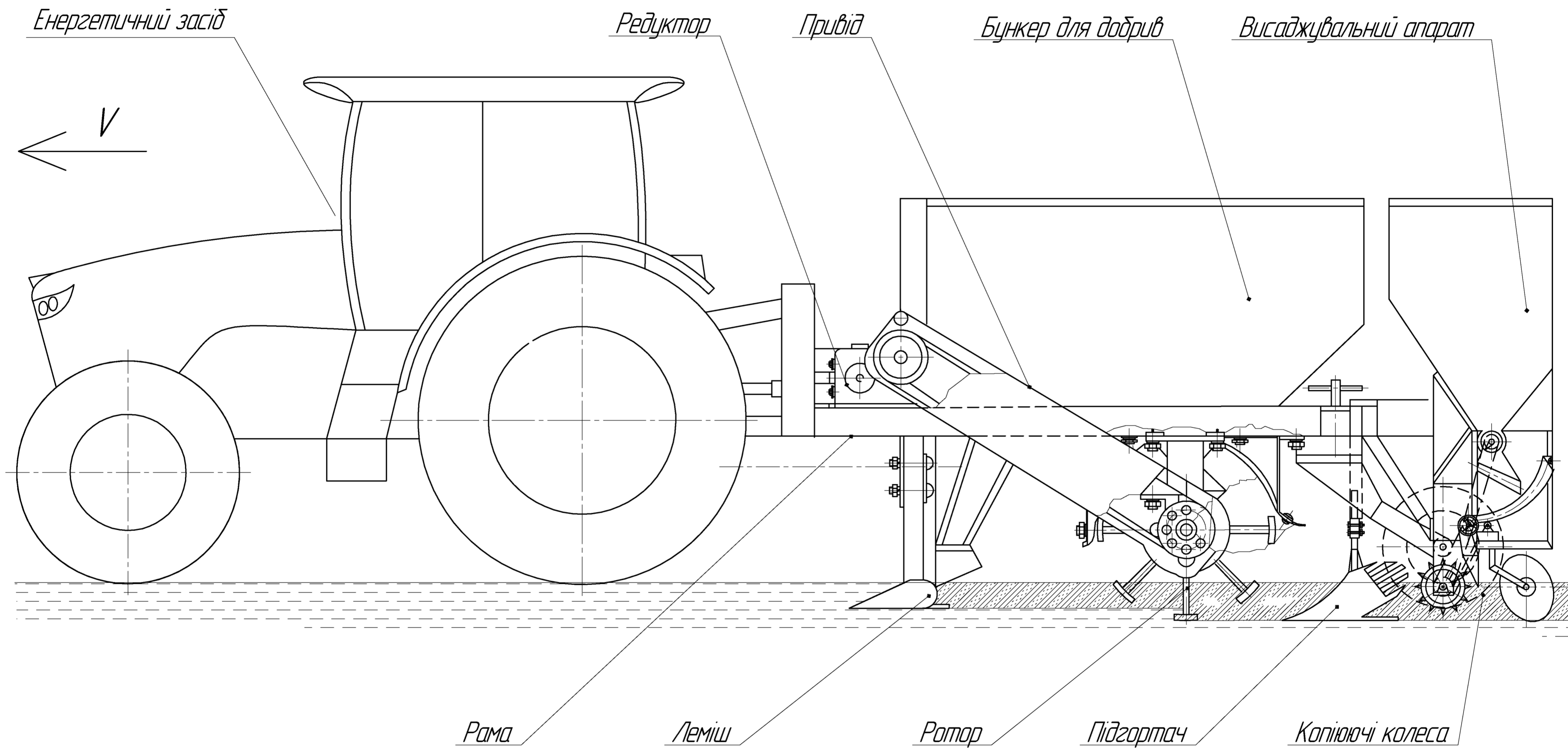
$$\left(\frac{dS}{dt}\right)^2 = 2gS\lambda \sin \alpha + V_0^2$$

Швидкість центра мас картоплини рівна:

$$\frac{dS}{dt} = \sqrt{2gS\lambda \sin \alpha + V_0^2}$$

Рівняння, яке характеризує її прискорення по похилій поверхні:

$$\frac{d^2 S}{dt^2} = \frac{\sqrt{2gS\lambda \sin \alpha + V_0^2}}{dS} \frac{dS}{dt} = g\lambda \sin \alpha$$



Перв. примен.

Спроб. №

Падп. и дата

Инд. № дїдл.

