

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра тракторів і сільськогосподарських машин

П о я с н ю в а л ь н а з а п и с к а

до дипломного проєкту
першого (бакалаврського) рівня вищої освіти
на тему:

**УДОСКОНАЛЕННЯ МЕХАНІЗАЦІЇ ЗБИРАННЯ
КАРТОПЛІ З ОБГРУНТУВАННЯМ
ПАРАМЕТРІВ КОПАЧА**

Виконав: студент _____ Кравець Станіслав Русланович

Керівник: _____ Кобець Анатолій Степанович

Рецензент: _____

Дніпро 2026

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра тракторів і сільськогосподарських машин

Освітній ступінь: "Бакалавр"

Спеціальність: 208 "Агроінженерія"

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри тракторів і
сільськогосподарських машин

(назва кафедри)

ДОЦЕНТ

(вчене звання)

(підпис)

(прізвище, ініціали)

„_____” _____ 20__ р.

З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ СТУДЕНТУ

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи _____

керівник роботи _____

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від “_____” _____ 20__ року
 № _____

2. Строк подання студентом роботи _____

3. Вихідні дані до роботи _____

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) _____

5. Перелік демонстраційного матеріалу _____

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка

Студент

_____ (підпис)

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ (підпис)

_____ (прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Кравець С.Р. Удосконалення механізації збирання картоплі з обґрунтуванням параметрів копача/ Випускна кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня «Бакалавр» за спеціальністю 208 «Агроінженерія». – ДДАЕУ, Дніпро, 2026. – 87 с.

В проєкті приведені основні фізико-механічні характеристики картоплі. Приведені основні характеристики найбільш перспективних сортів, в тому числі і нематодостійких. Проаналізовано різні технології і стан механізації збирання картоплі на Україні та за кордоном, а також перспективні напрямки вдосконалення збиральної техніки і, зокрема, картоплекопачів.

Розроблена конструкція начіпного картоплекопача для колісного трактора класу 1,4 і його викопувальних робочих органів. Проведені розрахунки і визначені основні параметри і режим роботи машини, визначені параметри ланцюгової передачі. Визначено технологічні показники процесу збирання картоплі розробленим картоплекопачем і кінематичні характеристики агрегату.

Розроблено заходи по безпечній експлуатації нового картоплекопача. Проведені розрахунки і визначена економічна ефективність проєкту.

Економічний ефект становить 36152,1 грн/га. Затрати на вдосконалення машини окупляться на протязі першого року застосування в господарстві.

Ключові слова: картопля, бульби, характеристики, картоплекопач, параметри, режим роботи, охорона праці, економічний ефект.

З М І С Т

В С Т У П.	6
1 ПЕРСПЕКТИВНІ СОРТИ КАРТОПЛІ ТА ЇХ ХАРАКТЕРИСТИКА.	9
2 ФІЗИКО-МЕХАНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ҐРУНТУ І БУЛЬБ.	12
3 АГРОТЕХНІЧНІ ВИМОГИ ДО МАШИН ДЛЯ ЗБИРАННЯ КАРТОПЛІ.	19
4 СПОСОБИ І МАШИНИ ДЛЯ ЗБИРАННЯ КАРТОПЛІ	22
5 ПАТЕНТНИЙ АНАЛІЗ.	38
6 ВИЗНАЧЕННЯ ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ КАРТОПЛЕКОПАЧА.	46
6.1 Обґрунтування основних конструктивних параметрів леміша копача.	46
6.2 Розрахунок основних параметрів ротора картоплекопача.	49
6.3 Визначення геометричних параметрів першої ланцюгової передачі. .	52
7. ОХОРОНА ПРАЦІ.	60
7.1 Заходи безпеки при збиранні картоплі удосконаленим копачем.	60
7.2 Вимоги безпеки при зберіганні картоплекопача.	64
8 ВИЗНАЧЕННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ.	67
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ І ПРОПОЗИЦІЇ.	73
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.	74
Д О Д А Т К И.	77

ВСТУП

Картопля є однією з найважливіших культур у сільському господарстві, забезпечуючи значну частину продовольчого балансу. Картоплю вирощують у всіх кліматичних зонах - і в тропічному кліматі, і в північному кліматі (наприклад в Норвегії), а також і в Україні.

Картопля - це поживний продукт, багатий на складні вуглеводи, калій, вітаміни С та В6, що забезпечує енергію та відчуття ситості. Енергетична цінність 100 г вареної картоплі становить близько 74-84 ккал, тоді як печена - 80 ккал. Картопля має низький вміст жирів (0,1-0,2 г), але містить крохмаль.

Світове виробництво картоплі у 2024 році досягло 372 млн тон, що підтверджує її важливість у глобальній продовольчій системі. Лідерами вирощування є Китай (24% світового виробництва), Індія (16%) та Євросоюз (12%), зокрема Нідерланди, Польща, Бельгія та Німеччина. Україна входить до трійки світових лідерів із виробництва. Але, середня урожайність картоплі на українських ланах значно нижча і становить 17 т/га, в Європі - 48 т/га. Вирішити проблему можуть гібриди української селекції, які дають 40-50 т/га, при цьому є й такі сорти, як Княгиня, з урожайністю 100 т/га [1].

Повномасштабне вторгнення РФ в Україну мало безпосередній деструктивний вплив на ринок картоплі. Посівні площі зменшилися на 21%, тоді як обсяг виробництва картоплі скоротився на 11% за рахунок зростання рівня урожайності. Вирощування картоплі в Україні під час війни зазнало значних змін: через окупацію окремих районів та бойові дії площі під картоплею скоротилися, а виробництво змістилося до фермерських господарств.

Незважаючи на проблеми з логістикою, браком кадрів та високою собівартістю (пальне, 33Р), у 2025 році зафіксовано суттєвий приріст урожаю,

зокрема через сприятливі погодні умови та розширення професійних площ [2, 3]. Але українські фермери отримали у 2025 році невтішний досвід: рекордний врожай картоплі - на 50% більший за попередній - не приніс фермерам прибутку. Відпускна ціна на картоплю впала з 20 до 8 грн/кг, при цьому імпорту за січень-жовтень 2025 року зріс у 5,1 рази - до 123,14 тис. т [4].

Вирощування картоплі вимагає комплексного підходу, що включає правильний вибір сорту, підготовку ґрунту, оптимальне живлення та ефективний захист від хвороб та шкідників. Особливу увагу слід приділити розробці систем захисту картоплі, яка дозволить мінімізувати ризики втрат через хвороби. Дотримання агротехнічних рекомендацій на кожному етапі вирощування дозволяє досягти стабільно високих показників врожайності та отримати якісну продукцію. При цьому слід регулярно проводити моніторинг стану рослин та адаптувати технологію до специфічних умов конкретного господарства. Такий підхід стане запорукою успіху в картоплярстві та допоможе отримати високий прибуток із кожного гектару.

Найбільш складна і трудомістка технологічна операція при вирощуванні картоплі – збирання врожаю. На її долю приходить до 60 % всіх затрат.

Один з головних факторів, стримуючих збільшення виробництва картоплі, - повільне освоєння механізованих технологій, а також погане забезпечення галузі необхідною сільськогосподарською технікою. В останні роки відмовлення від інтенсивних технологій виробництва картоплі призвело до спрощених методів її вирощування навіть в великих господарствах.

Технологія збирання картоплі передбачає механізовану підготовку поля, хімічну обробку або скошування з відвезенням до місць переробки бадилля; комбайнове збирання і транспортування картоплі до місця обробки, післязбиральну обробку і перевезення до місць зберігання, закладання на зберігання, а також транспортування на заготівельні пункти.

Технологічний процес збирання картоплі ускладнений тим, що вміст бульб в шарі ґрунту невеликий (1 – 2 % по масі). Щоб виділити 4 – 6 кг бульб,

дворядна машина повинна подрібнити і відсіяти за кожну секунду більше 200 кг ґрунту [5].

Метою даного дипломного проєкту є удосконалення механізації збирання картоплі і конструкції картоплекопача, що дозволить підвищити якість збиральних робіт і продуктивність збирального агрегату.

1 ПЕРСПЕКТИВНІ СОРТИ КАРТОПЛІ ТА ЇХ ХАРАКТЕРИСТИКА

Одержання високого врожаю будь-якої сільськогосподарської культури пов'язане насамперед із створенням високопродуктивних, стійких до хвороб та шкідників сортів. Останнім часом за значного поширення в Україні такого шкідника картоплі як золотиста картопляна цистоутворююча нематода, дедалі більшого значення набуває створення та впровадження в виробництво нематодостійких сортів.

Перспективними в цьому відношенні являються такі сорти, які занесено до Державного реєстру або проходять державне сортовипробування. У 2022 році у реєстр було внесено 4 сорти: Брук, Ньютон, Сенсейшн, Феномен.

У 2023 році в Україні офіційно зареєстрували понад 20 нових сортів картоплі. Це: Алверстон Рассет, Акустік, Балтік Фаєр, Блю Бель, Дейзі, Камелія, Кардіма, Леді Амарілла, Марфуша, Меланія, Міа, Мікадо, Пондус, Ред Буллет, Роксоланівська, Роставиця, Санред, Світана, Спектра, Тайгер, Трайпл 7, Фалькон, Фанатка.

У 2024 році до державного реєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні, внесено 4 нових сорти: Гераклея, Гермоза, Кайман, Норман. Про це свідчать дані Держреєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні [6, 7].

Картопля Беллароза має великі бульби вже через 50 днів, даючи до 50 тон з гектара навіть на бідних ґрунтах, де інші сорти не витримують посухи. Сорт Королева Анна стійкий до фітофтори, врожайний до 50 т/га. Пікассо добре зберігається до весни без втрат, урожай 30-40 т/га стабільний при будь-якій погоді. Ці лідери рейтингів поєднують німецьку селекцію з українськими реаліями в різних ґрунтово-кліматичних умовах. Вони універсальні, стійкі до нематод і інших захворювань. Хороші характеристики мають і такі сорти як

Слов'янка і Санте. Основні характеристики представлені в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 - Основні характеристики топ-сортів картоплі

Джерела даних: zelenasadyba.com.ua (рейтинг 2025), Державний реєстр сортів рослин (sops.gov.ua)

Сорт	Стиглість (дні)	Урожайність (т/га)	Крохмаль (%)	Стійкість (ключові)
Беллароза	50 – 65	30 – 50	12 – 15	Посуха, фітофтора, рак
Гранада	95 – 110	25 – 35	14 – 16	Посуха, хвороби
Пікассо	90 – 110	30 – 40	15 – 18	Фітофтора, парша
Рив'єра	35 – 60	25 – 40	12 – 14	Сонце, віруси
Королева Анна	75 – 85	40 -50	13 – 15	Фітофтора, гнилі
Санте	65 – 75	30 – 45	13 – 16	Нематода, віруси

У країнах з великою кількістю населення в структурі споживання все більше і більше уваги надають картоплі. За даними Міжнародного центру картоплі (Перу) гектар картоплі дає більше харчів, ніж зернові. Наприклад, зібрана з одного гектара картопля налічує вдвічі більше білків, ніж урожай зернових з того ж гектара. Картопля поживна: в ній багато калію, магнію, вітамінів В і С, складних вуглеводів. Білки в ній кращої якості, ніж у сої, і що дуже важливо – картопля на 99,9% вільна від жирів.

Крім того, картопля має деякі переваги в агроекономічному відношенні, порівняно з іншими сільськогосподарськими культурами, що також сприяє її розповсюдженню. Культура картоплі пластична, що забезпечує можливість вирощування її від тропіків до арктичного поясу. Картопля добре росте в

умовах дощового клімату, несприятливого для вирощування більшості зернових культур; може рости на бідних піщаних ґрунтах. Картопля забезпечує високу окупність добрив.

Картопля відзначається великими запасами енергії і білка в розрахунку на одиницю площі. Так, для розвинутих країн при середньому рівні врожаю картоплі 88 ц/га одержано 28408 кДж енергії і 176 кг білка з 1 га. Ці показники для пшениці становили відповідно 12; 16508 і 144; для рису – 19; 28827 і 127; кукурудзи – 13; 19190 і 117; сої – 13; 22000 і 442; бобів – 5; 7207 і 116.

Унікальна властивість картоплі – з неї можна приготувати більше 200 різноманітних цінних і висококалорійних блюд і продуктів харчування. Тому картопля ніколи не приїдається.

Відомо, що картопляний крохмаль у шлунку розщеплюється поступово, і тому не створюється надлишку цукрів, які б відкладалися жиром. Крім того, калорійність 100 г картопля в п'ять разів менша за калорійність цукру. Отже, картопля, як і вироби з цілого зерна, найменше сприяє ожирінню.

Крохмаль ціниться в дієтичному харчуванні. Він не подразнює слизову оболонку травного каналу, на відміну від хліба, овочів і фруктів. Ось чому картопля є цінним продуктом для людей, хворих на виразку шлунку.

В Україні щорічно вирощують 16-18 мільйонів тон картоплі, це стільки, як у ФРН. При цьому площі посадки картоплі у ФРН становлять близько 600 тисяч га, а в Україні – понад 1,5 мільйона га. Виробництво картоплі у ФРН повністю забезпечує цим продуктом харчування 74 мільйони чоловік, та ще й вистачає на експорт, а в Україні для забезпечення крохмалистою 51 мільйона чоловік потрібно завозити її з інших країн.

Основними причинами незадовільного виробництва картоплі в Україні слід вважати: відсутність держконтракту на цю культуру; недосконалість і незадовільне ведення насінництва; недостатнє забезпечення хімічними засобами боротьби з бур'янами, хворобами та шкідниками; порушення окремими господарствами громадського сектора елементарних агротехнічних вимог; недостатня якість спеціальної техніки і зокрема – збиральної.

2 ФІЗИКО-МЕХАНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ҐРУНТУ І БУЛЬБ

Багаторічний досвід дослідження, випробувань та експлуатації картоплезбиральних машин показує, що якість їх роботи і продуктивність в великій мірі залежить від ґрунтового-кліматичних умов, в яких вони експлуатуються. Ґрунти різних сільськогосподарських зон України відрізняються один від одного. Навіть в межах однієї зони, області, району можуть бути ґрунти, що різко відрізняються по типу і властивостям. Нестійкість властивостей ґрунту приводить до різких коливань якісних і техніко-економічних показників, що характеризують роботу картоплезбиральних машин.

Ґрунт складається з твердої, рідкої і газоподібної фаз. Вплив твердих часток на його фізико-механічні властивості проявляється тим сильніше, чим менші їх розміри, а значить і більша сумарна поверхня в одиниці об'єму ґрунтової системи [14].

В вітчизняному ґрунтознавстві прийнята класифікація ґрунтів, запропонована М.О. Качинським, згідно якої пропонується всі тверді частки розділяти на фізичний пісок ($d > 0,01$ мм) і фізичну глину ($d < 0,01$ мм). По кількості фізичного піску і фізичної глини ґрунт відносять до того чи іншого типу. При цьому враховують додатково генетичні ознаки ґрунтів, які проявляються в здатності глинистих фракцій до агрегування. Останні залежать від вмісту гумусу, складу обмінних катіонів, мінералогічного складу. Чим вища здатність агрегування ґрунту, тим слабкіше проявляються глинясті властивості при рівному вмісту фізичної глини. Тому степові ґрунти, як більш структурні, переходять в категорію важких при більшому вмісту глини, ніж підзолисті.

Основною технологічною характеристикою ґрунту, яка відображає його будову, водно-фізичні властивості і біологічну активність, є об'ємна маса [14]. Всі види обробітку ґрунту і дія ходових систем агрегатів приводять до зміни

об'ємної маси. Прийнято вважати, що пухкий ґрунт відповідає об'ємній масі до $1,15 \text{ г/см}^3$, щільний ґрунт – $1,15\text{-}1,35 \text{ г/см}^3$, а дуже щільний – більше $1,35 \text{ г/см}^3$.

Твердість ґрунту – це опір проникненню в нього будь-якого деформатора. Вимірюється (в Па) різними приладами, принцип дії яких заснований на примусовому втисненні в ґрунт плунжерів різної форми і площі.

Вологість різко змінює всі механічні властивості ґрунту, впливає на якість обробітку.

Розрізняють абсолютну W_a і відносну W_B вологість (%):

$$W_a = \frac{m_B - m_C}{m_C} \cdot 100, \quad (2.1)$$

$$W_B = \frac{W_a}{W_n} \cdot 100, \quad (2.2)$$

де m – маса вологої проби ґрунту;

m_C – маса сухої проби ґрунту;

W_n – польова вологість.

Польова вологість – це кількість води в ґрунті, яка перестає рухатися вниз під дією гравітаційних сил. А кількість води, яку поглинає ґрунт до повного насичення, називається повною вологоємністю. При характеристиці вологості ще розрізняють вологість в'янення – це нижня межа вмісту води, яку можуть використовувати рослини.

При оптимальній вологості ґрунт добре кришиться і не налипає на робочі органи, а затрати енергії на його обробіток – мінімальні. Такий стан ґрунту називається фізичною сплістю.

Оптимальна відносна вологість ґрунту для обробки становить $60 - 70 \%$, задовільна – $50\text{-}60 \%$, надмірна – більше 80% , недостатня – нижче 50% . Супіщані і піщані ґрунти можна обробляти при відносній вологості 100% і менше.

Від вологості ґрунту залежить і такий важливий показник, як питомий опір (K , Н/см²). Він визначається відношенням сили тягового опору до площі поперечного перерізу пласта, який обробляється:

$$K = \frac{P}{a \cdot b} \quad (2.3)$$

Встановлено, що із збільшенням вологості питомий опір спочатку зменшується, а потім знову збільшується. Це пояснюється тим, що із збільшенням вологості понад оптимальні значення збільшується липкість (адгезія) ґрунту.

Липкість характеризується здатністю часток ґрунту склеюватися і прилипати до поверхні робочих органів. Цей показник визначається відношенням сили, необхідної для відриву (напрямок дії сили може бути по нормалі і по дотичній) частки до площі залипання.

В залежності від питомого опору і механічного складу ґрунти розділяють на легкі, середні, середньо-важкі і важкі (табл. 2.1).

Таблиця 2.1 - Характеристика ґрунтів

Показник	Легкі	Середні	Середньо-важкі	Важкі
Питомий опір, Н/см ²	До 3	3,0 – 5,0	5,0 – 7,0	7,0 – 15,0
Вміст фізичної глини, %	До 20	20 - 30	31 - 50	Більше 51

Фрикційні властивості ґрунту характеризуються коефіцієнтом тертя і кутом тертя. Розрізняють коефіцієнт зовнішнього f і внутрішнього f_1 тертя. Значення коефіцієнта f залежить від багатьох факторів, головні з яких – механічний склад і вологість (табл. 3.2). Для приблизних розрахунків приймають $f = 0,5$ і кут тертя $\varphi = 26^\circ 30'$.

Однією з трибологічних характеристик ґрунту є зсув – зміщення однієї частини ґрунту по відношенню до другої в результаті бокового (тангенціального) тиску. Зсув ґрунту характеризується показником ψ , тобто відношенням зсуваючого зусилля T до нормального тиску N :

$$\psi = \frac{T}{N} \quad (2.4)$$

Таблиця 2.2 - Коефіцієнт тертя ковзання сталі по ґрунту
(при нормальному тиску $N = 3 - 8 \text{ Н/см}^2$)

Г р у н т	Абсолютна вологість	Коефіцієнт тертя
Дерново-підзолистий, легкосуглинковий	2 - 15	0,4 – 0,5
Дерново-підзолистий, середньосуглинковий	3 - 20	0,4 – 0,8
Лісостеповий, темно-сірий, важкосуглинковий	20 - 23	0,5 – 0,8
Чорноземи вилугувані, глинясті	23	0,7
Чорноземи важкосуглинкові	7 - 16	0,4 – 0,7
Чорноземи середньосуглинкові	6 - 27	0,5 – 0,8
Чорноземи звичайні, глинясті	10 - 30	0,7 – 1,0
Чорноземи південні, піщані	1 - 6	0,4 – 0,6

Експериментально встановлено, що між окремими характеристиками існують тісні кореляційні зв'язки і це дозволяє встановити закономірності зміни одних властивостей в залежності від інших.

Тип, конструкцію і параметри робочих органів картоплезбиральних машин потрібно встановлювати, виходячи із розташування бульб в ґрунті, форми і розмірів бульб, фізико-механічних властивостей бульб і бадилля. Всі ці властивості картоплі не є постійними. Вони можуть змінюватись в залежності від сорту картоплі, глибини і прямолінійності висадки, а також агротехніки догляду і ґрунтово-кліматичних умов його вирощування.

Картоплю, як правило вирощують з шириною міжрядь 70 см. Більшість сортів висаджують на відстані між бульбами в рядку близько 30 см. Така схема садіння забезпечує не менше 50 тис. кущів на 1 га. Бульби розміщуються в кущах, форма і розміри яких визначають глибину ходу і інші геометричні характеристики підкопуючи органів. Важливе значення для встановлення

параметрів підкопувальних робочих органів мають наступні параметри куща бульб: глибина залягання нижньої бульби, відстань між зовнішніми точками крайніх бульб (ширина куща), а також глибина залягання верхньої бульби. Ці параметри не є постійними. Вони залежать від сорту картоплі, типу ґрунту, глибини висадки, агротехнічного вирощування і ряду інших факторів.

Ширина куща для різних сортів, за даними В.С. Митрофанова, змінюється в межах 14-24 см; за даними Е.А. Глухих, середня ширина кущів 15-21 см, а максимальна 23-32 см, максимальна глибина залягання нижньої бульби 16-21 см. Загальну картину варіювання параметрів кущів бульб характеризують дані, приведені в таблиці 2.3.

Бульби картоплі мають форму, характерну для кожного сорту. Наприклад бульби сорту Рання роза – крупні продовгуваті, Епікур – бочкоподібні, Епрон і Лорх – округлі.

При сепарації краще відділяються великі бульби округлої форми. Розміри (крупність) бульб пов'язана з числом їх у кущі, а також залежить від сорту.

Жива тканина бульб може руйнуватися при статичних навантаженнях (стиску) або динамічній взаємодії (удар) на неї. Міцність бульб збільшується по мірі їх дозрівання і відповідного зменшення вологості, що відображається залежностями на рис 2.1.

Повне руйнування бульб (поява тріщин) при динамічному ударі об металічну поверхню відбувається при швидкості співудару 10 м/с і вище. При менших швидкостях бульби пошкоджуються частково. При швидкостях співудару менше 3 м/с пошкодження не відбувається. Міцність бульб залежить також від величини бульби та сорту картоплі. Залежність міцності при стиску від їх маси зображено на рисунку 2.2, а розміри і абсолютну масу бульб в залежності від врожайності, приведено в таблиці 2.4.

Від ступеня дозрілості культури картоплі залежать фізико-механічні властивості бадилля. Зелене бадилля недозрілої картоплі має меншу міцність, довжину і товщину стеблин в порівнянні з бадиллям достиглої картоплі.

Таблиця 2.3 - Основні параметри кущів деяких сортів картоплі

Показники	Сорт		
	Лорх	Епрон	Берліхінген
Глибина залягання верхньої бульби, см			
Середня	5,1	4,7	5,3
Найменша	3,0	2,0	2,0
Найбільша	10,0	9,0	10,0
Ширина куща, см			
Середня	23,9	24,8	27,7
Найменша	14,0	9,0	12,0
Найбільша	36,0	37,0	38,0
Поперек рядка, см			
Середня	20,8	18,5	22,5
Найменша	13,0	8,0	10,0
Найбільша	29,0	30,0	31,0
Глибина залягання нижньої бульби, см			
Середня	18,9	19,2	18,6
Найменша	16,0	14,0	16,0
Найбільша	23,0	22,0	24,0

В одному кущі картоплі може бути 1-10, а в деяких випадках і більше стеблин, середня довжина стеблин складає 60 – 90 см, максимальна – 2 м; діаметр бадилля у основи складає 4 – 20 мм. Об'ємна вага бадилля в ущільненому стані - 0,133 т/м³.

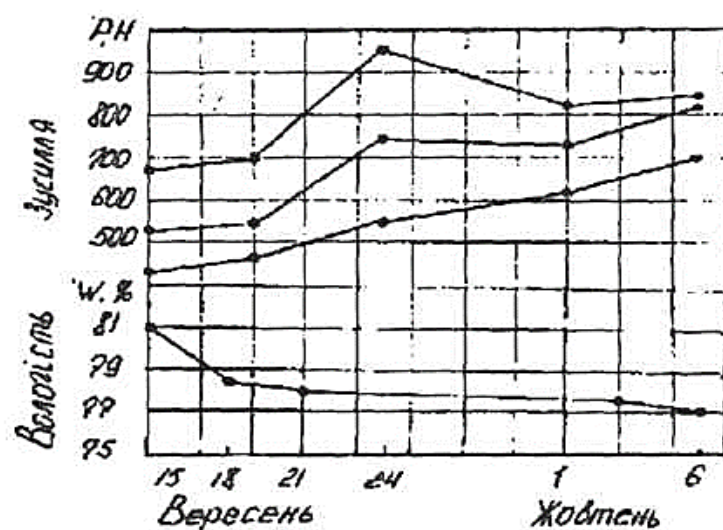


Рисунок 2.1 - Залежність міцності бульб сорту Вольтман при стиску від терміну збирання (по даним Митрофанова В.С.)

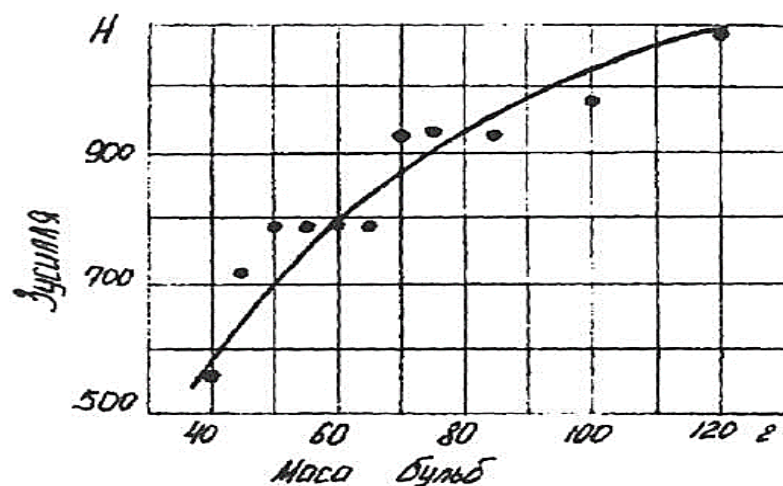


Рисунок 2.2 - Залежність міцності бульб при стиску від їх маси
(за даними Мацапура М.С.)

Таблиця 2.4 - Варіювання маси і кількості бульб в одному куці в
деяких сортів картоплі

Показники	Сорт		
	Лорх	Епрон	Берліхінген
Врожайність, ц/га	201,2	147,9	135,5
Маса бульб одного куца, г			
Середня	985	725	664
Найменша	545	120	380
Найбільша	2030	1400	920
Число бульб одного куца			
Середнє	21	17	20
Найменше	4	3	8
Найбільше	38	34	33
Середня маса однієї бульби, г	46,9	42,6	33,2

Фізико-механічні властивості бульб і бадилля в значній мірі залежить від сорту картоплі і ряду інших факторів [].

З АГРОТЕХНІЧНІ ВИМОГИ ДО МАШИН ДЛЯ ЗБИРАННЯ КАРТОПЛІ

Головне завдання механізованого збирання картоплі – отримати непошкоджені бульби, очищені від ґрунту і гички. На початок збирання гичка в'яне і засихає, але пізні сорти картоплі іноді приходится збирати не дочекавшись висихання гички. Зелену гичку перед збиранням скошують і силосують. Картопляну гичку збирають косаркою-подрібнювачем, яка подає подрібнену масу в кузов транспортних засобів або в бункер, або спеціальною гичкозбиральною машиною.

Картоплю збирають картоплекопачами або картоплезбиральними комбайнами. Картоплекопач підкопує шар ґрунту разом з бульбами, розпушує його, відриває бульби від підземних пагонів (столонів), виділяє бульби з загальної маси і скидає їх на поверхню поля позаду машини.

Технологічний процес збирання картоплі ускладнений тим, що вміст бульб в шарі ґрунту невеликий (1 – 2 % по масі). Щоб виділити 4 – 6 кг бульб, дворядна машина повинна подрібнити і відсіяти за кожну секунду більше 200 кг ґрунту.

Якість роботи картоплезбиральних машин залежить в першу чергу від вологості і механічного складу ґрунту, які обумовлюють тяговий опір машин, зношення і, особливо, сепарувальну здатність робочих органів. В твердому стані ґрунт легко сепарується тоді, коли переважають піщані, супіщані частки при оптимальній вологості і хорошій підготовці ґрунту. Руйнування статичним навантаженням грудок землі повинно бути в межах до 196 Н.

Важко відсіювати ґрунт, коли багато міцних грудок землі, для руйнування яких необхідно зусилля, допустимі для дії на бульби (на бульби допускається навантаження не більше 80 % від руйнуючого).

В пластичному стані ґрунт проявляє підвищену липкість, завдяки чому звичайні сепарувальні робочі органи залипають і стають непрацездатними.

В період збирання вологість ґрунту на картопляному полі коливається в середньому від 10 до 26 %. Найбільш ефективно працюють картоплезбиральні машини при вологості 14 – 20 % [8, 9].

Картоплезбиральні машини повинні забезпечити збирання картоплі при міжряддях 60 і 70 см, а також мати пристрої, які дозволяють використовувати їх при міжряддях 90 см; забезпечувати викопування бульб з глибини до 21 см при ширині гнізда до 40 см, при цьому відхилення глибини ходу лемішів від встановленої не повинно перевищувати 2 см. Загальні втрати за машиною не повинні перевищувати 3 % (бульби масою до 20 г як втрати не враховуються).

При роздільному способі збирання картоплекопачами ширина розкидання бульб за машиною не повинна перевищувати 1 м. При двофазному способі збирання валок бульб, створений з двох рядків, повинен бути не ширшим 0,7 м, а валок, який створений із чотирьох – шести рядків, не ширшим 0,9 м. Товщина шару ґрунту і бульб при цьому не повинна перевищувати 10 см.

Маса пошкоджених бульб для картоплекопачів не повинна перевищувати 3%, а для комбайнів – 12 % загальної маси. До пошкоджених бульб відносяться роздавлені, розрізані або надрізані, з тріщинами по довжині більше 20 мм, з вирваним і потемнілим м'якушем від ударів глибиною 5 мм і з зідраною поверхнею більш ніж на 1/4 всієї поверхні бульби.

Чистота зібраної картоплі повинна бути не менше 97 %, тобто, допускаються домішки в вороху бульб до 3 %. Для комбайнів чистота картоплі в бункері повинна становити: при відправленні картоплі від комбайна зразу на закладання для зберігання – не менше 97 %, при відправленні на картоплесортувальний пункт – не менше 80 %.

Картоплесортувальний пункт повинен забезпечувати:

- якісну обробку вороху з початковою забрудненістю до 25 %;
- розділення картоплі на три фракції: великі бульби – для харчування (більше 80 г), середні – для насіння (50 – 80 г) і малі – для годування тварин

(30 – 50 г). При цьому в кожній фракції допускається не більше 10 % бульб суміжної фракції.

Кількість пошкоджених бульб при сортуванні не повинно перевищувати 1%. Картоплесортувальні машини повинні мати пристрій для відбирання домішок, пошкоджених або хворих бульб вручну.

Всі приведені вище вимоги повинні враховуватися при проєктуванні, виготовленні і особливо під час експлуатації картоплезбиральних машин та агрегатів.

4 СПОСОБИ І МАШИНИ ДЛЯ ЗБИРАННЯ КАРТОПЛІ

На сьогодні відомо три способи збирання картоплі: пряме комбайнування, роздільне і комбіноване збирання.

За прямого комбайнування комбайн за один прохід полем викопує бульби, відокремлює їх від ґрунту та домішок і нагромаджує бульби в бункері або вивантажує в кузов транспортного засобу.

Роздільне збирання полягає в тому, що копачем-валкоукладачем бульби з двох, чотирьох, шести і більше рядків вкладаються у валок. Після підсихання бульби з валків підбирають підбирачами-навантажувачами або комбайнами, які обладнані підбирачами.

Комбіноване збирання застосовують на легких супіщаних ґрунтах. Викопані з двох або чотирьох рядків бульби укладаються в міжряддя двох невикопаних рядків. Після підсихання їх підбирають комбайном одночасно з викопуванням двох рядків, що залишилися.

Збирання складається з двох основних технологічних операцій: знищення або видалення бадилля та викопування бульб картоплі. Для прискорення фізіологічного досягання бульб і запобігання масовому поширенню хвороб картоплі, зменшення втрат і механічних пошкоджень бульб під час збирання скошують бадилля. Скошування здійснюють за п'ять днів до початку збиральних робіт на продовольчих посадках і за десять днів – на насіннєвих.