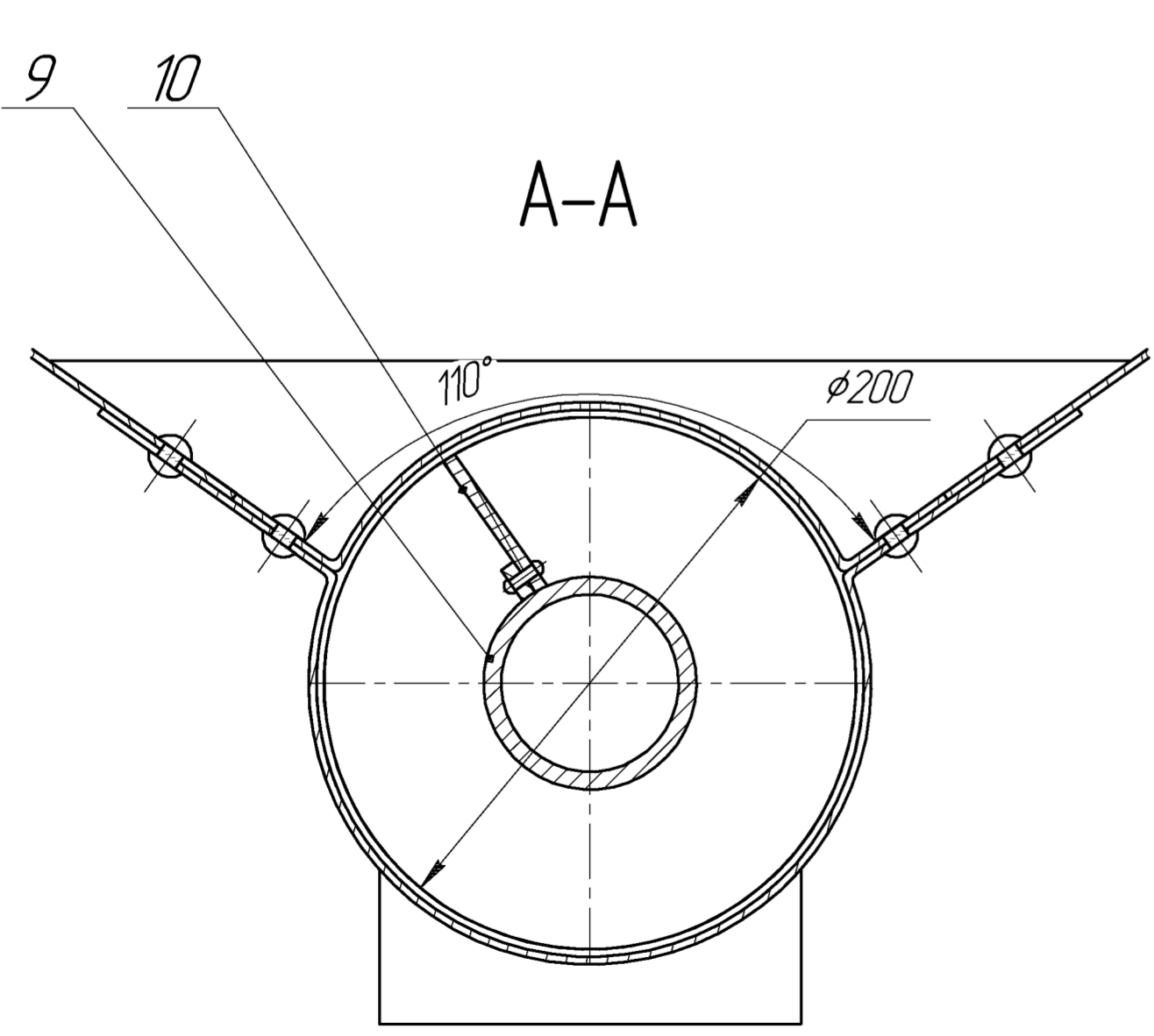
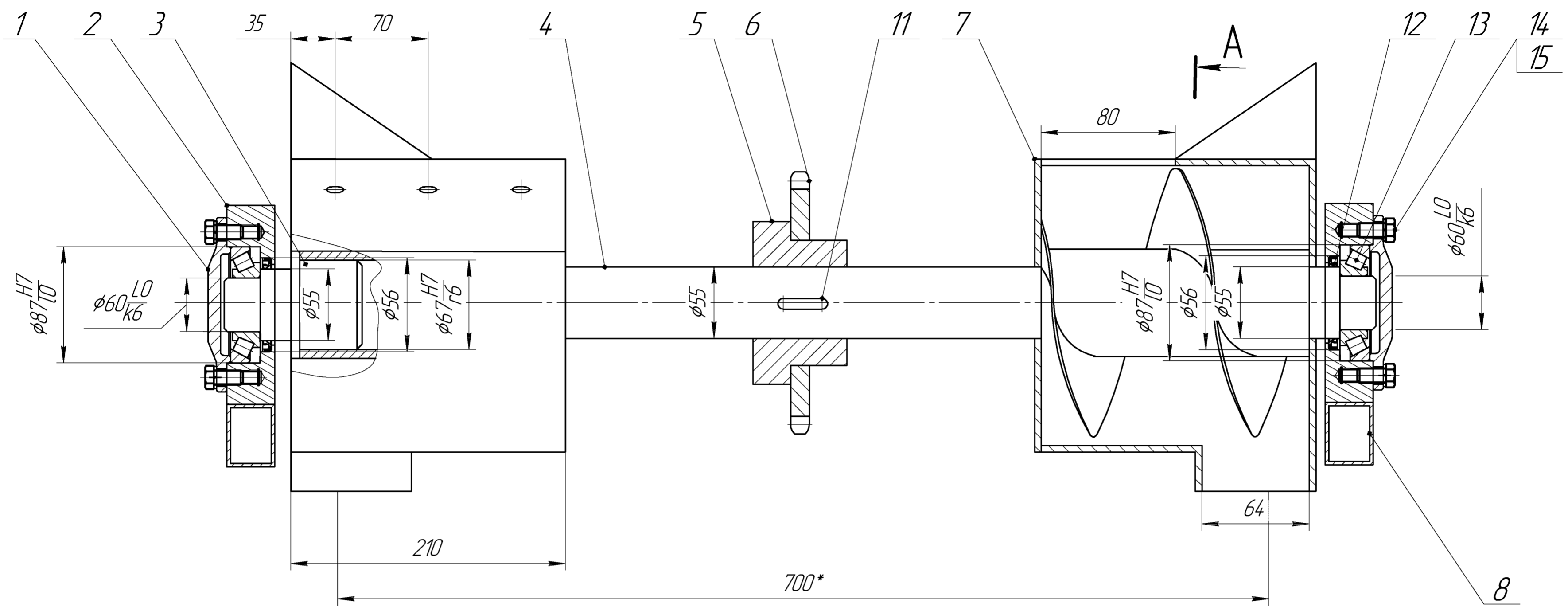
Взам. инд. №