Для видалення і подрібнення бадилля та інших рослинних решток перед збиранням картоплі для підвищення якості насіннєвого матеріалу і створення кращих умов для роботи картоплезбиральних машин застосовують подрібнювачі бадилля.

Найвідоміші в Україні - подрібнювачі бадилля виробництва фірм Grimme, Kverneland, Cramer, Netagco, Struik та AVR тощо. Ширина захвату цих машин - два, чотири й шість рядків.

Подрібнювачі бадилля виробництва західних фірм складаються, переважно, з рами, одного або двох роторних барабанів, щиткової групи, механізму приводу і механізму регулювання висоти зрізування. На роторному барабані шарнірно встановлені бильні ножі різної довжини. При цьому довжина ножів дібрана так, щоб різальний апарат міг копіювати профіль гребеня і борозни. Бильні ножі можуть переміщуватися в поперечному і поздовжньому напрямках, що забезпечує їхню збережуваність від пошкоджень каміннями. У роторній камері бадиллеподрібнювачів встановлено напрямні пластини, які відводять подрібнене бадилля у борозни.

Подрібнювачі різняться за способом агрегатування і виготовляються для фронтальної і задньої навісок та комбінованими. Комбіновані моделі можуть приєднуватися до фронтальної і задньої навісної системи енергозасобу. Привід здійснюється від ВВП трактора з частотою обертання 540 або 1000 об./хв. Для запобігання поломкам деталей трансмісії за відмикання ВВП на ведучих шківках передбачено обгінні муфти. Робочі органи деяких моделей для фронтальної навіски мають привід від гідросистеми енергозасобу.

Найвідомішими в Україні є подрібнювачі: для задньої навіски - KS 1500, KS 3600, KS 75-4, KS 4500 (Grimme), RSF 2000 (Netagco), 2LKA 75 і 4LKA 75 (Struik), 4LK 310 (Baselier); для фронтальної навіски - UN 3612-Z і UN 3634-Z (Kverneland), 4LKF 75 (Struik), KSA 75-2 (Grimme).

Подрібнювачі бадилля для фронтальної навіски та комбіновані моделі, які працюють у складі картоплезбиральних комбайнів, зазвичай, обладнані механізмом для вилучення бадилля на викопану частину поля. Промисловість європейських країн світу спроможна виробляти різноманітну картоплезбиральну техніку: від найпростіших монтованих, навісних і причіпних машин до найсучасніших самохідних картоплезбиральних комбайнів і картоплекопачів-навантажувачів.

Картоплекопачі-навантажувачі викопують бульби картоплі, відокремлюють їх від ґрунту, бадилля, рослинних решток та інших домішок і навантажують в кузов транспортного засобу, який рухається поряд. На вітчизняному

ринку представлені картоплекопачі-навантажувачі: RDS 1700 (DeWulf), DL 1700, GT 1700, GT 3000 (Grimme), SRP-2/165-NE (IMAC), F2 (AMAC), UN 2200, UN 2600 (Kverneland), Clean Flow 2000 (REEKIE), MAVERICK (RICHARD PEARSON), ПКК-2 (ВО "Гомсільмаш") тощо.



Рисунок 4.1 - Комбайн для збирання картоплі 1733 Р

Копачі-навантажувачі складаються з підкопувальних, сепарувальних і транспортувальних робочих органів.



Рисунок 4.2 - Комбайн для збирання картоплі SE 150-60 NB



Рисунок 4.3 - Комбайн для збирання картоплі SE 75 - 30/40 UB

Підкопувальний орган складається з двох або трилопатевих лемешів, двох гребневих барабанів, чотирьох відокремлювальних дисків і бадиллезатягувальних роликів. На важких ґрунтах доцільно застосовувати дволопатевий леміш, а на легких і середніх - трилопатевий. Регулювання глибини підкопування проводять зміною довжини встановлювального гвинта. Цю операцію проводять уручну або за допомогою системи гідравлічного керування з кабіни енергозасобу.

Тиск гребневого барабана на гребінь проводять вручну. Для підвищення показників якості збирання картоплі провідні виробники комплектують картоплекопачі-навантажувачі системами гідравлічного регулювання глибини підкопування з інтегральним встановленням тиску барабана на ґрунт. Завдяки таким системам досягається стабільна глибина ходу підкопувального лемеша на нерівностях поля за довжиною рядка та зменшується тиск барабана на гребінь. Застосування системи дає змогу збільшити повноту збирання і мінімізувати пошкодження бульб гребневим барабаном на ґрунтах, засмічених камінням, і запобігає ущільненню та утворенню грудок на важких глинистих мокрих ґрунтах.

Сепарувально-транспортувальні механізми призначені для очищення вороху від домішок і навантаження бульб картоплі в кузов транспортних засобів. Картоплекопачі-навантажувачі, залежно від ґрунтово-кліматичних умов роботи, оснащуються різними типами сепарувальних органів: прутковими просіювальними транспортерами, похилими голчастими транспортерами, перебиральними столами, роликовими сепараторами, зірково-вальцевими сепараторами, комбінацією прутковий транспортер - бадиллезатягувальний валець, широкопланчастий бадиллєвідокремлювальний із похилим голчастим транспортером, широкопланчастий бадиллєвідокремлюючий транспортер тощо. Картоплекопачі-навантажувачі GT 1700 і GT 3000 (Grimme) обладнані сепарувальним пристроєм MULTISEP, який складається з п'ятих пар вальців (один валець з спіральними сегментами та один гладкий валець із гумовим покриттям).

Пруткові транспортери оснащені механізмами струшування полотна транспортера або виконуються каскадними без струшувачів.



Рисунок 4.4 - Комбайн для збирання картоплі Racer 4000 WM
Kartoffeltechnik

Похилий голчастий транспортер призначений для вилучення дрібного бадилля і дрібних грудок ґрунту і каміння. Приводиться в рух гідромотором,



Рисунок 4.5 - Причіпний картоплезбиральний комбайн Lockwood

і обладнаний механізмом гідравлічного регулювання кута нахилу.

Перебиральний стіл являє собою дві прогумовані гладкі стрічки, між якими розміщено воронку для вилучення домішок. Перебиральний стіл оснащується кабіною та робочим місцем для перебивальників.

Роликовий сепаратор складається з набору поздовжніх спіральних вальців. Роликовий сепаратор картоплекопачів-навантажувачів GT 1700 і GT 3000 (Grimme) та UN 2200, UN 2600 (Kverneland) складається з дев'яти пар вальців (один спіральний та один гладкий). Роликові сепаратори оснащені механізмами оперативного гідравлічного регулювання частоти обертання, кута нахилу та відстані між вальцями.

Зірково-вальцевий сепаратор складається з трьох-чотирьох комплектів вальців. Кожен комплект вальців містить два зірчкових і один гладкий валець. Для відокремлення бадилля та інших рослинних решток застосовують комбінацію прутковий транспортер-бадиллезатягувальний валець, широкопланчастий бадиллевідокремлювальний із похилим голчастим транспортером, широкопланчастий бадиллевідокремлювальний транспортер.



Рисунок 4.6 - Комбайн для збирання картоплі E 686 MDW-Fortschritt



Рисунок 4.7 - Комбайн для збирання картоплі RMB 80 Hagedorn

Картоплекопачі-навантажувачі виробництва провідних європейських фірм комплектуються системами регулювання переміщення снічі щодо центральної осі енергозасобу, вирівнювання картоплекопача на схилах за допомогою гідроциліндрів опорних коліс. Вони оснащені гідростатичним приводом опорних коліс, що дуже важливо під час роботи у важких умовах на перезволожених ґрунтах.

Картоплекопач-навантажувач Clean Flow 2000 (REEKIE) комплектується автономною гідросистемою. Гідросистема складається з масляного бака, гідронасоса, гідромоторів, гідроциліндрів і напірної гідроарматури. Масляний бак гідросистеми розміщений у порожнині передньої поперечної балки рами картоплекопача. Привід гідронасоса здійснюється від ВВП енергозасобу.



Рисунок 4.8 - Комбайн для збирання картоплі ZM2 Hardappelrooier



Рисунок 1.9 - Комбайн для збирання картоплі Sonstige Schüttbunker 500

Для збереження бульб і мінімізації пошкоджень під час навантаження елеватор картоплекопачів-навантажувачів обладнаний транспортерами з рухо-

ними стінками. Картоплекопачі комплектуються гнучкою ланкою завантаження, що дає змогу зменшити висоту падіння бульб на дно кузова транспортних засобів.

Фірма Kverneland виготовляє однорядний картоплекопач-навантажувач Superfaun UN 1700, який істотно відрізняється конструкцією з описаними вище комбайнами.

Підкопувальний орган картоплекопача-навантажувача складається з одного великого лемеша, підрізального ролика, сферичного диска, розміщеного під кутом до гребеня, і приймального диска великого діаметра з лопатями. Просіювальні транспортери розміщені перпендикулярно до напрямку руху агрегату. Бадилевідокремлювальний пристрій складається з двох прогумованих вальців, розміщених перпендикулярно в кінці першого просіювального транспортера. Вальці виокремлюють бадилля і спрямовують потік бульб на другий просіювальний транспортер, у кінці якого встановлено прогумовані вальці з гвинтовою стрічкою, які проводять доочищення вороху бульб і спрямовують потік бульб на вивантажувальний транспортер.



Рисунок 4.10 - Однорядний копач картоплі Schmotzer A-ZVK

У задній частині картоплекопача-навантажувача розміщені робочі місця для перебиральників, які проводять доочищення бульб на вивантажувальному транспортері.

Дворядний картоплекопач-навантажувач RDL 1700 Lexia (DeWulf) складається з двох ярусів сепарувально-транспортувальних робочих органів. На першому ярусі встановлено два пруткових просіювальних транспортери з бадиллезатягувальних роликів між ними та зірчковий сепаратор.

Для подання вороху картоплі на сепарувальні органи другого ярусу картоплекопач-навантажувач обладнано елеватором із підтримувальною прутковою стрічкою. Таке конструкційне виконання елеватора дає змогу подати бульби картоплі на сепарувальні органи другого ярусу рівномірним потоком, а не порціями. На другому ярусі картоплекопача-навантажувача змонтовано зірчковий сепаратор, перебиральний стіл і вивантажувальний транспортер.

Дво-, три- і чотирирядні двоярусні картоплекопачі-навантажувачі 472Н, 473Н та 474Н, які збирають картоплю з міжряддями від 86 см до 101 см, виготовляє фірма Lockwood. Залежно від кількості викопуваних рядків, картоплекопачі-навантажувачі агрегатуються з тракторами потужністю від 70 кВт до 130 кВт. 2-рядковим картоплекопачам-навантажувачам надають руху трактори з потужністю двигуна від 70 кВт до 90 кВт, 3-рядкові потребують для агрегування енергозасобів із потужністю від 100 кВт до 120 кВт, а 4-рядкові - від 110 кВт до 130 кВт.

Для ефективнішого використання потужності тракторних двигунів і збирання картоплі за один прохід агрегату полем широко застосовують комбіновані агрегати. В одному агрегаті працюють бадиллеподрібнювач, навішений на фронтальну навіску, та картоплекопач-навантажувач або причіпний картоплезбиральний комбайн.

Поширення в картоплярських господарствах Європи дістали 1-рядні картоплезбиральні комбайни з бічним розташуванням підкопувальних органів. Їх пропонують усі провідні фірми. Принципової різниці в конструкції 1-рядних комбайнів не існує. Вони складаються з підкопувальних і сепарувальних робочих органів, які виконують однакові функції на машинах різних виробників.

Однорядні картоплезбиральні комбайни з бічним розташуванням підкопувальних органів можуть проводити збирання картоплі на полях як із скоше-ним бадиллям, так і на полях, де не проводили подрібнення бадилля. Конструкція комбайнів цього типу дає змогу механізатору стежити за роботою підкопувальних і сепарувальних органів, а також людей біля перебирального стола.

У вітчизняних господарствах застосовують 1-рядні картоплезбиральні комбайни. Машини цього типу виготовляють фірми: SE 75/85-55, SE 75-30, SE 75/85-55 (Grimme), Wuhlmaus (Netagco), Spirit 4100 (AVR), UN 5300 (Underhaug), Z-608 (AKPIL), Z-643/1 (Agromet-pioneer), Z 644 ANNA (Unia), Sampo Master (Sampo) тощо.

Підкопувальні органи уніфіковані з підкопувальними органами картоплекопачів-навантажувачів. Для підвищення ефективності роботи на полях із великою кількістю бадилля фірма Grimme комплектує підкопувальний орган картоплезбирального комбайна SE 75/85-55 другим дисковим ножом. На деяких моделях встановлюють каміннезахисні пристрої, які запобігають пошкодженню лемешів підкопувальних органів.

Однорядні картоплезбиральні комбайни провідних виробників Grimme, Netagco, AVR, Underhaug, Sampo для очищення вороху бульб картоплі, зазвичай, комплектуються такими сепарувально-транспортувальними робочими органами: прутковим просіювальним транспортером, багатофункціональним транспортером, першим і другим сепарувальними пристроями, роликовою сортувалкою та перебиральним столом.

Просіювальні транспортери мають паси з високими виступами, що гарантує дбайливе ставлення до бульб. Пруткові просіювальні транспортери мають вертикальні бічні супровідні пальці, які запобігають пошкодженню бульб від тертя об стінки транспортера. Для поліпшення сепарування над просіювальними транспортерами монтують секцію розпушувальних пальців. Перший короткий просіювальний транспортер приймає на себе потік урожаю, відсіює піднятий ґрунт і передає урожай на багатофункціональний транспор-

тер. Багатофункціональний транспортер складається з другого просіювального і бадиллєвідокремлювального транспортерів. Другий просіювальний транспортер проводить сепарування ґрунту та каміння. Другий просіювальний транспортер має активні супроводжувальні бічні стрижні, що забезпечує вільне від тертя об боковини транспортування бульб.

Широкопланчастий бадиллєвідокремлювальний транспортер рухається паралельно, впритул над другим просіювальним транспортером, відокремлює бадилля від вороху та виносить його на поле. Планки бадиллєвідокремлювального транспортера ділять бульби на порції, які перебувають на другому просіювальному транспортері, забезпечуючи рівномірний потік урожаю. Над бадиллєвідокремлювальним транспортером встановлено пружинні гребінки, які очищають його від завислого бадилля і налиплого ґрунту.

Дальше відокремлення грудок, каміння і решток бадилля проходить на двох сепарувальних пристроях. Ворох із другого просіювального транспортера подається на перший сепарувальний пристрій, який складається з голчастого транспортера з двома вальцями. Подвійні очищувальні вальці розташовані діагонально щодо голчастого транспортера.

Подвійні очищувальні вальці виносять частину домішок на поле, а бульби спрямовують на голчастий транспортер другого сепарувального пристрою. Для забезпечення оптимального очищення вороху в різних ґрунтових умовах подвійні вальці оснащені механізмом регулювання за висотою. Для швидкої адаптації до змінних ґрунтових умов перший сепарувальний пристрій обладнано механізмом гідравлічного регулювання швидкості руху голчастого транспортера та частоти обертання вальців. Залежно від типу ґрунту і засміченості його камінням, вибирають робочі органи другого сепарувального пристрою.

На легких ґрунтах без каміння і грудок над голчастим транспортером діагонально до напрямку його руху встановлюють очищувальний валець, на всіх типах ґрунтів з незначною кількістю каміння - пальчиковий транспортер з очищувальним вальцем, а на ґрунтах з великою кількістю каміння - щітковий

транспортер з транспортером для домішок. Із другого сепарувального пристрою ворох транспортується на сортувальний транспортер, який розміщений горизонтально і має перебиральний стіл. Із сортувального транспортера ворох потрапляє на сортувальний пристрій, де відокремлюються дрібні бульби.

Однорядні картоплезбиральні комбайни виробництва фірм Grimme, Netagco, AVR, Underhaug, Sampo укомплектовані автоматичною системою пошуку середини гребеня, яка за допомогою двох датчиків, розташованих на гребневому барабані, керує сницею і спрямовує підкопувальний леміш середною гребеня. Машини цього типу оснащені гідравлічною системою керування колесами, й вирівнювання та утримання комбайна в горизонтальному положенні на схилах.

Однорядні картоплезбиральні комбайни агрегуються з тракторами тягових класів 1,4 і 2.

Дворядковий картоплезбиральний комбайн SE 150-60UB (Grimme) проводить збирання картоплі без попереднього зрізування бадилля і різниться з 1-рядковим комбайном SE 75-30 лише шириною сепарувальних органів, кількістю виконавчих органів і місткістю бункера. Місткістю бункера комбайна - 6000 кілограмів.

Аналогічні за конструкцією 2-рядкові картоплезбиральні комбайни Wu.. hlmaus 2733 і Spirit 8200 виготовляють фірми Netagco та AVR. Дворядний картоплезбиральний комбайн DR 1500 (Grimme) складається з підкопувальних органів, трьох просіювальних пруткових транспортерів, похилого голчастого транспортера, двох бадиллезатягувальних вальців (по одному після першого і другого просіювальних транспортерів), кільцевого елеватора, подавального транспортера із сортувальним столом і бункера. Перший і другий просіювальні пруткові транспортери оснащені вібраторами полотна транспортера. Ефективна площа сепарування першого транспортера становить 5,5 м², другого - 1,75 м². За руху з першого на другий просіювальний транспортер і з другого на третій просіювальний транспортер ворох проходить через валки, які відокремлюють бадилля від потоку врожаю.

Рисунок 4.11 – Копалка навісна КН-1 виробництва
СТ ВФ «АГРОРЕММАШ»

Рисунок 4.12 - Копалка навісна КН-2 виробництва
СТ ВФ «АГРОРЕММАШ»

Для зменшення втрат бульб під час транспортування кільцевий елеватор укомплектовано підтримувальною стрічкою, яка працює синхронно з елеватором і передає потік урожаю не порціями, а рівномірним потоком. З підтримувальної стрічки кільцевого елеватора бульби потрапляють на два вали, які рівномірно розподіляють бульби на подавальному транспортері. Місткість бункера комбайна DR 1500 - 4500 кг. У конструкції комбайна DR 1500 передбачено пристрій для вирівнювання машини на схилах для створення рівномірного навантаження на сепарувальні і очищувальні органи.

Фірма Grimme виготовляє 2-рядковий причіпний картоплезбиральний комбайн BR 1500, який обладнано такими робочими органами, як DR 1500. Дворядкові картоплезбиральні комбайни RDT 1700 моделей Superia, Quadria, Axia виготовляє фірма DeWulf. Комбайни RDT 1700 Superia укомплектовані транспортувальними і сепарувальними органами першого і другого ярусів. Сепарувальні органи першого ярусу складаються з трьох пруткових просіювальних транспортерів, двох бадиллезатягувальних роликів, похилого голчастого транспортера і кільцевого елеватора. На другому ярусі змонтовано похилий голчастий і короткий прутковий транспортер, сортувальний пристрій роликового типу, перебиральний стіл і бункер місткістю 5000 кілограмів. Картоплезбиральний комбайн RDT 1700 Quadria, крім цього, додатково оснащений бадиллєвідокремлюючим транспортером, а RDT 1700 Axia - роликовим сепаратором.

Для збирання картоплі за роздільною технологією застосовують картоплекопачі-валкоутворювачі та підбирачі валків. Підбирач складається з підбиральних і сепарувальних органів, навантажувального транспортера, пристрою для горизонтального встановлення рами під час роботи на схилах. Для підбирання валка бульб придатні копачі-підбирачі, в яких ширина приймального отвору більша за ширину валка. До них належать 2-рядкові копачі-підбирачі з вивантаженням бульб у кузов технологічного транспортера, що їде поряд. Перевага цих підбирачів полягає в можливості регулювання швидкості

Рисунок 4.13 – Картоплекопач КТН-2В

транспортера, що дає змогу уникнути забивань під час підбирання валків на ділянках із високим врожаєм бульб.

З огляду на те, що роздільний спосіб збирання застосовують не всюди, а більшість копачів-підбирачів 1-рядкові, велику увагу приділяють переобладнанню копачів-навантажувачів і комбайнів для підбирання валків. Так, фірма Grimme на однорядковому копачі SE 75 замінила гребеневий барабан, підрізальні сошники та бадиллєзатягувальні ролики двома опорними колесами, вкоротила підкопувальний леміш, додатково обладнала бічними напрямними щитками.

Підбір валка здійснюється щітковим транспортером з гідравлічним приводом, що забезпечує підбирання валка з мінімальними пошкодженнями бульб. Прикладом таких підбирачів є: SU 750 (Grimme), Wu..hlmaus 1533 (Netagco), SRP-1 Special (IMAC) (Італія), Sampo Offset (Sampo AG) (Фінляндія). Ці машини однотипні й різняться лише конструкцією підбиральних органів.

5 ПАТЕНТНИЙ АНАЛІЗ

Проведення патентного аналізу дозволяє визначитися з оптимальним напрямом удосконалення конструкції картоплекопача.

З метою зниження енергоємності робочого органу і зменшення втрат бульб розроблена схема викопувального робочого органу картоплезбиральної машини [18], який містить леміші 1 (рис. 5.1, 5.2) з решіткою, виконаною у вигляді пруткового диска 2, встановленого на одній осі 3 з лопатевими розпушувачами 4. Лопаті розпушувача 4 виконані пальцевими. Довжина пальців лопатей виконана змінною, яка зменшується знизу вгору, при цьому довжина верхніх пальців дорівнює довжині нижніх. З метою зменшення намотування осей розпушувачів робочий орган містить крильчатку 5, встановлену на одній осі 3 з розпушувачами. З метою зменшення втрат бульб робочий орган має екран 6, встановлений за розпушувачами 4. Задні крайки лемішів виконані еквідистантними кінцям прутків решітки, яка обертається. Пальці розпушувача і прутки диска закріплені в тримачах 7, між якими встановлені дистанційні кільця 8. За підкопувальним робочим органом розміщено поздовжній прутковий елеватор 9.

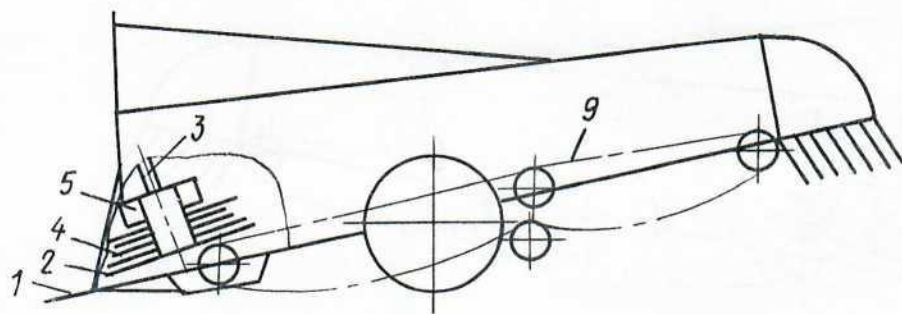


Рисунок 5.1 - Схема викопувального робочого органу картоплезбиральної машини [18], вид збоку

Підкопувальний робочий орган машини працює наступним чином. Під час руху машини вздовж грядок леміші 1 підкопують грядки картоплі і

подають їх до роторних робочих органів розпушувача 4, які, обертаючись один

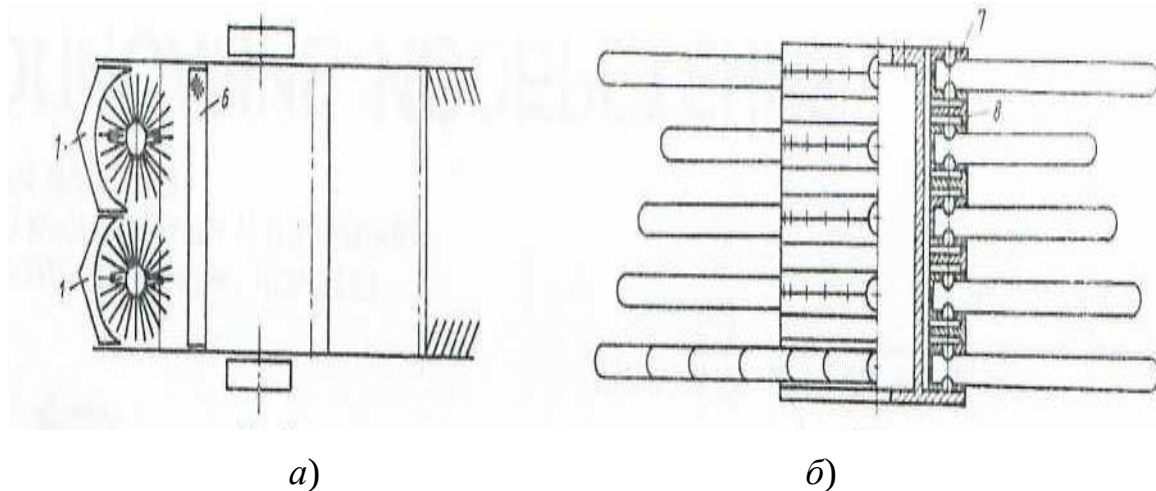


Рисунок 5.2 - Схема копача [11], вид зверху (а) і роторний робочий орган (б)

назустріч другому, захоплюють шар з лемішів 1, розпушують його, руйнують грудки, сепарують дрібні частки ґрунту крізь прутки диска 2, а всі залишки маси подають на позовжній прутковий елеватор 9. Лопаті крильчатки 5 перешкоджають намотуванню гички і рослинних залишків на вали роторів і допомагають транспортувати масу на елеватор 9. Подані в камеру кожуха елеватора 9 бульби і частина ґрунту, зустрівши на своєму шляху екран 6, значно знижують швидкість і падають на полотно елеватора 9. Бульби з елеватора 9, ковзаючи по звужувальним щиткам, вкладаються в рядок на поверхню ґрунту за машиною.

З метою покращення процесу транспортування картоплі розроблено схему робочого органу картоплезбиральної машини [19], який встановлюється відносно осі симетрії грядок 1 (рис. 5.3) і містить леміші 2, барабани 3 і сепарувальний транспортер 4. Барабани 3 розташовані асиметрично відносно носків лемішів 2 і осі симетрії грядок 1, причому асиметричність дорівнює половині ширини грядки.

При викопуванні грядок 1 всі частки ґрунтової маси зустрічаються з внутрішньою поверхнею барабанів і отримують рух в напрямку дотичної до поверхні барабанів і транспортуються до сепарувального транспортера 4. Це

покращує транспортування ґрунтової маси, виключає її скупчення, а, відповідно, і зменшує пошкодження бульб.

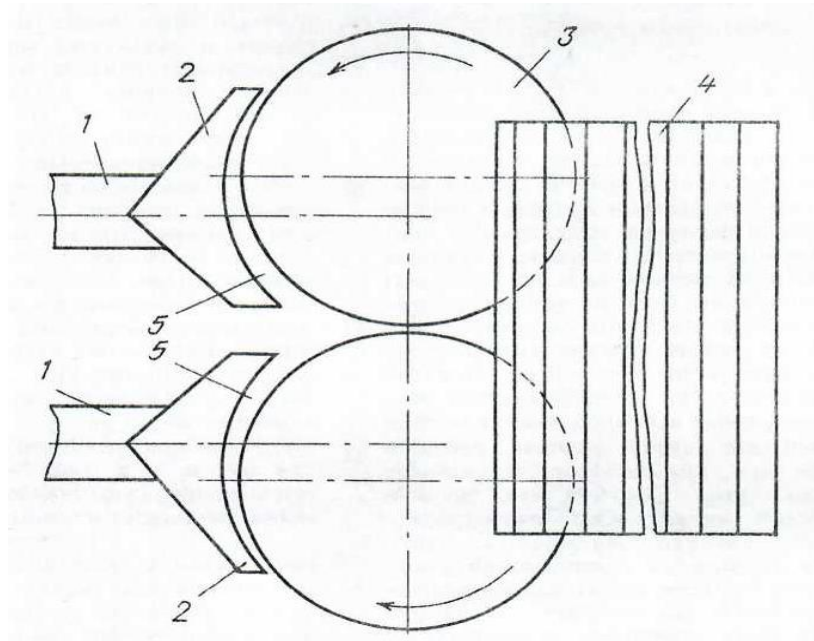


Рисунок 5.3 - Схема робочого органу картоплезбиральної машини [19],
вид зверху

Каміння, яке знаходиться в ґрунтовій масі, виштовхується в зазор 5 між барабаном і лемішем. Зазор виконано із збільшенням в напрямку обертання барабанів.

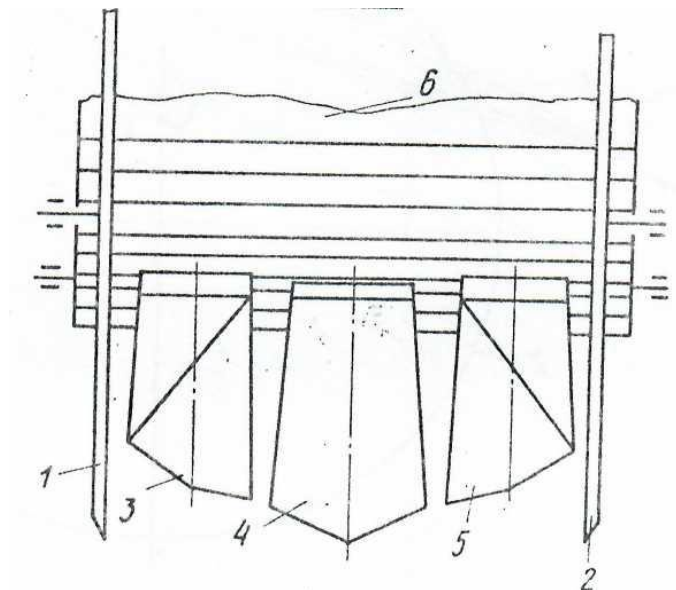


Рисунок 5.4 - Схема викопувального робочого органу
картоплезбиральної машини [20], вид зверху

З метою покращення очистки бульб шляхом зменшення подачі ґрунту на елеватор розроблено схему викопувального робочого органу картоплезбиральної машини [20], який містить дискові ножі 1 і 2 (рис. 5.4, 5.5), леміш із трьох плоских секцій 3, 4 і 5, за якими знаходиться елеватор 6. Крайні секції 3 і 5 встановлені під кутом α до середньої секції 4 з утворенням криволінійного профілю в передній частині леміша. Секції 3 і 5 виконані Г-подібними, вигнутими по діагоналі. Горизонтальна частина середньої секції 4 має гострий кут, направлений в бік руху.

Викопувальний робочий орган картоплезбиральної машини працює наступним чином. Під час руху картоплезбиральної машини дискові ножі 1 і 2 і леміш із трьох секцій 3, 4 і 5 відрізають шар ґрунту з бульбами без повного перерізання рослинних включень (гичка і бур'яни). За рахунок розташування крайніх секцій 3 і 5 під кутом α до площини середньої секції 4 контур підрізаної лемішем частини ґрунтового шару робиться криволінійним, відповідним формі залягання гнізда бульб, яка описується овалом (еліпсом). Це сприяє зменшенню надходження ґрунту із міжрядь на сепарувальні робочі органи машини (елеватор 6).

В процесі роботи збиральної машини леміш транспортує підрізаний шар і передає на елеватор 6. Виконання середньої секції 4 леміша загостреною дає можливість його лезу самоочищатися від неперерізаних гички і бур'янів, які поступають на леміш разом з підкопаним шаром ґрунту.

При переміщенні підрізаного шару ґрунту з бульбами, леміш частково кришить його, так як при пересуванні пласта по леміші на крайніх секціях його відбувається відрив часток його від підрізаного монолітного шару під власною вагою із-за наявності кутів перелому внаслідок виконання крайніх секцій Г-подібними з вигином по діагоналі, і тим самим покращує сепарацію ґрунту в подальшому на елеваторі 6. Якісна передача бульбоносної маси з леміша на елеватор 6 забезпечується розташуванням вихідних крайків всіх трьох секцій 3, 4 і 5 на одному рівні в результаті згину крайніх секцій 3 і 5 на необхідний для цього кут.