Падп. и дата

Инд. № падп.

				КАІ.ШКС.00.00.0000.02			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Машин	Масса	Масштаб
Разр.	Тарасюк Д.В.				М	-	-
Проб.	Дідух В.Ф.				Лист	Листов	1
Т.контр.					ЛНТУ каф. АІ ім. проф. Г.А. Хайліса ст.гр. АІМ-21		
Н.контр.	Юхимчук С.Ф.				Формат А2		
Утв.	Хамич С.М.				Копирвал		





- Технічні вимоги
- \* Розмір для довідок.
  - Після складання шнек повинен обертатися вільно від руки.
  - \*\* Розмір забезпечується інструментом.

КАІШКС.04.00.0000.СК				Літера	Маса	Масштаб
Дозуючий шнек складальне креслення				М	250	1:2,5
				Аркш	Аркшів	1
Змін.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		
Розроб.	Тарасюк Д.В.					
Перев.	Дідух В.Ф.					
Т.контр.						
Н.контр.	Юхимчук В.Ф.					
Затв.	Хамич С.М.					

# АПАРАТУРА І ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ



Установка для визначення кута перекочування картоплі та визначення коефіцієнта тертя



Зразки картоплі для експериментальних досліджень:  
а) - круглої форми; б) – еліпсоїдної; с) – круглої різаної; д) – еліпсоїдної різаної



Стандартні вимірювальні прилади



Електронна вага



Установка для часу визначення кочення картоплі по лотках та кутів встановлення лотків