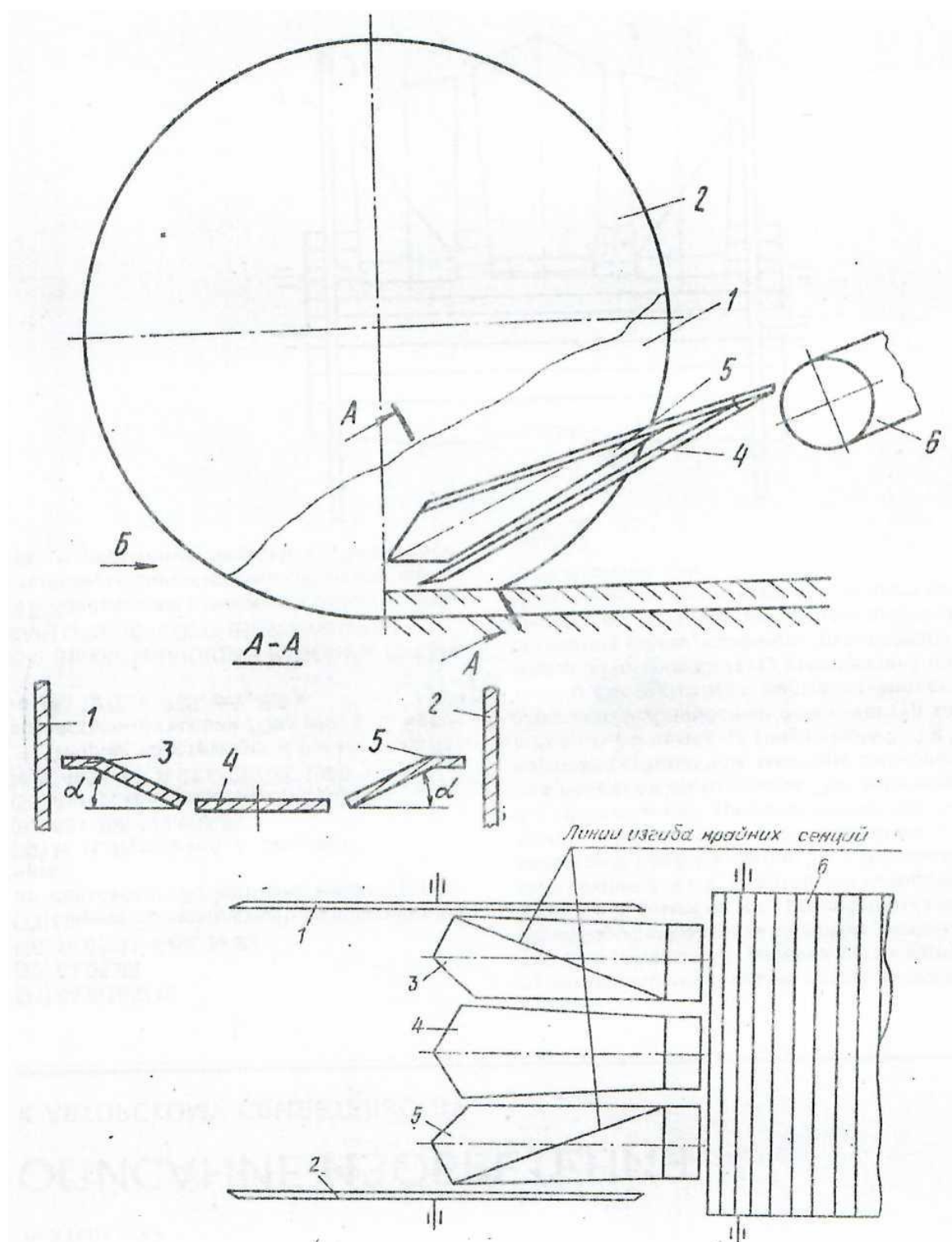


Рисунок 5.5 - Схема викопувального робочого органу збиральної машини [20], вид збоку (а) і зверху (б) з відповідним перерізом А-А

З метою розширення експлуатаційних можливостей і зменшення втрат розроблено схему викопувального пристрою [21], який містить диски 1 і 2 (рис.5.6, 5.7), які зустрічно обертаються і встановлені з перекриттям,

вертикальні транспортери 3 і 4 і леміш 5, встановлений в зоні, обмеженій дисками і дотично до них. При цьому поверхня леміша, повернута до дисків, виконана еквідистантною поверхням останніх.

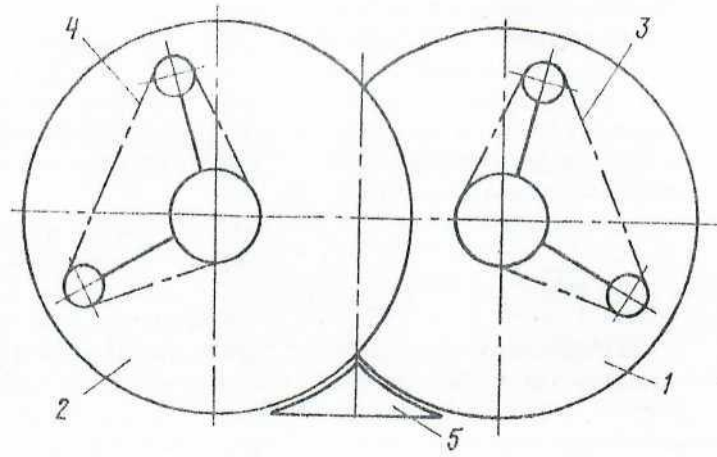


Рисунок 5.6 - Схема викопувального пристрою [21], загальний вид

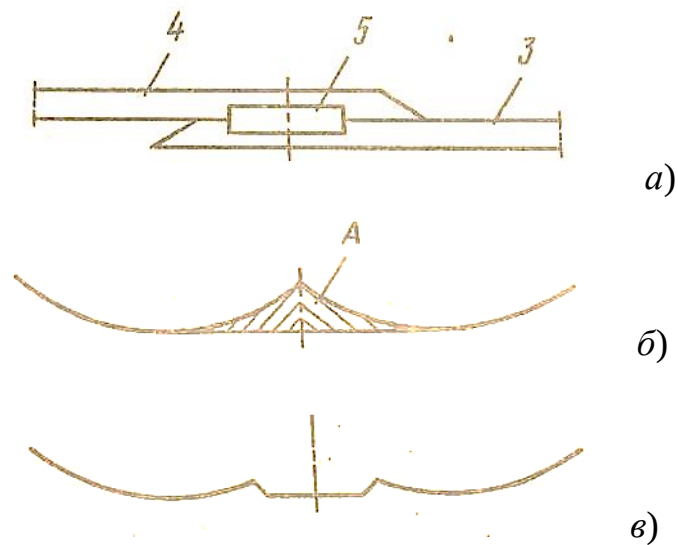


Рисунок 5.7 - Схема викопувального пристрою [21], вид спереду (а) та профіль борозни без леміша (б) і з лемішем (в)

Під час руху агрегату диски 1 і 2, леміш 5 підкопують шар ґрунту з бульбами і передають його на вітки гофрованих транспортерів, а вони разом з дисками до наступних робочих органів. На відміну від відомих пристроїв, які здатні працювати тільки на окремих схемах посадки внаслідок того, що профіль їх борозни має «мертву зону» А, запропонований пристрій може

працювати на будь-яких схемах посадки, так як леміш 5 підкопує зону А (рис. 5.7).

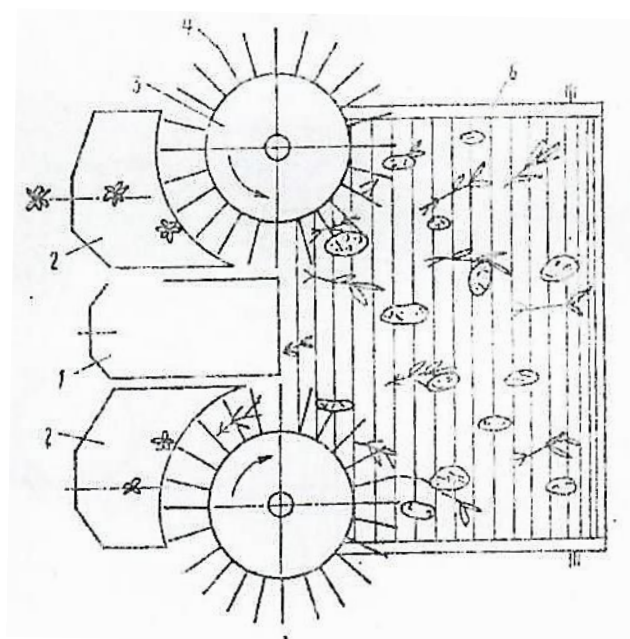


Рисунок 5.8 - Схема підкопувально-сепарувального пристрою збиральної машини [22], вид зверху

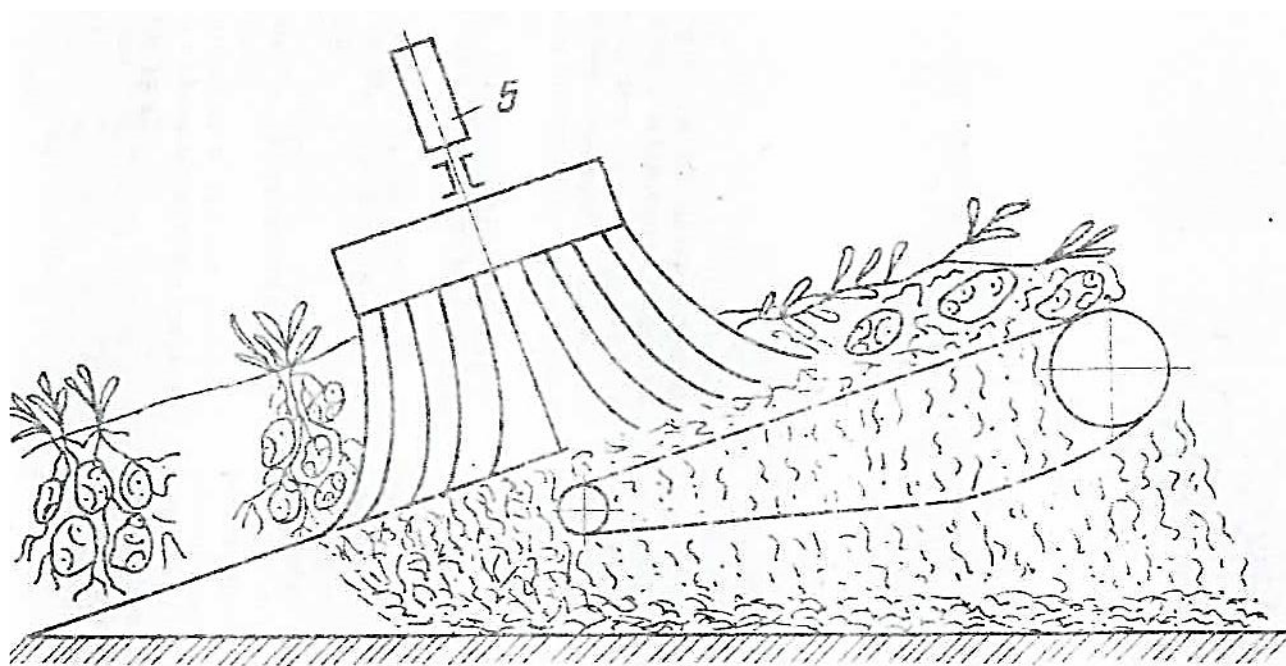


Рисунок 5.9 - Схема підкопувально-сепарувального пристрою збиральної машини [22], вид збоку

З метою підвищення ефективності сепарації ґрунту і забезпечення сходження рослинних залишків розроблена схема підкопувально-

сепарувального пристрою збиральної машини [22], який містить пасивні центральний 1 (рис. 5.8 і 5.9) і два крайніх леміші 2, за якими розташовані барабани 3 з механізмом 5 приводу і конусоподібними пальцями 4, виконаними по кривій другого порядку ввігнутістю назовні. За лемішами розташований транспортер 6. Задня кромка лемішів 2 виконана адекватно розташуванню нижніх торців пальців 4, а нижні торці пальців барабана 3 розташовані на рівні поверхні лемішів 2 і являються як би їх продовженням.

Конусоподібні криволінійні пальці 4 вставляються в барабан 3 і закріплюються гайкою. Від провертання палець утримує зріз.

Пристрій працює наступним чином. Під час руху машини крайні леміші 2 підкопують два суміжних рядка картоплі. Підкопаний лемішами шар ґрунту з бульбами за допомогою підпору ґрунту рухається по лемішу до пальців 4. Так як вони виконані криволінійними і являються як би продовженням лемішів, то беруть на себе підкопаний шар і переносять його на себе без скупчення і перемішування з рослинністю в зазор між барабанами і далі розподіляючи його по всій ширині на транспортері 6.

Внаслідок того, що нижні торці пальців 4 барабана 3 розташовані на рівні поверхні лемішів 2, то пальці не пошкоджують торцями бульби картоплі. Крім того, завдяки конусоподібній фігурній формі прутка відбувається хороше самоочищення пальців від рослинності.

6 ВИЗНАЧЕННЯ ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ КАРТОПЛЕКОПАЧА

6.1 Обґрунтування основних конструктивних параметрів леміша копача

Призначення леміша картоплезбиральної машини – підкопати шар ґрунту де містяться бульби, частково чи повністю зруйнувати його і передати на наступні робочі органи. Конструкція леміша повинна забезпечити мінімальний захват ґрунту при відсутності не підкопаних чи пошкоджених бульб. Пошук раціональної форми леміша необхідно вести на основі комплексного аналізу вимог, що до нього висуваються, та умов його роботи. Для досягнення цих цілей запропонований робочий орган, що здійснює підріз шару ґрунту, з пасивним впливом леміша на шар. Основою підкопуючого органу є двогранный клин, що створює лобове підрізання.

Форма леза підкопуючого органу повинна відповідати формі перерізу куща бульб [23, 24].

Як відомо, характер деформацій ґрунту під дією клину залежить від величини кута α (рис. 6.1), що називається кутом різання. Щоб отримати мінімальну силу, що витрачається на підрізання шару, кут α повинен бути мінімальним. Підняти шар на потрібну висоту H маючи мінімальну початкову величину α і оптимальну довжину леміша L , можна в результаті застосування клинів, що мають різне значення кута α по довжині (рис. 6.2).

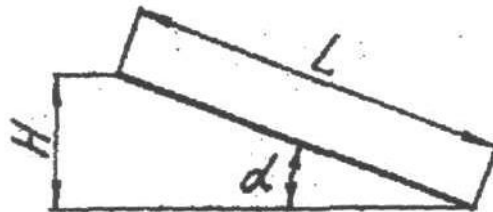


Рисунок 6.1 – Схема для визначення оптимальної форми леміша

Кут α також є і кутом кришення. При проходженні підкопаної маси вздовж звичайного (з постійним кутом) вона не може отримати будь-яких

додаткових взаємодій. Очевидно, щоб знову подіяти на піднятий шар потрібно застосувати новий клин із більшим кутом кришення.

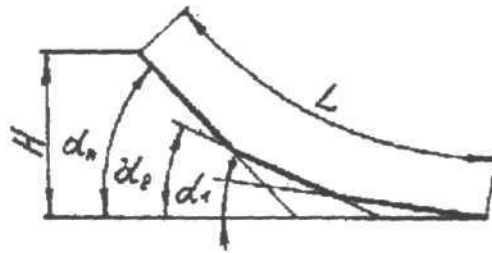


Рисунок 6.2 – Схема для визначення оптимальної форми леміша

Для безперервного розвитку фактору кришення та виключення злипання клину ґрунтом, необхідно використати плавну криволінійну поверхню в вигляді відповідної ділянки параболи

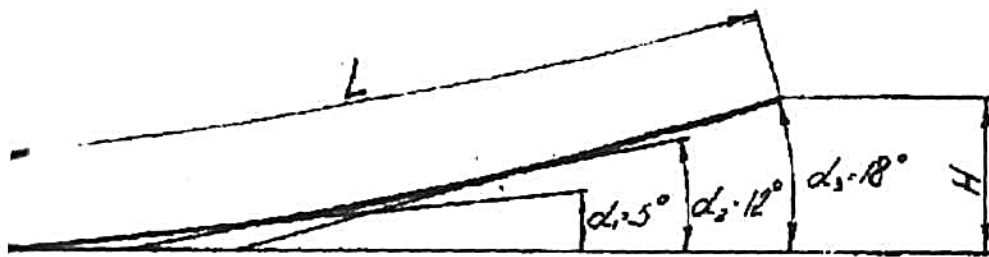


Рисунок 6.3 – Пропонована форма повздовжнього перерізу

Довжину леміша L та висоту розташування заднього обрізу леміша H , орієнтуючись на попередню конструкцію та з конструктивних міркувань, приймемо $L = 280$ мм, $H = 55$ мм.

Ширина коритоподібного леміша (рисунок 6.4) визначається за формулою:

$$B = b + 2\delta \quad (6.1)$$

де b - ширина залягання бульб в куці. За даними Е.А. Глухих [4] максимальна ширина куца коливається від 23 до 32 см.

δ - зміщення осі рядка відносно осі леміша, яке може виникати через не прямолінійність рядка та неточності руху машини. Прийmemo це значення рівним 11 см. Отже,

$$B = 320 + 2 \cdot 110 = 540 \text{ мм.}$$

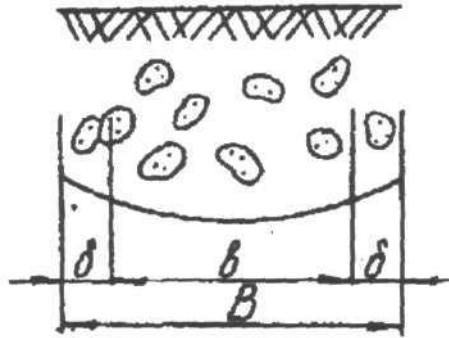


Рисунок 6.4 – Схема для розрахунку ширини леміша

Переміщенню шару ґрунту по лемішу дуже заважає рослинність (коріння). Для попередження цього кут сходу γ (рисунок 6.5) повинен бути:

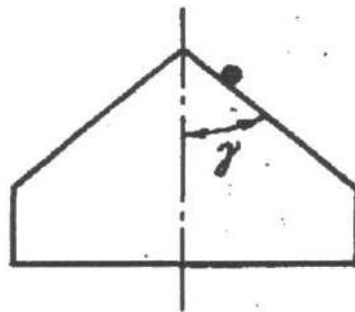


Рисунок 6.5 – Схема для розрахунку кута сходу леміша

$$\gamma = \frac{\pi}{2} - \varphi \quad (6.2)$$

де φ - кут тертя рослинних стеблин чи кореневищ по лезу. На основі дослідних даних кут тертя коріння по лезу $\varphi = 45^\circ$ [14].

Отже,

$$\gamma = \frac{\pi}{2} - 45 = 45^\circ.$$

Для пасивних лемішів сучасних картоплезбиральних машин $\gamma = 40 - 50^\circ$.

6.2 Розрахунок основних параметрів ротора картоплекопача

Призначення пальців ротора – розбивати шар ґрунту, де містяться бульби, виносити їх і розкидати по поверхні поля. При контакті пальців з поверхнею бульб відбувається пошкодження останніх, оскільки пальці виготовлені із сталі.

Для усунення недоліків потрібно застосовувати, при їх виготовленні, матеріали які не будуть спричиняти пошкодження бульб, або будуть значно менше. Таким матеріалом може бути прогумована тканина ГОСТ 7338-77. Матеріал являє собою гуму з прошарком тканини, для підвищення міцності.

Звичайно прогумовувати палець, по всій його довжині не потрібно, а тільки ту його частину, яка контактує з бульбами (яка рухається в шарі ґрунту). Тобто довжина прогумовування повинна бути близько 25 см.

Частота обертання ротора впливає на якість прочісування шару ґрунту де містяться бульби та на ступінь пошкодження самих бульб. Вона повинна забезпечувати повне видалення їх з шару ґрунту, не допускати їх втрат через невисоку частоту обертання. Виходячи з вищенаведеного частота повинна бути оптимальною і задовольняти обидві умови.

З агротехнічних вимог нам відомо, що робоча швидкість машини, а значить і швидкість руху шару ґрунту який поступає до пальців ротора, повинна бути 6 -6,5 км/год. Для розрахунку приймемо більшу швидкість, тобто 6,5 км/год (1800 м/с). При такій швидкості переміщення, шар ґрунту пройде ділянку А (рисунок 6.6), що рівна 186 мм близько 0,10 секунди.

Щоб винести бульби з шару ґрунту і не допускати втрат, гребінки повинні входити в нього, що найменше через 0,10 сек.

Оскільки конструкція ротора містить вісім гребінок, що розташовані одна від одної через кожні 45°, то необхідна колова швидкість ротора буде рівна.

$$\omega = \frac{45^{\circ}}{0,10} = 7,853 \text{ рад/с.}$$

Щоб визначити частоту обертання ротора використовуємо формулу

$$n_n = \frac{\omega_n \cdot 30}{\pi} = \frac{7,853 \cdot 30}{\pi} = 75,0 \text{ об/хв.}$$

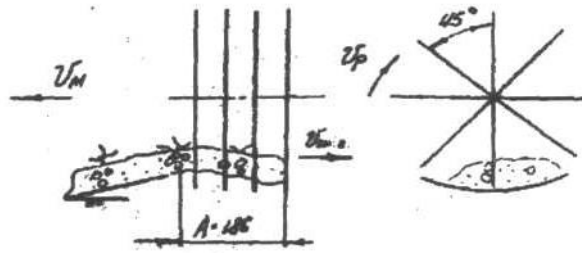


Рисунок 6.6 – Схема для розрахунку частоти обертання ротора

Для забезпечення бездоганності протікання процесу збільшимо частоту обертання ротора в 1,2 рази.

Тобто,

$$n = n_n \cdot 1,2 = 75 \cdot 1,2 = 90 \text{ об/хв.} \quad (6.3)$$

Отже, частота обертання ротора повинна бути 90 об/хв..

Потужність, необхідна на привід ротора витрачається на деформацію ґрунту пальцями та відкидання ними бульб і ґрунту в сторону:

$$N = N_o + N_e \quad (6.4)$$

де N_o і N_e - відповідно втрати потужності на деформацію і відкидання.

Потужність на деформацію визначається [8]

$$N_o = 10^{-4} \cdot k \cdot c \cdot h \cdot z \cdot n \cdot \alpha / 6 \text{ кВт} \quad (6.5)$$

де k - питомий опір деформації ґрунту;

$k = 2 \cdot 10^{-2}$ МПа – легкі групи;

$k = 4,9 \cdot 10^{-2}$ МПа – середні групи;

$k = 7,64 \cdot 10^{-2}$ МПа – важкі групи;

c - площа перерізу ґрунту, що розбивається одним пальцем $c = 55 \text{ см}^2$;

h - висота шару ґрунту, що розбивається пальцем, приймаємо рівною максимальній глибині підкопування, $h = 25 \text{ см}$;

z - загальна кількість пальців, $z = 32$;

n - частота обертання пальців ротора;

α - коефіцієнт, що враховує стан ґрунту, що піддається дії пальців.

Оскільки ґрунт підрізаний і частково покритий на леміші, $\alpha = 0,7$.

Отже маємо для легких ґрунтів:

$$N_{\delta} = 10^{-4} \cdot 2,04 \cdot 10^{-2} \cdot 55 \cdot 32 \cdot 90 \cdot 0,7/6 = 0,942 \text{ кВт.}$$

Для середніх :

$$N_{\delta} = 10^{-4} \cdot 4,9 \cdot 10^{-2} \cdot 55 \cdot 32 \cdot 90 \cdot 0,7/6 = 2,26 \text{ кВт.}$$

Для важких:

$$N_{\delta} = 10^{-4} \cdot 7,84 \cdot 10^{-2} \cdot 55 \cdot 32 \cdot 90 \cdot 0,7/6 = 3,62 \text{ кВт.}$$

Потужність на відкидання бульб та ґрунту [26].

$$N_{\epsilon} = 5 \cdot 10^{-4} \cdot \delta \cdot Q_n \cdot V_p^2, \text{ кВт} \quad (6.6)$$

де δ - коефіцієнт відкидання, що залежить від форми робочого органу,
 $\delta = 0,5$;

Q_n - маса бульб та ґрунту, що відкидається за одну секунду,

$Q_n = 45,02$ – легкі ґрунти;

$Q_n = 54,82$ – середні ґрунти;

$Q_n = 61,82$ – важкі ґрунти;

V_p - колова швидкість ротора, $V_p = 4,23$ м/с.

Отже, маємо для легких ґрунтів:

$$N_{\epsilon} = 5 \cdot 10^{-4} \cdot 0,5 \cdot 45,02 \cdot 4,23^2 = 0,201 \text{ кВт.}$$

Для середніх:

$$N_{\epsilon} = 5 \cdot 10^{-4} \cdot 0,5 \cdot 54,82 \cdot 4,23^2 = 0,245 \text{ кВт.}$$

Для важких:

$$N_{\epsilon} = 5 \cdot 10^{-4} \cdot 0,5 \cdot 61,82 \cdot 4,23^2 = 0,274 \text{ кВт.}$$

Отже повна потужність, що затрачається ротором для легких ґрунтів:

$$N = 0,942 + 0,201 = 1,142 \text{ кВт.}$$

Для середніх:

$$N = 2,26 + 0,245 = 2,505 \text{ кВт.}$$

Для важких:

$$N = 3,62 + 0,274 = 3,896 \text{ кВт.}$$

Для подальших розрахунків приймаємо максимальну потужність 3,89кВт.

Потужність ВВП визначимо за формулою:

$$N_{ввп} = \frac{N}{\eta_l^2 \cdot \eta_m}, \text{ кВт} \quad (6.7)$$

де η_l - коефіцієнт корисної дії ланцюгової передачі, $\eta_l = 0,96$;

η_m - коефіцієнт корисної дії запобіжної муфти, $\eta_m = 0,98$.

$$N_{ввп} = \frac{3,89}{0,96^2 \cdot 0,98} = 4,30 \text{ кВт.}$$

Максимально необхідна потужність на ВВП трактора – 4,30 кВт.

6.3 Визначення геометричних параметрів першої ланцюгової передачі

Вихідні дані:

- колова швидкість валу ведучої зірочки $\omega_1 = 56,52$ рад/с;
- потужність на валу ведучої зірочки буде рівна потужності на ВВП трактора з урахуванням затрату запобіжній муфті, $N_1 = 4.22$ кВт;
- передаточне число передачі приймаємо $U = 3$.

Розрахунок проводимо згідно [26].

Визначаємо основний параметр ланцюга – крок:

$$t = 280 \cdot \sqrt[3]{\frac{N_1 \cdot K_3}{Z_1 \cdot \omega_1 \cdot [p] \cdot m_p}}, \text{ мм,} \quad (6.8)$$

де K_3 - коефіцієнт експлуатації,

$$K_3 = K_\partial \cdot K_{рег} \cdot K_n \cdot K_{см} \cdot K_{реж} \cdot K_a,$$

де K_∂ - коефіцієнт характеру навантаження, $K_\partial = 1,25$;

$K_{рез}$ - коефіцієнт, що залежить від способу регулювання провисання ланцюга, $K_{рез}=1,0$;

K_n - коефіцієнт, що враховує характер навантаження ланцюга, $K_n = 1,0$;

$K_{реж}$ - коефіцієнт, що враховує протяжність роботи, $K_{реж}=1,0$;

K_a - коефіцієнт довжини ланцюга (при $a_1=19,16$), $K_a=1,0$.

$$\text{Отже, } K_3 = 1,25 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 1,25.$$

Z_1 - кількість зубів ведучої зірочки, приймаємо $Z_1=15$;

Визначаємо число зубів веденої зірочки:

$$Z_2 = Z_1 \cdot U < Z_{2\max},$$

де $Z_{2\max}$ - максимальне число зубів веденої зірочки, $Z_{2\max}=120$.

Приймаємо $Z_2=45$.

$[p]$ - допустимий питомий тиск в шарнірах, при $\omega=56,52$ м/с, $[p]=24$ МПа;

m_p - коефіцієнт рядності.

Маємо

$$t = 280 \cdot \sqrt[3]{\frac{4,22 \cdot 1,25}{15 \cdot 56 \cdot 24 \cdot 1,0}} = 17,85, \text{ мм.}$$

Приймаємо ланцюг ПР-19,05-3180 ГОСТ 13568-75.

Параметри ланцюга: $t=19,05$ мм; $b_1=12,7$ мм; $d_1=11,91$ мм; $P_1=22,78$ мм; $b_4=26,9$, погонна маса $q=1,9$ кг/м, руйнівна сила $Q=31,8$ Кн..

Визначаємо міжосьову відстань:

$$a = a_1 \cdot t$$

де a_1 - міжосьова відстань в кроках, $a_1=21,35$

t - крок ланцюга, $t=19,05$

$$a = 21,35 \cdot 19,05 = 406,71$$

Необхідна довжина ланцюга в кроках:

$$L_1 = 2a_1 + a_1 + \frac{b}{a_1},$$

$$\text{де } a_1 = \frac{Z_1 + Z_2}{2} = \frac{15 + 45}{2} = 30$$

$$b = \left(\frac{Z_1 - Z_2}{2\pi} \right)^2 = \left(\frac{45 - 15}{2\pi} \right)^2 = 22.82.$$

Отже,

$$L_1 = 221,35 + 21,35 + \frac{22,82}{21,35} = 73,77.$$

Приймаємо $L_1 = 74$ кроків.

Уточнюємо величину міжосьової відстані

$$a = \frac{t}{4} \left(L_1 - a_1 + \sqrt{(L_1 a_1)^2 - 8b} \right)$$

$$a = \frac{19.05}{4} \left(74.0 - 30 + \sqrt{(74.0 \cdot 30)^2 - 8 \cdot 22.82} \right) = 408.92 \text{ мм.}$$

Для забезпечення провисання ланцюга міжосьову відстань зменшено на величину (0,002...0,004), а отже:

$$\Delta = 0,003 \cdot 408,97 = 1,22 \text{ мм.}$$

Маємо

$$a = 408.97 - 1.22 = 407.75 \text{ мм.}$$

Визначимо число ударів ланки об зуб зірочки за секунду:

$$v = \frac{2 \cdot Z_1 \cdot \omega_1}{\pi \cdot L_1} < [v],$$

де $[v]$ - допустимі значення, $[v] = 35$,

$$v = \frac{2 \cdot 15 \cdot 56.52}{\pi \cdot 74} = 7.29 < 35$$

Визначаємо сили, що діють в вітках ланцюга і діють на вали.

Колова сила:

$$F_t = \frac{1000 \cdot N_1}{V},$$

де V - швидкість переміщення ланцюга,

$$V = \frac{Z_1 \cdot t \cdot \omega_1}{2000 \cdot \pi} = \frac{15 \cdot 19.05 \cdot 56.52}{2000 \cdot \pi} = 2.57 \text{ м/с.}$$

Отже,

$$F_t = \frac{1000 \cdot 4.22}{2.57} = 1642.02 \text{ Н.}$$

Сила натягу ланцюга від провисання:

$$F_q = K_f \cdot q \cdot a \cdot g,$$

де q - погонна маса, $q = 1,9 \text{ кг/м}$;

K_f - коефіцієнт провисання, $K_f = 6,0$

$$F_q = 6.0 \cdot 1.9 \cdot 0.407 \cdot 9.8 = 45.47 \text{ Н.}$$

Сила натягу ланцюга від відцентрових сил

$$F_y = q \cdot V^2 = 1.9 \cdot 2.57^2 = 12.54 \text{ Н.}$$

Загальне зусилля в ведучій вітці

$$F_{заг1} = F_t \cdot K_\partial + F_q + F_y = 1642.02 \cdot 1.25 + 45.47 + 12.54 = 2110.53 \text{ Н.}$$

$$F_{заг2} = F_q + F_y = 45.47 + 12.54 = 58,01 \text{ Н.}$$

Зусилля, що діє на вали ведучої та веденої зірочки:

$$F_\epsilon = F_t \cdot K_\partial + 2F_q = 1642.02 \cdot 1.125 + 2 \cdot 45.47 = 2143.46 \text{ Н}$$

Перевіримо на питомий тиск в шарнірах:

$$p = \frac{F_t \cdot K_\partial}{S \cdot m_p \cdot 10^2} < [p],$$

де S - проекція опорної поверхні шарніра, $S = 1,05 \text{ см}^2$;

$[p]$ - допустиме зусилля питомого тиску, $[p] = 24 \text{ МПа}$.

Отже,

$$p = \frac{1642.02 \cdot 1.25}{1.05 \cdot 1.0 \cdot 10^2} = 19.54 < 24$$

Запас міцності вибраного ланцюга:

$$n = \frac{Q}{F_{\text{заг}}} > [n],$$

де Q - руйнівне навантаження ланцюга, $Q=31800\text{Н}$;

$[n]$ - допустимий запас міцності, $[n]=9,3$.

Отже

$$n = \frac{31800}{2110,53} = 15,06 > 9,3.$$

Ланцюг вибрано вірно.

Визначаємо основні геометричні та конструктивні розміри зірочок.