Прилад для вимірювання кута природнього відкосу

# РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

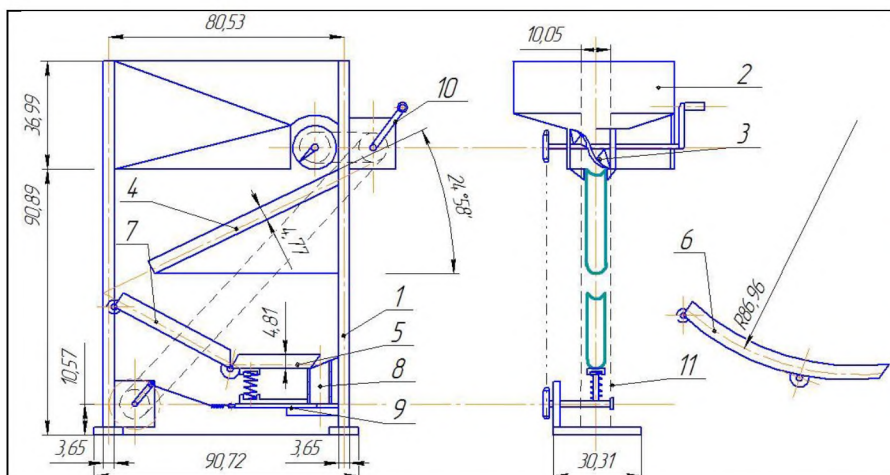


Схема лабораторної установки садильного апарату лоткового типу: рама - 1; бункер - 2; 3 – відокремлювач бульб - 3; похилі лотки -4,7; лоток сповільнення - 5; криволінійний лоток -6; вловлювач бульб -8; відсікач -9; привід -10; ланцюгова передача -11.

Лабораторна установка для визначення кутів кочення картоплі та часу перебування картоплі на лотках

## Результати експериментальних досліджень

Форма картоплі		Прямолінійні лотки						Прямолінійний і криволінійний лотки					
		$\alpha_1$ , град	$\alpha_2$	S, мм	t, с.			$\alpha_1$	h, см	S, мм	t, с.		
					1	2	3				1	2	3
Кругла, гр.	50-60	15	15	-	2	2.9	2.3	15	15	-	2	2.2	1.9
	50-60	30	30	-	1.9	2	1.8	30	30	-	1.7	1.9	2.2
	50-60	45	45	-	1.8	1.9	1.8	45	45	-	1.5	1.8	1.8
Еліпсоїдна, гр.	50-60	15	15	-	2.7	2.5	2.8	15	15	-	-	3.2	2.7
	50-60	30	30	-	2.9	2.6	2.4	30	30	-	2.3	2.6	2.6
	50-60	45	45	-	2.2	2	2.4	45	45	-	2.2	1.9	2.4
Розрізана кругла, гр.	40-50	15	15	-	3	2.7	3.4	15	15	-	2.5	2.7	3.0
	40-50	30	30	-	2.5	2.3	2.5	30	30	-	2.2	1.8	2.0
	40-50	45	45	-	2.2	2.5	2.9	45	45	-	1.7	1.75	1.9
Розрізана еліпсоїдна, гр.	30	15	15	50	-	-	-	15	15	20	-	-	-
	40	30	30	40	-	-	-	30	30	15	-	-	-
	50	45	45	-	3.3	3.4	3	45	30	-	2.8	3.4	3.7

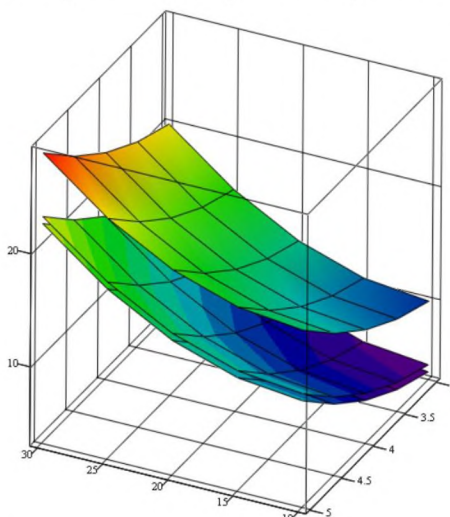
# РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ З ВИКОРИТАННЯМ МЕТОДУ МАТЕМАТИЧНОГО ПЛАНУВАННЯ

Фактори та рівні варіювання

Рівні варіювання	Фактори		
	Кут нахилу лотків $\alpha_{po}$ , град	Швидкість руху картоплесадильного агрегату $V$ , км/год	Частота обертання дозуючого механізму $n$ , об/хв
	$x_1$	$x_2$	$x_3$
Верхній (+1)	15	3	10
Основний (0)	25	4	20
Нижній (-1)	35	5	30
Інтервал варіювання $\varepsilon$	10	1	10

Рівняння регресії

$$y = 10 + 5x_1 + 4,375x_2 + 3.125x_3 + 2.5x_1^2 + 1.25x_2^2 + 2.5x_3^2$$



Поверхні відгуку рівномірності вкладання бульб картоплі в рядку в залежності від частоти обертання дозуючого пристрою  $n$ , об/хв; кута нахилу лотків  $\alpha$ , град. та швидкості переміщення картоплесадильного агрегату по полі  $V$  м/с: при 1 –  $V = 3.0$  км/год; 2 –  $V = 4.0$  км/год; 3 -  $V = 5.0$  км/год