Діаметр ділительних окружностей

$$d_0 = \frac{t}{\sin \frac{180}{Z}}$$

Ведуча зірочка

$$d_0 = \frac{19,05}{\sin \frac{180}{15}} = 91,62, \text{ мм.}$$

Ведена зірочка

$$d_0 = \frac{19,05}{\sin \frac{180}{45}} = 273,09, \text{ мм.}$$

Діаметр зовнішніх кіл

$$d_{a\min} = d + 0,5 \cdot d_{1\text{мм}};$$

$$d_{a\max} = d + 1,25 \cdot t - d_{1\text{мм}}.$$

Ведуча зірочка:

$$d_{a\min} = 91,62 + 0,5 \cdot 11,91 = 97,50, \text{ мм};$$

$$d_{a\max} = 91,62 + 1,25 \cdot 19,05 - 11,91 = 103,52, \text{ мм.}$$

Ведена зірочка:

$$d_{a\min} = 273,09 + 0,5 \cdot 11,91 = 279,04, \text{ мм};$$

$$d_{a\max} = 273,09 + 1,25 \cdot 19,05 - 11,91 = 296,90, \text{ мм.}$$

Радіус впадин:

$$r_{i\min} = 0.505 \cdot d_1, \text{ мм};$$

$$r_{i\max} = 0.505 \cdot d_1 + 0.069\sqrt{d_1}, \text{ мм}.$$

Ведуча зірочка:

$$r_{i\min} = 0.505 \cdot 11.91 = 6.01, \text{ мм};$$

$$r_{i\max} = 0.505 \cdot 11.91 + 0.069\sqrt{11.91} = 6.17, \text{ мм}.$$

Ведена зірочка:

$$r_{i\min} = 0.505 \cdot 11.91 = 6.01, \text{ мм};$$

$$r_{i\max} = 0.505 \cdot 11.91 + 0.069\sqrt{11.91} = 6.17, \text{ мм}.$$

Діаметр окружності впадин:

$$d_f = d - 2 \cdot r_i, \text{ мм}.$$

Ведуча зірочка:

$$d_{f\min} = 91.62 - 2 \cdot 6.01 = 79.6, \text{ мм};$$

$$d_{f\max} = 91.62 - 2 \cdot 6.17 = 79.26, \text{ мм}.$$

Ведена зірочка:

$$d_{f\min} = 273.09 - 2 \cdot 6.01 = 261.07, \text{ мм};$$

$$d_{f\max} = 273.09 - 2 \cdot 6.17 = 260.75, \text{ мм}.$$

Радіус спряжень:

$$r_{i\min} = 0.12 \cdot d_1 \cdot (Z + 2), \text{ мм};$$

$$r_{i\max} = 0.505 \cdot d_1 \cdot (Z^2 + 180), \text{ мм}.$$

Ведуча зірочка:

$$r_{i\min} = 0.12 \cdot 11.91 \cdot (15 + 2) = 24.29, \text{ мм};$$

$$r_{i\max} = 0.505 \cdot 11.91 \cdot (15^2 + 180) = 38.58, \text{ мм}.$$

Ведена зірочка:

$$r_{i\min} = 0.12 \cdot 11.91 \cdot (45 + 2) = 67.17, \text{ мм};$$

$$r_{i\max} = 0.505 \cdot 11.91 \cdot (45^2 + 180) = 210.99, \text{ мм}.$$

Кут спряження:

$$d_{\min} = 120^0 - \frac{90}{Z};$$

$$d_{\max} = 140^0 - \frac{90}{Z}.$$

Ведуча зірочка:

$$d_{\min} = 120^0 - \frac{90}{15} = 114^0;$$

$$d_{\max} = 140^0 - \frac{90}{15} = 134^0.$$

Ведена зірочка:

$$d_{\min} = 120^0 - \frac{90}{45} = 118^0;$$

$$d_{\max} = 140^0 - \frac{90}{45} = 138^0.$$

Радіус заокруглення, як ведучої так і веденої зірочки:

$$Z_x = 1.5 \cdot d_1 = 1.5 \cdot 11.91 = 17.86, \text{ мм.}$$

Величина заокруглення зуба:

$$b_a = 1.5 \cdot d_1 = 1.5 \cdot 11.91 = 1.54, \text{ мм.}$$

Ширина зуба:

$$b_{r1} = 0.93 \cdot b_1 = 0.93 \cdot 12.7 = 11.81 \text{ мм.}$$

Визначимо орієнтовно діаметри отворів під вали:

$$d_{\epsilon} = 10 \cdot \sqrt[3]{\frac{T}{0.2 \cdot \tau_{кр}}}$$

де T - крутний момент на валу зірочок;

$T = 76,66$ Нм – ведуча зірочка;

$T = 241,96$ Нм – ведена зірочка;

$\tau_{кр}$ - допустиме напруження при крученні.

Отже, ведуча зірочка $d_{\epsilon} = 10 \cdot \sqrt[3]{\frac{76,66}{0.2 \cdot 20}} = 26,52, \text{ мм.}$ Приймаємо $d_{\epsilon} = 25 \text{ мм.}$

Ведена зірочка $d_{\epsilon} = 10 \cdot \sqrt[3]{\frac{214,96}{0,2 \cdot 20}} = 37,73$, мм. Приймаємо $d_{\epsilon} = 40$ мм.

Діаметр маточини

$$d_{cz} = (1,8 \dots 2,0) \cdot d_{\epsilon}.$$

Ведуча зірочка $d_{cz} = 1,8 \cdot 25 = 45$, мм.

Ведена зірочка. $d_{cz} = 1,8 \cdot 40 = 72,0$, мм.

Довжину маточини, ведучої зірочок приймаємо $L_{cz} = 50$ мм.

Діаметр технологічних отворів в диску веденої зірочки

$$d_0 = 0,25 \cdot (d_{ob} - d_{cz}),$$

$$d_0 = 0,25 \cdot (185,4 - 72) = 28,41 \text{ мм.}$$

Приймаємо $d_0 = 30$ мм.

Діаметр розміщення технологічних отворів в диску:

$$D_0 = 0,25 \cdot (d_{ob} + d_{cz}),$$

$$D_0 = 0,25 \cdot (185,84 + 72) = 128,92 \text{ мм.}$$

Отримані результати розрахунків використовуємо при розробці конструкції вузлів і деталей копача.

7 ОХОРОНА ПРАЦІ

Основою для організації охорони праці в господарстві слугують «Правила охорони праці у сільськогосподарському виробництві», затверджені наказом Міністерства соціальної політики України 29 серпня 2018 року № 1240 (Зареєстровано в Міністерстві юстиції України 21 вересня 2018 р. за № 1090/32542) [28].

7.1 Заходи безпеки при збиранні картоплі удосконаленим копачем

Представлені нижче заходи безпеки можуть бути використані при проведенні інструктажу на робочому місці для всіх робітників, які приймають участь у збиранні картоплі. Основні заходи полягають в наступному:

- до управління збиральним агрегатом допускаються тільки механізатори, які пройшли спеціальну підготовку і мають документ на право управління машиною. Підсобними працівниками можуть працювати особи не молодші 18 років;
- перед початком збирання картоплі механізатори і робітники, задіяні в процесі збирання, проходять інструктаж з безпечних методів роботи, розписуються в журналі реєстрації інструктажів і отримують на руки пам'ятки з техніки безпеки;
- всім учасникам збиральних робіт необхідно виконувати тільки ту роботу, яка доручена адміністрацією.
- одяг у механізаторів і обслуговуючого персоналу не повинна мати довгих частин і кінців, які звисають. Дозволяється працювати тільки в застібнутій і ретельно заправленому одязі і головному уборі. Працювати в фартухах забороняється;

- до роботи на збиральному агрегаті можна приступати тільки при його повній справності і відповідності вимогам експлуатації машинно-тракторного парку і “Правил техніки безпеки”;
- категорично забороняється працювати в стані навіть легкого алкогольного чи іншого сп’яніння;
- забороняється розташовуватись на відпочинок, в тому числі і короточасний, на ділянках, де працюють агрегати, а також біля них під час їх зупинки. Відпочивати треба на спеціально відведеному місці;
- при підготовці агрегату до роботи слід перевіряти наявність і справність запобіжних кожухів і огорожень карданної і ланцюгової передач. При відсутності або несправності їх робота не дозволяється;
- карданний вал повинен бути міцно з’єднаним з валом відбору потужності трактора і закритий захисним кожухом. Огородження не повинно обертатися разом з валом, а має бути зафіксованим з нерухомими частинами машини;
- перед початком роботи необхідно перевіряти наявність справного інструменту і аптечки;
- трактор повинен мати дзеркало заднього виду, справне рульове керування, добре відрегульовані гальма, муфту зчеплення, коробку передач. Бак і паливопровод не повинні мати течії палива;
- слід постійно слідкувати за станом гнучких шлангів гідросистеми, щільністю затягування з’єднувальних штуцерів маслопроводів. При несправності гідросистеми працювати на агрегаті не дозволяється;
- механізм регулювання глибини підкопування бульб повинен вільно переміщатися і надійно фіксуватися в установленому положенні;
- під час обслуговування і регулювань слід користуватися тільки справним інструментом і пристроями;
- забороняється очищати руками підкопуючі леміші, роторні сепаратори, елеватори, транспортери і інші робочі органи. Очистку проводити тільки за допомогою призначених для цього крючків і чистиків, які додаються

до машини. Очистку і всі роботи по проведенні технічного обслуговування слід проводити тільки при виключеному валу відбору потужності і заглушеному двигуну трактора;

- під час роботи під картоплекопачем, у випадку необхідності його підняття домкратом, слід користуватися підставками, які забезпечують стійке і безпечне положення. Забороняється для підставок використовувати ящики, каміння, цеглу, деталі машин і т. Ін;

- при роботі лежачи під машиною на землю слід покласти дошки, листи фанери, мати або користуватися дерев'яними лежаками з підголовником;

- під час приєднання картоплекопача до трактора забороняється робочим знаходитися між трактором і машиною і в безпосередній близькості від них.

- під'їжджати до копача слід обережно (без ривків), при малих обертах двигуна. Тракторист повинен дивитися в напрямку руху і слідкувати за процесом, ногу при цьому тримати на педалі муфти зчеплення;

- перед виїздом в поле необхідно випробувати роботу картоплекопача на холостому ході;

- перед початком руху агрегату механізатор повинен впевнитися в відсутності людей в безпосередній близькості від агрегату і дати сигнал про початок руху;

- під час роботи забороняється знаходження в кабіні сторонніх людей;

- забороняється під час руху агрегату перевіряти і регулювати робочі органи і механізми, надівати і натягувати ланцюги, усувати несправності, змащувати вузли, очищати підкопуючі леміші, транспортери, сепаратори і інші робочі органи;

- в кінці гону тракторист повертає агрегат тільки тоді, коли робочі органи повністю вийшли з ґрунту;

- перед початком повороту на поворотній смузі і при короткочасній зупинці вал відбору потужності треба відключати;

- в місцях повороту агрегату не повинні знаходитися люди і різні транспортні засоби;

- після виконання яких-небудь ремонтних робіт в польових умовах не можна залишати на транспортерах копача інструмент і інші сторонні предмети;
- під час грози робота на агрегаті зупиняється, а люди віддаляються від машин на відстань 30-50 м;
- після дощу переїжджати через канави, рухатися вздовж схилів, на поворотах і т. ін. слід тільки на першій передачі;
- на межі полів, які прилягають до ярів або круч, поворотні смуги слід позначити контрольною борозною;
- забороняється стоянка і короткочасна зупинка поблизу крутих схилів і ярів. В випадку вимушеної зупинки слід заглушити двигун трактора і загальмувати його. Під колеса слід покласти упори;
- по закінченні роботи поставити агрегат на місце стоянки, оглянути, очистити від пилу і бруду, привести в порядок робоче місце. Зняти і привести в порядок спецодяг, помитися;
- перед транспортним переїздом шосейних доріг необхідно зупинитися і впевнитися в тому, що шлях безпечний і немає транспорту, який наближається;
- під час руху по шосе в нічний час картоплекопач повинен бути означений (габаритні розміри) світловими знаками або лампочками;
- при зустрічному роз'їзді слід триматися правого боку на відстані не менше 2 м від зустрічного транспорту;
- на спуску з гори і підйманні на гору трактор повинен рухатися повільно (на першій передачі і на малих обертах двигуна), а тракторист повинен бути готовим користуватися гальмами. Максимально допустимий схил не повинен перевищувати 12°;
- забороняється перевозити людей і вантажі на картоплекопачеві.
- при зупинці агрегату ставити його тільки на узбіччі дороги і при умові достатньої ширини дороги для проїзду, а в нічний час обладнати світловими знаками;

- під час руху заднім ходом, а також при розворотах і поворотах слід подавати сигнали і впевнитися в відсутності людей на шляху руху. Рухатися необхідно на малому газі, не знімаючи ноги з муфти зчеплення;
- під час переїзду через мости слід керуватися встановленими знаками вантажопідйомності і ширини між перилами;
- в тумані і під час дощу, коли видимість недостатня (менше 20 м), слід включати світло і періодично подавати звуковий сигнал;
- під час руху по слизькій дорозі слід дотримуватись особливої уваги. Не можна різко гальмувати і змінювати напрямок руху;
- при переїзді через залізницю слід керуватися попереджувальними знаками, показаннями світлофорів, звуковими сигналами, положенням шлагбаума. Переїжджати через переїзд слід зі швидкістю 3-4 км/год, при цьому перемикаючи передачу не дозволяється. Особливо треба бути уважним при переїздах в нічний час.

7.2 Вимоги безпеки при зберіганні картоплекопача

При зберіганні машини виконують вимоги ДСТУ 7751-95 “Техніка, яка використовується у сільському господарстві. Правила зберігання”.

Машину ставлять на зберігання: міжзмінне – перерва у використанні машини до 18 днів; довгострокове – перерва більше двох місяців.

Машини на міжзмінне зберігання повинні бути поставлені безпосередньо після закінчення робіт, а на довгострокове збереження – не пізніше 10 днів з моменту закінчення робіт.

Машини повинні зберігатися у закритих приміщеннях або під навісом. Допускається зберігати на відкритих пристосованих майданах при обов’язковому виконанні робіт з консервації, герметизації і знятті складових частин, що потребують складського зберігання (пасів, бичів, коліс).

Для проведення профілактичних оглядів машини повинні бути розташовані із збереженням відстані між ними (не менше 0,7м). Машини

підготовлені до збереження повинні бути віддані механізаторами і прийняті відповідальною особою. Місце збереження машини забезпечують протипожежними засобами.

Машини повинні встановлюватися на підставки (або підкладки) у горизонтальному положенні для уникнення перекосу і згину рам, для розвантаження коліс між шинами і опорними поверхнями повин бути просвіт 8-10 см. Стан машин повинен перевірятися у період збереження у закритих приміщеннях не рідше 1 разу у 2 місяці, а на відкритих майданчиках і під навісом – щомісячно.

Допускається збереження машини на майданчиках і пунктах міжзмінного збереження або безпосередньо на місці проведення робіт. Машини повинні бути встановлені комплектно без зняття з них складових частин.

Консервацію машин проводять відповідно до вимог ДСТУ 9.014-98. Машина підлягає частковій консервації. Консервація включає підготовку поверхні, застосування (нанесення) засобів тимчасового захисту і пакування. Консервація повинна проводитися у спеціальних приміщеннях або дільницях, які дозволяють зберігати встановлений технологічний процес і вимоги безпеки. Ділянки консервації повинні розташовуватись з врахуванням обмеження або виключення проникнення агресивних газів і пилу.

Гвинтові і різьбові поверхні, як відкриті, так і закриті кожухами повинні бути змащені змазкою (антикорозійне покриття).

Карданні передачі, ланцюги, різьбові поверхні деталей і складальних одиниць, а також зовнішні спряжені і механічно відпрацьовані поверхні повинні бути законсервовані.

Привідні паси повинні бути помиті теплою мильною водою або знежирені неетилованим бензином, просушені, припудрені тальком і зв'язані у комплекти.

Допускається відкрито зберігати пневматичні шини у розвантаженому стані на машинах, встановлених на підставках. Поверхні шин повинні бути

покриті воском або захисним матеріалом. Тиск у шинах при закритому і відкритому збереженні повинен бути знижений до 70% від нормального.

При технічному обслуговуванні машин у період збереження повинна бути перевірена: правильність встановлення машин на підставки або прокладки (відсутність перекосів, прогинів, стійкість); комплектність (з врахуванням знятих складових частин, які зберігаються на складі); тиск повітря у шинах; стан антикорозійних покриттів (наявність захисного змащення, цілісність фарбованих покриттів, відсутність корозії). Технічне обслуговування машин при знятті із збереження включає: зняття машин з підставок (прокладок); зняття герметизуючих пристроїв (розконсервація); встановлення знятих складових частин.

8 РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ПРОЄКТУ

Картоплярство на сьогодні є однією з найбільш енергоємних галузей сільського господарства. Найбільші затрати при виробництві картоплі приходяться на паливо, добрива і насіння. В цілому енергетичні витрати на вирощування картоплі на 49 % більші, ніж на вирощуванні озимої пшениці і на 41 % більші, ніж на вирощуванні цукрових буряків.

Удосконалений в дипломному проєкті картоплекопач дозволяє підвищити якісні показники збирання картоплі – зменшити травмування бульб і підвищити продуктивність праці. Розрахунки проводимо в порівнянні з аналогом - серійним картоплекопачем КТН-1,0, ціна якого становить 17500 грн.

При визначенні ціни модернізованого копача приймемо до уваги той факт, що модернізація копача призводить до зростання на 10 % складності його виготовлення в порівнянні з серійною машиною. Тоді, ціна удосконаленого копача буде становити $17500 \cdot 1,2 = 19250$ грн.

Як серійний, так і розроблений картоплекопач може агрегатуватися з трактором Т-25.

Вихідні дані для проведення розрахунків економічної ефективності проєкту зводимо до таблиці 8.1. Розрахунки проводимо по відомій методиці [29]. Затрати праці при роботі картоплекопача визначаються за формулою:

$$H = \frac{M}{W_{год}}, \quad (8.1)$$

де M – кількість обслуговуючого агрегат персоналу;

$W_{год}$ – продуктивність машини, га/год.

При викопуванні картоплі серійним копачем затрати праці дорівнюють

$$H_c = \frac{1}{0,35} = 2,85 \text{ люд.год/га.}$$

Таблиця 8.1- Вихідні дані до розрахунків економічної ефективності проекту

Показники	Картоплекопач	
	Серійний КТН-1,0	Удосконалений
1. Продуктивність, га/год.	0,35	0,45
3. Питомі витрати палива, кг/га	10,2	9,0
4. Ціна машини, грн.	17500	19250
5. Кількість обслуговуючого персоналу, чол.	1	1

При викопуванні картоплі розробленим копачем затрати праці дорівнюють

$$H_p = \frac{1}{0,45} = 2,22 \text{ люд.год./га.}$$

Зниження затрат праці становлять

$$H_z = 2,85 - 2,22 = 0,63 \text{ люд.год./га.}$$

Прямі експлуатаційні витрати при викопуванні картоплі визначаються за рівнянням:

$$C = C_o + C_p + C_{то} + C_{пмм}, \quad (8.2)$$

де C_o – оплата праці з нарахуваннями, грн.;

C_p – відрахування на реновацію машин в агрегаті, грн.;

$C_{то}$ – витрати на ремонт і технічне обслуговування машин, грн.;

$C_{пмм}$ – витрати на паливо-мастильні матеріали, грн.

Проводимо розрахунки по кожній із складових. Оплата праці проводиться за виконану норму роботи по тарифній сітці. Викопування картоплі відноситься до складних механізованих сільськогосподарських робіт і оплата праці механізатору здійснюють по 5 розряду. Враховуючи останнє збільшення мінімальної заробітної плати до 8647 грн./місяць, оплата праці за

норму виробітку становить 360,3 грн. Витрати на оплату праці можна визначити за формулою:

$$C'_o = \frac{C^T \alpha}{H}, \quad (8.3)$$

де C^T - оплата праці за тарифною сіткою, грн.;

H – норма виробітку, га;

α - нарахування на заробітну плату.

Тоді, витрати пов'язані з оплатою праці на викопуванні картоплі серійним копачем будуть становити

$$C_{oc} = \frac{360,3 \cdot 1,375}{2,45} = 202,2 \text{ грн./га.}$$

Витрати на оплату праці механізатору, який працює на розробленому копачі, будуть становити

$$C_{op} = \frac{360,3 \cdot 1,375}{3,15} = 157,3 \text{ грн./га.}$$

Відрахування на реновацію машини в агрегаті $C_{ра}$ грн./га визначається так:

$$C_p = \frac{\alpha_p \cdot B_M}{100 \cdot W_{год} \cdot t_M}, \quad (8.4)$$

де α_p - норма річних відрахувань на реновацію від балансової вартості машини %;

B_M - балансова вартість машини, грн.;

$W_{год}$ - продуктивність агрегату за годину експлуатаційного часу, га;

t_M - нормативне річне завантаження машини, год.

Тоді, відрахування на реновацію для серійного копача будуть становити:

$$C_{pc} = \frac{14,2 \cdot 17500}{100 \cdot 0,35 \cdot 120} = 59,2 \text{ грн./га.}$$

Для агрегату з удосконаленим копачем відрахування на реновацію становлять:

$$C_{pp} = \frac{14,2 \cdot 19250}{100 \cdot 0,45 \cdot 120} = 50,6 \text{ грн./га}$$

Відрахування на капітальний і поточний ремонт і технічне обслуговування $C_{то}$ обчислюється аналогічно. Оскільки норма річних відрахувань така сама, як і на реновацію, то ці відрахування будуть такі ж, як і вище розраховані.

Витрати на паливо-мастильні матеріали визначаються за формулою:

$$C_{пмм} = C_k g_{га}, \quad (8.5)$$

де C_k – комплексна ціна палива і мастильних матеріалів, грн./л;

$g_{га}$ – витрати палива на 1 га зібраної площі, л/га.

Комплексна ціна 1 кг палива розраховується виходячи з нормативів витрат мастил в % до основного палива: моторне масло – 3,8 %; індустріальне масло – 0,4 %; трансмісійне масло – 0,6 %; пластичні мастила – 0,04 %. Розрахувати постійні значення комплексної ціни на сьогодні неможливо, так як ціни на ринку коливаються в залежності від економічної ситуації в країні, постачальника. Враховуючи стрімкий підйом цін внаслідок війни в Ірані прийнемо $C_k = 75,0$ грн./л.

Для серійного агрегату затрати на паливо-мастильні матеріали на викопування картоплі будуть становити

$$C_{пммс} = 75,0 \times 10,2 = 765,0 \text{ грн/га.}$$

Для агрегату з розробленим копачем затрати на ПММ становлять:

$$C_{пммр} = 75,0 \times 9,0 = 675,0 \text{ грн./га.}$$

Загальні прямі експлуатаційні затрати при викопуванні картоплі агрегатом, в склад якого входить серійний картоплекопач будуть становити:

$$C_c = 202,2 + 59,2 + 59,2 + 765,0 = 1085,6 \text{ грн/га.}$$

При викопуванні картоплі розробленим копачем:

$$C_m = 157,3 + 50,6 + 50,6 + 675,0 = 933,5 \text{ грн/га.}$$

Таким чином, запровадження у виробництво розробленого копача призведе до зниження прямих експлуатаційних затрат:

$$E = C_c - C_m = 1085,6 - 933,5 = 152,1 \text{ грн./га.}$$

При цьому використання його дасть змогу зменшити травмування бульб, а відтак зменшити відходи при зберіганні бульб на 5 - 8 %, що рівнозначно підвищенню урожайності. Отже, використання модернізованого копача на збиранні бульб дасть змогу за рахунок зменшення втрат при зберіганні одержати додаткову продукцію, питома величина якої при урожайності 300 ц/га і закупівельній ціні 20,0 грн/кг буде становити

$$E_d = 30000 \cdot 0,06 \cdot 20,0 = 36000 \text{ грн/га.}$$

При використанні розробленого картоплекопача в умовах господарства на площі 50 га річний економічний ефект буде становити

$$E_p = (152,1 + 36000) \times 50 = 1807605,0 \text{ грн.}$$

Таблиця 8.2 - Основні техніко-економічні показники проєкту

Показники	Серійний картоплекопач	Розроблений картоплекопач
1. Продуктивність, га/год	0,35	0,45
2. Питомі витрати палива, л/га	10,2	9,0
3. Затрати праці, люд.-год/га	2,85	2,22
4. Прямі експлуатаційні затрати, грн/га: в тому числі:	1085,6	933,5
- оплата праці з нарахуваннями	202,2	157,3
- відрахування на реновацію	59,2	50,6
- затрати на ремонти і ТО	59,2	50,6
- затрати на паливо і мастила	765,0	675,0
6. Затрати на модернізацію, грн.	-	1850
7. Економічний ефект від додаткової продукції, грн./га	-	36000
8. Річний економічний ефект, грн.	-	1807605,0
9. Строк окупності затрат, років	-	0,001

Строк окупності затрат на розробку нового картоплекопача визначається за формулою:

$$T_o = \frac{S_n - S_o}{E_p}, \quad (7.6)$$

де E_p – річний економічний ефект.

$$T_o = \frac{19250 - 17400}{1807605,0} = 0,001 \text{ року.}$$

Визначені в процесі розрахунків в дипломному проєкті основні економічні показники зводимо в таблицю 8.2.

Розрахунки показують, що розроблений картоплекопач може принести економічний ефект і всі затрати на модернізацію машини окупаються на протязі року експлуатації.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Фізико-механічні характеристики картоплі змінюються в залежності від сорту, умов вирощування, строків збирання і впливають на якісні показники роботи збиральних машин.

2. Основним напрямком поліпшення роботи збиральних машин є введення в конструкцію копача додаткових активних робочих органів, які більш інтенсивніше розпушують підкопаний шар ґрунту з бульбами.

3. Розроблена конструкція картоплекопача, яка дозволяє більш інтенсивніше проводити підкопування вороху і вкладати бульби на зібране поле в валок. Проведені розрахунки дозволили визначити оптимальні значення параметрів і режиму роботи копача. Виконання машини в начіпному варіанті дає всі переваги збиральному агрегату, які характерні для начіпних машин.

4. Розроблені заходи по безпечній експлуатації розробленого картоплекопача-валкоутворювача і конструкція захисних деталей системи приводу, які рухаються і обертаються.

5. Економічна ефективність розробленого проєкту становить 36152,1 грн/га, а річний економічний ефект при впровадженні розробки в господарстві на площі 50 га становить 1807605,0 грн. Затрати на модернізацію агрегату окупаються на протязі першого року експлуатації картоплекопача.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. 10 найбільших виробників картоплі у світі. - 16 вересня 2025.
- <https://kurkul.com/spetsproekty/1783-10-naybilshih-virobnikiv-kartopli-u-sviti>.
2. Як війна вплинула на вирощування, імпорту і вартість української картоплі. - 30 Жовтня 2025. - <https://ukragroconsult.com/news/yak-vijna-vplynula-na-vyroshhuvannya-import-i-vartisty-ukrayinskyoi-kartopli/>
3. Площі під картоплею в Україні за час війни зменшились на 21%. - 30 жовтня 2025, <https://agroportal.ua/news/rastenievodstvo/ploshchi-pid-kartopleyu-v-ukrajini-za-chas-viyni-zmenshilis-na-21>.
4. Виробництво картоплі в 2026: мало виростити – проблема зберегти і продати. - 2 березня 2026. - <https://kurkul.com/spetsproekty/1850-virobnitstvo-kartopli-v-2026-malo-virostiti--problema-zberegti-i-prodati>.
5. Зіневич Л., Кучко А., Щербенко О. Картоплярство: реалії сьогодення //Пропозиція, № 4, 1996 р.- с. 22 – 23.
6. У 2024 році в Україні вже зареєстрували 4 нові сорти картоплі. - 13.03.2024. - <https://www.agronom.com.ua/u-2024-rotsi-v-ukrayini-vzhe-zareyestruvaly-4-novi-sorty-kartopli/>.
7. Давиденко М. Найкращі сорти картоплі 2026: топ для України. - 30.01.2026. - <https://engage.org.ua/najkrashhi-sorty-kartopli-2026-top-dlya-ukrayiny/>
8. Вирощування картоплі: витрати, окупність, доходи // https://bankchart.com.ua/biznes/rozvitok_biznesu/statti/viroshchuvannya_kartopli_vitrati_okupnist_dohodi.
9. Ковальчук Т. Картопляний бізнес потребує багато вкладень//10 березня 2023. - <http://agro-business.com.ua/2017-09-29-05-56-43/item/26359-kartoplianyi-biznes-potrebuie-bahato-vkladen.html>.

10. Як війна і погода цього року вплинули на ринок картоплі в Україні//28.09.2022. - <https://www.agronom.com.ua/yak-vijna-i-pogoda-tsogo-roku-vplynuly-na-rynok-kartopli-v-ukrayini/>
11. Як вирощувати та заробляти на картоплі в умовах війни. – 25 квітня 2022. - <https://aggeek.net/ru-blog/yak-viroschuvati-ta-zaroblyati-na-kartopli-v-umovah-vijni>.
12. В. Залужний, В. Думич. Техніка для збирання картоплі// Пропозиція. - № 10, 2011. – с. 72 – 77.
13. Бондарчук А.А. Перспективи розвитку картоплярства в Україні// Агроном, №1 (лютий), 2010. – с.76 – 77.
14. Кобець А.С., Іщенко Т.Д., Волик Б.А., Демидов О.А. Механіко-технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів: Навчальний посібник. – Дніпропетровськ: РВВ ДДАУ, 2009. – 84 с.
15. Механізація вирощування сільськогосподарських культур в Україні/ А.С.Кобець, О.Д.Деркач, М.І.Ролдугін, В.М.Яцук, П.М.Кухаренко, А.М.Пугач; Дніпропетровський державний аграрно-економічний університет. – Дніпропетровськ, 2014. – 285 с.
16. Сільськогосподарські машини: підручник/ Д.Г. Войтюк, Л.В. Аніскевич, В.В. Іщенко та ін..; за ред.. Д.Г. Войтюка. – К.: «Агросвіт», 2015. – 679 с.
17. Машиновикористання та екологія довкілля: Підручник/ Головчук А.Ф., Лімонт А.С., Бондаренко М.Г. За ред. А.Ф.Головчука. – К.: Грамота, 2007. - 360 с.
18. Размислович І.Р., Скварські Б.Т., Кроптов А.П., Угланов М.Б.,Дохін І.Е. Викопувальний робочий орган коренебульбозбиральної машини. – Авторське свідоцтво на винахід №1276283. – 15.12.86. Бюл. № 46.
19. Мкртчян Д.Г., Косян К.В.,Аракелян Ф.Л., Сардарян Р.Г. Робочий орган для коренеплодозбиральної машини. – Авторське свідоцтво на винахід №1607721. – 23.11.90. Бюл. № 43.
20. Лутхов М.М., Сорокін А.А. Викопувальний робочий орган

картоплезбиральної машини. - Авторське свідоцтво на винахід №1655338. – 15.06.91. Бюл. № 22.

21. Григорчук О.К., Мейлахс І.І., Жирновніков П.А., Шапошніков Ю.П. Викопувальний пристрій. - Авторське свідоцтво на винахід №1665918. – 30.07.91. Бюл. № 28.

22. Шумило М.М., Завгородній А.Ф., Козаченко Б.А. Підкопувально-сепарувальний пристрій коренебульбозбиральної машини. - Авторське свідоцтво на винахід №1690586. – 15.11.91. Бюл. № 42.

23. Землеробська механіка. Т2. Теоретичні основи сільськогосподарської механіки/ А.С. Кобець, А.Г. Дем'яненко, О.Ю. Береза, О.А. Глонь і ін.- Дніпро, «Свідлер А.Л.», 2022. – 712 с.

24. Землеробська механіка. Т3. Аналіз і результати досліджень робочих органів машин для обробітку ґрунту/ А.С. Кобець, С.П. Сокол, А.М. Пугач, В.І. Дирда і ін. -Дніпро, Пороги, 2022. – 408 с.

25. Довідник з опору матеріалів / Писаренко Г.С., Яковлев А.П., Матвієв В.В. Відп. Ред. Писаренко Г.С. – 2-е вид., перероб. і доп. К: Наукова думка, 1988 – 736 с.

26. Опір матеріалів під заг. ред. Г.С. Писаренка, К.: Вища школа, 1973р. – 672 с.

27. Гряник Г.М., Лехман С.Д., Бутко Д.А. Охорона праці. – К.: Урожай, 1994. – 272 с., іл..

28. Правила охорони праці у сільськогосподарському виробництві// Затверджені наказом Міністерства соціальної політики України 29 серпня 2018 року № 1240, зареєстровано в Міністерстві юстиції України 21 вересня 2018 р. за № 1090/32542.

29. Вініченко І.І, Сітковська А.О. Методичні рекомендації з економічного обґрунтування дипломних робіт для студентів факультету механізації сільського господарства// Дніпропетровськ: ДДАЕУ, 2016. – 27 с.